

JOSEANE MOUTINHO VIANA

**BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM FOSFATOS E NÍVEIS DE
FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS NA FASE INICIAL**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

JOSEANE MOUTINHO VIANA

BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM FOSFATOS E NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS NA FASE INICIAL

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

APROVADA: 28 de julho de 2008.

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Co-orientador)

Prof. Aloizio Soares Ferreira
(Co-orientador)

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna

Prof. Paulo César Brustolini
(Orientador)

*... Tens o dom de seres muito.
Onde muitos não têm nada.
Uns te chamam açazeiro.
Outros te chamam Jussara...*

Sabor Açáí, Nilson Chaves e Joãozinho Gomes

*Ao meu pai, Joaquim, pelo apoio e pela confiança depositado.
A minha mãe, Antonia, por nunca me deixar desistir.
Ao meu irmão, Marcelo, pelo exemplo acadêmico a ser seguido.
Ao meu marido, Rafael, o motivo das minhas conquistas.*

Sem vocês eu nunca teria voado tão alto e tão longe de casa.

Dedico a vocês mais essa vitória.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a honra de estar no meio de pessoas tão maravilhosas e justificar as páginas de agradecimento desta dissertação.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, por tornar possível a realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao prof. Paulo Cesar Brustolini, pela confiança, pela amizade, pelo incentivo e pela orientação no desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada, por acreditar em mim.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e, em especial, ao pesquisador Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva, pela oportunidade e orientação na execução deste trabalho.

Aos conselheiros prof. Juarez Lopes Donzele e prof. Aloizio Soares Ferreira, pelas valiosas contribuições e sugestões.

Aos membros da Banca Examinadora, Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva e ao prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna, pelas sugestões.

Ao prof. Paulo Cesar Gomes, pelas críticas e sugestões. Sua experiência acadêmica me fez ganhar tempo para conclusão deste trabalho.

Ao prof. Paulo Cecon, por decifrar minha estatística.

Aos amigos de jornada acadêmica: Fabrício, Eriane, Alyson, Verônica, Cíntia e Ana Paula, pela ajuda durante o experimento.

Aos demais professores, colegas e funcionários do departamento de Zootecnia e, em especial, aos amigos José Alberto “Dedeco” e “Salame”, pelo apoio na realização deste trabalho.

À prof^a Elyzabeth da Cruz Cardoso e ao seu marido, Maurício Cardoso, ao prof. Cláudio Vieira de Araújo e ao M. Sc. Amaury Bendahan, pela iniciação acadêmica e pelo incentivo pra continuar.

Aos queridos amigos prof. Kedson Raul e sua esposa, Maria Cristina, agradeço por me mostrarem que há um mundo além dos muros da UFRA.

Ao prof. Almir Vieira Silva, seus obstáculos foram um impulso para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada, pelos desafios que me fizeram amadurecer e a entender que nem sempre estamos totalmente certos.

À minha família: avôs, avós (*in memoriam*), padrinho, madrinha, tios, tias, primos e primas. Obrigada pelo incentivo incondicional.

À família Bossa Place e agregados: Simone, Luís, Lú e Alice (à minha dodutinha), Carla, Djobim (O bicho mais lindo do mundo), Jany, Kátia, Edgard, Mábio, Antônio, Márcia e a tantos outros que fazem a passagem por Viçosa parecer o paraíso na terra.

Aos amigos que freqüentam o boteco mais gostoso da cidade: Os três porquinhos. Muito obrigada pelas horas de infinito prazer gastronômico na companhia de pessoas tão maravilhosas. Vocês estarão sempre no meu coração.

Agradeço à Tia Renê, à Dora e ao Murilo, pelas nossas ferramentas de trabalho: o carro e o computador, que nos deu a oportunidade de escrever duas dissertações de mestrado.

Aos amigos do Departamento de Fitotecnia, pela ajuda nas horas de desespero.

Aos eternos amigos de infância da WE 4 e aos amigos da saudosa UFRA (antiga FCAP).

Aos inesquecíveis companheiros: Alanzão, Jefferson, Wando, Taty, Oskarla, Robson, Alanzinho, Carol, Marília, Gleice e a todos que fizeram parte dessa época.

Em especial, ao prof. Francisco Gemaque (Colégio Impacto) e a todos os professores que construíram o alicerce da minha vida acadêmica até hoje. Foi por acreditar “Na Certeza de Vencer” que hoje concluo este trabalho.

BIOGRAFIA

JOSEANE MOUTINHO VIANA, filha de Joaquim Gomes Moutinho e Antonia Nascimento Moutinho, nasceu em Belém, Estado do Pará, em 29 de setembro de 1980.

Em 2001, iniciou o curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Federal Rural da Amazônia, graduando-se em outubro de 2005.

Em outubro de 2006, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2008.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O fósforo na nutrição de suínos	3
2.2. Função e distribuição do fósforo e do cálcio no organismo animal	4
2.3. Biodisponibilidade de fósforo.....	5
2.4. Exigência de fósforo para suínos na fase inicial de crescimento.....	6
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
Biodisponibilidade de fósforo em fosfatos para suínos dos 15 aos 30 kg	11
Resumo	11
Abstract.....	12
1. Introdução	13
2. Material e métodos.....	14
3. Resultados e discussão.....	17
4. Conclusão.....	18
5. Referências bibliográficas.....	18

	Página
Níveis de fósforo disponível em rações para suínos dos 15 aos 30 kg.....	20
Resumo	20
Abstract.....	21
1. Introdução	22
2. Material e métodos.....	23
3. Resultados e discussão.....	26
4. Conclusão.....	31
5. Referências bibliográficas.....	31
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	34

LISTA DE TABELAS

	Página
Primeiro Artigo	
1 Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 15 aos 30 kg.....	16
2 Valores de disponibilidade de fósforo dos fosfatos bicálcico (FB), fosfato bicálcico com 20% de P (FB20) e fosfato monoamônio (FMA), para os parâmetros de desempenho e ósseo	17
Segundo Artigo	
1 Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 15 aos 30 kg.....	25
2 Valores de desempenho e parâmetros ósseos de suínos recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração dos 15 aos 30 kg.....	26

LISTA DE FIGURAS

	Página
Segundo Artigo	
1 Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre o ganho de peso diário de suínos dos 15 aos 30 kg.	27
2 Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre a conversão alimentar de suínos dos 15 aos 30 kg.	28
3 Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre cálcio no osso de suínos dos 15 aos 30 kg.	30
4 Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre fósforo no osso de suínos dos 15 aos 30 kg.	30

RESUMO

VIANA, Joseane Moutinho, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2008.
Biodisponibilidade de fósforo em fosfatos e níveis de fósforo disponível para suínos na fase inicial. Orientador: Paulo César Brustolini. Co-orientadores: Juarez Lopes Donzele e Aloízio Soares Ferreira.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a biodisponibilidade de fósforo e níveis de fósforo disponível (PD) em rações para suínos na fase inicial. Para tanto, foram realizados dois experimentos. No experimento 1, foram utilizados 140 leitões, 70 machos e 70 fêmeas, com peso inicial de $14,92 \pm 0,61$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com sete tratamentos, cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma ração basal, sem suplementação de fosfato, e outras seis rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico (FB), fosfato bicálcico com 20% de fósforo (FB20) e o fosfato monoamônio (FMA) com dois níveis de fósforo disponível (0,221 e 0,406% PD) cada. No experimento 2, foram utilizados 100 leitões híbridos comerciais, sendo 50 machos castrados e 50 fêmeas, com peso inicial de $15,03 \pm 0,33$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos, cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de PD (0,106; 0,221; 0,310; 0,406 e 0,493%), cujo primeiro nível foi constituído de uma ração basal, sem suplementação de fosfato, e outras quatro obtidas pela suplementação da ração basal com FB. No Experimento 1, conclui-se que o FB20 foi 13,48; 1,35 e 8,59% mais biodisponível para as variáveis ganho de peso diário

(GPD), fósforo no osso (PO) e cálcio no osso (CaO). Para o FMA foi 8,65 e 7,28% para as variáveis GPD e CaO, respectivamente. Os resultados obtidos com o FB foram considerados 100% disponível. No experimento 2, observou-se que os níveis de PD influenciaram o consumo de ração diário (CRD), que aumentou de forma linear. O ganho de peso diário (GPD) aumentou e a conversão alimentar (CA) reduziu de forma quadrática em razão dos níveis de PD da ração, até os níveis estimados, respectivamente, de 0,450 e 0,390% de PD. Não houve efeito dos níveis de PD das rações sobre a resistência óssea (RO). Os tratamentos também influenciaram de forma quadrática os teores de cálcio no osso (CaO) e fósforo no osso (PO), que aumentaram, respectivamente, até os níveis estimados de 0,388 e 0,369% de PD. Não houve efeito dos níveis de PD das rações sobre o teor de cinza óssea (CO). Conclui-se que os níveis de PD para suínos dos 15 aos 30 kg são de 0,450 para GPD; 0,390 para CA; 0,388 para CaO e 0,369 para PO.

ABSTRACT

VIANA, Joseane Moutinho, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2008.
Biodisponibility of phosphorus in phosphates and available levels of phosphorus for initial pigs phase. Adviser: Paulo César Brustolini. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Aloízio Soares Ferreira.

This work had the objective to evaluate the biodisponibility of phosphorus and levels of available phosphorus (AP) for initial pigs phase. They were realized two experiments. In the experiment 1, were utilized 140 pigs, 70 castrates males and 70 females, with initial weight of 14.92 ± 0.61 kg, distributed in a completely randomized experimental design, with seven treatments, five repetitions and four animal per experimental unit. The treatments were constituted for basal diet without phosphate supplemented and other six diets obtained for basal diet supplemented with bicalcium phosphate (BP), bicalcium phosphate with 20 % for phosphorus (BP20) and monoamonium phosphate (MAP) with two levels of phosphorus (0.221 and 0.406%) each one. On experiment 2, were used 100 commercial pigs, being 50 castrate males and 50 females, with initial weight of 15.03 ± 0.33 kg, distributed in a completely randomized experimental design, with five treatments, five repetitions and four animal per experimental unit. The treatments were constituted in a five levels for AP (0.106; 0.221; 0.310; 0.406 and 0.493%), whose first levels were constituted from a basal diet, without phosphate supplementation, and others four obtained with phosphate supplementation in a diet basal with (AP). In experiment 1, it is concluded that BP20 was 13.48; 1.35 and 8.59 % more biodisponibile for variable daily weight gain,

phosphorus in bone and calcium in bones respectively. For MAP it was 8.65 and 728 % for variables daily weight gain and calcium in the bones respectively. The results obtained with BP were considered 100 % disponible. In the Experiment 2, the levels of AP have influenced the feed daily intake, which increased in a linear form. The daily weight gain increased and feed conversion reduced in a quadratic form due the levels of AP of the ration, until the estimated levels, respectively, of 0.450 and 0.390 % for AP. There was no effect on the AP levels of the rations over the bone resistance. The treatments also influenced in a quadratic form the contents of calcium and phosphorus in the bone, which increased, respectively, until the estimated levels of 0.388 and 0.369 % for AP. There was no effect on the AP levels of the rations aver the bone ashes content. It is concluded that the levels of AP that propitiate the better results in a swine for 15 to the 30 kg are from 0.450 for daily weight gain; 0.390 to feed conversion; 0.388 for calcium in the bone and 0,369 to phosphorus in the bone.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Devido à grande importância biológica do fósforo, o seu fornecimento como nutriente essencial nas rações tem sido objeto de pesquisas na área de nutrição animal. Necessário não apenas pela ótima taxa de crescimento, o fósforo é um dos minerais mais importantes para os suínos, por possuir o maior número de funções no organismo animal e ser o mineral que mais onera o custo das rações. Para Bolling *et al.* (2000), este mineral é indicado como o terceiro nutriente mais caro em uma ração de monogástricos, ficando atrás somente da energia e da proteína, particularmente dos aminoácidos sulfurados e da lisina.

Dentre as principais funções metabólicas vitais ao organismo, o fósforo é responsável pela formação e manutenção do sistema ósseo e dos dentes. Além disso, o fósforo participa da utilização, armazenamento e transferência de energia via AMP, ADP e ATP, faz parte da estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), atua no equilíbrio ácido-base e na manutenção da pressão osmótica e participa também de inúmeros sistemas enzimáticos (LENHNINGER *et al.*, 2002).

Sabe-se que a baixa disponibilidade de fósforo nos alimentos de origem vegetal é devido à quantidade de fósforo que está preso à molécula de ácido fítico (JONGBLOED *et al.*, 1992), e por isso torna-se necessária a suplementação de fósforo a partir de fontes de origem mineral na formulação das rações. Assim, conhecer a biodisponibilidade do fósforo nos produtos de origem mineral é importante para se balancear dietas para suínos de forma adequada para que estes tenham um

desenvolvimento eficiente, econômico e sem impactos negativos ao meio ambiente uma vez que o excesso, por não ser absorvido, é eliminado nas fezes.

Desta forma, a disponibilidade biológica dos minerais tem sido definida como sendo a capacidade da fonte mineral em suportar os processos fisiológicos do animal. No intuito de definir, também, os parâmetros que caracterizassem os processos fisiológicos, Sakomura e Rostagno (2007) propuseram que o fósforo e o cálcio nos ossos seriam os melhores parâmetros para tal. Outras variáveis também têm sido utilizadas para determinar a biodisponibilidade do fósforo em função dos processos fisiológicos. Dentre estes podemos citar: ganho de peso, resistência óssea, fósforo no soro, atividade da fosfatase alcalina, fósforo e cinza nos ossos, anormalidades no esqueleto e taxa de incorporação (AMMERMAN *et al.*, 1963; GOMES, 1989; LOPES *et al.*, 1999; FIGUEIREDO *et al.*, 2001).

Com o desenvolvimento de novas linhagens com alto potencial para deposição protéica, as exigências de fósforo disponível para suínos nas diferentes fases de criação não são idênticas. De acordo com Hendricks e Moughan (1993), suínos com diferentes potenciais genéticos para deposição de tecido magro na carcaça possuem diferentes exigências de minerais. Neste sentido, Stahly *et al.* (1991) e Friesen *et al.* (1994) sugerem que as estratégias de alimentação devem ser específicas para cada grupo genético, devido às diferenças nas exigências nutricionais desses animais.

Assim, determinar a biodisponibilidade de fósforo nos ingredientes utilizados nas rações para suínos, bem como conhecer as exigências desses animais em relação a este mineral, é fundamental para melhorar a utilização dos alimentos, aumentar a produtividade e atender a demanda dos consumidores em busca de uma carne magra de alta qualidade.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a biodisponibilidade de fósforo em fosfatos e níveis de fósforo disponível, sobre o desempenho e parâmetros ósseos, em rações para suínos na fase inicial.

Esta dissertação foi elaborada em capítulos, de acordo com as normas para leitura de dissertação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), e os capítulos foram redigidos na forma de artigos adaptados aos padrões da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O fósforo na nutrição de suínos

O fósforo tem sido objeto de pesquisas não somente pela sua importância econômica, mas pela sua importância ambiental. Seja de fontes orgânicas ou inorgânicas, o fósforo não é completamente disponível ou utilizado pelo animal, uma vez que parte do mineral é perdida no processo de digestão e metabolismo, o que é preocupante uma vez que o excesso, por não ser absorvido, é eliminado na urina e nas fezes e se não for trabalhado adequadamente pode exercer grande impacto ao meio ambiente (RUNHO *et al.*, 2001).

Em virtude de uma crescente preocupação em relação à poluição do meio ambiente, a suinocultura industrial tem buscado alternativas visando à redução na excreção de nutrientes com alto poder poluente como o fósforo (P) e o nitrogênio (N). Uma eficiente utilização dos nutrientes é a chave para uma produção sustentável de suínos e pode reduzir a excreção de P e N por estes animais (JONGBLOED e LENIS, 1992).

Uma das estratégias para diminuir a excreção desse mineral no ambiente pelos suínos é balancear rações utilizando dados de biodisponibilidade de fósforo e acertar os níveis de fósforo das rações de acordo com as exigências nutricionais desses animais, uma vez que o excesso pode ser prejudicial para o ambiente, enquanto a deficiência pode prejudicar o desempenho, além de comprometer a estrutura óssea dos animais (AROUCA, 2008).

2.2. Função e distribuição do fósforo e do cálcio no organismo animal

O organismo animal possui 4 a 6 % de seu peso constituído por minerais, sendo que destes, 1 % é devido ao fósforo. Dentro do corpo a porcentagem de fósforo encontrada no esqueleto é variável (60 a 80 %) não em razão das mudanças na relação Ca:P verificado nas cinzas ósseas, mas sim devido as proporções e quantidades de tecido mole relativas ao tecido esquelético. A concentração de fósforo nos tecidos moles (carne magra) é quase constante, assim como a quantidade de fósforo por unidade de cinzas do esqueleto. Deste modo, mudanças na porcentagem do fósforo total corporal encontrada são devido às quantidades absolutas de tecido mole e tecido esquelético e à proporção desses tecidos em relação ao outro (CRENSHAW, 2001).

Segundo mineral mais abundante no organismo animal, o fósforo participa da formação do esqueleto onde, juntamente com o cálcio, desempenha quantitativamente sua mais importante função: formação e manutenção da estrutura óssea do organismo (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

Desta forma, os ossos servem como reserva de cálcio e fósforo e podem ser mobilizados ocasionalmente, quando o fornecimento desses minerais for inadequado para atender as necessidades do organismo (MAYNARD e LOOSLI, 1984). Assim, é necessário que este mineral esteja em nível adequado nas dietas, de modo a atender às exigências dos animais, para que se verifique um crescimento rápido e eficiente.

Segundo Furtado (1991), no metabolismo animal, o fósforo mantém estreita relação com o cálcio, durante a absorção, deposição e excreção. Baixa concentração de cálcio sérico estimula a glândula paratireóide do animal a produzir o paratormônio, aumentando, assim, a excreção de fósforo pelos rins, que pode atingir uma taxa 20 vezes superior à da excreção normal. Maior diurese de fosfato mantém constante a relação Ca:P.

Portanto, dos minerais suplementados em rações para suínos, o fósforo é essencial, por ser necessário não apenas pela taxa de crescimento, mas também para a mineralização óssea. Dentre as inúmeras funções que podem ser atribuídas ao fósforo no organismo animal, a participação como componente dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), é sem dúvida, uma das mais importantes, e, juntamente com outros elementos, o fósforo ainda participa na manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio ácido-básico. Entre suas funções metabólicas, participa na utilização e transferência de energia via AMP, ADP e ATP e na formação dos fosfolípídeos, participando também no transporte

de ácidos graxos, absorção e deposição de gorduras (LENHNINGER *et al.*, 2002). Assim, o fósforo está presente em todas as células do corpo.

2.3. Biodisponibilidade de fósforo

No Brasil, as dietas dos animais monogástricos são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal, geralmente, grãos de cereais, sendo que aproximadamente 65 a 70 % dele, se encontram na forma de fitato (JONGBLOED *et al.*, 1992). O ácido fítico é o fosfoglicídeo mais abundante e, geralmente, forma sais com cátions (Ca, Mg, Zn, Fe), aminoácidos e amido (SAUER e OZIMEK, 1986). O fósforo (P) contido nestes sais é pouco disponível para suínos, pois esses animais carecem de enzimas exógenas para romper e separar o fósforo da molécula de inositol, o que faz com que grande parte do P fítico seja excretada pelas fezes.

É importante destacar que a habilidade dos suínos para utilizar o P fítico melhora com a idade, devido, possivelmente, à maior concentração de enzimas presente no intestino dos animais (FIGEIRÊDO *et al.*, 2000). As enzimas fitase e algumas fosfatases têm sido isoladas no trato gastrointestinal de suínos, contudo, as quantidades são, aparentemente, insuficientes ou o meio intestinal não é apropriado para permitir uma hidrólise mais eficiente dos grupos ortofosfatos da molécula de fitato (CROMWELL, 1995).

Desta forma, a baixa disponibilidade de fósforo dos alimentos de origem vegetal torna necessária a suplementação de fósforo a partir de fontes de origem mineral na formulação das rações. Assim, conhecer a biodisponibilidade do fósforo dos produtos de origem mineral torna-se necessário para se balancear dietas para suínos de forma adequada para que estes tenham um desenvolvimento eficiente e econômico.

Resultados contraditórios de disponibilidade biológica de P em diversos alimentos, associados a custos elevados dos suplementos de P nas dietas de monogástricos, têm induzido o meio técnico científico a realizar diversas pesquisas em busca de fontes alternativas, visando seu melhor aproveitamento.

Segundo Teixeira (2005), na escolha de uma fonte suplementar de fósforo, deve-se considerar o custo por unidade do elemento, a forma química em que o elemento está presente, a granulometria, a solubilidade e o teor de impurezas.

No entanto, pode ocorrer uma grande variação na biodisponibilidade de fósforo nas diferentes fontes de fosfatos existentes no mercado, principalmente devido ao uso

de diferentes metodologias e da não padronização dos teores de fósforo e flúor nos fosfatos comerciais (EMBRAPA, 1991).

O fósforo de diferentes fontes pode ser absorvido em proporções variadas pelo organismo, graças 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, entre outros. É oportuno salientar que nenhum elemento é totalmente absorvido e utilizado pelo animal, pois parte é perdida nos processos normais de digestão e de metabolismo (TEIXEIRA *et al.*, 2004).

2.4. Exigência de fósforo para suínos na fase inicial de crescimento

No que se refere às necessidades de minerais para suínos, os macrominerais como o cálcio e o fósforo aparecem como os mais limitantes. O fósforo tem sido alvo de recentes trabalhos, nos quais se procura avaliar a exigência nutricional de fósforo dos suínos, considerando as diferentes linhagens, o sexo, o consumo de ração e as relações do fósforo com todos os nutrientes das rações (SARAIVA, 2007; BÜNZEN *et al.*; 2008; AROUCA, 2008).

Segundo Figueiredo *et al.* (2000), as recomendações dos níveis de exigência de fósforo para suínos são muito variadas. Este fato se deve, principalmente, ao constante melhoramento genético desses animais, em que as novas linhagens têm adquirido capacidade cada vez mais rápida para atingir seu alto potencial produtivo. Porém esse potencial produtivo só é eficientemente aproveitado, quando se tem, além de outros fatores, fornecimento adequado de todos os nutrientes exigidos pelo animal.

A exigência de PD para suínos nas fases inicial (15 a 30 kg), crescimento (30 a 50 kg e 50 a 70 kg) e de terminação (70 a 100 kg e 100 a 120 kg), foram estimadas em 0,40; 0,33 e 0,282; 0,248 e 0,245 %, respectivamente (ROSTAGNO *et al.*, 2005). Tais valores estão acima das recomendações do NRC (1998), que preconiza a exigência de fósforo para suínos de 10 a 20 kg; 20 a 50 kg; 50 a 80 kg e 80 a 120 kg, como sendo 0,32; 0,23; 0,19 e 0,15 %, respectivamente. Lange (2003), trabalhando com animais de diferentes potenciais genéticos determinou as seguintes exigências de fósforo disponível de suínos com 20 kg (0,28 e 0,38 %), 60kg (0,16 e 0,23 %) e 100kg (0,13 e 0,18 %), respectivamente para animais de baixo e alto potencial para ganho de peso.

As exigências de P para suínos são definidas, principalmente, através do desempenho dos animais e não considerando a mineralização dos ossos (NUTRIENT...

1998). Tem sido sugerido por vários autores que o nível de P exigido para o máximo desempenho dos suínos é inferior àquele exigido para o máximo desenvolvimento dos ossos (MAHAN, 1982; KOCH *et al.*, 1984). Resultado semelhante foi obtido por Gomes *et al.* (1989), ao trabalhar com suínos na fase inicial (13 – 37 kg) e níveis de P disponível entre 0,13 e 0,43 %, quando relataram que não houve diferença entre os níveis testados para os parâmetros de desempenho, significando que o nível de 0,13 % de P disponível atendia aos animais, enquanto estimaram uma exigência de 0,58 % de P disponível para a variável resistência à quebra de ossos.

Segundo Carter e Cromwell (1998), a quantidade de fósforo exigida para o crescimento está intimamente relacionada com a capacidade de deposição de carne magra dos suínos. O conteúdo médio de fósforo na musculatura de suínos é de 0,206 %; nos ossos é de 3,16 %; nas vísceras 0,175 %; 0,071 % na pele e 0,036 % no tecido adiposo (STAHLY, 2007). À medida que os animais se desenvolvem menor quantidade de P disponível é exigida por quilo de ganho de peso, refletindo mudanças na taxa de deposição de tecidos com elevado e baixo conteúdo de fósforo. Ainda de acordo com o mesmo autor, a concentração adequada de P disponível na dieta é aquela que irá proporcionar maior deposição de tecido muscular e ainda manter o estoque de fósforo nos ossos.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMMERMAN, C.B.; ARRINGTON, L.R.; McCALL, J.T. Inorganic phosphorus utilization by swine as measured by an isotope technique. **Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.890-893, 1963.
- AROUCA, C.L.C. **Exigência de fósforo disponível para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne em diferentes fases de crescimento, dos 15 aos 120 kg**. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2008. 81p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- BOLLING, S.D., DOUGLAS M. W., WANG, X. *et al.* The effects of dietary available phosphorus levels and phythase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, v.79, n.2, p.224-230, 2000.
- 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.
- CARTER, S.D.; CROMWELL, G.L. Influence of somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs. II. Carcass characteristics, tissue accretion rate, and chemical composition of the ham. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 596-605, 1998.
- CRENSHAW, T.D. Calcium, phosphorus, vitamin D and vitamin k in swine nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). **Swine Nutrition**. 2^a ed. Boca Raton: CRC Press. p.187-212, 2001.
- CROMWELL, G.L., COFFEY, R.D., MONEGUS, H.J. *et al.* Efficacy of low-activity, microbial phytase in improving the biodisponibility of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, n.2, p.449-456, 1995.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia, SC). **Ta bela de composição de alimentos para suínos e aves**. 3. Ed. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1991. 97p. (EMBRAPA-CNPSA. Documento, 19).
- FIGUEIREDO, A.V. de; FIALHO, E.T.; VITTI, D.M.S.S. *et al.* Ação da fitase sobre a disponibilidade biológica do fósforo, por intermédio da técnica de diluição isotópica, em dietas com farelo de arroz integral para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.177-182, 2000.
- FIGUEIREDO, A.V. de; VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B. Disponibilidade biológica do fósforo de fontes fosfatadas determinada por intermédio da técnica de diluição isotópica. II. Suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1514-1520, 2001.
- FRIESEN, K.G.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. *et al.* Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.72, n.7, p.1761-1770, 1994.
- FURTADO, M.A.O. **Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos**. Belo Horizonte, MG: UFMG, 1991. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1991.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, P.M.A. *et al.* Digestibilidade parente 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.
- HENDRICKS, W.H.; MOUGHAN, P.J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. **Livestock Productions Science**, v.33, p. 161-170, 1993.
- JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; KEMME, P.A. The effect of supplementary aspergillus niger phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, v.70, p.1159-1168, 1992.
- JONGBLOED, A.W.; LENIS, N.P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. **Livestock Productions Science**, v.31, p. 75-94, 1992.
- KOCH, M.E.; MAHAN, D.C.; CORLEY, J.R. An evaluation of various biological characteristics in assessing low phosphorus intake in weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1546-1556, 1984.
- LANGE, C.F.M. A Systems Approach to Optimizing Phosphorus and Nitrogen Utilization in the Growing Pig. **Department of Poultry Science**, University of Guelph, Ontário, Canadá, 2003.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 3º Ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975 p.

- LOPES, J.B.; VITTI, D.M.S.S.; FIGUEIREDO, A.V. Avaliação das perdas endógenas e das exigências de fósforo, por meio da técnica da diluição isotópica, para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.773-778, 1999.
- MAHAN, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weaning swine. **Journal of Animal Science**, v.54, p.559-564, 1982.
- MAYNARD, L.A., LOOSLY, J.K., HINTZ, H.F. *et al.* 1984. **Nutrição animal**. 3.ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 736p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirements of swine. 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 189 p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.**, 2º ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 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, n.1, p.187-196, 2001.
- SAKOMURA, N.K. e ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SARAIVA, A. **Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 15 aos 60 kg**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 66p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine : Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L.; TERHUNE, D. Responses of high, medium and low lean growth genotypes to dietary amino acid regimen. **Journal of Animal Science**, v.69, supplement 1, p.364, 1991.
- STAHLY, T.S. Nutrient needs for high lean pigs. **Manitoba agriculture, food and rural initiatives**. 2007. Disponível em: <<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html>>. Acessado em: 15/05/2008
- TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; RIBEIRO, M.C.T. *et al.* Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.4, 502-509, 2005.
- TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; LOPES, J.B. *et al.* Cinética do radiofósforo em tecidos de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1238-1245, 2004.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3rd edition. NY: CABI Publishing, 1999. 598 p.

Biodisponibilidade de fósforo em fosfatos para suínos dos 15 aos 30 kg

Resumo – Objetivou-se determinar a biodisponibilidade de fósforo do fosfato bicálcico com 20 % de fósforo (FB20) e do fosfato monoamônio (FMA) em relação ao fosfato bicálcico (FB), para suínos na fase inicial. Foram utilizados 140 leitões, machos castrados e fêmeas, com peso inicial de $14,92 \pm 0,61$ kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos, cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela suplementação da dieta basal com 0,000; 0,221 e 0,406 % de fósforo disponível (PD) proveniente do FB e dois níveis de fósforo, 0,221 e 0,406 %, proveniente de cada uma das fontes de fósforo em teste, FB20 e FMA. Conclui-se que o FB20 foi 13,48; 1,35 e 8,59 % mais biodisponível para as variáveis ganho de peso diário (GPD), fósforo no osso (PO) e cálcio no osso (CaO) e o FMA foi 8,65 e 7,28 % para as variáveis GPD e CaO, respectivamente. Os resultados obtidos com o FB foram considerados 100 % disponível.

Palavras-chave: disponibilidade biológica, fase inicial, minerais, nutrição.

Biodisponibility of phosphorus in phosphates for swine from 15 to 30 kg

Abstract – The objective of this work was to determinate the biodisponibility of phosphorus in bicalcium phosphate with 20 % of phosphorus (BP20) and monoamonium phosphate (MAP) in comparison to bicalcium phosphate (BP), to initial phase swine. They were used 140 pigs, castrate males and females, with initial weight of $14,92 \pm 0,61$ kg, distributed in a completely randomized experimental design, with seven treatments, five repetitions and four animal per experimental unit. The treatments were constituted for supplemental basal diet with 0.000; 0.221 and 0.406% to available phosphorus (AP) coming from every phosphorus source in test (BP20 and MAP). It is concluded that BP20 was 13.48; 1.35 and 8.59 % more biodisponibile for variable daily weight gain, phosphorus in bone and calcium in bones respectively. For MAP it was 8.65 and 728 % for variables daily weight gain and calcium in the bones respectively. The results obtained with BP were considered 100 % disponibles.

Keywords: biological disponibility, initial phase, minerals, nutrition.

1. Introdução

Dos minerais suplementados em rações para suínos, o fósforo é essencial, por ser necessário não apenas pela taxa de crescimento do animal, mas também pela mineralização óssea. O interesse pelo seu estudo deve-se à sua essencialidade no metabolismo animal, por participar de funções vitais no organismo e por ser o mineral que mais onera o custo das rações.

Dentre as inúmeras funções que podem ser atribuídas ao fósforo no organismo animal, a participação como componente dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), é sem dúvida, uma das mais importantes, e, juntamente com outros elementos, o fósforo ainda participa na manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio ácido-básico e de inúmeros sistemas enzimáticos. Além disso, participa do armazenamento e transferência de energia via AMP, ADP e ATP e na formação dos fosfolipídeos, participando também no transporte de ácidos graxos, absorção e deposição de gorduras (LEHNINGER *et al.*, 2002).

Sabe-se que a baixa disponibilidade de fósforo nos alimentos de origem vegetal ocorre em razão do fósforo que está ligado à molécula de ácido fítico, que para ser absorvido faz-se necessário a suplementação da fitase exógena (FIGUEIREDO *et al.*, 2000). Na prática, durante a formulação de rações para animais monogástricos utiliza-se a suplementação de fósforo a partir de fontes de origem mineral.

No Brasil, poucos trabalhos têm sido realizados visando determinar a disponibilidade de fósforo dos ingredientes utilizados nas rações. Assim, conhecer a biodisponibilidade do fósforo nos produtos de origem mineral torna-se importante para se balancear dietas para suínos de forma adequada, para que estes tenham desempenho eficiente e econômico, sem causar impactos negativos ao meio ambiente, uma vez que o excesso, por não ser absorvido, é eliminado nas fezes.

O fosfato bicálcico é a fonte de fósforo-padrão empregada nas rações, entretanto o uso de fontes alternativas tem sido muito discutido pelos nutricionistas, pois a legislação sobre o uso desses produtos na alimentação animal estabelece limites para os teores de fósforo e flúor, sem levar em consideração a biodisponibilidade dos mesmos (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

A disponibilidade biológica dos minerais é definida como sendo a capacidade da fonte mineral em suportar os processos fisiológicos do animal. No intuito de definir os parâmetros que caracterizassem os processos fisiológicos. Sakomura e Rostagno (2007) propuseram que o fósforo e o cálcio nos ossos seriam os melhores parâmetros para tal.

No entanto, a disponibilidade biológica do fósforo pode ser influenciada por fatores como nível e fonte de fósforo na ração, relação cálcio e fósforo, pH intestinal, antagonismo entre minerais, raças, linhagens e metodologias aplicadas nos ensaios (TEIXEIRA *et al.*, 2004).

Outras variáveis também têm sido utilizadas para determinar a biodisponibilidade do fósforo em função dos processos fisiológicos. Dentre estes podemos citar: ganho de peso, fósforo no soro, atividade da fosfatase alcalina, anormalidades no esqueleto, densidade dos ossos, distribuição do fósforo em tecidos e digestibilidade aparente e verdadeira (FIGUEIREDO *et al.*, 2001).

Em busca de uma fonte de fósforo prontamente disponível ao animal, realizou-se este estudo com o objetivo de determinar a biodisponibilidade de fósforo do fosfato bicálcico com 20 % de fósforo (FB20) e do fosfato monoamônio (FMA) em relação ao fosfato bicálcico (FB), em rações para suínos na fase inicial.

2. Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Vale do Piranga da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Oratórios, Minas Gerais, no período de 9 de novembro a 13 de dezembro de 2007.

Foram utilizados 140 leitões híbridos comerciais, machos castrados e fêmeas, com peso inicial de $14,92 \pm 0,61$ kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos, cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os blocos foram formados com base no peso inicial dos animais.

Os animais permaneceram no experimento durante 21 dias, recebendo as rações experimentais e água à vontade e foram alojados em gaiolas metálicas (1,60 x 1,0 m) suspensas à altura de 0,56 m do chão, com piso e laterais telados, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouro tipo chupeta, localizadas em prédio de alvenaria coberto com telhas de barro. As condições ambientais no interior da sala foram monitoradas diariamente, por meio de termômetros de máxima e mínima.

Os tratamentos foram constituídos pela suplementação da dieta basal com 0,000; 0,115 e 0,300 % de fósforo proveniente do fosfato bicálcico (FB) e dois níveis de fósforo, 0,115 e 0,300 %, proveniente de cada uma das fontes de fósforo em teste, fosfato bicálcico 20 % (FB20) e fosfato monoamônio (FMA).

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja de modo a atender as exigências dos animais na fase inicial (15 a 30 kg), conforme recomendações de Rostagno *et al.* (2005), exceto o fósforo disponível.

Os aminoácidos industriais foram adicionados quando necessário para manter as relações com a lisina digestível de acordo com as preconizadas por Rostagno *et al.* (2005), segundo o conceito de proteína ideal.

As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente e os animais pesados no início e no final do experimento, para determinação do consumo de ração, controle do ganho de peso e conversão alimentar.

No final do período experimental, após jejum de 12 horas, foi abatido um animal por baia, com o peso mais próximo da média da baia e coletada a pata anterior direita para análises ósseas. Após a retirada dos resíduos de carne das patas, o terceiro osso metacarpiano foi coletado e mantido em estufa ventilada a 65 °C por um período de 72 horas. Após este período os ossos foram submetidos à quebra por flexão, indicadora de resistência óssea, utilizando-se o aparelho Instron Corporation IX Automated Materials Testing System – modelo 4204, pertencente ao Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Para as análises de cálcio, fósforo e cinza no osso, os ossos foram desengordurados em extrator de Soxhlet e novamente levados à estufa ventilada a 65°C, por um período de 24 horas para, em seguida, serem triturados em moinho tipo bola.

As análises bromatológicas e a determinação dos teores de cálcio e fósforo das rações, bem como as concentrações de cálcio, fósforo e cinza nos ossos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, segundo as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2004).

As variáveis de desempenho e os parâmetros ósseos foram analisados utilizando-se os procedimentos para análises de variância e de regressão, contidos no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 8.0.

Para o cálculo de biodisponibilidade utilizou-se os parâmetros ganho de peso, resistência óssea, cinza no osso, fósforo no osso e cálcio no osso como variáveis dependentes (y), e o consumo de fósforo da dieta basal e dos fosfatos, como variáveis independentes (x). Foram obtidas quatro equações segundo o modelo $Y_i = a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_3x_{3i} + b_4x_{4i}$, em que x_1 = consumo de fósforo basal; x_2 = consumo de fósforo do FB; x_3 = consumo de fósforo do FB20, x_4 = consumo de fósforo do FMA.

Tabela 1 – Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 15 aos 30 kg

Ingredientes	Tratamentos						
	1	2	3	4	5	6	7
Milho grão	63,136	63,136	63,136	63,136	63,136	63,136	63,136
Farelo de soja	29,247	29,247	29,247	29,247	29,247	29,247	29,247
Óleo soja	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
Calcário	1,800	1,410	0,787	1,465	0,900	1,800	1,800
Fósforo bicálcico	0,000	0,620	1,620	0,000	0,000	0,000	0,000
Fósforo bicálcico (20%)	0,000	0,000	0,000	0,573	1,500	0,000	0,000
Fósforo monoamônio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,478	1,225
Inerte	1,225	0,995	0,618	0,987	0,625	0,747	0,000
Sal comum	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410
Mistura vitamínica ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Mistura mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Promotor de crescimento ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Florfenicol	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Probiótico	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Bioplus	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
L-lisina HCL	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387
DL-metionina	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
L-Treonina	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Calculada							
EM (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%) ⁴	19,240	19,240	19,240	19,240	19,240	19,240	19,24
Lisina digestível (%) ⁴	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145
Met.+ cis. dig. (%) ⁴	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Treonina dig. (%) ⁴	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Cálcio analisado (%)	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690
P total analisado (%)	0,284	0,366	0,525	0,366	0,525	0,366	0,525
P disponível (%)	0,106	0,221	0,406	0,221	0,406	0,221	0,406

¹ Conteúdo/kg de produto: niacina: 13.650 mg; vitamina A: 2.800 UI; riboflavina: 2.100 mg; biotina: 16.56 mg; tiamina: 700 mg; colina: 126g; ácido fólico: 420 mg; vitamina B12: 11.550 mg; vitamina K3: 2.800 mg; ácido pantotênico: 7.350 mg; vitamina E: 10.500 mg; selênio: 136.5 mg; vitamina D: 31.050 UI; antioxidante: 1.500 mg; piridoxina: 700 mg; e veículo q.s.p. 1.000g.

² Conteúdo/kg de produto: zinco: 77.999 mg; cobre: 15.750 mg; magnésio: 41.850 mg; cálcio: 98.800 mg; cobalto: 185 mg; iodo: 1.470 mg; ferro: 26.250 mg; e veículo q.s.p. 1.000g.

³ Promocobre.

⁴ Valores calculados com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, de acordo com Rostagno *et al.* (2005).

Os valores de biodisponibilidade do FB20 e do FMA em relação ao FB, considerado como 100 % disponível, foram calculados utilizando-se os modelos de regressão linear e/ou quadrática, pela relação dos coeficientes de regressão, ex: Fósforo Disponível (%) = b3 (FB20)/ b2 (FB) x 100 (Gomes, 1989).

3. Resultados e discussão

As médias das temperaturas mínima e máxima dentro das instalações no período foram de $21,9 \pm 1,23$ °C e $24,9 \pm 1,16$, respectivamente. Ferreira *et al.* (2003), sugeriram que a faixa de temperatura ideal para suínos em crescimento fica entre 20 e 25 °C. Assim, é possível inferir que os possíveis efeitos detectados neste experimento não foram devido às variações de temperatura.

Os resultados da biodisponibilidade do FB, FB20 e FMA, para os parâmetros de desempenho e ósseo, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de disponibilidade de fósforo dos fosfatos bicálcico (FB), fosfato bicálcico com 20% de P (FB20) e fosfato monoamônio (FMA), para os parâmetros de desempenho e ósseo

Variáveis Dependentes	Disponibilidade Relativa de Fósforo (%)		
	Fosfatos		
	FB ¹	FB20	FMA
Ganho de peso (g/dia) ²	100	113,5	108,7
Resistência óssea (N) ³	100	81,3	52,2
Cinza no osso (%) ⁴	100	80,6	70,2
Fósforo no osso (g/kg) ⁵	100	101,4	80,9
Cálcio no osso (g/kg) ⁶	100	108,6	107,3

Valores de fósforo, cálcio e flúor para FB, FB20 e FMA foram de 18,0; 24,0 e 0,14 %; 20,0; 21,0 e 0,20 %; 24,0; 0,0 e 0,22 %, respectivamente.

¹ Atribuiu-se ao fosfato bicálcico um valor de 100% de disponibilidade de fósforo.

² $Y = 198,043 + 75,2109 X_1 + 71,2135 X_2 + 80,8109 X_3 + 77,3722 X_4$; $R^2 = 0,82$.

³ $Y = 397,698 + 7,96375 X_1 + 76,5392 X_2 + 62,2172 X_3 + 39,9177 X_4$; $R^2 = 0,47$.

⁴ $Y = 37,8057 + 2,86314 X_1 + 1,87499 X_2 + 1,51139 X_3 + 1,31617 X_4$; $R^2 = 0,66$.

⁵ $Y = 39,7154 + 9,96694 X_1 + 6,14994 X_2 + 6,23295 X_3 + 4,97784 X_4$; $R^2 = 0,57$.

⁶ $Y = 1,20090 + 0,359203 X_1 - 0,248542 X_2 - 0,269882 X_3 - 0,266647 X_4$; $R^2 = 0,65$

Verificou-se que o FB20 e FMA apresentaram biodisponibilidade de fósforo superior ao FB para ganho de peso e quantidade de cálcio nos ossos. Entretanto, para a variável quantidade de fósforo no osso apenas o FB20 foi superior ao FB. Por outro, o FB20 e o FMA apresentaram valores inferiores aos do FB para resistência óssea e cinza

no osso. Assim, o FB20 foi 13,48; 1,35 e 8,59 % mais biodisponível para as variáveis ganho de peso diário (GPD), fósforo no osso (PO) e cálcio no osso (CaO) enquanto o FMA foi 8,65 e 7,28 % para as variáveis GPD e CaO, respectivamente.

O FB20 apresentou maior biodisponibilidade em relação ao FMA para todos os parâmetros analisados. Provavelmente, o FMA, por possuir maior concentração de flúor apresentou menor biodisponibilidade. Isso pode se explicado porque o flúor interfere na mineralização óssea por formar complexo com o cálcio e o fósforo, que os tornam indisponíveis para absorção e utilização no metabolismo orgânico.

No entanto, a quantidade de flúor nas dietas não foi suficiente para prejudicar significativamente o desempenho dos animais. Este resultado está de acordo com os obtidos por Gomes (1985), que não observou nenhum efeito deletério causado pelo fosfato de Patos de Minas, que possui alta quantidade de flúor, sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento. Assim, com base nos resultados do presente estudo pode-se inferir o FB20 e o FMA podem ser utilizados como fonte alternativa ao FB em rações para suínos.

Cromwel (1980) relatou que a resistência e o teor de cinza nos ossos são os principais parâmetros para avaliar a biodisponibilidade de fósforo nos alimentos. Entretanto, com as novas linhagens comerciais advindas do melhoramento genético, que apresentam alta velocidade de crescimento muscular, os animais podem ter priorizado a utilização do fósforo para máximo desempenho protéico antes mesmo de atingirem a maturidade óssea. Além disso, o flúor pode ter interferido no teor de cinzas ósseas por formar complexo com o fósforo, tornando este elemento pouco disponível para absorção e utilização no metabolismo animal (GOMES *et al.*, 1989).

4. Conclusão

O FB20 foi, respectivamente, 13,48; 1,35 e 8,59 % mais biodisponível que o FB para as variáveis ganho de peso diário (GPD), fósforo no osso (PO) e cálcio no osso (CaO) enquanto o FMA foi 8,65 e 7,28 % para as variáveis GPD e CaO, respectivamente.

5. Referências bibliográficas

CROMWELL, G.L. Biological availability of phosphorus for pigs. **Feedstuffs**, v.52, n.9, p.38-43, 1980.

- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M. de.; DONZELE, J.L. LOPES, D.C. *et al.* Redução da Proteína Bruta da Ração para suínos Machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1639-1646, 2003.
- FIGUEIREDO, A.V. de; FIALHO, E.T.; VITTI, D.M.S.S. *et al.* Ação da fitase sobre a disponibilidade biológica do fósforo, por intermédio da técnica de diluição isotópica, em dietas com farelo de arroz integral para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.177-182, 2000.
- FIGUEIREDO, A.V. de; VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B. Disponibilidade biológica do fósforo de fontes fosfatadas determinada por intermédio da técnica de diluição isotópica. II. Suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1514-1520, 2001.
- GOMES, P.C.; BELLAVER, C.; FIALHO, E.T. *et al.* Fontes alternativas de fósforo na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.14, n.2, p.241-246, 1985.
- GOMES, P.C., ROSTAGNO, H.S., PEREIRA, J.A.A. *et al.* Efeitos das fontes, disponibilidade e nível de fósforo na ração de suínos na fase inicial (12 a 38kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.248-259, 1989.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 3º Ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975 p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**, 2º ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K. e ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. de **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. 235p.
- TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; VITTI, D.M.S.S. *et al.* Estimativas do fluxo de fósforo entre os compartimentos anatômicos e fisiológicos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1246-1253, 2004.
- TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; RIBEIRO, M.C.T. *et al.* Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.4, 502-509, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2001. 142p.

Níveis de fósforo disponível em rações para suínos dos 15 aos 30 kg

Resumo – Foram utilizados 100 leitões híbridos comerciais, sendo 50 machos castrados e 50 fêmeas, com peso inicial de $15,03 \pm 0,33$ kg para avaliar os níveis de fósforo disponível (PD). Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal sem suplementação de fosfato bicálcico e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico de forma a se obter cinco níveis de PD (0,106; 0,221; 0,310; 0,406; e 0,493 %). Os níveis de PD influenciaram o consumo de ração diário (CRD), que aumentou de forma linear. O ganho de peso diário (GPD) aumentou e a conversão alimentar (CA) reduziu de forma quadrática em razão dos níveis de PD da ração, até os níveis estimados, respectivamente, de 0,450 e 0,390 % de PD. Não houve efeito dos níveis de PD das rações sobre a resistência óssea (RO). Os tratamentos também influenciaram de forma quadrática os teores de cálcio no osso (CaO) e fósforo no osso (PO), que aumentaram, respectivamente, até os níveis estimados de 0,388 e 0,369 % de PD. Não houve efeito dos níveis de PD das rações sobre o teor de cinza óssea (CO). Conclui-se que os níveis de PD para suínos dos 15 aos 30 kg são de 0,450 para GPD; 0,390 para CA; 0,388 para CaO e 0,369 para PO.

Palavras-chave: exigência, fase inicial, fosfato bicálcico, minerais.

Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg

Abstract – A hundred commercial hybrid pigs were used, being 50 castrate males and 50 females, with initial weight of 15.03 ± 0.33 kg to evaluate levels of available phosphorus (AP). The animals were distributed in a completely randomized experimental design, with five treatments, five repetitions and four animal per experimental unit. The treatments were constituted on a basal diet without dicalcium phosphate supplementation and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five levels of AP (0.106; 0.221; 0.310; 0.406 and 0.493%). The levels of AP have influenced the feed daily intake, which increased in a linear form. The daily weight gain increased and feed conversion reduced in a quadratic form due the levels of AP of the ration, until the estimated levels, respectively, of 0.450 and 0.390% for AP. There was no effect on the AP levels of the rations over the bone resistance. The treatments also influenced in a quadratic form the contents of calcium and phosphorus in the bone, which increased, respectively, until the estimated levels of 0.388 and 0.369% for AP. There was no effect on the AP levels of the rations aver the bone ashes content. It is concluded that the levels of AP that propitiate the better results in a swine for 15 to the 30 kg are from 0,450 for daily weight gain; 0.390 to feed conversion; 0,388 for calcium in the bone and 0.369 to phosphorus in the bone.

Keywords: requirements, initial phase, phosphate dicalcium, minerals.

1. Introdução

Segundo mineral mais abundante no organismo animal, o fósforo participa da formação do esqueleto onde, juntamente com o cálcio, desempenha quantitativamente sua mais importante função: formação e manutenção da estrutura óssea do organismo (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

Portanto, dos minerais suplementados em rações para suínos, o fósforo é essencial, por ser necessário não apenas pela taxa de crescimento, mas também para a mineralização óssea. Dentre as inúmeras funções que podem ser atribuídas ao fósforo no organismo animal, a participação como componente dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), é sem dúvida, uma das mais importantes, e, juntamente com outros elementos, o fósforo ainda participa na manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio ácido-básico. Entre suas funções metabólicas, participa na utilização e transferência de energia via AMP, ADP e ATP e na formação dos fosfolipídeos, participando também no transporte de ácidos graxos, absorção e deposição de gorduras (LENHNINGER *et al.*, 2002). Assim, o fósforo está presente em todas as células do corpo.

Em razão de sua importância biológica e econômica, torna-se necessário estabelecer as necessidades nutricionais de fósforo para suínos, visando à maximização de seu desempenho, uma vez que as características genéticas dos suínos foram alteradas nas últimas décadas principalmente pela introdução no mercado de novas linhagens com maior potencial para deposição de proteína em detrimento à de gordura corporal. Segundo Hendricks e Moughan (1993), suínos com diferentes potenciais genéticos para deposição de tecido magro na carcaça possuem diferentes exigências de minerais.

A necessidade de fósforo disponível na fase inicial tem sido percentualmente maior que nas fases de crescimento e terminação pelo fato do animal ainda não ter atingido a máxima formação dos ossos e músculos. Tem-se constatado que durante as primeiras 12 semanas de vida do suíno ocorre a máxima formação dos ossos e o máximo desenvolvimento de sua musculatura (REINHARD *et al.*, 1976).

De acordo com Carter e Cromwell (1998), a quantidade de fósforo exigida para crescimento está estreitamente relacionada com a capacidade de deposição de tecido magro dos suínos. O conteúdo médio de fósforo no músculo de suínos é de 0,206 %; 3,16 % nos ossos; 0,175 % nas vísceras; 0,071 % na pele e 0,036 % no tecido adiposo (STAHLY, 2001). Assim, o crescimento ósseo predomina nos animais jovens, o

muscular nos suínos em crescimento e a deposição de tecido adiposo nos animais em terminação.

Segundo Rostagno *et al.* (2005) e Saraiva (2007), para as fases inicial (15 a 30 kg), as exigências de fósforo disponível estimadas foram de 0,40 e 0,51 %, respectivamente. Tais valores estão acima das recomendações do NRC (1998), que considera a exigência de fósforo para suínos de 10 a 20 kg e 20 a 50 kg, como sendo 0,32 e 0,23%, respectivamente. Assim, fica claro que as exigências de fósforo disponível para suínos na fase inicial estão sendo constantemente modificadas de acordo com os genótipos inseridos no mercado.

Kornegay e Verstegen (2001) indicam que o fósforo tem sido suplementado de 10 a 55 % acima da exigência dos suínos. O resultado do excesso de fósforo é uma dieta de maior custo e altas concentrações de fósforo nos dejetos. Portanto, a redefinição das exigências de fósforo para suínos se torna imprescindível, pois a deficiência ou excesso desse mineral prejudica o desempenho do animal, influenciando na produtividade suinícola.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar os níveis de fósforo disponível sobre as variáveis de desempenho e de parâmetros ósseos, em rações para suínos dos 15 aos 30 kg.

2. Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Vale do Piranga da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Oratórios, Minas Gerais, no período de 26 de abril a 24 de maio de 2008.

Foram utilizados 100 leitões híbridos comerciais, de ambos os sexos, com peso inicial de $15,03 \pm 0,33$ kg, em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos, cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os blocos foram formados com base no peso inicial dos animais.

Os animais permaneceram no experimento durante 21 dias, recebendo as rações experimentais e água à vontade e foram alojados em gaiolas metálicas (1,60 x 1,0 m) suspensas à altura de 0,56 m do chão, com piso e laterais telados, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouro tipo chupeta, localizadas em prédio de

alvenaria coberto com telhas de barro. As condições ambientais no interior da sala foram monitoradas diariamente, por meio de termômetros de máxima e mínima.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja de modo a atender as exigências dos animais na fase inicial (15 a 30 kg), conforme recomendações de Rostagno *et al.* (2005), exceto o fósforo disponível, que permaneceu deficiente, e foi suplementado com cinco níveis de fósforo proveniente do fosfato bicálcico (0,106; 0,221; 0,310; 0,406; e 0,493 % PD). As suplementações com os níveis de fósforo disponível foram feitas em substituição ao caulim, usado como inerte nas rações experimentais.

Os aminoácidos industriais foram adicionados quando necessário para manter as relações com a lisina digestível preconizadas por Rostagno *et al.* (2005), segundo o conceito de proteína ideal.

As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente e os animais pesados no início e no final do experimento, para determinação do consumo de ração, controle do ganho de peso e conversão alimentar.

No final do período experimental, após jejum de 12 horas, foi abatido um animal por baia, com o peso mais próximo da média da baia e coletada a pata anterior direita para análises ósseas. Após a retirada dos resíduos de carne das patas, o terceiro osso metacarpiano foi coletado e mantido em estufa ventilada a 65 °C por um período de 72 horas. Após este período os ossos foram submetidos à quebra por flexão, indicadora de resistência óssea, utilizando-se o aparelho Instron Corporation IX Automated Materials Testing System – modelo 4204, pertencente ao Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Para as análises de cálcio, fósforo e cinza no osso, os ossos foram desengordurados em extrator de Soxhlet e novamente levados à estufa ventilada a 65 °C, por um período de 24 horas para, em seguida, serem triturados em moinho tipo bola.

As análises bromatológicas e a determinação dos teores de cálcio e fósforo das rações, bem como as concentrações de cálcio, fósforo e cinza nos ossos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, segundo as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2004).

As variáveis de desempenho e os parâmetros ósseos foram analisados utilizando-se os procedimentos para análises de variância e de regressão, contidos no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 8.0.

Tabela 1 – Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 15 aos 30 kg

Ingredientes	Níveis de fósforo disponível (%)				
	0,106	0,221	0,310	0,406	0,493
Milho grão	63,136	63,136	63,136	63,136	63,136
Farelo de soja	29,247	29,247	29,247	29,247	29,247
Óleo soja	2,371	2,371	2,371	2,371	2,371
Calcário	1,800	1,410	1,111	0,787	0,500
Fósforo bicálcico	0,00	0,621	1,103	1,620	2,090
Inerte	1,225	0,994	0,811	0,618	0,435
Sal comum	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410
Mistura vitamínica ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Mistura mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Promotor de crescimento ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Nuflor	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Pigplus	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Bioplus	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
L-Lisina HCL	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387
DL-Metionina	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
L-Treonina	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Calculada					
EM (kcal/kg)	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Proteína bruta (%) ⁴	19,24	19,24	19,24	19,24	19,24
Lisina digestível (%) ⁴	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145
Met. + cis. dig. (%) ⁴	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Treonina dig. (%) ⁴	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Cálcio analisado (%)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
P total analisado (%)	0,284	0,391	0,555	0,582	0,671
P disponível (%)	0,106	0,221	0,310	0,406	0,493

¹ Conteúdo/kg de produto: niacina: 13.650 mg; vitamina A: 2.800 UI; riboflavina: 2.100 mg; biotina: 16.56 mg; tiamina: 700 mg; colina: 126g; ácido fólico: 420 mg; vitamina B12: 11.550 mg; vitamina K3: 2.800 mg; ácido pantotênico: 7.350 mg; vitamina E: 10.500 mg; selênio: 136.5 mg; vitamina D: 31.050 UI; antioxidante: 1.500 mg; piridoxina: 700 mg; e veículo q.s.p. 1.000g.

² Conteúdo/kg de produto: zinco: 77.999 mg; cobre: 15.750 mg; magnésio: 41.850 mg; cálcio: 98.800 mg; cobalto: 185 mg; iodo: 1.470 mg; ferro: 26.250 mg; e veículo q.s.p. 1.000g.

³ Promocobre.

⁴ Valores calculados com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, de acordo com Rostagno *et al.* (2005).

Os níveis de fósforo disponível foram determinados por meio de análises de regressão linear e/ou quadrática.

3. Resultados e discussão

As médias das temperaturas mínima e máxima dentro das instalações no período foram de $20,7 \pm 2,23$ °C e $24,2 \pm 1,96$, respectivamente. Ferreira *et al.* (2003), sugere uma faixa de temperatura ideal entre 20 e 25 °C para suínos em crescimento. Assim, é possível inferir que os possíveis efeitos detectados neste experimento não foram devido às variações de temperatura.

Os resultados de desempenho e dos parâmetros ósseos de suínos, alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo disponível (PD), dos 15 aos 30 kg, encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de desempenho e parâmetros ósseos de suínos recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração dos 15 aos 30 kg

Variáveis	Níveis de Fósforo Disponível (%)					CV (%)
	0,106	0,221	0,310	0,406	0,493	
Peso médio final (kg)	23,54	26,58	29,04	30,43	29,67	-
Consumo de ração (g/dia) ¹	1.063	1.035	1.143	1.200	1.184	4,40
Ganho de peso (g/dia) ²	406	551	668	731	699	5,78
Conversão alimentar ²	2,64	1,88	1,71	1,64	1,70	7,67
Resistência óssea (N)	398,4	530,8	440,7	701,1	536,2	17,73
Fósforo no osso (g/kg) ²	62,7	87,2	69,2	97,4	77,2	7,02
Cálcio no osso (g/kg) ²	135,7	173,9	146,6	194,3	162,7	6,60
Teor de cinza óssea (%)	45,1	50,8	48,2	55,0	53,0	4,49

¹ Efeito linear ($P < 0,01$).

² Efeito quadrático ($P < 0,01$).

O consumo de ração diário (CRD) foi influenciado pelos níveis de PD ($P < 0,01$) e aumentou de forma linear, segundo a equação: $\hat{Y} = 996,21 + 419,239PD$ ($r^2 = 0,75$). Saraiva (2007), também observou efeito linear crescente dos tratamentos sobre o consumo de ração quando avaliou níveis de PD na ração variando de 0,114 a 0,649, para suínos dos 15 aos 30 kg.

Apesar do padrão de resposta similar em razão do aumento dos níveis de PD sobre o CRD verificado entre os trabalhos, o nível mais alto de fósforo (0,493 %) adotado nesse estudo, foi suficiente para não comprometer o consumo voluntário de alimento e, portanto, atendeu às exigências dos animais para máximo ganho de peso. Segundo Gomes (2004), níveis deficientes e em excesso de fósforo disponível podem prejudicar o consumo de ração.

Os níveis de PD influenciaram ($P < 0,01$) o ganho de peso diário (GPD), que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,450 % (Figura 1). Efeitos positivos dos níveis de fósforo disponível sobre o GPD também foram verificados por Sthaly *et al.* (2000), onde constatou-se uma melhora no GPD dos animais em razão do aumento do teor de fósforo disponível até o nível de 0,48 %.

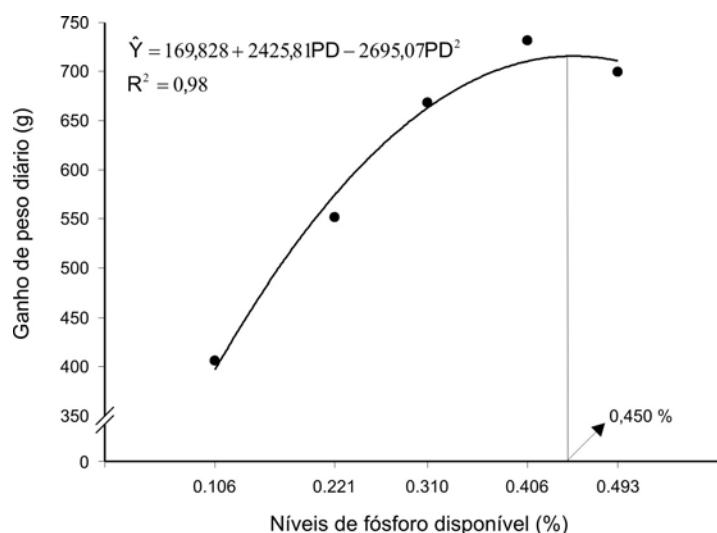


Figura 1 – Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre o ganho de peso diário de suínos dos 15 aos 30 kg.

Com o desenvolvimento de novas linhagens selecionadas para maior deposição de carne na carcaça, as exigências de fósforo disponível podem ser constantemente alteradas. Neste estudo, a recomendação de PD para suínos, que proporcionou o melhor resultado para ganho de peso foi de 0,451 % de PD. Este valor está de acordo com os preconizados por NRC (1998), Rostagno *et al.* (2005) e Saraiva (2007), que encontraram para a mesma variável os níveis de 0,320; 0,400 e 0,509 % de PD.

Segundo Wiseman *et al.* (2007), suínos de alto potencial genético para deposição de carne possuem maior exigência de fósforo disponível quando comparados com os de genética inferior. Assim, a capacidade de deposição de tecido magro está estreitamente relacionada, não só com a exigência de fósforo dos suínos, mas com os diferentes potenciais genéticos desses animais, sendo necessárias estratégias nutricionais específicas para cada genótipo. Este fato pode explicar, em parte, a diferença dos níveis com os quais são obtidos os melhores resultados entre os trabalhos.

Houve efeito significativo dos tratamentos ($P < 0,01$) sobre a conversão alimentar (CA) que melhorou de forma quadrática até o nível estimado de 0,390 %

(Figura 2). De forma semelhante, Stahly *et al.* (2000) também verificaram melhora de forma quadrática na eficiência alimentar de suínos dos 9 aos 37 kg, recebendo diferentes níveis de fósforo nas rações, que aumentou até o nível estimado de 0,26 % de PD.

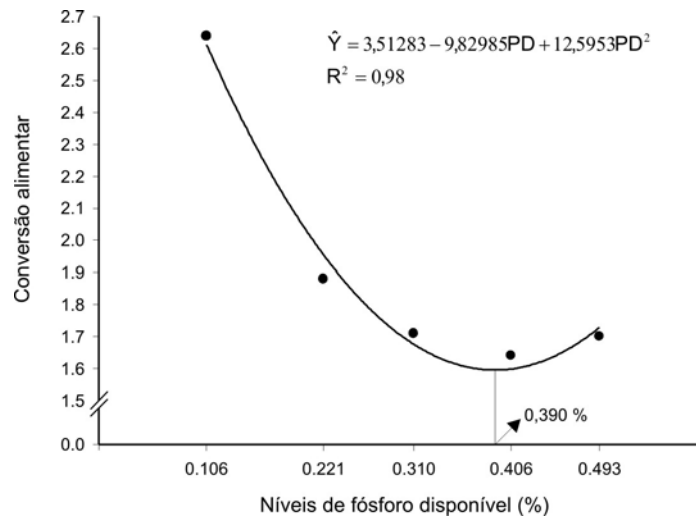


Figura 2 – Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre a conversão alimentar de suínos dos 15 aos 30 kg.

A melhora da CA aliado ao aumento no CRD e no GPD verificada no presente estudo, ocorreu provavelmente devido à maior deposição de tecido muscular em detrimento à de gordura nos animais que consumiram rações com maiores níveis de PD. Ainda de acordo com Marinho *et al.* (2007), esse é um dos fatores que pode justificar o aumento de ganho de peso associado à melhora na conversão alimentar.

O nível de 0,406 % de PD na ração proporcionou a melhor CA entre os tratamentos. No entanto, o nível de 0,493% apesar de ter apresentado uma pior CA em relação ao nível anterior, não prejudicou o ganho de peso que foi semelhante aos dos animais que receberam ração com estes dois níveis (Tabela 2). Com este resultado, fica claro que rações calculadas com base na disponibilidade de fósforo, além de não interferir no desempenho dos animais, reduz as chances de contaminação ambiental por excesso de nutrientes, assim como reduz o custo de produção.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de PD sobre a resistência óssea (RO). Resultado semelhante foi obtido por Hastad *et al.* (2004) onde não observaram efeito dos tratamentos sobre a RO. Todavia, Saraiva (2007) observou o efeito positivo dos níveis de fósforo em relação à resistência óssea.

A resistência óssea é muito utilizada como critério de resposta, mas a maioria dessas determinações, segundo Crenshaw *et al.* (1981), não leva em consideração a área do osso sobre a qual a força é aplicada. Este fato justificaria os resultados contraditórios encontrados na literatura.

Para Combs *et al.* (1990), o nível de PD exigido para maximizar a RO é maior do que o exigido para o máximo ganho de peso. Este padrão de resposta foi verificado nesse experimento, no entanto, o nível de PD que proporcionou melhor resposta para RO (0,452 %) e para GPD (0,451 %) foram bem próximos. Provavelmente, estes animais, em fase de crescimento, desviaram o fósforo que seria utilizado na deposição óssea para a deposição protéica de forma tão rápida que influenciou nos resultados de RO.

É por isso que animais de grupos genéticos superiores para deposição de carne magra na carcaça têm suas exigências de fósforo aumentadas, em função das variações nas proporções de quantidades de tecido mole em relação ao tecido esquelético.

As quantidade de cálcio no osso (CaO) e fósforo no osso (PO) foram influenciadas ($P < 0,01$) de forma quadrática pelos níveis de PD, que aumentou até os níveis estimados, de 0,388 % (Figura 3) e 0,369 % (Figura 4) de PD nas rações, respectivamente.

Provavelmente, os níveis mais baixos de PD (0,106; 0,221 e 0,310) utilizados nas rações, além de deficientes em fósforo, apresentam uma elevada relação Ca:P, que pode ter contribuído para os piores resultados dessas variáveis, evidenciando que o excesso de cálcio na dieta pode ter diminuído a absorção de fósforo e prejudicado a mineralização óssea.

Assim, uma menor mineralização dos ossos, é o reflexo direto das menores quantidades de cálcio e de fósforo verificadas nos ossos dos animais que consumiram rações com menores níveis de PD.

A porcentagem de cinza no osso (CO) não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos tratamentos. Esse fato evidencia que a RO sofreu influência da quantidade de minerais, sendo importante utilizar esses dados conjuntamente em posteriores experimentos. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Hastad *et al.* (2004), que também não observaram variação significativa na porcentagem de cinza determinada no terceiro metatarso em função dos níveis crescentes de PD nas rações.

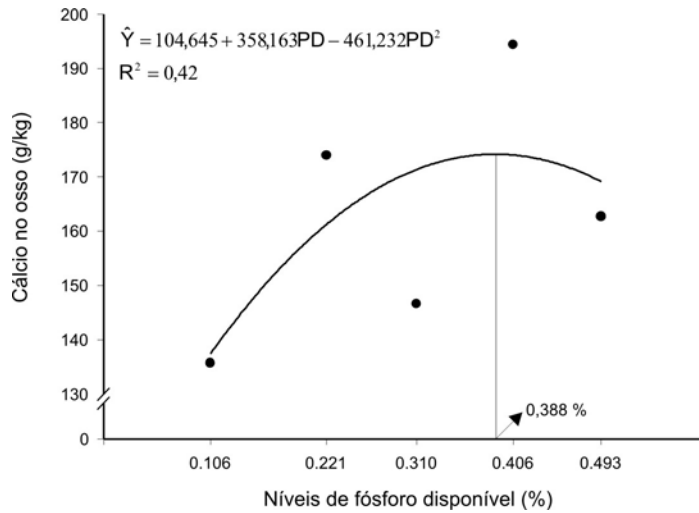


Figura 3 – Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre cálcio no osso de suínos dos 15 aos 30 kg.

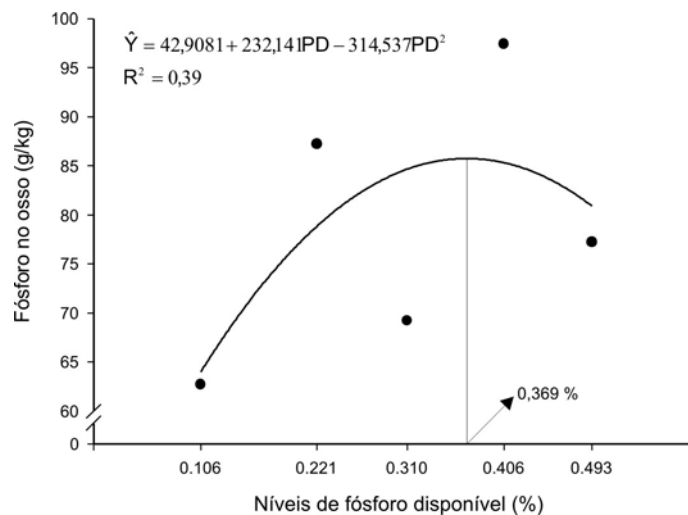


Figura 4 – Representação gráfica do efeito dos níveis de fósforo disponível da ração sobre fósforo no osso de suínos dos 15 aos 30 kg.

Para Cromwell *et al.* (1970), o osso da concha nasal é mais sensível à deficiência de fósforo quando comparados a outros tipos ósseos, sendo portanto, o parâmetro ósseo mais adequado para ser utilizado na estimativa da exigência de PD dos suínos. Apesar disso, o terceiro metatarso tem sido utilizado como forma mais prática de critério resposta, embora tenha se observado uma grande variação nos teores de CO entre os trabalhos devido a essa falta de padronização.

Por isso, a escolha do tipo de osso é o fator que mais influencia na interpretação dos resultados, pois diferentes ossos possuem diferentes deposições de minerais. No entanto, a resistência óssea tem sido um dos parâmetros mais utilizados como critério de resposta, mas a maioria dessas determinações não leva em consideração fatores que podem influenciar nos resultados como, por exemplo, a área do osso sobre a qual a força é aplicada, o manuseio desse material no equipamento, assim como a habilidade do operador.

4. Conclusão

Os níveis de fósforo disponível para suínos dos 15 aos 30 kg são de 0,450 para ganho de peso; 0,390 para a conversão alimentar; 0,388 para cálcio no osso e 0,369 para fósforo no osso.

5. Referências bibliográficas

- CARTER, S.D.; CROMWELL, G.L. Influence of somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs. II. Carcass characteristics, tissue accretion rate, and chemical composition of the ham. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 596-605, 1998.
- CRENSHAW, T.D.; PEO Jr., LEWIS, A.S. *et al.* Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. **Journal of Animal Science**, v.53, n.3, p. 827-835, 1981.
- CROMWELL, G.L.; HAYS, V.W.; CHANEY, C.H. *et al.* Effects of dietary phosphorus and calcium levels on performance, bone mineralization and carcass characteristics of swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.673-681, 1991.
- COMBS, N.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMAN, L.D. *et al.* Calcium and phosphorus requirements of swine from weaning to market weight. **Journal of Animal Science**, v.53, n.3, p. 827-835, 1981.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M. de.; DONZELE, J.L. LOPES, D.C. *et al.* Redução da Proteína Bruta da Ração para suínos Machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1639-1646, 2003.
- 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.
- HENDRICKS, W.H.; MOUGHAN, P.J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. **Livestock Productions Science**, v.33, p. 161-170, 1993.
- KORNEGAY, E. T.; VERSTEGEN, M. W. A. **Swine nutrition and environmental pollution and odor control**. In: Swine Nutrition. Lewis, A. J. e Southern, L. L. Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 2001.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 3º Ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975 p.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. *et al.* Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características da carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1061-1068, 2007 (Supl.).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirements of swine. 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 189 p.
- REINHARD, M.K.; MAHAN, D.C.; WORKMAN, B.L. *et al.* Effect of increasing dietary protein level, calcium and phosphorus on feedlot performance, bone mineralization and serum mineral values with growing swine. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 4, p. 770-780, 1976.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais.**, 2º ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186p.
- SARAIVA, A. **Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 15 aos 60 kg**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 66 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University. **Swine Research Report**. 2000. Disponível em: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf> Acessado em: 21/06/2008.
- STAHLY, T.S. Nutrient needs for high lean pigs. **Manitoba agriculture, food and rural initiatives**. 2001. Disponível em: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html> Acessado em: 15/05/2008
- SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. de **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. 235p.

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.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock.** 3rd edition. NY: CABI Publishing, 1999. 598 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). **SAEG (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas.** Viçosa, MG (Versão 8.0), 2000.

3. CONCLUSÕES GERAIS

Foram realizados dois experimentos com objetivo de avaliar a biodisponibilidade de fósforo e níveis de fósforo disponível em rações para suínos dos 15 aos 30 kg. Desta forma, conclui-se que:

- O FB20 foi, respectivamente, 13,48; 1,35 e 8,59 % mais biodisponível que o FB para as variáveis ganho de peso diário (GPD), fósforo no osso (PO) e cálcio no osso (CaO), enquanto o FMA foi 8,65 e 7,28 % para as variáveis GPD e CaO,

- Os níveis de fósforo disponível para suínos dos 15 aos 30 kg são de 0,450 para ganho de peso; 0,390 para a conversão alimentar; 0,388 para cálcio no osso e 0,369 para fósforo no osso.