

SILVANO BÜNZEN

**DIGESTIBILIDADE DO FÓSFORO DE ALIMENTOS E EXIGÊNCIA DE
FÓSFORO DIGESTÍVEL DE AVES E SUÍNOS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

SILVANO BÜNZEN

**DIGESTIBILIDADE DO FÓSFORO DE ALIMENTOS E EXIGÊNCIA DE
FÓSFORO DIGESTÍVEL DE AVES E SUÍNOS**

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

APROVADA: 13 de julho de 2009.

**Prof. Darci Clementino Lopes
(Co-orientador)**

**Prof. Luiz Fernando T. Albino
(Co-orientador)**

Prof. Alexandre de Oliveira Teixeira

Prof. Charles Kiefer

**Prof. Horacio 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)

À Deus, por nunca deixar-me desacreditar e por tudo mais.

À minha mãe, pela proteção externa.

À minha irmã Celita, pelo apoio e confiança.

À Lourdes Romão Apolônio, indescritível.

Às grandes amizades que encontrei pelo caminho.

AGRADECIMENTOS

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

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudo.

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

Aos professores conselheiros e membros da banca examinadora Professores Darci Clementino Lopes e Luiz Fernando Teixeira Albino, pelo apoio, possibilitando o aprimoramento deste estudo, e pelo estímulo e amizade durante todo o curso.

Aos amigos e agora professores Alexandre Teixeira de Oliveira e Charles Kiefer, pela amizade, auxílio e orientação, principalmente nas épocas mais difíceis, desde os tempos de graduação.

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

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, Adriano, Graça, Elísio, José Lino e Mauro Godoi, pela colaboração e amizade, e ao Túlio, pela dedicação.

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 agradável convívio.

Ao estudante de graduação Valdir Ribeiro Junior, pelo empenho e dedicação na busca de objetivos maiores, que juntamente com Cleverson, Graziane, Matheus, Paulo, Rosana, Rodolfo, e aos já formados, Ana Luiza, Carolina e Poliana, e tantos outros que me ajudaram na condução dos trabalhos, formaram uma equipe excepcional.

Aos estudantes da Pós-Graduação, Albanno (pela garra e persistência), Carla Rodrigues da Silva (alegria em pessoa), Felipe (peixólogo), Wagner Assis (Wagão), Gabriel Borges Sandt Pessoa, Guilherme (Canaã), Rodrigo (Rosca), Sandra Carolina Salguero Cruz (uma grande amiga colombiana), Priscila e Thony, obrigado pelo companheirismo e dia a dia no trabalho e nas horas de descontração.

Aos amigos que, distribuídos pelo mundo afora, buscam a realização profissional e pessoal, Alfredo Lora Granã, Camila Gaudereto Borsatto (fiel escudeira), Felliipe Freitas, Lidson Ramos Nery, Marcelle Santana, Reinaldo Morata, obrigado pela amizade e pelo agradável convívio em diversos momentos de estudo, experimentos e confraternização.

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

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 curso de Pós Graduação em Zootecnia da UFV, em nível de Mestrado, na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2005.

Em agosto de 2005, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em julho de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O Fósforo e seu Metabolismo	3
2.2. Fósforo nos Alimentos	6
2.2.1. Fósforo nos Alimentos Vegetais	6
2.2.2. Fósforo nos Alimentos de Origem Animal e Fontes Inorgânicas..	8
2.3. Digestibilidade do Fósforo	9
2.4. A Exigência de Fósforo Digestível em Aves e Suínos	11
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO I	
Excreção Endógena e Digestibilidade de Fósforo do Farelo de Soja e Fosfato Bicálcico com Frangos de Corte	18
Resumo	18
Abstract	19
Introdução	20
Material e métodos	23
Resultados e discussão	28
Conclusão	33
Referências bibliográficas	34

CAPÍTULO II	
Coeficientes de Digestibilidade Aparente e Verdadeira do Fósforo em Alimentos para Frangos de Corte	36
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução	38
Material e métodos.....	40
Resultados e discussão	45
Conclusão	50
Referências bibliográficas	51
 CAPÍTULO III	
Níveis de Fósforo Digestível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 22 a 35 dias de Idade.....	53
Resumo.....	53
Abstract.....	54
Introdução	55
Material e métodos.....	58
Resultados e discussão	62
Conclusão	69
Referências bibliográficas	70
 CAPÍTULO IV.....	
Excreção Endógena e Digestibilidade do Fósforo de Alimentos para Suínos em Crescimento e Terminação	72
Resumo.....	72
Abstract.....	73
Introdução	74
Material e métodos.....	76
Resultados e discussão	82
Conclusão	92
Referências bibliográficas	93
 CAPÍTULO V.....	
Níveis de Fósforo Digestível para Suínos em Crescimento	96
Resumo.....	96
Abstract.....	97
Introdução	98
Material e métodos.....	100
Resultados e discussão	104
Conclusão	110
Referências bibliográficas	111
 CONCLUSÕES GERAIS	113

RESUMO

BÜNZEN, Silvano, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009.
Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos. Orientador: Horácio Santiago Rostagno. Co-orientadores: Darci Clementino Lopes e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Nove experimentos foram conduzidos para determinar a excreção endógena, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo de alimentos e a exigência de fósforo digestível para aves e suínos em crescimento. No primeiro experimento utilizou-se 50 frangos de corte de 15 dias de idade, alimentados com dieta purificada, isenta de fósforo, para se determinar a excreção de fósforo de origem endógena, utilizando as metodologias de coleta total de excretas e de coleta de digesta ileal, usando óxido crômico como indicador. Não foram encontradas diferenças entre as metodologias e estimou-se a excreção endógena de frangos de corte em crescimento como sendo 138,43 mg de P/ kg matéria seca ingerida (MSI). Um segundo experimento foi conduzido para determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja e fosfato bicálcico. As metodologias utilizadas foram as mesmas descritas anteriormente. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja e do fosfato bicálcico foram, respectivamente, 52,54 e 75,01%. Um terceiro experimento foi conduzido para

avaliar a digestibilidade verdadeira do fósforo alimentos para frangos de corte. Foram utilizados 240 frangos de 21 dias de idade em oito tratamentos (seis alimentos e duas rações), seis repetições e cinco aves por unidade experimental, utilizando as metodologias de coleta total de excretas e de digesta ileal, com uso do indicador óxido crômico. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo encontrados foram de 44,49% para milho, 57,74% para o farelo de soja, 46,21% para o farelo de trigo, 57,39% para a farinha de carne e ossos, 57,28% para o fosfato bicálcico e 56,86% para o fosfato monocálcico. Não foram encontradas diferenças entre as metodologias avaliadas. Um quarto experimento foi realizado para determinar a exigência de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade. 720 frangos de corte machos e 720 fêmeas foram distribuídos num delineamento fatorial, com seis níveis de fósforo digestível (0,22; 0,26; 0,30; 0,34; 0,37 e 0,41%) e dois sexos, oito repetições e 15 aves por unidade experimental. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de ração, mas os níveis de fósforo digestível influenciaram o ganho de peso, a conversão alimentar e os parâmetros ósseos de machos e fêmeas. Estimou-se em 0,35% de fósforo digestível o valor que maximiza o desempenho e a qualidade óssea de fêmeas e 0,41% de fósforo digestível para os machos. Quatro ensaios de metabolismo foram conduzidos com suínos em crescimento e terminação. Foram utilizados 24 suínos machos castrados na fase de crescimento e 24 na fase de terminação, divididos em dois ensaios em cada fase, um para determinar a excreção endógena de fósforo quando alimentados com dieta isenta de fósforo (quatro animais distribuídos em fatorial 2 x 6, sendo duas técnicas aplicadas simultaneamente nos animais e 6 dias de coleta) e outro para determinar os coeficientes de digestibilidade do fósforo de alimentos, onde 20 animais foram distribuídos em fatorial 2 x 5 (duas técnicas e cinco tratamentos, sendo 4 alimentos e uma ração referência). Ambos os ensaios contaram com quatro repetições. As técnicas avaliadas foram as de coleta total de fezes e indicador fecal óxido crômico. Não houve diferenças entre as metodologias. A excreção endógena de fósforo foi estimada em 275,75 mg de fósforo/kg MSI em suínos em crescimento e em 434,80 mg de P/kg MSI na fase de terminação. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos foram: milho, 53,19 e 63,20; farelo de soja, 48,51 e 56,60; farinha de carne e ossos, 63,40 e 83,70;

fosfato bicálcico 74,79 e 82,43 para as fases de crescimento e terminação, respectivamente. Um nono experimento foi conduzido para determinar as exigências de fósforo digestível em suínos na fase de crescimento. 70 suínos, machos castrados e fêmeas, entre 30 e 50 kg de peso foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos, sete repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas com fosfato bicálcico para obter cinco níveis de fósforo digestível (0,19; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%). Os níveis de fósforo digestível promoveram efeito quadrático sobre o consumo de ração e ganho de peso, com valores máximos de 0,32 e 0,31%, respectivamente. Não houve efeito dos tratamentos sobre a conversão alimentar e efeito linear foi obtido sobre a % de fósforo nos ossos.

ABSTRACT

BÜNZEN, Silvano, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2009.
Phosphorus endogenous losses, apparent and true coefficients of phosphorus digestibility of feedstuffs and digestible phosphorus requirements of poultry and swine in different ages. Adviser: Horácio Santiago Rostagno. Co-Advisers: Darci Clementino Lopes and Luiz Fernando Teixeira Albino.

Nine experiments were carried out to determine the phosphorus endogenous losses, the true digestibility coefficients of phosphorus of feeds and the digestible phosphorus requirements for broilers and growing pigs. In a first moment, 15-d 50 broilers were fed a free-phosphorus purified diet to determine the phosphorus endogenous losses by the total feces collection and ileal digesta collection using chromium oxide as marker. No differences were detected between the methodologies. The phosphorus endogenous losses for growing broilers were estimated in 138,43 mg of P/kg of dry matter intake (DMI). The second trial was conducted to determine the true digestibility coefficients of phosphorus of soybean meal and dicalcium phosphate of 52.54 and 75.01%, respectively. The methodologies were the same as experiment 1. The third experiment aimed to evaluate the true digestibility coefficients of

phosphorus for broilers. Two hundred and forty 21-d broilers were assigned to eight treatments (six feeds and two rations), six replicates and five birds by experimental unit, and evaluated by the total feces collection and ileal digesta collection using chromium oxide as marker. The values of phosphorus true digestibility were: corn, 44.49%; soybean meal, 57.74%; wheat bran and middlings, 46.21%; meat and bone meal, 57.39%; dicalcium phosphate, 57.28% and monocalcium phosphate, 56.86%. No differences among both methodologies occurred. A fourth experiment was carried out to evaluate the phosphorus digestible requirement for broilers chickens from 22 to 35 days old. One thousand and four hundred and forty broilers (half male and half female) were assigned to a factorial design, with six levels of digestible phosphorus (0.22; 0.26; 0.30; 0.34; 0.37 and 0.41%), eight replicates and 15 broilers per experimental unit. No treatment effect on feed intake was observed, but effect on weight gain, feed:gain ratio and bone parameters occurred. The value of digestible phosphorus that maximizes the performance and bone quality was estimated in 0.35% for females 0.41% for males. Four metabolism trials were carried out with growing and finishing pigs. Forty-eight barrows (24 growing and 24 finishing) were divided in two trials of each phase, one to evaluate the phosphorus endogenous losses of barrows fed a free-phosphorus purified diet (four animals assigned to a 2 x 6 factorial, both methodologies for all animals and six days of collection) and another to determine true digestibility coefficients of phosphorus of feeds for 20 animals allotted to a 2 x 5 factorial (two methodologies - total feces collection and chromium oxide as marker - and five treatments, with four feeds and a reference diet). Both trials had four replicates. No differences between the methodologies were observed. The phosphorus endogenous losses was estimated as 275.75 mg P/kg DMI for growing barrows and 434.80 mg of P/kg DMI for finishing barrows. The true digestibility coefficients of phosphorus were: corn, 53.19 and 63.20; soybean meal, 48.51 and 56.60; meat and bone meal, 63.40 and 83.70; dicalcium phosphate 74.79 and 82.43 in the growing and finishing phases, respectively. A ninth experiment was carried out to evaluate the digestible phosphorus requirements in growing pigs. Seventy crossbred pigs, 35 barrows and 35 females, from 30 to 50 kg were assigned to a randomized block design, with five treatments, seven replicates and two pigs (a male and a female) per experimental unit. The

treatments consisted of corn-soybean meal based diets, supplemented with dicalcium phosphate to obtain five levels of digestible phosphorus (0.19; 0.25; 0.30; 0.35 and 0.40%). The increasing digestible phosphorus levels resulted in quadratic effect on the feed intake and weight gain, with maximum values of 0.32 and 0.31%, respectively. No treatment effect on feed: gain ratio was observed, but linear effect on the phosphorus percentage in the bones occurred.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura e a suinocultura são segmentos do agronegócio brasileiro de importância consolidada, representando a maior parte do total de carnes produzido no país. Os ingredientes que compõem as rações para aves e suínos representam a porção mais onerosa da produção e o adequado fornecimento de nutrientes é essencial para o máximo crescimento e deposição de tecido muscular pelos animais.

O fósforo é um dos minerais mais importantes na nutrição, por ser necessário aos animais em inúmeros processos fisiológicos e bioquímicos. 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).

As rações para aves e suínos são compostas em sua maioria por alimentos de origem vegetal, os quais apresentam o fósforo na forma de

inositol fosfato (fitato), forma esta pouco disponível para os monogástricos. Além disso, o fitato pode complexar-se com outros minerais catiônicos, principalmente o cálcio, além de alguns aminoácidos e amido, tornando-os indisponíveis aos animais (Yan et al., 2006).

O fósforo vem sendo objeto de várias pesquisas, não somente por sua importância econômica, mas também por sua importância ambiental (Jongbloed & Kemme, 1990; Ketaren et al., 1993; Jongbloed & Lenis, 1998; Adeola & Sands, 2003). Devido a baixa eficiência de utilização de fósforo orgânico pelos monogástricos, fontes inorgânicas têm sido utilizadas nas formulações, o que tem elevado os custos da alimentação, além de aumentar as quantidades excretadas deste mineral nas fezes ou excretas. O fósforo é considerado o terceiro nutriente mais caro das rações e um dos mais poluentes (Karimi et al., 2006).

Diante do exposto, propôs-se o presente estudo para determinar a excreção de fósforo endógeno, os coeficientes de digestibilidade do fósforo dos alimentos e as exigências de fósforo digestível para aves e suínos.

Esta tese foi redigida em capítulos de acordo com as normas para elaboração de tese da Universidade Federal de Viçosa e os capítulos foram redigidos de forma adaptada às normas para publicação de artigos técnico-científicos da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O fósforo e seu metabolismo

O fósforo é um mineral essencial para os animais, em que aproximadamente 80% é encontrado nos ossos do esqueleto e dentes, sendo responsável pela formação da matriz óssea, juntamente com o cálcio e outros minerais. Os 20% restantes são encontrados nos tecidos moles e outros fluídos, participando de inúmeras funções metabólicas, como no metabolismo de energia, na forma de ATP, ADP e AMP, síntese de carboidratos, lipídeos e proteínas, manutenção do equilíbrio ácido-básico e formação de fosfolipídios das membranas celulares, além de ser constituinte dos ácidos nucleicos (Underwood & Suttle, 2001).

Por ser um elemento essencial, o fósforo deve ser oferecido aos animais na alimentação. As rações são compostas por ingredientes que apresentam o fósforo na forma inorgânica, principalmente os ortofosfatos (PO_4^{3-}), e também na forma orgânica, como parte constituinte de ATP's,

ácidos nucleicos, fosfolipídios, fosfoproteínas e fosfoglicídeos. Os alimentos de origem vegetal possuem em sua maioria o fósforo na forma orgânica, como fosfoglicídeos denominados inositol fosfato ou ácido fítico. Para ser utilizado o fósforo orgânico deve ser previamente hidrolisado para que seja absorvido na forma de PO_4^{3-} (Rebollar & Mateos, 1997).

O fósforo presente nos alimentos é solubilizado no estômago e no intestino proximal, sendo o jejuno a porção mais ativa na absorção deste mineral. A absorção está fortemente correlacionada com o ponto de maior solubilidade do fosfato, sofrendo interferência de fatores como pH, concentrações de cálcio, ortofosfatos e vitamina D_3 na dieta (McDowell, 1992; Auman, 2003).

O transporte de fósforo através das membranas se dá por processos ativos, cujos transportadores podem ser saturados, e também por processos de absorção passiva, não saturáveis (Breves & Schröder, 1991).

Segundo Auman (2003), o co-transporte ativo de fósforo, assim como o de sódio através da membrana intestinal, é o maior responsável pela absorção de fosfatos na região proximal do intestino delgado. Já o transporte passivo ocorre quando há um gradiente de concentração eletricamente favorável, promovido pelas cargas presentes nos íons. O transporte passivo de ortofosfatos através da membrana pode ser facilitado pela presença de carreadores entre as membranas basolaterais (Auman, 2003). Ao chegar na membrana basolateral, o grupamento fosfato move-se passivamente por concentração ou por gradiente eletroquímico, da célula até o sangue.

Há muitos fatores que influenciam nos processos de absorção de fósforo pelos monogástricos. Sob condições fisiológicas, a absorção de

fósforo sofre influência direta do pH luminal, concentração de outros íons, como o cálcio, e também o nível de vitamina D₃ presente. Além disso, processos fisiológicos regulam a homeostase do fósforo no organismo por meio de mecanismos que envolvem absorção intestinal e excreção renal. A ingestão de baixos níveis de fósforo promove o aumento na reabsorção de fósforo pelos rins, reduzindo a excreção e garantindo a homeostase. Os hormônios calcitonina, paratormônio e a vitamina D, na sua forma ativa 1,25-dihidroxicolecalciferol controlam o processo (Breves & Schröder, 1991).

Assim, baixos níveis de cálcio na dieta estimulam a liberação do paratormônio e dessa forma, aumentam a absorção do fósforo pelo intestino. O paratormônio (PTH) é responsável por manter os níveis de cálcio no plasma, sendo liberado quando estes se reduzem, devido a baixa ingestão, e promovem aumento na liberação do cálcio e fósforo presentes no osso medular. O PTH também é responsável pela ativação da vitamina D₃, por meio da ação da enzima hidroxilase. Tanto o PTH quanto a vitamina D₃ estimulam a reabsorção de fósforo e cálcio pelos túbulos renais, e ainda propiciam o aumento no número de transportadores de cálcio e fósforo no intestino (Cheng et al., 2004).

A calcitonina influencia a homeostase do fósforo em situações de hipofosfatemia, ou níveis baixos de fósforo no sangue, onde a relação Ca:P no sangue passa a estar aumentada. Nessas situações, a calcitonina é liberada pelas paratireóides, suprimindo a ação do PHT, com o objetivo de cessar a mobilização óssea para que os níveis de cálcio no sangue não aumentem, desfavorecendo ainda mais a relação Ca:P plasmática (Ito, 1998).

A vitamina D₃ por si só parece ter grande influência sobre a absorção de fósforo pelos enterócitos, embora este não seja um mecanismo completamente entendido. Wasserman & Taylor (1973) apresentaram evidências de que a vitamina D₃ poderia aumentar a capacidade máxima (V_{max}) nos transportadores Na-dependentes. Já Scott et al. (1992), citados por Auman (2003), sugeriram que o 1,25 hidroxid₃ poderia estimular o AMPc causando ativação em núcleos específicos do RNAm, responsáveis pela produção de proteínas que aumentariam o número de transportadores de cálcio e fósforo nas membranas, estimulando a absorção.

Vários são os fatores que poderiam interferir na absorção de fósforo pelas células intestinais de aves e suínos, estando estes muitas vezes, interligados, em estreita relação com outros fatores da dieta, como concentração dos minerais cálcio e fósforo na ração, alimentos utilizados, presença de fitases exógenas, etc.

2.2. Fósforo nos alimentos

2.2.1. Fósforo nos alimentos vegetais

As dietas para aves e suínos têm sido baseadas em ingredientes vegetais, em sua maioria cereais, os quais possuem baixo conteúdo de fósforo quando comparados a fontes inorgânicas de suplementação. Além disso, cerca de 30 a 80% do conteúdo de fósforo nos alimentos de origem

vegetal apresenta-se sob a forma orgânica, como inositol fosfato, também conhecido como ácido fítico ou ainda, fitato (Rebollar & Mateos, 1999).

O ácido fítico localiza-se em posições diferentes na semente conforme diferentes tipos de grãos. Em cereais, o ácido fítico se concentra principalmente na camada de aleurona, testa e pericarpo. No trigo e arroz concentra-se nas camadas mais externas do pericarpo e aleurona, sendo que o endosperma destes grãos é praticamente desprovido de ácido fítico. A estrutura e os locais de depósito de inositol fosfato nas sementes podem influenciar na interação com outros nutrientes, sendo um importante fator antinutricional na alimentação dos monogástricos (Adeola & Sands, 2003).

O inositol fosfato (IP) contém 28,2% de fósforo em seis grupamentos ortofosfóricos que em pH fisiológico apresentam-se na forma complexada e insolúvel. Em pH neutro possui alta capacidade de quelação com cátions presentes na dieta, como o Ca^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , principalmente quando estes encontram-se em grande quantidade na dieta, e também por certos aminoácidos e por amido (Ravindran et al., 1999; Maenz, 2001; Yan et al., 2006).

A formação de complexos fitato-proteínas pode influenciar a taxa de hidrólise do fitato e, conseqüentemente, dos nutrientes susceptíveis a ação quelante deste componente. Além disso, segundo Adeola & Sands (2003), em pH neutro a formação de complexos ternários fitato- Ca^{2+} -proteínas pode influenciar negativamente a ação das enzimas digestivas no intestino proximal de aves e suínos, particularmente quando ocorre excesso de cálcio.

Alguns autores (Rebollar & Mateos, 1999) citam que o somente o IP6 e IP5 possuem poder quelante sobre outros nutrientes da dieta, sendo que

os intermediários com menos de quatro grupamentos fosfatos perdem sua capacidade quelante. Este fato permite o sucesso no uso das fitases exógenas, uma vez que sua ação na hidrólise dos compostos IP6 e IP5 é maior em relação aos demais.

Por diminuir a disponibilidade de minerais e outros nutrientes o fósforo fítico é considerado um fator antinutricional (Lüdke et al., 2000). Sua presença aumenta a excreção de minerais e nutrientes não absorvidos, que são excretados nos dejetos, causando poluição no meio ambiente (Knowlton et al., 2004).

2.2.2. Fósforo nos alimentos de origem animal e fontes minerais

Os alimentos de origem animal, como as farinhas de ossos e as farinhas de carne e de ossos, além dos fosfatos, são boas fontes dietéticas de fósforo, apresentando valores mais altos deste mineral e de maior disponibilidade quando comparados aos alimentos de origem vegetal.

Vários estudos (Jongbloed & Kemme, 1990; Gomes et al., 1989; Traylor et al., 2005) têm comprovado o maior aproveitamento do fósforo presente nos alimentos de origem animal pelos animais em relação ao fósforo presente nos alimentos de origem vegetal, por se apresentar na forma inorgânica. Diferentemente dos alimentos vegetais, a forma inorgânica (fosfato tricálcico) é mais facilmente absorvida pelas células intestinais, não necessitando ser previamente hidrolizada por ação enzimática como ocorre no caso do ácido fítico.

Os produtos de origem animal além de ser fonte de fósforo e outros minerais, possuem alto valor protéico, o que torna as farinhas de carne e ossos e outros resíduos de abatedouros excelentes opções de fósforo de baixo custo, reintroduzindo no sistema resíduos que seriam simplesmente descartados no ambiente.

Os fosfatos, por sua vez, são formados por sais de ácido fosfórico e resultam em grande variedade de produtos comerciais que diferem entre si pelas diferenças na estrutura química, processamento, tamanho de partículas, pH e presença de contaminantes. A disponibilidade do fósforo nos diferentes fosfatos varia entre 50 e 100%, dependendo do tipo de rocha, processamento e metodologia de avaliação (Lima et al., 1999).

2.3. Digestibilidade do fósforo

A disponibilidade biológica de um nutriente é definida como a proporção (ou percentagem) ingerida capaz de ser absorvida pelo intestino e estar disponível tanto para o uso metabólico quanto ao armazenamento em tecidos animais. Sua determinação se dá por meio da avaliação de parâmetros de desempenho e ósseos como cinzas no osso, resistência a quebra, fósforo no osso e também por parâmetros sanguíneos como fósforo sérico e atividade da fosfatase alcalina (Spencer et al., 2000). Os resultados de disponibilidade do fósforo dos diversos alimentos ou fontes são obtidos por meio da informação de disponibilidade de uma fonte considerada padrão, cuja disponibilidade é atribuída em 100% (Bünzen et al., 2008).

A avaliação da disponibilidade do fósforo de diferentes fontes através dos parâmetros citados é onerosa em custo e trabalho. Nesse sentido, alguns autores (Jongbloed & Kemme, 1990; Fan et al., 2001; Shen et al., 2002) sugerem que a disponibilidade do fósforo pode ser estimada por meio dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo das fontes, com vantagens econômicas e práticas na sua determinação.

O fósforo pode ser absorvido em proporções variadas pelo organismo, devido a uma série de fatores, como espécie e idade do animal, estrutura molecular, processamento das fontes, relação cálcio: fósforo, pH intestinal, níveis dietéticos, presença da vitamina D, gordura, dentre outros (Wasserman & Taylor, 1973). Vale salientar que nenhum elemento é totalmente absorvido e utilizado pelo animal, já que parte é perdida nos processos normais de digestão e de metabolismo. O fósforo não absorvido é liberado nas fezes causando problemas de contaminação ambiental, o que na prática, já vem limitando a produção de suínos em muitos países da Europa (Jongbloed & Lenis, 1998).

Os valores de digestibilidade aparente do fósforo variam substancialmente entre os ingredientes e também entre diferentes amostras de um mesmo ingrediente. As variações podem ser atribuídas às diferenças no tratamento tecnológico (processamento) e na estrutura físico-química dos alimentos (Lima et al., 1999). Ainda, valores de fósforo digestível aparente subestimam a utilização do fósforo pelos animais e, para tanto, valores de digestibilidade verdadeira corrigida pelas perdas endógenas de fósforo deveriam ser utilizados (Shen et al., 2002).

Diferentes metodologias têm sido avaliadas para estimar as perdas de fósforo endógeno, como a utilização de dietas purificadas ou semi-purificadas ausentes de fósforo, resultando em estimativas aproximadas da excreção do fósforo de origem endógena (Fan et al., 2001; Shen et al., 2002; Peterson & Stein, 2004; Dilger & Adeola, 2006; Pettey et al., 2006; Bünzen et al., 2008).

2.4. Exigência de fósforo digestível em aves e suínos

As exigências de minerais, particularmente cálcio e fósforo são de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento dos animais. Quando as exigências nutricionais não são atendidas se observa redução no desempenho zootécnico, piora na eficiência de utilização de alimentos, mineralização óssea inadequada, discondroplasia tibial e raquistismo (NRC, 1994). Têm-se verificado que as recomendações práticas de fósforo para máximo desempenho são inferiores às necessárias para máxima mineralização óssea (Crenshaw et al., 2001).

Os valores de exigência de fósforo para os animais podem ser encontrados em diferentes tabelas (NRC, 1994; NRC, 1998; CVB, 1998). Estas referências, no entanto, consideram valores de fósforo total ou de biodisponibilidade do fósforo nos alimentos, sendo baseados em trabalhos de pesquisa realizados em sua maioria na década de 90, os quais não representam necessariamente as linhagens genéticas, as condições tecnológicas e o nível de conhecimentos atuais, o que levanta

questionamento sobre a acurácia destas informações (Knowlton et al., 2004).

Com o constante melhoramento e seleção genética dos animais e dos alimentos, além da necessidade de se reduzir custos com suplementação de fósforo e também a excreção deste mineral no ambiente, existe a necessidade de reavaliação contínua da eficiência de utilização dos nutrientes e das exigências nutricionais para obtenção do máximo desempenho nos sistemas de produção intensiva (Gomes et al., 2004; Rostagno et al., 2005)

Considerando que os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo nos alimentos podem ser utilizados como parâmetros para determinar a utilização do fósforo pelas aves (Dilger & Adeola, 2006; Petey et al., 2006) e suínos (Fan et al., 2001; Shen et al., 2002; Bünzen et al., 2008), estes valores poderiam ser utilizados na determinação das exigências deste mineral e assim manter atualizadas as tabelas de exigências de nutrientes nas diferentes fases de produção.

Uma preocupação cada vez mais presente nas áreas de intensa produção animal é o excesso de nutrientes excretados nos dejetos. O excesso de fósforo nas dietas faz com que 60 a 80% deste mineral sejam excretados no ambiente (Knowlton et al., 2004). Legislações mais severas têm limitado a produção animal a fim de reduzir a excreção de poluentes no ambiente, exigindo dos nutricionistas um melhor entendimento sobre a digestão e o metabolismo de fósforo de forma a aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes pelos animais (Jongbloed & Lenis, 1998; Hastad et al., 2004).

Avanços em pesquisa relacionados ao maior aproveitamento dos nutrientes e redução na excreção de poluentes têm aumentado mais em suínos do que em outras áreas. Jongbloed et al. (1997) estimam que a excreção de fósforo em suínos em crescimento na Holanda foi reduzida em 50% entre os anos de 1973 e 1995 devido ao conhecimento a respeito da digestibilidade do fósforo dos alimentos e a formulação de dietas mais próximas às exigências dos animais, além do uso de tecnologias como enzimas exógenas, com reflexo positivo sobre a melhora da conversão alimentar destes animais.

O conhecimento do valor biológico dos nutrientes contidos nos ingredientes da ração, entre eles o fósforo, é importante para balancear técnica e economicamente rações para suínos e aves nas diferentes etapas do ciclo de produção. Nesse sentido o presente trabalho foi proposto com objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade do fósforo, as perdas endógenas de fósforo e as exigências em fósforo digestível em aves e suínos de diferentes idades.

Referências Bibliográficas

- ADEOLA, O.; SANDS, J.S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science**, v. 81 (E.suppl.2), p.E78-E85. 2003.
- AUMAN, S.K. Increasing dietary phosphorus retention and decreasing fecal phosphate excretion in modern commercial broilers 2003. Disponível em: <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-11032003-175049/unrestricted/etd.pdf>
- BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C. et al. Digestibilidade do Fósforo de alimentos de origem vegetal determinada com suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1236-1242, 2008.
- CHENG, Y.H.; GOFF, J.P.; SELL, J.L. et al. Utilizing *Solanun glaucophyllum* alone or with phytase to improve phosphorus utilization in broilers. **Poultry Science**, v.83, p.406-413. 2004.
- CRENSHAW, T. D. Calcium, phosphorus, vitamin D, and vitamin K in swine nutrition. In: Swine Nutrition. 2nd ed. A. J. Lewis and L. L. Southern, ed. CRC Press, Washington, DC. p.187-212. 2001.
- CVB Veevoedertabel: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen). **Centraal Veevoeder Bureau**, Lelystad, Países Baixos. 1998.
- DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. **Poultry Science**, v.85, p.661-668. 2006.

- FAN, M. Z.; ARCHBOLD, T.W.C.; SAUER, D. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of nutrition**, v.131, p.2388-2396. 2001.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, P.M.A. et al. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de três fosfatos, determinada em suínos de 13 kg de peso vivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.18 p.54 – 63. 1989.
- GOMES, P.C., RUNHO, R.C., D'AGOSTINI, P. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1734-1746, 2004 (Supl. 1).
- HASTAD, C.W; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2945–2952. 2004.
- ITO, R.I. Aspectos Nutricionais Relacionados à Qualidade da Casca dos Ovos. In: VIII Simpósio Técnico de Produção de Ovos - APA, 1998. São Paulo. **Anais...**São Paulo, p.119-138, 1998.
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. 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**, v.38, p.567-75. 1990.
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. Disponibilidad del fósforo em ingredientes alimentícios para ganado porcino. En: **XIII Curso de Especialización FEDNA**. Eds. P. García, C. de Blas y G.G. Mateos, Madrid. p.191-201, 1997.
- JONGBLOED, A. W.; N. P. LENIS. Environmental concerns about animal manure. **Journal Animal Science**, v.76, p.2641-264, 1998.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorous levels and phytase supplementation. **International Journal of Poultry Science**, v.5 (3), p.251-254, 2006.
- KETAREN, P.P; BATTERHAM, E.S; DETTMAM, E.B. Phosphorus studies in pigs. 3. Effects of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soy-bean meal for grower pigs. **British Journal of Nutrition**, v.70, p.289-311, 1993.
- KNOWLTON, K.F., RADCLIFFE, J.S., NOVAK, C.L. et al. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. **Journal of Animal Science**, v. 82 (E. Suppl.) p.E173-E195. 2004.
- LIMA, F.R.; FERNANDES, J.I.M.; OLIVEIRA, E. et al.. Laboratory evaluations of feed-grade and agricultural-grade phosphates. **Poultry Science**, v.78, p.1717-1728. 1999.
- LÜDKE, M.C.; LÜDKE, M.M.; LÓPEZ, J. et al. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.1402-1413. 2000.

- MAENZ, D. D. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. Pages 61–84. In.: **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. M. R. Bedford and G. G. Partridge, ed. CABI Publishing, New York, NY. 2001.
- MCDOWELL, L.E.. **Minerals in animal and human nutrition**, p.26-77, Academic Press INC, San Diego, CA. 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of poultry**. 9.ed. Washington, DC: 1994.155p.
- NUNES, I.J. **Nutrição Animal Básica** 2ed. Ed. FEP-MVZ/UFMG. Belo Horizonte, MG. 1998.
- PETERSEN, G.I.; STEIN, H.H. A novel procedure for measuring endogenous phosphorus losses and true phosphorus digestibility by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82 (Suppl. 1), p.254. (Abstr.). 2004.
- PETTEY, L.A.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semi-purified diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 618-626, 2006.
- RAVINDRAN, V.; CABHUG, S.; RAVINDRAN, G. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v.78, p.699-706. 1999.
- REBOLLAR, P.G.; MATEOS, G.G. 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. 1999.
- ROSTAGNO, HS; ALBINO, LFT.; DONZELE, JL..**Tabelas brasileiras para aves e suínos**. 2005. Viçosa, MG: UFV, 186p.
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A.; ARCHBOLD, T. 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**, v.132, p.1199-1206. 2002.
- SPENCER, J.D.; ALLEE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p. 675-68. 2000.
- TRAYLOR, S.L.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. **Journal of Animal Science**, v.3, p.1054-1061. 2005.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F.: Phosphorus. In: **The Mineral Nutrition of Livestock**, 3.ed., London. 2001, p.375-395.
- YAN, F.; KERSEY, J.H.; FRITTS C.A. et al. Effect of phytase supplementation on the calcium requirement of broiler chicks. **International Journal of Poultry Science**, v 5 (2), p.112-120. 2006.

WASSERMAN, R.H.; TAYLOR, A.N. Intestinal absorption of phosphate in the chick, effect of vitamin D3 and other parameters. **Journal of nutrition**, v.102, p.586-599. 1973.

CAPÍTULO I

Excreção endógena e digestibilidade de fósforo do farelo de soja e fosfato bicálcico com frangos de corte

Resumo – Dois experimentos foram conduzidos para determinar a excreção endógena e a digestibilidade do fósforo de fonte orgânica e inorgânica para frangos de corte. No primeiro, 50 aves com 15 dias de idade foram distribuídas em delineamento fatorial 5 x 2, com cinco tratamentos (dias de coleta), duas técnicas (coleta total de excretas e coleta do conteúdo da digesta ileal com uso do indicador) aplicadas simultaneamente, duas repetições e cinco aves por unidade experimental, para determinar a excreção endógena de fósforo a partir do fornecimento de uma dieta isenta de fósforo, sem período de adaptação à dieta. No segundo experimento, foram utilizadas 75 aves de 21 dias de idade, distribuídas em delineamento fatorial 3 x 2, com três tratamentos, duas técnicas (coleta total de excretas e coleta de digesta ileal com indicador) aplicadas simultaneamente, cinco repetições e cinco aves por unidade experimental, para determinar a digestibilidade do fósforo de fontes orgânica e inorgânica. Os tratamentos foram compostos pela dieta purificada, dieta purificada + 0,10% de fósforo total proveniente do farelo de soja e dieta purificada + 0,10% de fósforo total do fosfato bicálcico. Em ambos os experimentos o óxido crômico foi utilizado como indicador. Os valores de fósforo endógeno excretado pelos frangos de corte determinados através de dieta purificada e isenta de fósforo foi de 138,43 mg de P/kg de matéria seca ingerida (MSI), sendo os valores de excreção endógena obtidos pela metodologia da coleta de digesta ileal. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja e do fosfato bicálcico, utilizados como fontes exclusivas de fósforo orgânico e inorgânico foram de 52,54 e 75,01%, respectivamente. Não houve, nos dois experimentos, diferença nos coeficientes de digestibilidade do fósforo entre as metodologias.

Palavras-chave: coleta total, digesta ileal, fósforo digestível, óxido crômico.

Endogenous losses and phosphorus digestibility of soybean meal and dicalcium phosphate in broilers chickens

Abstract – Two trials were carried out to determine the endogenous losses and digestibility of organic and inorganic phosphorus for broilers. In the first experiment, 15-d 50 broilers were allotted to a 5 x 2 factorial design, with five treatments (days of collection), two methodologies (total feces collection and ileal digesta collection with marker) simultaneously used, two replicates and five broilers per experimental unit, to evaluate the phosphorus endogenous losses of a free-phosphorus diet without previous adaptation period. In the second experiment, 21-d 75 broilers were allotted to a 3 x 2 factorial design, with three treatments, two methodologies (total feces collection and ileal digesta collection with marker) simultaneously used, five replicates and five broilers per experimental unit, to evaluate the true digestibility organic and inorganic phosphorus. The treatments consisted of a purified diet, purified diet + 0.10% of total phosphorus from soybean meal and purified diet + 0.10% of total phosphorus of dicalcium phosphate. In both experiments chromium oxide (Cr_2O_3) was used as fecal marker. The values of phosphorus endogenous losses by broilers determined by the purified free-phosphorus diet was 138.43 mg of P/kg of dry matter intake (DMI), and the values of endogenous losses were obtained by the ileal digesta collection. The true digestibility coefficients of phosphorus of soybean meal and dicalcium phosphate, used as only organic and inorganic phosphorus sources, were 52.54 and 75.01%, respectively. In both experiments, no differences on the digestibility coefficients of phosphorus with both methodologies were detected.

Key words: chromium oxide, digestible phosphorus, ileal digesta, total collection.

Introdução

O fósforo tem sido reconhecido como um dos mais importantes minerais para os animais. É considerado o terceiro nutriente mais custoso nas rações de aves, além de ser um dos principais elementos poluentes presente nas excretas, exigindo dos nutricionistas atenção especial quanto à formulação (Karimi et al., 2006).

As rações dos monogástricos são compostas por alimentos de origem vegetal, cujo conteúdo em fósforo é baixo e de pouco aproveitamento, pois se apresenta na maior parte como fósforo fítico (Dilger & Adeola, 2006). Este é considerado um fator antinutricional por complexar com minerais catiônicos e outros nutrientes, tornando-os indisponíveis para os animais (Adeola & Sands, 2003).

Por ser o fósforo dos alimentos vegetais pouco aproveitado pelas aves, pela ausência da enzima fitase endógena, dietas comerciais de frangos de corte são suplementadas com fontes inorgânicas de fósforo, o que comumente leva á dietas com excesso de fósforo, aumentando a eliminação deste mineral nas excretas (Dilger & Adeola, 2006).

Os valores de exigência de fósforo para os animais podem ser encontrados em diferentes tabelas (NRC, 1994; Rostagno et al., 2005). Estes, no entanto, consideram valores de fósforo total ou de biodisponibilidade do fósforo nos alimentos. Além disso, os trabalhos de pesquisa foram realizados em sua maioria na década de 90, sendo que não representam necessariamente as condições e o nível de conhecimentos

atuais, o que levanta questionamento sobre a acurácia destas informações (Knowlton et al., 2004).

Diversos autores têm sugerido que coeficientes de digestibilidade do fósforo podem ser utilizados para avaliar o aproveitamento do fósforo pelos suínos (Jongbloed & Kemme, 1990, Fan et al., 2001, Bünzen et al., 2008) e aves (Dilger & Adeola, 2006). Dessa forma formulações mais precisas poderiam contemplar na dieta níveis de fósforo próximos as exigências dos animais, reduzindo custos e a excreção deste mineral.

Por outro lado, os coeficientes de digestibilidade aparente subestimam o real aproveitamento do fósforo pelos animais por não contemplar as perdas de fósforo endógeno, que ocorrem por meio do muco, descamações e enzimas (Shen et al., 2002).

A determinação dos valores de fósforo endógeno excretado pelas aves é importante para tornar mais precisos os valores de digestibilidade do fósforo dos alimentos. Diferentes técnicas para avaliar a excreção endógena de fósforo têm sido empregadas, utilizando análises de regressão e dietas purificadas ou semi-purificadas, com grande variação nos resultados (Sakomura & Rostagno, 2007).

A absorção do fósforo no trato gastrintestinal está sob a influência de inúmeros fatores, tais como pH, origem do fósforo presente (orgânico ou inorgânico), nível de vitamina D₃, concentração de minerais, etc. (Aumam, 2003). O cálcio é um dos minerais mais importantes devido a sua estreita relação nos processos de absorção do fósforo. Em altas concentrações, pode formar complexos com o fósforo, tornando-os indisponíveis as aves.

Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores de fósforo endógeno excretado e a digestibilidade do fósforo de origem orgânica e inorgânica em frangos de corte em crescimento.

Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

No primeiro 50 aves com 15 dias de idade foram alojadas em baterias metálicas, distribuídas no delineamento fatorial 5 x 2, com cinco tratamentos (dias de coleta), duas técnicas aplicadas nas mesmas aves, duas repetições e cinco aves para cada unidade experimental, para determinar a excreção endógena de fósforo à partir do fornecimento de uma dieta isenta de fósforo, sem adaptação à dieta. As técnicas utilizadas foram as de coleta total de excretas e coleta de digesta ileal com uso do indicador.

Uma dieta purificada a base de amido, aminoácidos, vitaminas e minerais, para atender as exigências nutricionais dos animais segundo recomendações de Rostagno et al. (2005), sendo considerada isenta de fósforo, e contendo 0,50% de cálcio e 0,50% de Cr_2O_3 (Tabela 1) foi ofertada as aves durante os cinco dias de coleta.

Ao final de cada período de 24 horas, depois de coletadas as excretas, as aves foram submetidas a jejum por uma hora, seguido de alimentação por uma hora com estímulo para garantir que após o abate as aves tivessem alimento (digesta) a ser coletado, coleta esta realizada na porção terminal do íleo (digesta pré-cecal), de acordo com os respectivos tratamentos.

Tabela 1 – Composição centesimal das dietas para frangos de corte

Ingrediente	Dieta Purificada, %	0,10% P Orgânico	0,10% P Inorgânico
Amido	71,53	52,93	70,99
Farelo de soja	-	18,87	-
Açúcar	5,00	5,00	5,00
Mistura aminoacídica	9,09	9,09	9,09
Óleo de soja	5,00	5,00	5,00
Sabugo de milho moído	5,00	5,00	5,00
Inerte ¹	2,00	2,00	2,00
Calcário	1,04	1,04	1,04
Fosfato bicálcico	-	-	0,54
Sal	0,45	0,45	0,45
Cloreto de colina 60%	0,20	0,20	0,20
Premix mineral ²	0,13	0,13	0,13
Premix vitamínico ³	0,05	0,05	0,05
Óxido de cromo (Cr ₂ O ₃)	0,50	0,50	0,50
Antioxidante	0,01	0,01	0,01
Total	100,00	100,00	100,00
Mistura Aminoacídica			
L-Lisina HCl	0,63	0,63	0,63
DL-Metionina	0,16	0,16	0,16
L-Cistina	0,16	0,16	0,16
L-Treonina	0,35	0,35	0,35
L-Triptofano	0,10	0,10	0,10
L-Arginina	0,53	0,53	0,53
L-Valina	0,40	0,40	0,40
L-Leucina	0,55	0,55	0,55
L-Isoleucina	0,33	0,33	0,33
L-Histidina	0,15	0,15	0,15
L-Fenilalanina	0,33	0,33	0,33
L-Tirosina	0,30	0,30	0,30
Ácido L-Glutâmico	2,90	2,90	2,90
L-Alanina	0,55	0,55	0,55
L-Glicina	0,60	0,60	0,60
L-Prolina	0,20	0,20	0,20
Ácido L-Aspártico	0,60	0,60	0,60
NaHCO ₃	0,25	0,25	0,25
Total	9,09	9,09	9,09
Composição Calculada			
Proteína Bruta (%)	(7,98) ⁴	(15,96)	(8,03)
Cálcio (%)	0,41 (0,43)	(0,47)	(0,60)
Fósforo Total (%)	0,00 (0,01)	(0,12)	(0,11)

1-Areia lavada. 2-Roligomix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Ferro - 100,0 g; Cobre- 20,0 g; Cobalto- 2,0 g; Manganês- 16,0 g; Zinco – 100,0 g; Iodo – 2,0 g e veículo q.s.p., 1.000 g 3- Rovimix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Vit A - 10.000.000 UI; Vit D3 - 2.000.000 UI; Vit E- 30.000 UI; Vit B1- 2 g; Vit B6 – 4,0 g; Ácido Pantotênico 12,0 g; Biotina – 0,10g; Vit K3, 3,0 g, Acido Fólico – 1,0 g; Acido Nicotínico – 50,0 g; Vit B12- 15.000 mcg; Selênio, 25,0 g e veículo q.s.p. - 1.000 g. 4- Dados entre parênteses referem-se a valores analisados.

Um segundo experimento utilizando 75 aves de 21 dias de idade, distribuídas em delineamento fatorial 3 x 2, com três tratamentos, duas técnicas aplicadas nas mesmas aves, cinco repetições e cinco aves por unidade experimental, foi conduzido com o objetivo de determinar a excreção endógena de fósforo e a digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja e do fosfato bicálcico. Foram utilizadas as técnicas de coleta total de excretas e coleta de digesta ileal com uso do indicador.

Os tratamentos foram compostos pela dieta purificada (T1), dieta purificada + 0,10% de fósforo total proveniente do farelo de soja (T2) e dieta purificada + 0,10% de fósforo total do fosfato bicálcico (T3), resultando na substituição do amido em 18,87% de farelo de soja e 0,54% de fosfato bicálcico, respectivamente (Tabela 1). Em todas as dietas foi adicionado óxido crômico como indicador fecal.

As aves foram alojadas em gaiolas metálicas e mantidas por 12 dias, sendo 7 dias de adaptação, onde 4 dias de adaptação as gaiolas e 3 dias de adaptação às dietas, seguido de 5 dias de coleta total de excretas, com água e ração experimental fornecidos a vontade.

Os procedimentos de coleta de excretas e de digesta ileal foram realizadas de forma semelhante ao experimento anterior.

Todas as aves foram criadas do primeiro dia até a idade a serem transferidas para as gaiolas metabólicas em galpão de alvenaria, segundo as recomendações preconizadas pelos manuais das linhagens e recebendo dietas comerciais formuladas de acordo com a idade das aves, segundo recomendações de Rostagno et al. (2005).

Em ambos os experimentos as rações e água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. As aves receberam luz natural durante o dia e luz artificial durante as horas escuras do dia. As coletas de excretas foram feitas duas vezes ao dia com intervalos de 12 horas. Para evitar contaminações e perda de amostra as bandejas foram revestidas com plástico, colocadas sob o piso de cada unidade experimental.

As excretas coletadas foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em freezer até o final do período de coleta, quando então foram homogeneizadas e retiradas alíquotas, e depois colocadas em estufa de circulação de ar a temperatura de 60°C para a pré-secagem. Posteriormente foram realizadas as análises laboratoriais (matéria seca, fósforo total e cromo), no Laboratório de Nutrição Animal de Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

Ao término do experimento, foi determinada a quantidade de ração consumida por unidade experimental, durante os cinco dias de coleta.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais dos alimentos, da dieta purificada, das rações testes e das amostras de digestas e excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade do fósforo descritos por Bünzen et al. (2008), utilizando o indicador fecal óxido crômico (Cr_2O_3).

Foram determinados o consumo de matéria seca (g) referente ao consumo da dieta purificada, o conteúdo de fósforo na digesta e nas excretas e o fator de indigestibilidade referente ao conteúdo de Cr_2O_3 presente na dieta, na digesta e nas excretas. Em seguida determinou-se os

valores de excreção endógena do fósforo, em mg de P/ kg de matéria seca ingerida (MSI) e os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo das fontes avaliadas.

Os dados obtidos foram avaliados usando o teste de médias (Student Newman-Keul's) e análises de regressão. Utilizou-se o pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), para comparar a excreção e as metodologias na determinação da excreção de fósforo endógeno e coeficientes de digestibilidade do fósforo em frangos de corte alimentados com dieta purificada.

Resultados e Discussão

Os valores médios de fósforo endógeno encontrados na digesta ileal e nas excretas de frangos de corte entre 15 e 20 dias de idade e alimentados com dieta purificada (experimento 1) mostraram-se semelhantes à partir do terceiro dia de coleta (Tabela 2).

Não houve interação entre os valores de fósforo endógeno e as técnicas.

Tabela 2 – Fósforo endógeno na digesta ileal e excretas de frangos de corte de 15 a 20 dias de idade (mg P/kg MS ingerida)

Dias de coleta	P endógeno Ileal (mg P/kg MSI)	P endógeno Excretas (mg P/kg MSI)
1 ^a	227,96	2884,87 a
2 ^a	106,28	237,72 b
3 ^a	150,03	186,20 b
4 ^a	151,49	155,31 b
5 ^a	124,97	169,38 b
CV (%)	42,65	24,20
	ns	*

Médias seguidas por letras minúsculas, diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste Newman-Keul's ($P < 0,05$). ns = não significativo. * = $P < 0,05$.

Não houve interação entre os diferentes fatores. Os valores médios de excreção de fósforo determinadas na digesta ileal mostraram-se semelhantes nos diferentes dias de coleta ($P > 0,05$). Diferenças foram encontradas ($P < 0,05$) no conteúdo de fósforo endógeno das excretas, principalmente no primeiro dia. Este fato ocorreu, provavelmente, devido a influência da dieta comercial fornecida no período anterior ao período experimental, uma vez que não houve adaptação a dieta.

Nesse sentido, os resultados obtidos indicam que os valores de excreção ileal de fósforo parecem ser os mais indicados para determinar a

excreção endógena de fósforo, uma vez que as excretas são influenciadas pelo do fósforo eliminado na urina e assim, não foram consideradas.

A equação de regressão que expressa as perdas de fósforo endógeno ileal encontrada foi $\hat{Y} = 274,4 - 79,523x + 10,574x^2$ ($R^2=0,48$), onde x = dias e \hat{Y} = mg P excretado/kg de MS ingerida.

Levando-se em consideração que as perdas de fósforo endógeno parecem estabilizar-se a partir do terceiro dia de fornecimento da dieta isenta de fósforo, segundo a equação acima descrita, obteve-se por meio da média dos valores encontrados a partir do terceiro dia, que a excreção de fósforo endógeno de frangos de corte de 15 a 20 dias de idade é de 142,16 mg/kg de MSI.

Valores de excreção endógena foram obtidos por Dilger & Adeola (2006) onde 235,00 mg P/kg MS ingerida foi estimado como de origem endógena, por meio de regressão para consumo zero de fósforo com frangos de corte entre 15 e 22 dias de idade. Por outro lado, Rutherford et al. (2002) estimaram valores de 272,00 mg P/kg MS ingerida para excreção endógena no íleo, com dieta semi purificada.

Os valores médios de fósforo endógeno encontrados na digesta ileal de frangos de corte entre 21 e 35 dias de idade alimentados com dieta purificada determinados no segundo experimento (Tabela 3) apresentaram-se semelhantes aos obtidos no primeiro experimento (134,7 vs 142,16 mg P/kg MSI), apesar da diferente idade das aves.

Estes valores, no entanto, foram inferiores aos obtidos por Rutherford et al. (2002) e Dilger & Adeola (2006) que obtiveram 272,00 e 235,00 mg P/kg MSI, respectivamente, com diferentes metodologias.

Tabela 3 - Fósforo endógeno na digesta ileal, nas excretas e coeficiente de digestibilidade aparente do Ca no calcário em frangos de corte de 21 a 32 dias de idade

P endógeno excretado	mg P/kg MSI	mg P/kg ^{0,75} ave	CDAp. Cálcio
Digesta Ileal	134,70 ^b	339,16	84,20 %
Excretas	421,54 ^a	425,08	-
CV (%)	20,37 *	19,09 ns	5,02

Médias seguidas por letras minúsculas, diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P<0,05). ns = não significativo. * = P<0,05.

O período de adaptação realizado com a dieta purificada previamente ao período de coleta eliminou qualquer influência do fósforo presente na dieta comercial com a qual as aves foram alimentadas inicialmente.

Os valores de fósforo obtidos nas excretas considerado como de origem endógena foram maiores (P<0,05) em relação aos obtidos na digesta ileal, havendo possivelmente, influência do fósforo excretado na urina, que é aumentado pelo desbalanço de minerais no organismo (Plumstead et al., 2008).

Apesar se não ser objetivo inicial do trabalho, pela análise do conteúdo de Ca na digesta das aves alimentadas com dieta purificada, foi possível determinar o coeficiente de digestibilidade aparente do Ca no calcário, fonte exclusiva de Ca na dieta, sendo obtido valor de 84,20%. Trabalhos avaliando a digestibilidade do Ca em aves são recentes e ainda escassos, mas estudos indicam solubilidade do calcário em suínos acima de 80% (Jongbloed et al., 1999; Cruz, 2009).

Os coeficientes de digestibilidade baseados no conteúdo de Ca das excretas mostraram-se incoerentes, possivelmente devido a influência do Ca da urina, excretado em maior proporção em aves alimentadas com dietas

deficientes em Ca e em P, devido a mobilização óssea, e não foram considerados.

Os coeficientes de digestibilidade do fósforo das fontes de fósforo orgânica e inorgânica, representados pelos ingredientes farelo de soja e fosfato bicálcico, foram semelhantes ($P>0,05$) tanto na digestibilidade aparente quanto na verdadeira, o que permite o uso de valores médios entre as duas técnicas (Tabela 4).

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo em frangos de corte de 21 a 32 dias de idade

	Coef. Dig. Aparente		Coef. Dig. Verdadeira		CV (%)
	Digesta Ileal	Excretas	Digesta Ileal	Excretas	
Farelo de Soja	36,14	40,72	47,95	57,12	
Média	38,43 ^b		52,54 ^a		12,64
Fosfato Bicálcico	62,95	60,81	73,93	76,08	
Média	61,88 ^b		75,01 ^a		5,03

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Newman-Keul's ($P<0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira foram maiores ($P<0,05$) que os de digestibilidade aparente quando corrigidos pelos valores de fósforo endógeno excretado, tanto na digesta quanto nas excretas, indicando subestimação no aproveitamento do fósforo se utilizados os valores de digestibilidade aparente. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira foram obtidos por meio dos valores de excreção de fósforo endógeno citados anteriormente (134,70 e 421,45 mg P/kg MSI).

Não foram encontrados na literatura consultada estudos sobre a digestibilidade do fósforo do farelo de soja e do fosfato bicálcico com dieta purificada em aves.

Estudos conduzidos por Dilger & Adeola (2004), utilizando dietas semi-purificadas para avaliar a excreção e digestibilidade do fósforo do farelo de soja em frangos, resultaram em valores entre 71,00 e 89,00% de digestibilidade aparente ileal do fósforo de dois diferentes tipos do farelo de soja. Os autores, porém, citam que os valores obtidos foram elevados quando comparados a outros estudos, possivelmente pela baixa concentração do fósforo nas dietas, que propiciou a máxima absorção deste mineral.

O coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo do farelo de soja obtido neste trabalho foi inferior aos obtidos por Dilger et al. (2004) que citam a digestibilidade do fósforo para o farelo de soja em dietas experimentais a base de milho e farelo de soja valores entre 49,00 e 53,00%, valores estes próximos ao de digestibilidade verdadeira obtido no presente estudo (52,54%).

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo da fonte inorgânica avaliada foram 61,88 e 75,01%, respectivamente. Não foram encontrados na literatura consultada valores de digestibilidade do fósforo do fosfato bicálcico avaliados em frangos. Estudos com suínos, no entanto, indicam que esta fonte apresenta alta digestibilidade, com valores variando de 61,55 a 71,41% (Bünzen et al., 2006).

Vários são os fatores que podem influenciar a digestibilidade do fósforo pelas aves. No caso do fosfato bicálcico avaliado com dieta purificada, a alta solubilidade da fonte utilizada e a baixa concentração de fósforo na dieta podem influenciar no aumento da absorção deste mineral, resultando em valores elevados de digestibilidade.

Conclusões

Não houve diferenças na determinação da digestibilidade do fósforo pelas técnicas de coleta de digesta ileal e de coleta de excretas utilizando o óxido de cromo como indicador.

O valor de fósforo endógeno excretado por frangos de corte foi de 138,43 mg de P/kg de MSI, obtido por meio da técnica de coleta de digesta ileal com uso do indicador.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja e do fosfato bicálcico, utilizados como fontes exclusivas de fósforo orgânico e inorgânico, respectivamente, foram 52,54 e 75,01%.

Referências Bibliográficas

- ADEOLA, O., SANDS, J.S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science**, v. 81 (E.suppl.2), p E78-E85. 2003.
- AUMAN, S.K. Increasing dietary phosphorus retention and decreasing fecal phosphate excretion in modern commercial broilers 2003. Disponível em: <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-11032003-175049/unrestricted/etd.pdf>
- BÜNZEN, S; ROSTAGNO, H.S; LOPES, D.C. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de fontes inorgânicas para suínos em crescimento e em terminação. PorkExpo & III Fórum Internacional de Suinocultura, 2006. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR. 2006.
- BÜNZEN, S; ROSTAGNO, H.S; LOPES, D.C. et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1236-1242. 2008.
- CRUZ, S.C.S. Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliados em frangos de corte e suínos com diferentes métodos. Viçosa, UFV, 2009. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- DILGER, R.N., ONYANGO, E.M., SANDS, J.S. et al. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. **Poultry Science**, v.83, p.962–970. 2004.
- DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. **Poultry Science**, v.85, p.661-668. 2006.
- FAN, M.Z., ARCHBOLD, T., SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2388-2396. 2001.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras: Universidade Federal de Lavras/DEX. 2000.
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P. A. 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**, v.38, p.567–75. 1990.
- JONGBLOED, A.W.; EVERTS, H.; KEMME, P.A. et al. Quantification of absorbability of macroelements. In.: A quantitative biology of the pig. CAB International, p. 275-298. 1999.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorous levels and phytase supplementation. **Inter. Journal of Poultry Science**, v. 5 (3), p.251-254. 2006

- KNOWLTON, K.F.; RADCLIFFE, J.S.; NOVAK, C.L. et al. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. **Journal of Animal Science**, v.82 (E. Suppl.), p.E173–E195. 2004
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrients requirements of poultry. 9.ed. Washington, DC: 1994. 155p.
- PLUMSTEAD., P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, J.W. et al. Interaction of calcium and phytate in broilers diets. 1. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v.87, p. 449-458. 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos : Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 2.ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- RUTHERFURD, S.M.; CHUNG, T.K.; MOUGHAN, P.J. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chickens. **Brit. Poultry Science**, v.43, p 598-606. 2002.
- RUTHERFURD, S.M., CHUNG, T.K., MOUGHAN, P.J. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chicken. **Brit. Poultry Science**, v.43, p.598–606. 2002
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal, SP. Funep, 2007. 283p.
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A. et al. 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**, v.132, p.1199–1206. 2002.
- SILVA, J.D.; QUEIROZ, A.C. de. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. p.235.

CAPÍTULO II

Coeficientes de Digestibilidade Aparente e Verdadeira do Fósforo em Alimentos para frangos de corte

Resumo – Um estudo foi realizado com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade do fósforo em alimentos para frangos de corte. Foram utilizadas 240 aves de 21 dias de idade distribuídas em delineamento fatorial 8 x 2, com oito tratamentos, duas técnicas (coleta total de excretas e coleta do conteúdo da digesta ileal com uso do indicador) aplicadas simultaneamente, seis repetições e cinco aves por unidade experimental. Os tratamentos foram compostos por uma ração com baixo conteúdo de fósforo, uma ração referência e seis alimentos. Os alimentos avaliados substituíram a ração referência em quantidades variadas, de forma que os alimentos de origem vegetal (milho, farelo de soja e farelo de trigo) fornecessem 0,15% de fósforo total às dietas experimentais e os ingredientes farinha de carne e ossos 45% de PB, fosfato bicálcico e fosfato monocálcico fornecessem 0,20%. Foram utilizadas as técnicas de coleta total de excretas durante cinco dias, após adaptação de sete dias, e coleta do conteúdo de digesta ileal das aves ao final do período experimental, ambas com uso do indicador óxido crômico. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com frangos de corte foram, respectivamente: milho, 44,49%; farelo de soja, 57,74%; farelo de trigo, 46,21%; farinha de carne e ossos, 57,39%; fosfato bicálcico, 57,28% e fosfato monocálcico, 56,86%. Não houve diferenças na determinação da digestibilidade do fósforo através das metodologias de coleta de digesta ileal e excretas em frangos de corte, utilizando o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador.

Palavras-chave: coleta total, digesta ileal, fósforo digestível, óxido crômico.

Coefficients of digestibility apparent and true of phosphorus of feedstuffs in broilers chickens

Abstract - This study was carried out to determine the digestibility coefficients of phosphorus of feeds for broiler chickens. 21-d 240 broilers were assigned to a 8 x 2 factorial arrangement, with eight treatments, two methodologies (total feces collection and ileal digesta collection using marker), six replications and five broilers per experimental unit. The treatments consisted of a low phosphorus content diet, a reference diet and six feedstuffs. The feedstuffs replaced the reference diet at different proportions so that the vegetable feeds (corn, soybean meal and wheat bran and middlings) supplied 0.15% of total phosphorus to the experimental diets and the feedstuffs meat and bone meal 45% CP, dicalcium and monocalcium phosphate supplied 0.20%. The total feces collection during five days, after seven days of adaptation, and the ileal digesta collection at the end of the experimental period were used with the same marker (chromium oxide). The true digestibility coefficients of phosphorus obtained with growing broilers were, respectively: corn, 44.49%; soybean meal, 57.74%; wheat bran and middlings, 46.21%; meat and bone meal, 57.39%; dicalcium phosphate, 57.28% and monocalcium phosphate, 56.86%. Differences on the phosphorus digestibility by the ileal digesta and fecal collections using the marker were not observed.

Keywords: chromium oxide, digestible phosphorus, ileal digesta, total collection.

Introdução

O fósforo tem sido reconhecido como um dos mais importantes minerais para os animais. É considerado o terceiro nutriente mais custoso nas rações de aves, além de ser um dos principais elementos poluentes presente nas excretas, exigindo dos nutricionistas atenção especial quanto a formulação (Karimi et al., 2006).

As rações dos monogástricos são compostas principalmente por alimentos de origem vegetal, cujo conteúdo em fósforo é baixo e de pouco aproveitamento pelos animais, pois se apresenta na maior parte como fósforo fítico (Dilger & Adeola, 2006). Este é considerado um fator antinutricional por complexar com minerais catiônicos e outros nutrientes, tornando-os indisponíveis para os animais (Adeola & Sands, 2003).

Por ser o fósforo dos alimentos vegetais pouco aproveitado pelas aves pela ausência da enzima fitase endógena, dietas comerciais de frangos de corte são suplementadas com fontes inorgânicas de fósforo, o que pode levar a formulação de dietas com excesso de fósforo, aumentando a eliminação deste mineral nas excretas (Dilger & Adeola, 2006).

As exigências de fósforo para os animais podem ser encontradas em diferentes tabelas (NRC, 1994; Rostagno et al., 2005). Estes, no entanto, consideram valores de fósforo total ou de biodisponibilidade do fósforo nos alimentos. Além disso, trabalhos de pesquisa foram realizados em sua maioria na década de 90, sendo que não representam necessariamente as condições e o nível de conhecimentos atuais, o que levanta questionamento sobre a acurácia destas informações (Knowlton et al., 2004).

Diversos autores têm sugerido que coeficientes de digestibilidade do fósforo podem ser utilizados para avaliar o aproveitamento do fósforo pelos suínos (Jongbloed & Kemme, 1990, Fan et al., 2001, Bünzen et al., 2008) e aves (Dilger & Adeola, 2006). Dessa forma formulações mais precisas poderiam contemplar na dieta níveis de fósforo mais próximos as exigências dos animais, reduzindo custos e a excreção deste mineral.

Por outro lado, os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo poderiam ser utilizados na formulação de rações e dessa forma contemplar níveis de fósforo nas dietas mais próximas as exigências das aves, reduzindo custos e a excreção deste mineral no ambiente.

Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade do fósforo de diferentes alimentos para frangos de corte em crescimento.

Material e Métodos

Foi conduzido um experimento nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de avaliar a excreção de fósforo endógeno e os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de diferentes alimentos para frangos de corte em crescimento.

Foram utilizados 240 frangos de 21 dias de idade, distribuídos em delineamento fatorial 8 x 2, (tratamentos x técnicas), seis repetições e cinco aves por unidade experimental. As técnicas utilizadas foram as de coleta total de excretas e coleta de digesta ileal com uso do indicador, aplicadas simultaneamente.

As aves foram alojadas e mantidas por 12 dias em gaiolas metálicas, sendo quatro dias de adaptação as gaiolas e três dias de adaptação às dietas, seguido de cinco dias de coleta de excretas. Após o período de coleta de excretas, as aves foram submetidas a jejum por uma hora, seguido de alimentação por uma hora com estímulo para garantir que após o abate as aves tivessem alimento (digesta) a ser coletado, coleta esta realizada na porção terminal do íleo (digesta pré-cecal), de acordo com os respectivos tratamentos.

Uma ração referência e outra contendo baixo conteúdo de fósforo total foram formuladas a base de amido, aminoácidos, vitaminas e minerais, para atender as exigências das aves segundo recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto para o fósforo, e contendo 0,50% de cálcio e 0,50% de óxido crômico (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição centesimal da ração baixo fósforo e ração referência utilizadas no ensaio de digestibilidade do fósforo em diferentes alimentos para frangos de corte.

	Ração Baixo Fósforo	Ração Referência
Alimentos	1	2
Milho	2,99	51,44
Milho pré-cozido	49,75	29,85
Plasma sanguíneo	5,97	5,97
Concentrado protéico	-	2,98
Calcário	1,63	1,57
L-Lisina - HCL	0,63	0,54
L- Arginina	0,64	0,47
DL-Metionina	0,42	0,31
L-Treonina	0,34	0,23
L-Triptofano	0,08	0,04
L-Isoleucina	0,38	0,26
L- Valina	0,31	0,17
L-Glicina	0,50	0,50
Acido glutâmico	1,00	0,99
Óleo degomado	1,99	1,99
Mistura mineral ¹	0,15	0,15
Mistura vitaminica ²	0,07	0,07
Cloreto de colina 60%	0,10	0,10
Carbonato de potássio	0,63	0,32
Anticoccidiano	0,05	0,05
BHT	0,01	0,01
Inerte ³	2,02	1,49
Amido	29,85	-
Óxido crômico	0,50	0,50
Total	100,00	100,00
Composição calculada		
Energia metabolizável (kcal/g)	3374	3311
Proteína bruta (%)	12,01	16,05
Lisina digestível (%)	0,97	1,07
Cálcio (%)	0,65	0,65
Fósforo total (%)	0,06 (0,14) ⁴	0,19 (0,25)

1- Rologomix (Roche) – níveis de garantia por kg do produto: Ferro - 100,0 g; Cobre- 20,0 g; Cobalto- 2,0 g; Manganês- 16,0 g; Zinco – 100,0 g; Iodo – 2,0 g e veículo q.s.p., 1.000 g . 2- Rovimix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Vit A - 10.000.000 UI; Vit D3 - 2.000.000 UI; Vit E- 30.000 UI; Vit B1- 2 g; Vit B6 – 4,0 g; Ácido Pantotênico 12,0 g; Biotina – 0,10g; Vit K3, 3,0 g, Acido Fólico – 1,0 g; Ácido Nicotínico – 50,0 g; Vit B12- 15.000 mcg; Selênio, 25,0 g e veículo q.s.p. - 1.000 g. 3- Areia lavada. 4- Dados entre parênteses referem-se a valores analisados.

A ração baixo fósforo foi formulada para conter níveis mínimos de fósforo total e dessa forma permitir a determinação dos valores de fósforo endógeno excretados e a consequente obtenção dos coeficientes de digestibilidade verdadeira nas diferentes metodologias.

Os alimentos avaliados substituíram a ração referência em quantidades variadas (Tabela 2), fornecendo os alimentos de origem vegetal (milho, farelo de soja e farelo de trigo) e os ingredientes farinha de carne e ossos 45% de PB, fosfato bicálcico e fosfato monocálcico 0,15 e 0,20% de fósforo total, respectivamente.

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

Alimentos	Conteúdo Fósforo ¹	Fósf. total Fornecido	Subst. do alimento ²	Fósf. total dieta ³
Milho	0,24	0,15	62,19	0,22
Farelo de soja	0,53	0,15	28,16	0,32
Farelo de trigo	0,99	0,15	15,08	0,47
F ^a carne ossos	4,96	0,20	2,19	0,46
F. bicálcico	18,5	0,20	1,08	0,45
F. monocálcico	18,9	0,20	1,05	0,46

1 - Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005).

2 - Substituição do alimento na matéria natural.

3 - Valores analisados.

Ao final de cada período experimental as aves foram abatidas para coleta do conteúdo da digesta ileal, realizada na porção terminal do íleo (digesta pré-cecal), de acordo com os respectivos tratamentos.

Todas as aves foram criadas do primeiro dia até a idade a serem transferidas para as gaiolas metabólicas em galpão de alvenaria, segundo as recomendações preconizadas pelos manuais das linhagens e recebendo

dietas comerciais formuladas de acordo com as exigências nutricionais das aves, segundo recomendações de Rostagno et al. (2005).

Rações e água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. As aves receberam luz natural e/ou luz artificial durante as 24 horas do dia.

As coletas de excretas foram feitas duas vezes ao dia com intervalos de 12 horas entre cada coleta. Para evitar contaminações e perda de amostra experimental as bandejas foram revestidas com plástico, colocadas sob o piso de cada unidade experimental.

As excretas coletadas foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em freezer até o final do período de coleta, quando então foram homogeneizadas e retiradas alíquotas que mais tarde foram colocadas em estufa de circulação de ar a temperatura de 60°C para a pré-secagem. Posteriormente foram realizadas as devidas análises laboratoriais (matéria seca, fósforo total e cromo) no Laboratório de Nutrição Animal de Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

Ao término do experimento, foi determinada a quantidade de ração consumida por unidade experimental, durante os cinco dias de coleta.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais dos alimentos, da dieta com baixo conteúdo de fósforo total, das rações testes e das amostras de digesta e excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade do fósforo descritos por Bünzen et al. (2008), utilizando o indicador óxido crômico (Cr_2O_3).

Foram determinados o consumo de matéria seca (g), referente ao consumo da dieta com baixo conteúdo de fósforo total, o conteúdo de fósforo na digesta e excretas e o fator de indigestibilidade, referente ao conteúdo de Cr_2O_3 presente na dieta, digesta e excretas, obtendo como resultados os valores estimados de excreção endógena do fósforo, em mg de P/kg de matéria seca ingerida (MSI) e os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo das fontes avaliadas.

Os coeficientes de digestibilidade do fósforo e o uso das metodologias para frangos de corte foram submetidos a análises de variância e as médias comparadas por meio do teste Student Newman-Keul's, utilizando o pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Não houve interação entre os coeficientes de digestibilidade do fósforo dos alimentos e as diferentes técnicas utilizadas.

Não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) entre as metodologias de coleta de digesta ileal e coleta total de excretas, tanto para os valores de coeficientes de digestibilidade aparente quanto de digestibilidade verdadeira do fósforo, sendo apresentados os valores médios (Tabela 3).

Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos para frangos de corte, em diferentes metodologias.

	Coef. Dig. Apar.			Coef. Dig. Verd.			Média Geral
	Digesta	Excreta	Média	Digesta	Excreta	Média	
Milho	37,01	45,29	41,15	43,69	51,97	47,83	44,49
Farelo de soja	53,92	58,82	56,37	56,61	61,61	59,11	57,74
Farelo de trigo	50,14	41,74	45,94	50,67	42,27	46,47	46,21
F. carne ossos	58,67	57,30	57,99	57,47	56,10	56,79	57,39
F. Bicálcico	60,14	53,27	56,71	62,31	53,39	57,85	57,28
F. Monocálcico	61,35	52,94	57,15	61,51	51,61	56,56	56,86
CV (%)	13,99			13,03			

Apesar de não terem sido encontradas diferenças ($P>0,05$) entre as metodologias, os valores de coeficientes de digestibilidade obtidos por meio das excretas foram numericamente inferiores, com exceção do milho e do farelo de soja, aos obtidos a partir das amostras de digesta ileal, pelo maior conteúdo de fósforo recuperado nas excretas em relação a digesta ileal.

O conteúdo de fósforo das excretas pode ser influenciado pelo fósforo eliminado pela da urina (Plunstead et al., 2008), subestimando os coeficientes de digestibilidade do fósforo dos alimentos.

A ração com baixo conteúdo de fósforo apresentou valor de fósforo total analisado superior ao previamente planejado (0,14 vs 0,06%) e dessa forma, não pôde ser utilizado para estimação do fósforo endógeno excretado pelas aves, sendo desconsiderados.

Para fins de correção dos coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo nos alimentos para aves, foram utilizados valores de excreção endógena de fósforo obtido nos experimentos anteriores (138,43 mg de P/kg de MSI), citados no capítulo I.

Não foram encontradas diferenças entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo para os alimentos avaliados ($P > 0,05$).

No presente trabalho foram obtidos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro semelhantes entre diferentes fontes de fósforo, seja de origem orgânica ou inorgânica, o que difere de resultados obtidos em estudos anteriores conduzidos pelo mesmo autor, seja em aves ou em suínos (Bünzen et al., 2005). Tal fato pode ter ocorrido por haver excesso de fósforo total nas dietas experimentais com farelo de trigo, Farinha de carne e ossos, fosfato bicálcico e fosfato monocálcico, impossibilitando que a absorção destes nutrientes fosse maximizada, seja pela formação de complexos Ca-P insolúveis ou pela limitação dos transportadores destes minerais.

Outros autores (Dellaert et al., 1990; Jongbloed & Kemme, 1990; Dilger & Adeola, 2006) recomendam que para estudos de digestibilidade de fósforo os níveis deste mineral devem estar abaixo das exigências dos

animais para que ocorra maximização da capacidade de absorção do mineral nos alimentos avaliados.

Alguns citam que a digestibilidade do fósforo nas aves pode ser maior do que em suínos pela retenção do bolo alimentar no papo e a possível ação de fitase microbiana neste local, bem como o maior conteúdo de matéria seca do bolo alimentar, que poderia facilitar o contato substrato-enzima e aumentar a eficiência na liberação do fósforo (Jongbloed et al, 1999). No entanto, pelo fato anteriormente citado, do conteúdo elevado de fósforo em algumas dietas, tal característica não foi evidenciada neste trabalho.

Os valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro encontrados no milho foram de 41,15 e 47,83%, respectivamente. Estes valores se encontram dentro da faixa de variação de 22,90 a 54,30% descritas por Skiba et al. (2000), mas inferiores aos valores obtidos com suínos em crescimento por Bünzen et al. (2008), que obtiveram valores de 54,78% de coeficiente de digestibilidade verdadeira do fósforo.

Apesar de não se observar efeito estatístico ($P > 0,05$), a correção pela excreção de fósforo endógeno teve, neste trabalho, maior influência no milho dentre os demais alimentos avaliados, apresentando maior diferença numérica entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira. Este fato é corroborado por Shen et al. (2002) que citam a necessidade da correção dos coeficientes de digestibilidade aparente por meio da excreção do fósforo endógeno, principalmente nos alimentos com menor conteúdo de fósforo, como o milho, evitando assim a subestimação dos coeficientes de digestibilidade deste mineral.

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo obtidos com o farelo de soja foram de 56,37 e 59,11%. Os valores de digestibilidade aparente foram semelhantes aos obtidos por Dilger et al. (2004) e Rutherford et al. (2004) que obtiveram valores entre 49 e 53%, mas inferiores aos obtidos por Dilger & Adeola (2006) que obtiveram coeficientes de digestibilidade aparente variando de 71 a 89%. Estes autores, entretanto, citam ter encontrado valores elevados de digestibilidade aparente pelo fato de avaliar dietas com níveis de fósforo muito baixos.

Por outro lado, os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo obtidos em trabalho anterior, em que a soja foi avaliada como única fonte de fósforo da dieta, foram de 38,43 e 52,54%, respectivamente.

O farelo de trigo apresentou valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de 45,94 e 46,47%. Apesar de não haver dados disponíveis para comparação, estes valores foram semelhantes aos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo (47,96%), mas inferiores aos de digestibilidade verdadeira (52,19%) obtidos em suínos em crescimento por Bünzen et al. (2008).

Os coeficientes de digestibilidade obtidos para a farinha de carne e ossos, fosfato bicálcico e fosfato monocálcico foram 57,39; 57,28 e 56,86%, respectivamente. Estes valores são relativamente baixos quando comparados a fontes de fósforo inorgânico avaliadas com suínos em crescimento, possivelmente devido a influência do excesso de fósforo nestas dietas, sendo citados na literatura valores a partir de 60,53% para a farinha de carne e ossos, 61,98% para o fosfato bicálcico e 86,65% para o fosfato

monocálcico (Bünzen et al., 2005). Vale citar que o fosfato monocálcico apresenta maiores valores de coeficientes de digestibilidade do fósforo devido a maior solubilidade deste mineral em relação às outras fontes (Sauvant et al., 2003).

Em trabalho realizado anteriormente e tendo o fosfato bicálcico como fonte exclusiva de fósforo, foram obtidos valores de 61,88 e 75,01% para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo, respectivamente, indicando valores elevados no aproveitamento do fósforo das fontes inorgânicas também para aves.

Tabela 4 – Conteúdo de fósforo (P) total, coeficientes de digestibilidade e digestível dos alimentos avaliados com frangos de corte de 21 dias de idade (matéria natural).

Alimentos	Conteúdo P total ¹	Coeficientes de digestibilidade	Conteúdo P digestível ²
Milho	0,24	44,49	0,11
Farelo de soja	0,53	57,74	0,31
Farelo de trigo	0,99	46,21	0,46
F. carne e ossos	4,96	57,39	2,85
Fosfato bicálcico	18,5	57,28	10,60
Fosfato monocálcico	20,4	56,86	11,60

1-Valores analisados.

2-Valores calculados.

Conclusões

Não há diferenças nos valores de digestibilidade do fósforo determinados pelas técnicas de coleta de digesta ileal e de excretas em frangos de corte, utilizando o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com frangos de corte foram: milho, 44,49%; farelo de soja, 57,74%; farelo de trigo, 46,21%; farinha de carne e ossos, 57,39%; fosfato bicálcico, 57,28% e fosfato monocálcico, 56,86%.

Referências Bibliográficas

- ADEOLA, O.; SANDS, J.S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science**, v.81 (E.suppl.2), p. 78-E85. 2003.
- BÜNZEN, S. **Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos determinada com suínos em crescimento e em terminação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- BÜNZEN, S; ROSTAGNO, H.S; LOPES, D.C. et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1236-1242, 2008.
- 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.
- DILGER, R. N., E. M. ONYANGO, J. S. SANDS, and O. ADEOLA. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. **Poultry Science**, v.83, p.962-970. 2004.
- DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. **Poultry Science**, v.85, p.661-668. 2006.
- FAN, M.Z., ARCHBOLD, T., SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v. 131, p. 2388-2396. 2001.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras: Universidade Federal de Lavras/DEX. 2000.
- JONGBLOED, A.W. & KEMME, P. A. 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**, v.38, p.567-75. 1990.
- JONGBLOED, A.W.; EVERTS, H.; KEMME, P.A. et al. **Quantification of absorbability of macroelements**. In.: A quantitative biology of the pig. CAB International, 1999. p. 275-298.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorous levels and phytase supplementation **Inter. Journal of Poultry Science**, v.5 (3), p. 251-254. 2006.
- KNOWLTON, K.F., RADCLIFFE, J.S., NOVAK, C.L. et al. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. **Journal of Animal Science**, v.82 (E. Suppl.), p.E173-E195. 2004.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of poultry**. 9.ed. Washington, DC: 1994. 155p.
- PLUMSTEAD., P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, J.W. et al. Interaction of calcium an phytate in broilers diets. 1. Effects on aparente prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v.87, p 449-458. 2008.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. VIÇOSA: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- RUTHERFURD, S.M., CHUNG, T.K., MOUGHAN, P.J.. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chicken. **Br. Poultry Science.**, v.43, p.598–606. 2004.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G.**Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero**. INRA - Paris. (versão espanhola). 2003.
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A et al. 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**, v.132, p 1199-1206. 2002.
- SKIBA, F.; CALLU, P.; CASTAING, J.et al. Variabilité intra-matière première de la digestibilité du phosphore des céréales et du pois chez le porc en croissance. **Journées Recherche Porcine**, v.36, p. 9-16. 2000.
- SILVA, J. D.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. p.235.

CAPÍTULO III

Níveis de Fósforo Digestível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 22 a 35 dias de Idade

Resumo - Este estudo foi conduzido com o objetivo de determinar a exigência de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade. Foram utilizadas 1440 aves da linhagem Cobb (720 machos e 720 fêmeas) distribuídos em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 2 (tratamentos x sexo), oito repetições e quinze aves por unidade experimental. Seis níveis de fósforo digestível (0,22; 0,26; 0,30; 0,34; 0,37 e 0,41%) foram utilizados em rações a base de milho, farelo de soja e fosfato bicálcico. Foram avaliados os parâmetros ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos. Os parâmetros de desempenho foram analisados de forma anincha dentro de cada sexo. Não houve efeito dos níveis de fósforo digestível sobre o consumo de ração. O aumento dos níveis de fósforo digestível na ração influenciou de forma linear o ganho de peso e de forma quadrática a conversão alimentar. Efeito linear e quadrático foram obtidos para os parâmetros ósseos. Estimou-se através das equações quadráticas e utilizando o intervalo de confiança de 0,95 as exigências de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, em 0,35% de fósforo digestível o valor que maximiza o desempenho e qualidade óssea de fêmeas e 0,41% de fósforo digestível para os machos.

Palavras-chave: digestibilidade verdadeira, exigência, relação cálcio: fósforo.

Digestible Phosphorus Levels of Male and Female Broilers from 22 to 35 days of age

Abstract - This study was carried out to determine the digestible phosphorus requirement for broilers from 22 to 35 days of age. One thousand and four hundred and forty Cobb broiler breeder (720 males and 720 females), were allotted to a 6 x 2 factorial design (treatments x sex), eight replicates and 15 broilers per experimental unit. Six levels of digestible phosphorus (0.22; 0.26; 0.30; 0.34; 0.37 and 0.41%) were used in corn-soybean meal-dicalcium phosphate based diets. Body weight gain, feed intake, feed:gain ratio and contents of ash, calcium and phosphorus in the bone were evaluated. The performance parameters were analyzed within each sex. No treatment effect on feed intake consumption occurred. The increasing phosphorus levels linearly affected body weight and quadratically feed:gain ratio. Linear and quadratic effects were obtained for the bone parameters. The digestible phosphorus requirements for broilers from 22 to 35 days old were estimated by the quadratic equations with interval of confidence of .95. The value of digestible phosphorus that maximizes the performance and bone quality was estimated in 0.35% for females 0.41% for males.

Keywords: calcium:phosphorus ratio, requirement, true digestibility.

Introdução

O constante avanço genético aos quais as aves têm sido submetidas nos últimos anos exige o acompanhamento do conhecimento das exigências em nutrientes nas diferentes fases. Entre os minerais, o fósforo é reconhecido como um dos mais importantes, sendo essencial para a ótima taxa de crescimento e mineralização óssea (Gomes et al., 2004).

O fósforo é considerado o terceiro nutriente mais custoso nas rações de aves, além de ser um dos principais elementos poluentes nas excretas, exigindo dos nutricionistas atenção especial quanto a formulação mais próxima a exigências destes animais (Karimi et al., 2006).

As exigências nutricionais das aves devem ser frequentemente reavaliadas, devido ao constante melhoramento genético ao qual são submetidas, na busca constante por linhagens de rápido crescimento e especializadas em deposição de carne. Estas informações constam em publicações como NRC (1994), Rostagno et al. (2005) e nos manuais das linhagens. No entanto, contemplam o uso do fósforo disponível, baseados em ensaios de disponibilidade do fósforo em diferentes alimentos.

A disponibilidade biológica de um nutriente é definida como a proporção ou percentagem ingerida capaz de ser absorvida pelo intestino e estar disponível tanto para o uso metabólico quanto ao armazenamento em tecidos animais. Sua determinação se dá por meio da avaliação de parâmetros de desempenho e ósseos como cinzas no osso, resistência a quebra, fósforo no osso (Spencer et al., 2000), sempre comparados a uma fonte de fósforo ao qual se atribui valor de 100% de disponibilidade.

A avaliação da disponibilidade do fósforo de diferentes fontes por meio dos parâmetros citados é oneroso em custo e trabalho. Nesse sentido, alguns autores (Jongbloed & Kemme, 1990; Fan et al., 2001) sugerem que a disponibilidade do fósforo pode ser estimada a partir dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo das fontes, trazendo vantagens práticas e econômicas na sua determinação.

As rações de aves são formuladas com base em alimentos vegetais, cujo conteúdo de fósforo é considerado baixo e pouco aproveitado pelas aves, já que este se encontra em grande parte na forma de fósforo fítico, indisponível para os animais monogástricos pela ausência de fitase endógena. O fósforo fítico tem ainda alta capacidade de se ligar a outros nutrientes, principalmente minerais catiônicos, tornando-os também indisponíveis a absorção (Adeola & Sands, 2003). A digestibilidade considera a fração de fósforo que é absorvida pelo trato gastrintestinal, incluindo a fração disponível (não fítica) e parte do fósforo ligado a molécula de inositol que consegue ser hidrolisada.

Diversos estudos (Dilger & Adeola, 2006; Pettey et al., 2006; Plumstead et al., 2008) têm sido conduzidos a fim de se determinar os valores de fósforo digestível dos diferentes alimentos e assim, tornar possível a formulação de dietas com níveis de fósforo mais próximos as exigências nutricionais das aves e considerando o seu real aproveitamento nos alimentos, reduzindo custos com suplementação inorgânica e a excreção deste mineral.

Diante deste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar as exigências de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a

35 dias de idade, alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja e mantendo-se constante a relação do fósforo com o cálcio.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de determinar as exigências de fósforo digestível em frangos de corte de 22 a 35 dias de idade.

Foram utilizados 1440 frangos da linhagem Cobb, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 2, com seis tratamentos (níveis de fósforo digestível) e dois sexos, oito repetições e quinze animais por unidade experimental (box), sendo 720 machos e 720 fêmeas, com peso inicial de $890,35 \pm 80,85$ e $802,29 \pm 35,17$ gramas, respectivamente, aos 22 dias de idade.

As aves foram alojadas em boxes providas de comedouro semi-automático tubular, bebedouro nipple e cama de maravalha, em galpão de alvenaria coberto, laterais possuindo muretas de 0,50 m de altura e o restante fechado com tela de $\frac{1}{2}$ ", à prova de pássaros e cortinas plásticas com abertura de baixo para cima. Adotou-se um programa de luz contínuo, 24 horas de luz (natural + artificial), durante todo o período experimental, utilizando-se lâmpadas de 60 W. Para o aquecimento das aves foram utilizadas lâmpadas infravermelho de 250W/box, com altura regulável, para manter a temperatura dentro faixa de conforto térmico das aves, durante este período. As temperaturas médias diárias, observadas no interior dos galpões por intermédio de termômetros de máxima e mínima, durante o período experimental, foram de $28,13^\circ$ e $22,40^\circ\text{C}$.

Todas as aves foram criadas, do primeiro dia até a idade a serem transferidas para os boxes, segundo as recomendações dos manuais das linhagens e recebendo dietas comerciais formuladas de acordo com as exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005).

A ração referência foi formulada a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências nutricionais das aves, segundo Rostagno et al. (2005). O conteúdo de fósforo digestível dos alimentos utilizados nas rações experimentais foi determinado com base em trabalhos anteriores (Tabela 1).

Tabela 1- Conteúdo de fósforo total e digestível verdadeiro dos alimentos utilizados nas rações experimentais.

	% P total ¹	² CDV P aves	% P digestível ²	% Cálcio ¹
Milho	0,24	47,83	0,11	-
Flo. de soja	0,53	52,54	0,28	-
Fosfato bicálcico	18,50	75,01	13,88	25,30
Calcário	-	-	-	33,52

¹Valores analisados; ²CDVP = Coeficientes de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (Valores calculados).

Os tratamentos experimentais (Tabela 2) consistiram da ração referência e cinco níveis de suplementação de fosfato bicálcico para se obter rações com seis níveis de fósforo digestível (0,22; 0,26; 0,30; 0,34; 0,37 e 0,41%). Para cada nível de fósforo estudado foi adicionado calcário em quantidades iguais buscando manter constantes os níveis de cálcio. Foi utilizado areia lavada como inerte para substituição do fosfato bicálcico e do calcário. As rações foram fornecidas à vontade e as sobras de ração foram pesadas ao final do experimento.

Tabela 2- Composição centesimal das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Níveis de fósforo digestível na ração (%)					
	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41
Milho	60,31	60,31	60,31	60,31	60,31	60,31
Farelo de soja 45%	31,85	31,85	31,85	31,85	31,85	31,85
Óleo de soja	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68
DL-Metionina	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
L-Lisina HCL 79%	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
L-Treonina 99%	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sal comum	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Cloreto colina 60%	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplem. mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplem. vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfato bicálcico	0,49	0,76	1,04	1,31	1,58	1,88
Calcário	0,49	0,57	0,66	0,74	0,86	0,95
Inerte ¹	2,00	1,64	1,28	0,92	0,56	0,20
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
EM (kcal / kg)	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
PB (%)	19,72	19,72	19,72	19,72	19,72	19,72
P total	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67
P digestível ⁴	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41
P disponível ⁵	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Cálcio	0,40	0,50	0,60	0,70	0,82	0,92
Metionina digestível	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Met.+ istina dig.	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Lisina digestível	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Treonina digestível	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Arginina digestível	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Trp. digestível	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21

Rações formuladas segundo Rostagno et al (2005).

¹Areia lavada. ²-Roligomix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Ferro - 100,0 g; Cobre- 20,0 g; Cobalto- 2,0 g; Manganês- 16,0 g; Zinco – 100,0 g; Iodo – 2,0 g e veículo q.s.p., 1.000 g ³- Rovimix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Vit A - 10.000.000 UI; Vit D3 - 2.000.000 UI; Vit E- 30.000 UI; Vit B1- 2 g; Vit B6 – 4,0 g; Ácido Pantotênico 12,0 g; Biotina – 0,10g; Vit K3, 3,0 g, Acido Fólico – 1,0 g; Acido Nicotínico – 50,0 g; Vit B12- 15.000 mcg; Selênio, 25,0 g e veículo q.s.p. - 1.000 g. ⁴Valores calculados com base nos coeficientes de digestibilidade apresentados na tabela 1. ⁵Valores calculados.

As aves foram pesadas no início (22 dias de idade) e final do experimento (35 dias de idade) para avaliação do ganho de peso, do consumo de ração e da conversão alimentar.

Três aves com peso similar a cada repetição, totalizando 144 aves (12 machos e 12 fêmeas por tratamento), foram abatidas ao final do experimento por deslocamento cervical, sendo retiradas as tíbias para determinação dos parâmetros ósseos (% cinzas, cinza g/ osso, % P, fósforo g/osso, % Ca e cálcio g/osso). Também foi avaliada a mortalidade das aves, de acordo com os tratamentos. As análises de cinzas, fósforo e cálcio foram realizadas segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

As análises estatísticas dos parâmetros analisados foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2000). As estimativas das exigências nutricionais de fósforo digestível foram estabelecidas por meio de modelos de regressão polinomial, considerando-se na escolha do modelo, uma vez respeitada a interpretação biológica, o valor da menor soma de quadrados dos desvios.

Resultados e Discussão

Os resultados de desempenho de frangos de corte de 22 a 35 dias de idade e alimentados com diferentes níveis de fósforo (P) digestível encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Desempenho de frangos de corte de 22 a 35 dias recebendo diferentes níveis de fósforo (P) digestível.

Variáveis	P dig, %	Sexo		Média	< P		CV (%)
		Macho	Fêmea		Sexo	Sexo x Pdig.	
Consumo Diário de Ração, kg	0,22	1,97	1,65	1,81	0,01	0,29	0,73
	0,26	1,94	1,65	1,80			
	0,30	1,95	1,67	1,81			
	0,34	1,93	1,63	1,78			
	0,37	1,93	1,66	1,80			
	0,41	1,96	1,67	1,82			
	Média	1,95a	1,66b				2,58
Ganho Diário de Peso, kg	0,22	1,12	0,93	1,02bc	0,01	0,01	0,75
	0,26	1,11	0,93	1,02c			
	0,30	1,13	0,96	1,05ab			
	0,34	1,12	0,94	1,03abc			
	0,37	1,14	0,95	1,04abc			
	0,41	1,15	0,96	1,05a			
	Média	1,13a	0,95b				2,65
Conversão Alimentar	0,22	1,75	1,78	1,77	0,01	0,01	0,02
	0,26	1,75	1,78	1,76			
	0,30	1,73	1,73	1,73			
	0,34	1,72	1,73	1,72			
	0,37	1,71	1,74	1,73			
	0,41	1,71	1,73	1,72			
	Média	1,73	1,75				0,78

Médias com pelo menos uma letra distinta, entre linhas, diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Student Neuman-Keuls

Os níveis de fósforo digestível avaliados foram desmembrados de forma aninhada dentro de cada sexo devido ao efeito de interação apresentado entre sexo x níveis de fósforo digestível.

A digestibilidade do fósforo nas dietas variou de 52,38 a 61,19%, do menor ao maior nível de inclusão de fosfato bicálcico, respectivamente.

Estes valores são semelhantes ao encontrado por Plumstead et al. (2008) que obtiveram dietas com a digestibilidade do fósforo variando de 52,54% em dietas utilizando farelo de soja comercial a 65,44% em dietas com farelo de soja com baixo nível de fósforo fítico.

O índice de mortalidade foi considerado como aceitável segundo Karimi (2006), sendo menor que 2,00% e não atribuída aos tratamentos, exceto no tratamento com menor nível de fósforo digestível (0,22%), onde a mortalidade foi de 4,16% entre os machos.

A deficiência ou o excesso de fósforo causa redução no desempenho de frangos de corte, pela redução na síntese e liberação de hormônios de crescimento e da tireóide ou pela redução na absorção destes minerais e de outras moléculas propensas a formarem quelatos quando ocorre excesso destes minerais (Runho et al., 2001). Os níveis de fósforo digestível estudados no presente trabalho parecem não compreenderem este caso, pois os resultados em desempenho (ganho de peso) foram elevados, estando superiores aos citados em Rostagno et al. (2005).

O consumo de ração não apresentou diferenças ($P > 0,05$) entre os níveis de P digestível avaliados, para ambos os sexos. Porém constatou-se diferenças estatísticas ($P < 0,05$) sobre este parâmetro entre os sexos ($P < 0,05$). Sendo que os machos apresentaram consumo superior aos das fêmeas.

Não foram encontrados na literatura, experimentos avaliando exigência de fósforo digestível em aves. Em avaliações de exigência de fósforo disponível, em diferentes níveis, Gomes et al. (2004) também não encontraram diferenças sobre o consumo de ração em aves de 22 a 42 dias

de idade. Já Gomes et al. (1994) verificaram influência sobre o consumo de ração em níveis baixos de consumo de P disponível (0,17%), sem influência nos níveis altos de P disponível na dieta.

O ganho de peso (GPD) variou apenas em 36,00 e 34,00 gramas nos machos e nas fêmeas, respectivamente, entre o menor e o maior GPD. Entre os sexos, no entanto, a variação foi de 181,00 gramas em favor dos machos. Apesar da variação, verificou-se aumento linear ($P < 0,01$) do GPD em função do aumento dos níveis de fósforo digestível (0,22 a 0,41%) de 3,2 e 3,7%, para machos e fêmeas, respectivamente. Para os machos, a equação que melhor descreve as exigências nutricionais de fósforo digestível é $\hat{Y} = 1,083 + 0,141x$ ($R^2 = 0,62$) e para as fêmeas, a equação descrita é $\hat{Y} = 0,893 + 0,171x$ ($R^2 = 0,57$).

Gomes et al. (2004) verificaram comportamento semelhante do ganho de peso de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível, verificando aumento linear quando os níveis de fósforo disponível se elevaram de 0,15 a 0,42%, resultando em ganhos de 9,50 e 12,70% no ganho de peso de machos e fêmeas, respectivamente. Os mesmos autores verificaram que nos níveis mais elevados de fósforo disponível (0,60%) houve redução no GPD, provavelmente pelo excesso deste nutriente na dieta, fato não observado no presente estudo em que se avaliou níveis mais baixos de fósforo digestível.

Para a conversão alimentar (CA) observou-se que houve melhora na conversão alimentar à medida que se elevou os níveis de fósforo digestível de 0,22 a 0,41% na dieta, havendo melhora de 2,51 e 3,18% na CA de machos e fêmeas, respectivamente. Resultado semelhante foi obtido por

Gomes et al. (2004) quando avaliaram este parâmetro sobre o aumento dos níveis de fósforo disponível de 0,15 a 0,45% na dieta.

Foram obtidas equações quadráticas para melhor descrever as exigências nutricionais de fósforo digestível em função do efeito observado sobre a conversão alimentar, onde $\hat{Y} = 1,90448 - 0,89583x + 1,03970x^2$ ($R^2 = 0,96$) para machos e $\hat{Y} = 2,03407 - 1,6138x + 2,16708x^2$ ($R^2 = 0,76$) para fêmeas. Aplicando-se o intervalo de confiança de 95%, obtemos os níveis ótimos de fósforo digestível para a conversão alimentar, sendo 0,40 e 0,35%, para machos e fêmeas, respectivamente.

O resultado dos parâmetros ósseos frente aos diferentes níveis de fósforo digestível encontra-se na Tabela 4.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre a deposição de cinzas, fósforo e cálcio, em porcentagem e em gramas, para machos e fêmeas ($P < 0,01$), bem como efeito do sexo ($P < 0,01$) entre estes parâmetros, o que permite a análise para cada sexo.

Não foram encontradas na literatura informações a respeito da exigência de fósforo digestível para parâmetros ósseos em aves. Em geral, as exigências para máxima mineralização óssea são maiores dos que as para máximo desempenho (Ketaren et al., 1993, Gomes et al., 2004). Essa afirmação pode ser confirmada pelas equações de regressão obtidas neste estudo (Tabela 5), sendo que podemos inferir que para as fêmeas a exigência de fósforo digestível estimado por meio da equação quadrática para a conversão alimentar foi menor ou igual as estimadas para os parâmetros ósseos. Essa informação é válida em ser utilizada desde que as

Tabela 4 - Parâmetros ósseos de frangos de corte recebendo diferentes níveis de fósforo digestível

Variáveis	Pdíg, %	Sexo		Média	< P			CV (%)
		Macho	Fêmea		Sexo	Pdíg.	Sexo x Pdíg.	
Cinza, %	0,22	39,72	40,38	40,05d	0,01	0,01	0,27	
	0,26	41,36	41,35	41,35c				
	0,30	41,37	42,53	41,95cb				
	0,34	42,27	42,31	42,29ab				
	0,37	42,64	43,39	43,01a				
	0,41	42,38	43,49	42,93a				
	Média	41,62b	42,24a					
Cinza, g	0,22	1,89	1,66	1,78c	0,01	0,01	0,53	
	0,26	2,10	1,73	1,91b				
	0,30	2,18	1,84	2,01a				
	0,34	2,20	1,86	2,03a				
	0,37	2,31	1,92	2,12a				
	0,41	2,25	1,95	2,10a				
	Média	2,15a	1,83b					
Fósforo, %	0,22	8,01	8,04	8,03b	0,01	0,01	0,47	
	0,26	8,19	8,58	8,38a				
	0,30	8,28	8,79	8,53a				
	0,34	8,25	8,73	8,49a				
	0,37	8,42	8,77	8,60a				
	0,41	8,59	8,88	8,73a				
	Média	8,29b	8,63a					
Fósforo, g	0,22	0,38	0,33	0,36c	0,01	0,01	0,94	
	0,26	0,42	0,36	0,39b				
	0,30	0,44	0,38	0,41ab				
	0,34	0,43	0,38	0,41ab				
	0,37	0,46	0,39	0,42a				
	0,41	0,45	0,40	0,43a				
	Média	0,43a	0,37b					
Cálcio, %	0,22	17,36	17,08	17,22c	0,01	0,01	0,46	
	0,26	17,63	18,00	17,82bc				
	0,30	17,78	18,71	18,25ab				
	0,34	18,13	18,99	18,56ab				
	0,37	18,60	19,22	18,91a				
	0,41	18,51	18,86	18,69a				
	Média	18,00b	18,48a					
Cálcio, g	0,22	0,83	0,70	0,76c	0,01	0,01	0,97	
	0,26	0,90	0,75	0,82b				
	0,30	0,94	0,81	0,87ab				
	0,34	0,94	0,84	0,89ab				
	0,37	1,01	0,85	0,93a				
	0,41	0,98	0,85	0,92a				
	Média	0,93a	0,80b					

Médias com pelo menos uma letra distinta, entre linhas, diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Student Neuman-Keuls.

Tabela 5 - Exigência de fósforo digestível, para frangos de corte machos e fêmeas estimados pelo modelo linear ou quadrático.

Parâmetro	Equação	Nível	95% Quadrática	
Consumo Ração	ns			
Machos	Ganho de Peso	$\hat{Y} = 1095,26 + 102,286x$ ($R^2 = 0,64$)	0,41	0,39
	Conversão	$\hat{Y} = 1,90448 - 0,89583x + 1,03970x^2$ ($R^2 = 0,96$)	0,41	0,39
	Cinzas, %	$\hat{Y} = 28,35 + 72,95x - 94,15x^2$ ($R^2=0,94$)	0,39	0,37
	Cinzas, g/osso	$\hat{Y} = 0,201 + 10,92x - 14,40x^2$ ($R^2=0,95$)	0,38	0,36
	Fósforo, %	$\hat{Y} = 7,433 - 33,84x$ ($R^2=0,91$)	0,41	0,39
	Fósforo, g/osso	$\hat{Y} = 0,312 + 0,368x$ ($R^2 = 0,85$)	0,41	0,39
	Cálcio, %	$\hat{Y} = 15,85 + 6,794x$ ($R^2 = 0,93$)	0,41	0,39
	Cálcio, g/osso	$\hat{Y} = 0,064 + 3,993x - 5,064x^2$ ($R^2 = 0,99$)	0,41	0,39
	Consumo Ração	ns		
	Fêmeas	Ganho de Peso	$\hat{Y} = 895,895 + 153,143x$ ($R^2 = 0,57$)	0,41
Conversão		$\hat{Y} = 2,03407 - 1,6138x + 2,16708x^2$ ($R^2 = 0,76$)	0,37	0,35
Cinzas, %		$\hat{Y} = 31,97 + 50,23x - 54,07x^2$ ($R^2=0,94$)	0,41	0,39
Cinzas, g/osso		$\hat{Y} = 0,944 + 4,128x - 4,068x^2$ ($R^2=0,98$)	0,41	0,39
Fósforo, %		$\hat{Y} = 4,291 + 24,87x - 33,84x^2$ ($R^2=0,89$)	0,37	0,35
Fósforo, g/osso		$\hat{Y} = 0,268 + 0,332x$ ($R^2 = 0,89$)		
Cálcio, %		$\hat{Y} = 5,996 + 72,01x - 98,84x^2$ ($R^2 = 0,99$)	0,36	0,35
Cálcio, g/osso		$\hat{Y} = 0,229 + 3,730x - 4,566x^2$ ($R^2 = 0,94$)	0,39	0,37

Efeito linear e ou quadrático ($P < 0,01$).

diferenças entre as exigências não sejam suficientes para causar problemas ósseos que interfiram negativamente no desempenho.

No presente trabalho o valor de 0,35% de fósforo digestível, calculado utilizando-se o intervalo de confiança de 95% da equação quadrática (Sakomura & Rostagno, 2007), parece adequado para atender as exigências nutricionais para máximo desempenho das fêmeas sem prejuízos à formação óssea, embora as exigências estimadas para o parâmetro percentagem de cinzas e grama de cinzas/ grama de osso tenham ficado acima das demais exigências estimadas, sem explicação aparente.

Para frangos de corte machos, no entanto, a discussão acima parece não se adequar, uma vez que as exigências estimadas para melhor desempenho são superiores as estimadas para os parâmetros ósseos. Wiseman et al. (2007) citaram que as exigências de fósforo podem estar subestimadas nas tabelas de exigências nutricionais atuais, uma vez que animais com alta capacidade de deposição de músculo poderiam ter exigências de fósforo aumentadas, pelo aumento no consumo de energia (ATP) neste tecido. Nesse sentido, o maior potencial de desempenho apresentado pelos frangos de corte machos poderia justificar a necessidade de maiores quantidades de fósforo.

As equações quadráticas ou lineares que melhor estimam as exigências de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a 35 dias são apresentadas na Tabela 5.

Considerando o constante avanço genético aos quais as aves e os alimentos têm sido submetidos, aliado a necessidade contínua em melhorar o desempenho e aproveitamento dos nutrientes, mais estudos devem ser conduzidos a fim de se buscar a formulação de rações mais próximas as reais exigências nutricionais para cada fase e específicas por sexo, com consequente melhora da eficiência técnico-econômica e redução do potencial poluidor dos dejetos da produção animal.

Conclusão

As exigências de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade alimentados com dieta a base de milho e farelo de soja são de 0,35 e 0,41% de fósforo digestível para fêmeas e para machos, respectivamente.

Referências Bibliográficas

- ADEOLA, O.; SANDS, J.S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science**, v.81 (E.suppl.2), p.E78-E85. 2003.
- DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. **Poultry Science**, v.85, p.661-668. 2006.
- FAN, M.Z., ARCHBOLD, T., SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2388-2396. 2001.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras: Universidade Federal de Lavras/DEX. 2000.
- GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.4, p.615- 622, 1994.
- GOMES, P.C.; RUNHO, R.C.; D'AGOSTINI, P. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1734-1746, 2004 (Supl. 1).
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. 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**, v.38, p.567-575. 1990.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorous levels and phytase supplementation **Inter. Journal of Poultry Science**, v.5 (3), p. 251-254. 2006.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pig. 1.Available phosphorus requirements of grower / finisher pigs. **Br. Journal Nutrition**, v.70, p.249-268, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of poultry**. 9.ed. Washington, DC: 1994. 155p.
- PETTEY, L.A.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semi-purified diets. **Journal of Animal Science**, v.84, p.618-626. 2006.
- PLUMSTEAD., P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, J.W. et al. Interaction of calcium an phytate in broilers diets. 1. Effects on aparente prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v.87, p. 449-458. 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos : Composição de Alimentos e**

- Exigências Nutricionais.** 2.ed. VIÇOSA: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30(1), p.187-196, 2001.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal, SP. Funep, 2007. 283p.
- SILVA, J.D.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. p.235.
- SPENCER, J.D.; ALLEE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p.675-681. 2000.
- WISEMAN, T.G.; MAHAN, D.C.; PETERS, J.C. et al. Tissue weights and body composition of two genetics lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1825-1835, 2007.

CAPÍTULO IV

Excreção endógena e digestibilidade do fósforo de alimentos para suínos em crescimento e terminação

Resumo – Foram utilizados 24 suínos na fase de crescimento e 24 na fase de terminação distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, sendo em cada fase quatro suínos distribuídos em arranjo fatorial 2 x 6 (técnicas da coleta total de fezes e indicador fecal, aplicadas simultaneamente nos mesmos animais x dias de coleta) nos ensaios para avaliar a excreção endógena de fósforo, e 20 animais distribuídos em arranjo fatorial 2 x 5 (técnicas x 4 alimentos + ração basal) nos ensaios para avaliar os coeficientes de digestibilidade do fósforo nos alimentos, ambos com quatro repetições. Foi utilizada dieta purificada isenta de fósforo para determinar a excreção endógena de fósforo e duas rações referências as quais foram substituídas pelos alimentos a serem avaliados, em quantidades variadas, de modo a fornecerem os alimentos de origem vegetal (milho e farelo de soja) 0,15% de fósforo e os ingredientes fosfato bicálcico e farinha de carne e ossos 45% de PB 0,20% de fósforo total as dietas experimentais. Os valores de fósforo endógeno excretado por suínos determinados através de dieta purificada isenta de fósforo foi de 257,75 mg de P/kg de MSI para a fase de crescimento e 434,80 mg de P/kg de MSI na fase de terminação. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com suínos em crescimento e em terminação foram, respectivamente: milho, 53,19 e 63,20%; farelo de soja, 48,51 e 56,50%; fosfato bicálcico, 74,79 e 82,43% e farinha de carne e ossos, 63,40 e 83,87%. Não houve diferenças na determinação da digestibilidade do fósforo pela metodologia de coleta total e do indicador fecal (Cr_2O_3).

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

Endogenous losses and phosphorus digestibility in growing and finishing swine

Abstract – Forty-eight pigs (24 growing and 24 finishing) were allotted to a completely randomized design, with four pigs in each phase as a 2 x 6 factorial arrangement (total feces collection and ileal digest collect simultaneously used in the same animals x days of collection) to determine the phosphorus endogenous losses, and 20 animals as a 2 x 5 (techniques x four feeds + reference diet) factorial arrangement to determine the digestibility coefficients of phosphorus of feeds, both with four replications. A free-phosphorus purified diet was used to determine the phosphorus endogenous losses and two reference diets replaced the feeds, at different proportions, so that corn and soybean meal supplied 0.15% of total phosphorus and the dicalcium phosphate and meat and bone meal 45% CP, 0.20% of total phosphorus to the experimental diets. The values of phosphorus endogenous losses by barrows fed a free-phosphorus purified diet was 257.75 mg of P/kg of DMI in the growing phase and 434.80 mg of P/kg of DMI in the finishing phase. The true digestibility coefficients of phosphorus obtained with growing and finishing pigs were respectively: corn, 53.19 and 63.20%; soybean meal, 48.51 and 56.50%; dicalcium phosphate, 74.79 and 82.43% and meat and bone meal, 63.40 and 83.70%. No differences occurred in the phosphorus determination using the total feces collection and the marker (Cr_2O_3).

Keywords: chromium oxide, digestible phosphorus, total feces collection

Introdução

O fósforo é um elemento essencial para o metabolismo e desenvolvimento dos animais. É considerado o terceiro nutriente mais custoso nas rações de monogástricos, além de ser um dos principais elementos poluentes presente nos dejetos destes animais (Jongbloed & Kemme, 1990, Karimi et al., 2006).

As rações para suínos têm sido baseadas em alimentos de origem vegetal, os quais apresentam baixo conteúdo de fósforo, além da forma orgânica, como inositol fitato. Este é pouco aproveitado pelos suínos, devido à ausência da fitase nestes animais, sendo a maior parte excretada nas fezes. O fitato é considerado um fator antinutricional por se complexar com minerais catiônicos e outros nutrientes, tornando-os indisponíveis para os animais (Adeola & Sands, 2003).

Por ser fundamental no desenvolvimento dos animais, fontes minerais de fósforo são fornecidas adicionalmente, principalmente na forma de fosfatos. A forma inorgânica é melhor aproveitada pelos suínos (Gomes et al., 1989; Traylor et al., 2005), não necessitando de prévia hidrólise enzimática para que ocorra a absorção.

Os valores de exigência de fósforo para os animais podem ser encontrados em diferentes tabelas (NRC 1994; NRC, 1998; CVB, 1998). Estes valores, no entanto, consideram valores de fósforo total ou de biodisponibilidade do fósforo em alimentos e para animais cujos trabalhos de pesquisa foram realizados em sua maioria na década de 90, os quais não representam necessariamente as linhagens genéticas, as condições e o

nível de conhecimentos hoje presentes, o que levanta questionamento sobre a acurácia destas informações (Knowlton et al., 2004).

Diversos autores (Jongbloed & Kemme, 1990; Fan et al., 2001; Shen et al., 2002) têm sugerido que coeficientes de digestibilidade do fósforo podem ser utilizados para avaliar o aproveitamento do fósforo pelos suínos e dessa forma formulações mais precisas poderiam contemplar níveis de fósforo nas dietas mais próximas as exigências dos animais, reduzindo custos e a excreção deste mineral.

Os coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo por sua vez, subestimam o real aproveitamento do fósforo pelos animais por não contemplar as perdas de fósforo endógeno, que ocorrem por meio do muco, descamações e enzimas (Shen et al., 2002).

Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos utilizados em rações para suínos em crescimento e em terminação, bem como estimativas das perdas de fósforo endógeno destes animais.

Material e Métodos

Quatro ensaios foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa para determinar a excreção endógena de fósforo e os coeficientes de digestibilidade do fósforo em diferentes alimentos para suínos em crescimento e em terminação.

Na fase de crescimento foram utilizados 48 suínos machos castrados e híbridos comerciais. No ensaio para avaliar a excreção endógena de fósforo quatro suínos foram distribuídos no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 6 (2 técnicas x 6 tratamentos) com quatro repetições, onde os tratamentos consistiram nos diferentes dias de coleta à partir do fornecimento de uma dieta isenta de fósforo. Paralelamente, um segundo ensaio foi conduzido com 20 animais distribuídos no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 5 (2 técnicas x 5 tratamentos) e quatro repetições, sendo os tratamentos formados por quatro alimentos e uma ração referência, para determinar os coeficientes de digestibilidade do fósforo dos alimentos.

Os mesmos animais foram utilizados para os ensaios da fase de terminação, nos mesmos moldes da fase de crescimento, após o fornecimento de uma ração comercial por um período mínimo de 10 dias, sendo os animais novamente distribuídos de forma aleatória. Nos ensaios de excreção endógena de fósforo os suínos apresentaram peso médio de 27,60 ± 1,50 kg na fase de crescimento e 63,80 ± 2,30 kg na fase de terminação. Nos ensaios para determinação dos coeficientes de digestibilidade foram

utilizados suínos com peso médio de $21,60 \pm 2,00$ kg e $51,50 \pm 2,70$ kg nas fases de crescimento e terminação, respectivamente.

As técnicas avaliadas foram as de coleta total de fezes e a indicador fecal (óxido crômico - Cr_2O_3), utilizadas simultaneamente nos animais.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), instaladas em prédio com piso de concreto, paredes de alvenaria dotada de exaustores e coberto com telhas francesas, onde permaneceram por um período de 10 dias, sendo quatro de adaptação às gaiolas e seis dias de coleta de fezes e urina.

A ração experimental utilizada nos ensaios de excreção de fósforo endógeno, fornecida aos animais durante seis dias consecutivos, foi uma dieta purificada formulada a base de amido, aminoácidos, vitaminas e minerais, para atender as exigências dos animais segundo recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto para o cálcio e fósforo, sendo a dieta isenta de fósforo (Tabela 1). Não houve período de adaptação à dieta purificada.

As rações referências utilizadas no ensaio de digestibilidade do fósforo foram elaboradas segundo recomendações de Rostagno et al. (2005) e compostas por 0,18% e 0,17% de P total, nas fases de crescimento e terminação, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição centesimal das rações basais utilizadas no ensaio de digestibilidade do fósforo em diferentes alimentos

Ingrediente	Dieta Purificada	Ração referência crescimento	Ração referência terminação
Milho	-	40,21	55,28
Amido	71,98	30,00	25,00
Farelo de soja (45%)	-	10,00	5,00
Açúcar	5,00	6,00	5,00
Óleo de soja	5,00	3,00	3,00
Flo. glúten de milho 60	-	4,74	-
Plasma sanguíneo	-	2,19	3,00
Calcário	1,04	1,23	0,88
Sabugo milho moído	5,00	1,00	1,00
Sal	0,45	0,31	0,15
Cloreto colina 60%	0,20	-	-
Inerte ¹	2,00	-	-
L-Lisina HCl	0,63	0,65	0,68
DL-Metionina	0,16	0,14	0,29
L-Treonina	0,35	0,20	0,31
L-Triptofano	0,10	0,06	0,09
L-Cistina	0,16	-	-
L-Arginina	0,53	-	-
L-Valina	0,40	-	-
L-Leucina	0,55	-	-
L-Isoleucina	0,33	-	-
L-Histidina	0,15	-	-
L-Fenilalanina	0,33	-	-
L-Tirosina	0,30	-	-
Ácido L-Glutâmico	2,90	-	-
L-Alanina	0,55	-	-
L-Glicina	0,60	-	-
L-Prolina	0,20	-	-
Ácido L-Aspártico	0,60	-	-
NaHCO ₃	0,25	-	-
Suplemento vitamínica ²	0,13	0,13	0,13
Suplemento mineral ³	0,05	0,13	0,13
Antioxidante	0,01	0,01	0,01
Óxido Crômico (Cr ₂ O ₃)	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada			
Energia metab. (kcal/kg)	3.253	3.367	3.480
Proteína bruta (%)	(7,60) ⁴	15,08	11,66
Lisina digestível (%)	-	1,03	0,96

1- Areia Lavada; 2-Composição por kg do produto: Vit A, 9.000.000 UI; Vit D3, 1.500.000 UI; Vit E, 10.000 UI; Vit B1, 2 g; Vit B2, 5 g; Vit B6, 30 g; Ácido Pantotênico 25 g; Vit K3, 4 g, Vit B12, 40 mg; Ácido Nicotínico 40 g, Antioxidante, 30 g; selênio, 23 mg e veículo q.s.p., 1.000 g. 3-Composição por kg do produto: Fe, 180 g; Cu, 20 g; Co, 4 g; Mn, 80 g; Zn, 140 g; I, 4 g e veículo q.s.p., 1.000 g. 4- Dados entre parênteses referem-se a valores analisados.

Os alimentos avaliados no experimento de digestibilidade do fósforo substituíram a ração referência em quantidades variadas, fornecendo os alimentos de origem vegetal (milho e farelo de soja) 0,15% de fósforo total, e os ingredientes fosfato bicálcico e farinha de carne e ossos 45% de PB 0,20% de fósforo total (Tabela 2).

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 ³ crescimento	Pt dieta ³ terminação
Milho	0,24	0,15	62,50	0,25	0,20
Flo. de soja	0,53	0,15	28,30	0,34	0,33
F. bicálcico	18,5	0,20	1,08	0,40	0,37
F ^a .carne e ossos	4,96	0,20	4,00	0,46	0,33

1 - Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005).

2 - Substituição do alimento na matéria natural.

3 - Valores analisados.

Foi adicionado às dietas experimentais 0,5% de óxido crômico (Cr₂O₃) como indicador fecal. As rações foram fornecidas em função do peso metabólico dos animais (kg^{0,75}), em duas refeições diárias, às 8:00 e 17:00 horas. Água foi fornecida à vontade.

No experimento de excreção de fósforo endógeno a coleta de fezes foi iniciada 48 hs após o fornecimento da primeira refeição, de modo a permitir maior certeza de que as fezes eram provenientes da dieta purificada, confirmado pelo aparecimento do indicador nas fezes.

As fezes coletadas a cada período de 24 horas foram pesadas e homogeneizadas e coletadas alíquotas de 20%, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados e armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta (seis dias). Após este período, as

amostras, compostas por animal, foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, foram moídas e armazenadas em recipientes de vidro com tampa plástica para posterior análise.

A urina excretada pelos animais foi filtrada em tela de nylon de malha fina, fixada na saída do coletor, localizado sob o piso ripado da gaiola, e recolhida em baldes plásticos contendo 20 mL de HCl 1:1, para evitar a proliferação de bactérias. Após nova filtração, o volume excretado em um período de 24 horas foi medido e homogeneizado, do qual foi retirado uma alíquota de 5%, colocada em recipiente de vidro com tampa e armazenada em geladeira (3°C). No final do período de coleta, a urina armazenada foi novamente homogeneizada, sendo retirada outra alíquota, que foi mantida sob refrigeração para posterior análise de fósforo.

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 & Queiroz (2002).

Foram determinados o consumo de matéria seca (g), referente ao consumo da dieta purificada, fósforo nas fezes e urina e fator de indigestibilidade, referente ao conteúdo de Cr₂O₃ presente na dieta e nas fezes, obtendo como resultados os valores de excreção do fósforo e os coeficientes de digestibilidade do fósforo, nas diferentes fases e metodologias.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas por meio do teste de Student Newman-Keul's e também

a análises de regressão, utilizando o pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), para comparar a excreção e o efeito do uso de diferentes metodologias na determinação da excreção de fósforo endógeno, em mg de P/ kg de matéria seca ingerida (MSI), e os coeficientes de digestibilidade do fósforo de diferentes alimentos em suínos, nas fases de crescimento e terminação.

Resultados e Discussão

Não foram verificados efeitos de interação entre os fatores dias de coleta e técnicas. Os valores de excreção de fósforo endógeno de suínos alimentados com dieta purificada foram semelhantes ($P>0,05$) entre as técnicas de coleta total de fezes e a técnica do indicador fecal óxido crômico, tanto na fase de crescimento como na fase de terminação (Tabela 3).

Segundo Fan et al. (2001) e Ajakaiye et al. (2003) não há diferenças nos valores de fósforo endógeno excretado analisados na digesta ileal ou nas fezes pela metodologia do indicador fecal, em suínos na fase de crescimento e alimentados com dieta semi-purificada.

Tabela 3 – Excreção de fósforo endógeno em suínos alimentados com dieta purificada nas fases de crescimento e terminação (mg P/kg MSI¹)

Dias	Crescimento		Terminação	
	Coleta Total	Indicador Fecal	Coleta Total	Indicador Fecal
3 ^a	162,16 a ³	340,35 a	805,60 a	639,15 a
4 ^a	164,11 a	317,73 a	412,50 b	701,43 a
5 ^a	150,77 a	358,11 a	227,75 b	483,26 a
6 ^a	122,38 a	236,85 a	216,75 b	361,24 a
Média Método ²	149,94 A	313,26 A	415,69 A	546,27 A
CV (%)	44,61	27,71	72,01	37,42

1- Matéria Seca Ingerida. 2- Média do método dentro de cada fase. 3- Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste Newman-Keul's ($P<0,06$).

A urina coletada apresentou níveis de fósforo inferiores a 0,03 mg/litro de urina. Segundo Dellaert et al. (1990), valores inferiores a 150 mg de fósforo por litro de urina podem comprovar se as dietas consumidas estavam deficientes em fósforo, fator necessário para avaliar a excreção endógena.

Diante dos valores de fósforo endógeno excretado à partir terceiro dia de fornecimento da dieta purificada, foram obtidas as equações de regressão $\hat{Y} = - 65,46175 + 54,98725x - 7,58375x^2$ ($R^2=0,99$) e $\hat{Y} = - 33,717 + 194,9260x - 24,66x^2$ ($R^2=0,71$) para as metodologias de coleta total e indicador fecal na fase de crescimento, respectivamente, e $\hat{Y} = 1293,975 - 195,175x$ ($R^2=0,83$) e $\hat{Y} = - 144,189625 + 309,429875x - 46,075625x^2$ ($R^2=0,90$) para coleta total e indicador fecal, na fase de terminação.

As equações sugerem uma excreção mínima de fósforo a partir do 4^a dia de fornecimento da dieta purificada na fase de crescimento e terminação, após dois dias de adaptação a dieta. Dessa forma, de acordo com as equações, os valores médios de fósforo endógeno excretado por suínos podem ser considerados como 257,75 mg de P/kg de MSI para a fase de crescimento e 434,80 mg de P/kg de MSI na fase de terminação.

Estudos anteriores estimam as perdas de fósforo endógeno para suínos em crescimento e terminação entre 70 mg de P/kg de MSI (Dilger & Adeola, 2006; Pettey et al., 2006), 139 mg de P/kg de MSI (Petersen et al., 2006), 310 mg de P/kg de MSI (Fan et al., 2001) a 670 mg de P/kg de MSI (Shen et al., 2002). Estudos no Brasil foram conduzidos por Teixeira et al. (2004), que utilizando a técnica de diluição isotópica em suínos em crescimento, encontraram valores de 232 mg de P/kg MSI como sendo de origem endógena, valores próximos ao obtidos no presente trabalho, com diferente metodologia.

Quando considerados em relação ao peso metabólico, estudos têm demonstrado que as perdas endógenas de fósforo variam de 4,8 mg de P/kg^{0,75}.dia (Dilger & Adeola, 2006) a 15,5 mg de P/kg^{0,75}.dia (Traylor et al.,

2005) e 28,0 mg P/ kg^{0,75}.dia (Fan et al., 2001). No presente trabalho valores de 20,1 e 23,3 mg P/ kg^{0,75}.dia foram encontrados para as fases de crescimento e terminação, respectivamente.

A excreção de fósforo endógeno pode sofrer variações, aumentando com alimentos alternativos ou que contenham maior conteúdo de fatores antinutricionais, que por sua vez possam influenciar na produção de muco e descamação do epitélio.

Não houve interação entre os fatores alimentos e técnicas avaliados nos ensaios para determinar a digestibilidade do fósforo nos alimentos. As técnicas da coleta total de fezes e uso do indicador fecal óxido crômico não diferiram entre si (P>0,05) na fase de crescimento e terminação (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes de Digestibilidade Aparente e Verdadeira na fase de Crescimento

	Coef. Digest. Aparente			Coef. Digest. Verdadeira		
	Coleta Total	Indicador Fecal	Média	Coleta Total	Indicador Fecal	Média
Milho	43,91	47,76	45,84	49,01	57,36	53,19
F. Soja 45%	45,99	44,58	45,28	47,84	49,14	48,51
F. Bicálcico	75,55	73,74	74,65	75,62	73,97	74,79
F. Carne Ossos	61,88	63,45	62,60	62,04	64,77	63,40
Média método ¹	56,84	57,38		58,63	61,32	
CV (%)		17,47			16,55	

1- Média do método dentro de cada fase.

Trabalhos anteriores conduzidos por Gomes et al. (1989) e Bünzen et al. (2008) que não encontraram diferenças entre as metodologias de coleta total de fezes e indicador fecal na obtenção dos coeficientes de digestibilidade do fósforo de diferentes alimentos.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira na fase de crescimento. A diferença entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira sofre grande influência dos valores utilizados de fósforo endógeno excretado, que no caso deste trabalho foram feitos com base numa dieta isenta de fósforo.

Estudo semelhante conduzido por Bünzen et al. (2008), em que foi utilizada dieta com baixo conteúdo de fósforo para determinar a excreção endógena de fósforo, apontou diferenças entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira nos alimentos de origem vegetal. Os autores citam que são encontradas maiores diferenças nos alimentos de baixo conteúdo de fósforo, como o caso do milho, cuja influência do fósforo endógeno é maior do que nos alimentos com maior conteúdo de fósforo total.

Nesse sentido, valores de fósforo endógeno obtidos com dieta isenta de fósforo seriam mais adequados para a correção entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira. No entanto, a determinação das perdas endógenas de fósforo é difícil determinação laboratorial e de custo elevado, pois exige o uso de dietas purificadas ou semi-purificadas, fato que justifica a escassez de informações relacionadas aos coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo dos alimentos.

O coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo do milho, obtido neste trabalho, foi de 45,84%. Valores inferiores a este foram obtidos por outros pesquisadores, com grande variação nos resultados (12,00 – 26,00%, Jongbloed et al., 1999; 22,90 – 54,30%, Skiba et al., 2000; 36,39%, Bünzen et al., 2008). Os valores de coeficientes de digestibilidade verdadeira do

fósforo obtidos foram de 53,19%, semelhantes aos de Shen et al. (2002) e Bünzen et al. (2008), 56,90 e 51,00%, obtidos com suínos em crescimento, por diferentes metodologias.

O farelo de soja apresentou coeficientes de digestibilidade aparente de 45,28% no presente trabalho. Jongbloed et al. (1999) encontraram variação de 33,00 a 46,00% nos coeficientes para diferentes farelos de soja avaliados, valores próximos aos obtidos por Gomes et al. (1989) e Bünzen et al. (2008), que encontraram em seus trabalhos 46,44 e 40,02%, respectivamente, utilizando a mesma metodologia. A digestibilidade verdadeira do fósforo obtida foi de 48,53%, semelhante aos obtidos por Ajakaiye et al. (2003) e Bünzen et al. (2008), que encontraram valores de coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja de 51,00%. Por outro lado, Akinmusim & Adeola (2009) encontraram 36,30% como coeficiente de digestibilidade verdadeira do fósforo presente no farelo de soja.

O fosfato bicálcico apresentou coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de 74,65 e 74,79%, respectivamente. Valores inferiores foram obtidos por Gomes et al. (1989), que obtiveram coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de 63,80 e 63,91%. Valores referendados por CVB (1998) apontam ser de 64,00% o coeficiente de digestibilidade aparente do fosfato bicálcico para suínos em crescimento e terminação. Diferentes graus de hidratação do ingrediente podem influenciar na solubilidade, aumentando a digestibilidade do fósforo pelos animais (Jongbloed et al., 1999). No caso do presente trabalho, o fosfato bicálcico apresentou solubilidade de 98,92%.

A farinha de carne e ossos utilizada nesta avaliação possuía 40,00% de PB, 36,00% de matéria mineral e 4,96% de fósforo total. Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo obtidos na fase de crescimento foram de 62,60 e 63,40%, respectivamente. Estes resultados foram inferiores aos apresentados por Jongbloed et al. (1997) e Sauvant et al. (2003), que obtiveram 81,00 e 75,00%, respectivamente, para duas diferentes farinhas de carne e ossos avaliadas com suínos em crescimento e terminação. Já Jongbloed et al. (1999) citam variação no coeficiente de digestibilidade do fósforo entre 61,00 e 87,00% para diferentes farinhas. Valores de 60,50% obtidos por Bünzen (2005) encontram-se dentro da faixa de variação citada e semelhantes aos obtidos neste trabalho.

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 teve menor influência nos alimentos com maior conteúdo de fósforo total, como o fosfato e a farinha 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 (Jongbloed et al., 1990; Dellaert et al., 1990, Sauvant et al., 2003) que utilizam apenas os valores de digestibilidade aparente para determinação da utilização biológica do fósforo pelos animais, sobretudo nos alimentos com maior proporção de fósforo inorgânico.

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

Tabela 5 - Coeficientes de Digestibilidade Aparente e Verdadeira na fase de terminação

	Coef. Digest. Aparente			Coef. Digest. Verdadeira		
	Coleta Total	Indicador Fecal	Média	Coleta Total	Indicador Fecal	Média
Milho	40,14	42,49	41,32b	57,46	68,93	63,20a
F. Soja 45%	54,29	47,99	51,14a	60,55	52,45	56,50a
F. Bicálcico	82,38	74,17	78,28a	82,60	82,25	82,43a
F. Carne	84,10	64,49	74,30a	84,65	83,09	83,87a
Ossos						
Média método ¹	65,23A	57,32A		71,32A	71,61A	
CV (%)	10,37			11,51		

1- Média do método dentro de cada fase. 2- Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste Newman-Keul's ($P < 0,05$).

De forma semelhante à fase de crescimento, não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre as metodologias empregadas e os alimentos avaliados na fase de terminação.

As metodologias da coleta total e do indicador fecal (óxido crômico) mostraram-se semelhantes ($P > 0,05$) na fase de terminação. Ambas podem, portanto, ser utilizadas para a determinação da digestibilidade do fósforo na fase de crescimento. Conclusão semelhante a obtida por Gomes et al. (1989) e Bünzen et al. (2008).

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira na fase de terminação, exceto para o milho. Resultado semelhante foi obtido por Bünzen et al. (2008). Os mesmos autores obtiveram valores de 53,62 e 81,86% para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira, respectivamente, valores estes superiores aos obtidos no presente trabalho.

Existe grande variação nos valores de digestibilidade do fósforo do milho citados na literatura (Jongbloed et al., 1999), e a maior diferença entre

os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos por Bünzen et al. (2008) e no atual trabalho (81,86 vs 63,20%) pode ser atribuída ao fósforo endógeno utilizado para correção dos coeficientes de digestibilidade aparente, que no trabalho citado foi obtido com base numa dieta contendo baixo nível de fósforo.

Os alimentos com menor conteúdo de fósforo total, como o milho apresentam 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 (Shen et al., 2002; Bünzen et al., 2008).

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo do farelo de soja obtidos com suínos na fase de terminação foram 51,14 e 56,50%, respectivamente. Valores inferiores foram obtidos por Akinmusire & Adeola (2009), que obtiveram coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja de 40,90%, com suínos de 17 kg. Suínos em terminação possuem trato gastrintestinal mais desenvolvido, o que pode favorecer os processos de hidrólise e a absorção de nutrientes como o fósforo, aumentando a digestibilidade deste. Esta argumentação é corroborada por Bünzen et al. (2008) que encontraram valores de digestibilidade do fósforo dos alimentos vegetais maiores em suínos em terminação quando comparados a suínos em crescimento. Os mesmos autores obtiveram coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo de 53,47% para o farelo de soja na fase de terminação.

O fosfato bicálcico apresentou valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de 78,28 e 82,43%. Estes valores foram superiores aos obtidos por Gomes et al. (1989) e CVB (1998) que citam 63,80 e 64,00% de digestibilidade aparente do fósforo para suínos em crescimento e terminação.

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, aumentando a sua digestibilidade. No entanto, Bünzen et al. (2006) obtiveram valores de 70,90% de coeficiente de digestibilidade verdadeira do fósforo, inferiores aos deste trabalho, sem efeito da idade dos animais sobre a digestibilidade do fósforo.

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo da farinha de carne e ossos obtidos na fase de terminação foram de 74,30 e 83,87%, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes aos apresentados por Jongbloed et al. (1997) e Sauvant 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. Contudo, Jongbloed et al. (1999) citam variação no coeficiente de digestibilidade do fósforo entre 61,00 e 87,00% para diferentes farinhas. Estes valores foram, no entanto, superiores aos obtidos por Bünzen (2005), que ao utilizarem a mesma metodologia obtiveram 60,50 e 64,06% como coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira com suínos na fase terminação.

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; Jongbloed et al., 1999).

O conteúdo de fósforo total e digestível dos alimentos avaliados encontra-se na tabela 6.

Tabela 6 – Conteúdo de fósforo total e digestível dos alimentos avaliados com suínos em crescimento e terminação (matéria natural).

	Conteúdo P Total ¹	Coef. Digestibilidade	Conteúdo P Digestível ²	Conteúdo P Digestível ²
		Cresc./Term.	Crescimento	Terminação
Milho	0,24	53,19/63,20	0,13	0,15
Farelo de soja	0,53	48,51/56,50	0,26	0,30
Fosfato bicálcico	18,5	74,79/82,43	13,84	15,25
F. carne ossos	4,96	63,40/83,87	3,14	4,16

1-Valores analisados. 2-Valores calculados.

Conclusões

Os valores de digestibilidade do fósforo pelas técnicas de coleta total e do indicador fecal (Cr_2O_3) foram semelhantes.

O valor de fósforo endógeno excretado por suínos alimentados com dieta isenta de fósforo foi de 257,75 mg de P/kg de MSI para a fase de crescimento e 434,80 mg de P/kg de MSI na fase de terminação.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com suínos em crescimento e em terminação foram, respectivamente: milho, 53,19 e 63,20%; farelo de soja, 48,51 e 56,50%; fosfato bicálcico, 74,79 e 83,43% e farinha de carne e ossos, 63,40 e 83,73%.

Referências Bibliográficas

- ADEOLA, O.; SANDS, J.S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science**, v.81 (E.suppl.2), p.E78-E85, 2003.
- AJAKAIYE, A.; FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T. et al. Determination of true digestive utilization of phosphorus and the endogenous phosphorus outputs associated with soybean meal for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2766-2775, 2003.
- AKINMUSIRE, A. S.; ADEOLA, O. True digestibility of phosphorus in canola and soybean meals for growing pigs: Influence of microbial phytase. **Journal of Animal Science**, v.87, p.977-983, 2009.
- BÜNZEN, S. **Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos determinada com suínos em crescimento e em terminação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- BÜNZEN, S; ROSTAGNO, H.S; LOPES, D.C. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de fontes inorgânicas para suínos em crescimento e em terminação. PorkExpo & III Fórum Internacional de Suinocultura, 2006. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR. 2006.
- BÜNZEN, S; ROSTAGNO, H.S; LOPES, D.C. et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1236-1242, 2008.
- CVB. Veevoedertabel: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen). **Centraal Veevoeder Bureau**, Lelystad, Países Baixos. 1998.
- DELLAERT, B.M., VAN DER PEET, G.F.V., JONGBLOED, A.W. et al. A comparison of different techniques to assess biological availability of feed phosphates in pig feeding. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v.38, p. 555-566. 1990.
- DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals **Poultry Science**, v.85, p. 661-668. 2006.
- FAN, M.Z., ARCHBOLD, T., SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2388-2396. 2001.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras: Universidade Federal de Lavras/DEX. 2000.

- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, P.M.A. et al. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de cinco alimentos, determinada em suínos de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.18, n.1, p.77-90, 1989.
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P. A. 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**, v.38, p. 567-75. 1990.
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. Disponibilidad del fósforo em ingredientes alimentícios para ganado porcino. En: **XIII Curso de Especialización FEDNA**. Eds. P. García, C. de Blas y G.G. Mateos, Madrid. p.191-201. 1997.
- JONGBLOED, A.W.; EVERTS, H.; KEMME, P.A. et al. **Quantification of absorbability of macroelements**. In.: A quantative biology of the pig. CAB International, 1999. p. 275-298.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorous levels and phytase supplementation **Inter. Journal of Poultry Science**, v.5 (3), p. 251-254. 2006.
- KNOWLTON, K.F., RADCLIFFE, J.S., NOVAK, C.L. et al. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. **Journal of Animal Science**, v.82 (E. Suppl.), p. E173-E195. 2004
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of poultry**. 9.ed. Washington, DC: 1994. 155p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10. ed. National Academy Press, Washington, DC. 1998. 189p.
- PEKAS, J.C. Versatile swine labotary apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal. Science**, v. 2, n.5, p. 1303-6, 1968.
- PETERSEN, G.I.; STEIN, H.H. A novel procedure for measuring endogenous phosphorus losses and true phosphorus digestibility by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82(Suppl. 1), p.254. (Abstr.). 2006.
- PETTEY, L.A.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semipurified diets. **Journal of Animal Science**, v.84, p.618-626. 2006.
- REBOLLAR, P.G., MATEOS, G.G. El fósforo en nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de disponibilidad. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 15., 1999, Madrid. **Apostila...** Madrid: 1999. p.19-64.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos : Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. **Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero**. INRA – Paris. (versão espanhola). 2003.
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A et al. 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**, v.132, p.1199-1206. 2002.
- SKIBA, F.; CALLU, P.; CASTAING, J. et al. Variabilité intra-matière première de la digestibilité du phosphore des céréales et du pois chez le porc en croissance. **Journées Recherche Porcine**, v.36, p. 9-16. 2000.
- SILVA, J.D., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. p.235.
- TEIXEIRA, A.O., LOPES, D.C., LOPES, J.B. et al.. Determinação da biodisponibilidade do fósforo de diferentes fontes pela técnica de diluição isotópica, em suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1231-1237, 2004.
- TRAYLOR, S.L., CROMWELL, G.L., LINDEMANN, M.D. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. **Journal of Animal Science**, v.3, p.1054-1061. 2005.

CAPÍTULO V

Níveis de Fósforo Digestível para Suínos em Crescimento

Resumo - Este estudo foi conduzido com o objetivo de determinar a exigência de fósforo digestível para suínos em crescimento. Foram utilizados 70 suínos mestiços (35 machos castrados e 35 fêmeas), com peso médio inicial de $29,72 \pm 1,52$ kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos, sete repetições e dois animais (um macho e uma fêmea) por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas com fosfato bicálcico, correspondendo cinco níveis de fósforo digestível (0,19; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%). Para cada nível de fósforo estudado foi adicionado calcário buscando manter constante a relação cálcio:fósforo das dietas. O aumento dos níveis de fósforo digestível influenciou de maneira quadrática o consumo de ração e ganho de peso, com valores máximos obtidos para essas variáveis nos níveis de 0,32 e 0,31% de fósforo digestível, respectivamente. Não houve efeito dos níveis de fósforo digestível sobre a conversão alimentar. Os teores de cinzas e de cálcio analisados nos metatarsos não foram influenciados pelos níveis de fósforo digestível, enquanto o teor de fósforo apresentou efeito linear. O melhor resultado de ganho de peso para suínos em crescimento foi obtido com o nível de 0,31% de fósforo digestível, correspondendo ao consumo diário de 5,87 g de fósforo digestível.

Palavras – chave: cálcio e fósforo, digestibilidade verdadeira, exigência.

Digestible Phosphorus Levels for growing swine

Abstract - This study was carried out to determine the digestible phosphorus requirement for growing pigs. Seventy crossbred pigs (35 barrows and 35 females) with initial weight of 29.72 ± 1.52 kg were assigned to a randomized block design, with five treatments, seven replicates and two animals (one male and one female) per experimental unit. The treatments consisted of corn-soybean meal based diets supplemented with dicalcium phosphate to obtain five digestible phosphorus levels (0.19; 0.25; 0.30; 0.35 and 0.40%). Limestone was added to each phosphorus level to maintain constant the dietary calcium:phosphorus ratio. A quadratic increase occurred for feed intake and weight gain, with maximum values at the levels of 0.32 and 0.31% of digestible phosphorus, respectively. There was no effect of digestible phosphorus levels on feed:gain ratio. No treatment effect on ash and calcium contents in the bone was observed, while a linear effect on the phosphorus content occurred. The best result of gain weight for growing pigs was obtained with 0.31% of digestible phosphorus, corresponding to a daily intake of 5.87 g of digestible phosphorus.

Keywords: calcium and phosphorus, true digestibility, requirements.

Introdução

As exigências de fósforo em suínos têm sido determinadas por meio de valores de biodisponibilidade do fósforo nos alimentos, baseados na retenção deste mineral nos tecidos, em estudos comparativos com uma fonte de fósforo considerado como padrão 100% disponível. Muitos destes valores, no entanto, foram realizados na década de 90 e podem não representar os alimentos e animais hoje existentes, ambos submetidos ao constante melhoramento genético em busca da máxima eficiência.

Dietas baseadas em fósforo disponível possuem normalmente excesso de fósforo e promovem a excreção excessiva deste mineral nos dejetos (O'Quinn et al., 1997), com prejuízos ao meio ambiente e econômicos, já que o fósforo é considerado o terceiro nutriente mais custoso das rações de monogástricos (Jongbloed & Kemme, 1990).

Para estimar a excreção de fósforo nos dejetos é necessário medir a digestibilidade do fósforo nos alimentos. Quando estes dados são mensurados, pode-se estimar a quantidade de fósforo absorvido pelo trato gastrointestinal, reduzindo as quantidades excretadas (Stein et al., 2008).

As exigências de fósforo dos animais podem ser determinadas em ensaios de disponibilidade e digestibilidade, com a vantagem da digestibilidade no sentido de serem ensaios que demandam menor custo e tempo, além de permitir a formulação de dietas buscando a mínima excreção de fósforo (O'Quinn et al., 1997).

Diversos estudos (Jongbloed & Kemme, 1990; Skiba et al., 2000; Pedersen & Stein, 2004; Bohlke et al., 2005; Widmer et al., 2007, Bünzen et al., 2008) têm sido conduzidos a fim de se determinar os valores de fósforo

digestível dos diferentes alimentos e assim, tornar possível a formulação de dietas com níveis de fósforo mais próximos as exigências nutricionais dos suínos e considerando o seu real aproveitamento nos alimentos, reduzindo custos com suplementação inorgânica e a excreção deste mineral.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar as exigências de fósforo digestível para suínos de 30 a 50 kg, alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG.

Foram utilizados 70 leitões híbridos comerciais, machos castrados e fêmeas, com peso médio inicial de $29,72 \pm 1,52$ kg, durante o período experimental de 21 dias. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e sete repetições e dois animais por unidade experimental, sendo um de cada sexo. A unidade experimental foi representada pela baia. Na formação dos blocos foram levados em consideração o peso inicial e o parentesco dos animais.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e laterais de tijolos, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em prédio de alvenaria com teto de telhas de cerâmica.

A ração referência foi formulada a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências nutricionais dos suínos, seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2005). O conteúdo de fósforo digestível dos alimentos foi determinado com base em trabalhos anteriores (Tabela 1).

Tabela 1- Conteúdo de fósforo (P) total e digestível verdadeiro dos alimentos utilizados nas rações experimentais.

	% P total ¹	CDV P suínos ²	% P digestível ²	% Cálcio ¹
Milho	0,24	53,19	0,13	-
Farelo de Soja	0,53	48,51	0,26	-
Fosfato Bicálcico	18,50	74,79	13,84	25,30
Calcário	-	-	-	33,52

¹Valores analisados; ²CDVP = Coeficientes de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (Valores calculados).

Os tratamentos consistiram da ração referência e quatro níveis de suplementação de fosfato bicálcico para se obter rações com cinco níveis de fósforo digestível (0,19; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%). Para cada nível de fósforo estudado foi adicionado calcário em quantidades iguais buscando manter constantes os níveis de cálcio em relação aos níveis de fósforo. Foi utilizado areia lavada como inerte para substituição do fosfato bicálcico e do calcário (Tabela 2).

Os animais receberam as rações experimentais e água à vontade. Foram feitas pesagens periódicas das sobras de ração e os animais foram pesados no início e no final do período experimental para determinação do ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

No final do período experimental, após a pesagem, foi abatido um animal de cada unidade experimental, sendo escolhido o animal com o peso mais próximo da média, para coleta do osso metatarso do membro anterior direito.

Os ossos foram secos em estufa ventilada a 80°C, por 72 h, e então submetidos à retirada de gordura por extrator “Soxhlet”, por quatro horas, e colocados em mufla, a 600°C, durante 4 h, para determinação de cinzas. Em seguida, foram analisados os teores de fósforo e cálcio neles contido.

Tabela 2 – Composição percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de Fósforo Digestível (%)				
	0,19	0,25	0,30	0,35	0,40
Milho grão	72,86	72,86	72,86	72,86	72,86
Farelo soja	22,91	22,91	22,91	22,91	22,91
Óleo soja	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Sal comum	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Suplemento vitamínico ¹	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Suplemento mineral ²	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
L-Lisina HCL	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
L-Treonina	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fosfato bicálcico	0,29	0,67	1,05	1,42	1,80
Calcário	0,71	0,69	0,69	0,66	0,63
Inerte ³	1,50	1,14	0,76	0,41	0,07
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional Calculada					
Energia metab. (kcal/kg)	3230	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)	16,88	16,88	16,88	16,88	16,88
Lisina digestível (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Met + cist digestível (%)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Treonina digestível (%)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cálcio (%)	0,42	0,50	0,60	0,68	0,76
Fósforo total (%)	0,35	0,42	0,50	0,56	0,63
Fósforo Digestível (%) ⁵	0,19	0,25	0,30	0,35	0,40

1-Roligomix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Ferro - 100,0 g; Cobre- 20,0 g; Cobalto- 2,0 g; Manganês- 16,0 g; Zinco – 100,0 g; lodo – 2,0 g e veículo q.s.p., 1.000 g. 2- Rovimix (Roche) – níveis de garantia por kg de produto: Vit A - 10.000.000 UI; Vit D3 - 2.000.000 UI; Vit E- 30.000 UI; Vit B1- 2 g; Vit B6 – 4,0 g; Ácido Pantotênico 12,0 g; Biotina – 0,10g; Vit K3, 3,0 g, Acido Fólico – 1,0 g; Acido Nicotínico – 50,0 g; Vit B12- 15.000 mcg; Selênio, 25,0 g e veículo q.s.p. - 1.000 g. 3-Areia lavada. 5-Valores calculados com base nos coeficientes de digestibilidade apresentados na tabela 1.

As análises bromatológicas dos ingredientes e das rações experimentais foram realizadas de acordo com o método descrito por Silva & Queiroz (2002), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A determinação do teor de cinza óssea, de fósforo e de cálcio nos ossos foi realizada no Laboratório da Rodes Química Cajati LTDA, no município de Cajati - SP.

As análises estatísticas dos parâmetros analisados foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2000). As estimativas das exigências nutricionais de fósforo digestível foram estabelecidas por meio de modelos de regressão polinomial, considerando-se na escolha do modelo, respeitada a interpretação biológica, o valor da menor soma de quadrados dos desvios.

Resultados e Discussão

Os resultados de desempenho de suínos de 20 a 30 kg alimentados com diferentes níveis de fósforo (P) digestível encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de suínos entre 20 e 30 kg recebendo diferentes níveis de fósforo digestível.

Níveis de fósforo digestível, %	GP período, kg*	GP diário, kg*	CR período, kg*	CR diário, kg*	CA
0,19	15,62b	0,745b	70,58b	1,68b	2,27
0,25	17,98a	0,856a	75,71ab	1,80ab	2,10
0,30	19,07a	0,908a	77,80ab	1,85ab	2,04
0,35	19,39a	0,925a	82,94a	1,97a	2,15
0,40	17,73a	0,858a	76,22ab	1,81ab	2,15
< P	0,01	0,01	0,03	0,03	0,23
CV %	13,09	12,63	8,06	8,07	7,24

Médias com pelo menos uma letra distinta, entre colunas, diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Student Newman-Keul's.

*Efeito quadrático ($P < 0,01$).

O consumo de ração total no período e o consumo de ração diário apresentaram efeito quadrático ($P < 0,03$) para os níveis de fósforo digestível de acordo com a equação $\hat{y} = 25,25787 + 329,69246x - 497,29444x^2$ ($R^2=0,78$).

Trabalhos que visam estimar as exigências de fósforo digestível são escassos. O'Quinn et al. (1997) avaliaram a exigência de fósforo digestível para suínos em crescimento e terminação e não verificaram efeito dos níveis de fósforo digestível sobre o consumo de alimento dos animais.

Os resultados obtidos no presente trabalho também discordam de Saraiva et al. (2009), que obtiveram aumento linear no consumo de ração com aumento dos níveis de fósforo disponível, em suínos de 15 a 30 kg. Os

autores, no entanto, atribuíram este resultado ao baixo consumo na fase inicial, fato este não evidenciado neste trabalho, estando o consumo obtido próximo ao preconizado por Rostagno et al. (2005) para animais de desempenho médio.

O ganho de peso apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$) diante dos diferentes níveis de fósforo digestível, o que difere dos resultados obtidos por O'Quinn et al. (1997), que não verificaram efeito sobre este parâmetro. Stahly (2009) encontrou efeito linear sobre o ganho de peso de suínos entre 9 e 37 kg de peso e efeito quadrático para a fase posterior (37 a 65 kg) ao avaliarem níveis de fósforo disponível variando de 0,13 a 0,56%, enquanto Saraiva et al. (2009) encontraram efeito quadrático em estudo para avaliar a exigência de fósforo disponível para suínos entre 15 e 30 kg de peso, onde fósforo disponível variou de 0,11 a 0,54%, sendo o nível de 0,51% o de maior ganho de peso.

A equação obtida no presente trabalho, para o parâmetro ganho de peso, foi $\hat{Y} = - 0,152 + 6,663x - 10,32x^2$ ($R^2=0,98$), obtendo o maior GPD o nível de 0,32% fósforo digestível.

Os níveis de fósforo digestível utilizados não influenciaram ($P > 0,05$) a conversão alimentar dos animais. Mesmo efeito sobre a conversão alimentar foi obtido por O'Quinn et al. (1997), que não verificaram efeito frente a diferentes níveis de fósforo digestível em suínos entre 20 e 50 kg, sendo o nível mais baixo (0,21% de P digestível) sugerido pelos autores como mais adequado para melhor desempenho, uma vez que não houve efeito sobre a conversão e o ganho de peso, embora os mesmos autores concordem que o número reduzido de tratamentos pode ter prejudicado a precisão dos

resultados. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Jongbloed & Everts (1992) que obtiveram 0,23% como a exigência de fósforo digestível para o melhor desempenho, por também não terem sido encontrados efeitos sobre os parâmetros de desempenho avaliados.

Os resultados de exigência de fósforo podem diferir entre as pesquisas, pois entre as muitas variáveis, se encontra o potencial genético dos animais, que os difere quanto a capacidade de deposição tecido magro na carcaça. Wiseman et al. (2007) observaram que a concentração de fósforo e cálcio diferem entre diferentes linhagens com grande capacidade de deposição de carne, evidenciando diferentes exigências destes minerais entre distintas linhagens.

Os parâmetros ósseos de suínos alimentados com diferentes níveis de fósforo digestível na dieta encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros ósseos de suínos entre 20 e 30 kg recebendo diferentes níveis de fósforo digestível.

Níveis de fósforo digestível, %	Cinzas, %	Fósforo, %*	Cálcio, %
0,19	45,23	8,09b	17,02
0,25	48,37	8,56a	18,10
0,30	47,78	8,73a	17,73
0,35	47,91	8,69a	17,95
0,40	48,04	9,01a	17,81
< P	0,19	0,01	0,54
CV %	7,99	6,64	9,98

Médias com pelo menos uma letra distinta, diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Student Newman-Keul's.

*Efeito linear e quadrático (P<0,01)

Não foram encontrados efeitos (P>0,05) dos níveis de fósforo digestível sobre os parâmetros % cinzas e % cálcio nos ossos dos suínos. Outros autores também não encontraram efeito sobre a percentagem de

cinzas de ossos alimentados com diferentes níveis de fósforo digestível (O'Quinn et al., 1997) e disponível (Hastad et al., 2004; Saraiva et al., 2009).

A percentagem de fósforo nos ossos foram influenciados pelos níveis de fósforo digestível na dieta, apresentando efeito linear segundo a equação $\hat{Y} = 7,471 + 3,848x$ ($R^2 = 0,88$).

Em geral, as exigências para máxima mineralização óssea são maiores do que as para máximo desempenho (Ketaren et al., 1993; Gomes et al., 2004). Essa afirmação está de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, uma vez que para efeito de desempenho, representado pelo parâmetro ganho de peso, foi obtido resultado quadrático, evidenciando melhor ganho no nível de 0,32% de fósforo digestível, enquanto para deposição de fósforo nos ossos os níveis estudados não foram suficientes para maximizar este parâmetro.

No presente trabalho o valor de 0,31% de fósforo digestível, calculado utilizando-se o intervalo de confiança de 95% da quadrática (Sakomura & Rostagno, 2007), parece ser suficiente para atender o melhor ganho de peso de suínos em crescimento, embora a exigência para o parâmetro % de fósforo nos ossos tenha ficado acima da exigência estimada.

Este resultado está acima das exigências estimadas em trabalhos anteriores (0,23% segundo Jongbloed & Everts, 1992 e 0,21% segundo O'Quinn et al., 1997). Os autores acima, no entanto, utilizaram metodologias diferentes para avaliar a exigência de fósforo digestível, podendo os resultados ser influenciados pelas metodologias.

Trabalhos mais recentes compilados nas tabelas FEDNA (Blas et al., 2006) de exigência de fósforo digestível aparente para suínos entre 15 e 50

kg citam valores entre 0,31 e 0,27% como os mais indicados para o máximo desempenho. Por outro lado, Ruan et al. (2007) citam valores de 0,34% de fósforo digestível como mais adequado para o desempenho e parâmetros sanguíneos (fósforo no soro) para suínos em crescimento.

As equações quadráticas ou lineares que melhor estimam as exigências de fósforo digestível para suínos entre 30 e 50 kg são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Exigência de fósforo digestível para suínos em crescimento estimados pelo modelo linear ou quadrático.

Parâmetro	Equação	Nível	95% Quadrática
Consumo Ração Diário	$\hat{Y} = 25,25787 + 329,69246x - 497,29444x^2$ ($R^2=0,78$).	0,33	0,32
Ganho de Peso	$\hat{Y} = - 0,152 + 6,663x - 10,32x^2$ ($R^2=0,98$)	0,32	0,31
Conversão Alimentar	-	-	-
Cinzas, %	-	-	-
Fósforo, %	$\hat{Y} = 7,471 + 3,848x$ ($R^2 = 0,88$).	0,40	0,38
Cálcio, %	-	-	-

Efeito linear e quadrático ($P<0,01$).

Considerando o constante avanço genético aos quais os suínos e os alimentos têm sido submetidos, juntamente com a necessidade contínua pelo melhor desempenho e aproveitamento dos nutrientes, novos estudos devem ser conduzidos a fim de se buscar a formulação de rações mais próximas as reais exigências nutricionais para cada fase, com consequente melhor desempenho e redução no potencial poluidor dos dejetos da produção animal.

Nesse sentido, dietas formuladas com base nas exigências de fósforo digestível podem contribuir para manter atualizadas as informações a

respeito das exigências nutricionais dos animais, considerando genótipos, ambiente e diferentes alimentos utilizados nas dietas.

Conclusão

Com base nos parâmetros de desempenho conclui-se que a exigência de fósforo digestível para suínos alimentados com dieta a base de milho e farelo de soja é de 0,31% de fósforo digestível, o que corresponde a um consumo diário de 5,87 g fósforo digestível.

Referências Bibliográficas

- BLAS, C.; GASA, J.; MATEOS, G.G.. Necesidades nutricionales para gado porcino. **Normas FEDNA**. Outubro de 2006.
- BOHLKE, R.A.; THALER, R.C.; STEIN, H.H.. Calcium, phosphorus and amino acid digestibility in low-phytate corn, normal corn, and soybean meal by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2396- 2403. 2005.
- BÜNZEN, S; ROSTAGNO, H.S; LOPES, D.C. et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1236-1242, 2008.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras: Universidade Federal de Lavras/DEX. 2000.
- GOMES, P.C.; RUNHO, R.C.; D'AGOSTINI, P. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1734-1746, 2004 (Supl. 1).
- HASTAD, C.W.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2945-2952, 2004.
- JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. 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**, v.38, p.567-75. 1990.
- JONGBLOED, A.W.; EVERTS, H. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 2. The requirement of digestible phosphorus for piglets, growing-finishing pigs and breeding sows. **Neth. Journal Agriculture Science**, v.40, p.123-136. 1992.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pig. 1.Available phosphorus requirements of grower / finisher pigs. **Br. Journal Nutrition**, v.70, p.249-268, 1993.
- O'QUINN, P.R.; KNABE, D.A.; GREGG, E.J.. Digestible phosphorus needs of terminal cross growing finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1308-1318. 1997.
- PETERSEN, G.I.; STEIN, H.H. A novel procedure for measuring endogenous phosphorus losses and true phosphorus digestibility by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82(Suppl. 1), p.254. (Abstr.). 2004.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos : Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. VIÇOSA: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

- RUAN, Z.; ZHANG, Y.G.; YIN, Y.L. et al. Dietary requirement of true digestible phosphorus and total calcium for growing pigs. **Asian-australasian journal of animal sciences**, vol.20, n.8, p.1236 - 1242. 2007 (Abstract). Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=18884716>. Acesso em 20 de junho de 2009.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal, SP. Funep, 2007. 283p.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M., et al. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg genetically selected for meat deposition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.307-313, 2009.
- SKIBA, F.; CALLU, P.; CASTAING, J. et al. Variabilité intra-matière première de la digestibilité du phosphore des céréales et du pois chez le porc en croissance. **Journées Recherche Porcine**, v. 36, p.9-16. 2000.
- SILVA, J.D.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. p.235.
- STAHLY, T.S. Nutrient needs for high lean pigs. **Manitoba agriculture, food and rural initiatives**. Disponível em: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>. Acesso em: 21/6/2009.
- STEIN, H.H.; KADZERE, C.T.; KIM, S.W. et al.. Influence of dietary phosphorus concentration on the digestibility of phosphorus in monocalcium phosphate by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1861-1867. 2008.
- WIDMER, M.; MCGINNIS, R.L.M; Stein, H.H.. Energy, amino acid, and phosphorus digestibility of high protein distillers dried grain and corn germ fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.85, p.2994-3003. 2007.
- WISEMAN, T.G.; MAHAN, D.C.; PETERS, J.C. et al. Tissue weights and body composition of two genetics lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1825-1835, 2007.

CONCLUSÕES GERAIS

Não há diferenças na determinação da digestibilidade do fósforo em frangos de corte pela metodologia de coleta de digesta ileal e de coleta total de excretas utilizando o óxido crômico como indicador.

O valor de fósforo endógeno excretado por frangos de corte determinado por meio de dieta purificada e isenta de fósforo é de 138,43 mg de P/kg de MSI.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo do farelo de soja e do fosfato bicálcico em frangos de corte, utilizados como fontes exclusivas de fósforo orgânico e inorgânico, respectivamente, são 52,54 e 75,01%.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo de alimentos para frangos de corte obtidos com uma dieta referência são: milho, 44,49%; farelo de soja, 57,74%; farelo de trigo, 46,21%; farinha de carne e ossos, 57,39%; fosfato bicálcico, 57,28% e fosfato monocálcico, 56,86%.

A exigência de fósforo digestível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade alimentados com dieta a base de milho e farelo de soja é de 0,35 e 0,41% para fêmeas e machos, respectivamente.

Não há diferenças na determinação da digestibilidade do fósforo pela metodologia de coleta total e do indicador fecal (Cr_2O_3) em suínos em crescimento e em terminação.

Os valores de fósforo endógeno excretado por suínos determinados por meio de dieta isenta de fósforo são de 257,75 mg de P/kg de MSI para a fase de crescimento e 434,80 mg de P/kg de MSI na fase de terminação.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com suínos em crescimento e em terminação são, respectivamente: milho, 53,19 e 63,20%; farelo de soja, 48,51 e 56,50%; fosfato bicálcico, 74,79 e 83,70% e farinha de carne e ossos, 63,40 e 83,70%.

A exigência de fósforo digestível para suínos entre 30 e 50 kg alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja é de 0,31%, o que corresponde a um consumo diário de 5,87 g de fósforo digestível.