

ALYSSON SARAIVA

**FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS
PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 95 kg**

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
2011

ALYSSON SARAIVA

**FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS
PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 95 kg**

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: 25 de janeiro de 2011.

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva
(Co-Orientador)

Prof^ª. Rita Flávia Miranda de Oliveira
(Co-Orientadora)

Prof. Paulo César Brustolini

Prof. Douglas Haese

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

A Deus, por todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, Renato, e à minha mãe, Vilma, com todo carinho pelo apoio, pelas preces, pelo amor e pela compreensão nos momentos de ausência.

Aos meus irmãos Allan, Aline e Alejandro.

Aos meus sobrinhos Kauam e Hugo por tornarem nossas vidas ainda mais alegres.

Agradeço e dedico!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Zootecnia, pela oportunidade oferecida para a realização do curso.

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

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela parceria na realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento dessa pesquisa.

À Empresa Serrana Nutrição Animal, pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Professor Juarez Lopez Donzele, pela amizade e confiança, pelos ensinamentos, pelo incentivo e orientação durante o curso de Pós-Graduação e durante a execução dos trabalhos.

Aos meus co-orientadores Professora Rita Flavia Miranda de Oliveira e Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva pelas críticas e contribuições científicas para o enriquecimento deste trabalho.

Aos Professores Paulo César Brustolini e Douglas Haese, pelas sugestões e participação na banca examinadora.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental Vale do Piranga (EPAMIG), pelo apoio durante a realização dos experimentos. Agradeço de forma bastante especial ao Sr. José Carlos de Souza (Salame) pelo companheirismo e pela inestimável ajuda durante a execução dos experimentos.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Jose Alberto (Dedeco), Vitor, Marreco, Chico, Zé Bié Raimundo, pelo companheirismo e pelo apoio durante a execução dos ensaios de campo.

A minha turma de Zootecnia 2001, pela convivência, pela amizade, pela união e por todos os maravilhosos momentos que passamos juntos ao longo de todos esses anos.

Aos amigos Fabrício de Almeida Santos e Bruno Alexander Nunes Silva, pela colaboração, pela amizade e pelos bons momentos.

Ao amigo Rafael Alves Vianna (fiel escudeiro), pela boa convivência, pela amizade e colaboração.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

ALYSSON SARAIVA, filho de Renato Saraiva e Vilma Maria Saraiva, nasceu em 03 de maio de 1975, em Seritinga, Minas Gerais.

Em março de 2001 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa – UFV, graduando-se em maio de 2006.

Em maio de 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos. Submeteu-se à defesa de tese em 10 de agosto de 2007.

Em agosto de 2007, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese em 25 de janeiro de 2011.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

CAPÍTULO 1

FÓSFORO DISPONÍVEL PARA LEITOAS SELECIONADAS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 60 kg MANTENDO-SE A RELAÇÃO ENTRE O CÁLCIO E O FÓSFORO DISPONÍVEL

Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução.....	30
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão.....	35
Conclusão.....	43

Referências Bibliográficas.....	44
---------------------------------	----

CAPÍTULO 2

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 60 AOS 95 kg

Resumo.....	47
Abstract.....	48
Introdução.....	49
Material e Métodos.....	51
Resultados e Discussão.....	55
Conclusão.....	63
Referências Bibliográficas.....	64

CAPÍTULO 3

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 60 AOS 95 kg NO PERÍODO DE VERÃO

Resumo.....	68
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Material e Métodos.....	72
Resultados e Discussão.....	76
Conclusão.....	88
Referências Bibliográficas.....	89
CONCLUSÕES GERAIS.....	92

LISTA DE TABELAS

	Página
FÓSFORO DISPONÍVEL PARA LEITOAS SELECIONADAS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 60 kg MANTENDO-SE A RELAÇÃO ENTRE O CÁLCIO E O FÓSFORO DISPONÍVEL	
Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais.....	33
Tabela 2 – Valores de desempenho e de parâmetros ósseos de fêmeas suínas recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível dos 30 aos 60 kg.....	36
FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 60 AOS 95 kg	
Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais.....	52
Tabela 2 – Temperatura mínima e máxima, temperaturas de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).....	55
Tabela 3 – Valores de desempenho e de parâmetros ósseos de suínos recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível dos 60 aos 95 kg.....	57
FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 60 kg NO PERÍODO DE VERÃO	
Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais.....	73

Tabela 2 – Temperatura mínima e máxima, temperaturas de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).....	76
Tabela 3 – Valores de desempenho e de parâmetros ósseos de suínos recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível dos 60 aos 95 kg.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
FÓSFORO DISPONÍVEL PARA LEITOAS SELECIONADAS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 60 kg MANTENDO-SE A RELAÇÃO ENTRE O CÁLCIO E O FÓSFORO DISPONÍVEL	
Figura 1 – Representação gráfica da variável ganho médio diário em função dos níveis de fósforo disponível na ração de fêmeas suínas dos 30 aos 60 kg.....	37
FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 60 kg	
Figura 1 – Representação gráfica da variável ganho médio diário em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	58
Figura 2 – Representação gráfica da variável conversão alimentar em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	60
FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 60 AOS 95 kg NO PERÍODO DE VERÃO	
Figura 1 – Representação gráfica da variável consumo de ração diário em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	78
Figura 2 – Representação gráfica da variável ganho médio diário em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	79

Figura 3 – Representação gráfica da variável conversão alimentar em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	83
Figura 4 – Representação gráfica da variável fósforo no osso em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	85
Figura 5 – Representação gráfica da variável cálcio no osso em função dos níveis de fósforo disponível na ração de suínos dos 60 aos 95 kg.....	86

RESUMO

SARAIVA, Alysson, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2011. **Fósforo disponível em rações para suínos selecionados para deposição de carne dos 30 aos 95 kg.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Co-Orientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira e Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Foram conduzidos três experimentos com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível (Pd) em rações para suínos selecionados para deposição de carne, dos 30 aos 95 kg. No experimento I, foram utilizadas 50 fêmeas suínas, híbridas comerciais, com peso inicial de $30,32 \pm 0,29$ kg, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, cinco repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal deficiente em fósforo e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico resultando em rações com 0,144; 0,244; 0,304; 0,384 e 0,464% de Pd. Os níveis de cálcio foram ajustados variando-se a quantidade de calcário, de forma a manter constante a relação entre o cálcio e o fósforo disponível das rações. No experimento II, foram utilizados 60 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, com peso inicial de $61,05 \pm 0,60$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos aos acaso, com cinco tratamentos, seis repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal deficiente em fósforo e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico resultando em rações com 0,135; 0,200; 0,265; 0,330 e 0,395% de Pd. No experimento III, foram utilizados 50 suínos híbridos comerciais, machos castrados, com

peso inicial de $66,50 \pm 2,78$ kg, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal deficiente em fósforo e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico resultando em rações com 0,122; 0,187; 0,252; 0,317 e 0,382% de Pd. No experimento I, não houve efeito dos níveis de Pd das rações sobre o consumo de ração diário (CRD) e sobre a conversão alimentar (CA). Os níveis de Pd influenciaram o ganho de peso diário (GPD) que aumentou de forma quadrática até o nível máximo estimado de 0,372% de Pd. Não houve efeito dos níveis de Pd sobre a quantidade de fósforo nos ossos (PO). A quantidade de cálcio nos ossos (CaO) e a porcentagem de cinza óssea (CO) foram influenciadas de forma linear crescente pelos níveis de Pd das rações. No experimento II, não houve efeito dos níveis de Pd das rações sobre o CRD dos animais. Entretanto, o GPD aumentou e a CA melhorou de forma quadrática em função dos níveis de Pd, até os níveis máximos estimados 0,336 e 0,348% de Pd, respectivamente. Os níveis de fósforo disponível influenciaram os teores de PO, CaO e CO, que aumentaram de forma linear. No experimento III, o CRD e o GPD variaram de forma quadrática de acordo com os níveis de Pd da ração, com valores máximos estimados de 0,226 e 0,256% de Pd, respectivamente. Foi verificado efeito dos níveis de Pd sobre a CA que melhorou até o nível de 0,295% de Pd, permanecendo em um platô. Os níveis de fósforo disponível influenciaram de forma quadrática as quantidades de PO e CaO que aumentaram até os níveis máximos estimados de 0,314 e 0,272% de Pd, respectivamente. A porcentagem de CO foi influenciada de forma linear crescente pelos níveis Pd das rações. O nível de 0,372% de Pd, correspondente a uma relação com o cálcio de 2,02:1 e a um consumo diário estimado de 8,20 g, proporciona o melhor resultado de ganho de peso de fêmeas suínas selecionadas para deposição de carne, dos 30 aos 60 kg. Nos experimentos II e III, os níveis de Pd que proporcionam os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar de suínos selecionados para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg, são respectivamente 0,336 e 0,348%; e 0,256 e 0,295%, correspondentes a consumos diários respectivos de 10,65 e 11,03 g; e de 7,06 e 7,93 g de fósforo disponível.

ABSTRACT

SARAIVA, Alysson, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January of 2011.
Available phosphorus in diets for 30 to 95 kg pigs selected for meat deposition.
Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-Advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira and Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Three experiments were conducted to evaluate available phosphorus levels (aP) in diets for 30 to 95 kg pigs selected for meat deposition. In experiment I, 50 female commercial hybrids pigs with initial weight of 30.32 ± 0.29 kg were used, allotted in a completely randomized experimental design, with five treatments, five replicates, and two pigs per experimental unit. The treatments were composed of a phosphorus deficient basal diet and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five aP concentrations (0.144, 0.224, 0.304, 0.384, and 0.464%). Calcium levels were adjusted by varying the amounts of limestone in the diets. In experiment II, 60 commercial hybrid barrows with initial weight of 61.05 ± 0.60 kg were used, allotted in a completely randomized block design, with five treatments, five replicates, and two pigs per experimental unit. The treatments were composed of a phosphorus deficient basal diet and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five aP concentrations (0.135, 0.200, 0.265, 0.330, and 0.395%). In experiment III, 50 commercial hybrid barrows with initial weight of 66.50 ± 2.78 kg were used, allotted in a completely randomized block design, with five treatments, five replicates, and two pigs per experimental unit. The treatments were composed of a phosphorus deficient basal diet

and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five aP concentrations (0.122, 0.187, 0.252, 0.317, and 0.382%). In experiment I, there were no effect of aP levels on average daily feed intake (ADFI) and feed conversion (F:G). Average daily gain (ADG) showed a quadratic behavior according to aP levels, with the maximum response at 0.372% of aP. There was no effect of the dietary aP on the amount of phosphorus in the bones (PB). The amount of calcium (CaB) and ash percentage (AP) in the bones increased linearly with increasing dietary aP. In experiment II, ADFI was not influenced by the aP levels in the diets. However, ADG increased and F:G improved quadratically with increasing aP levels up to 0.336 and 0.348% maximum responses, respectively. The dietary aP influenced the contents of PB, CaB, and BA, that increased linearly. In experiment III, ADFI and ADG showed a quadratic behavior according to aP levels, with maximum responses at 0.226 and 0.256% of aP, respectively. The levels of AP influenced F:G that improved up to 0.295% of aP, maintaining in a plateau. The amounts of PB and CaB increased quadratically with increasing aP, with maximum responses at 0.314 and 0.272% of aP, respectively. The dietary aP levels influenced BA that increased linearly. The greatest weight gain of 30 to 60 kg female pigs, selected for meat deposition, is obtained at 0.372% of available phosphorus, corresponding to a ratio of 2.02:1 with calcium, and daily intake of 8.20 g of available phosphorus. In experiments II and III, the greatest weight gain and feed conversion of 60 to 95 kg pigs, selected for meat deposition, are obtained at 0.336 and 0.348%, and 0.256 and 0.295% of available phosphorus levels, respectively, corresponding to respective daily intakes of 10.65 and 11.03 g, and 7.06 and 7.93 g of available phosphorus.

INTRODUÇÃO GERAL

A formulação de rações para suínos requer informações precisas das exigências de nutrientes nas diversas fases da criação, de forma a maximizar a deposição de tecido muscular dos animais. A deposição de proteína nos suínos pode ser influenciada pelo consumo de energia e aumenta até atingir o limite determinado pelo potencial genético do animal. Dessa forma, a deposição de proteína em função do consumo de energia somente ocorrerá de maneira eficiente quando os nutrientes forem fornecidos o mais próximo possível das exigências nutricionais dos animais. Entre esses nutrientes, o fósforo destaca-se por ser um elemento crítico na deposição de proteína corporal devido ao seu envolvimento no metabolismo da energia, na síntese de ácidos nucleicos e na estrutura das membranas celulares.

Em função da sucessiva seleção genética as características dos suínos têm se alterado de forma expressiva nas últimas décadas, resultando em animais com maior potencial para deposição de proteína em detrimento à deposição de gordura corporal. O conteúdo de fósforo no tecido muscular é maior quando comparado ao do tecido adiposo (Stahly et al., 2000), conseqüentemente, a quantidade de fósforo disponível necessária para suportar o máximo crescimento corporal dos suínos pode aumentar em função do aumento do potencial genético para deposição de proteína corporal em

relação à deposição de tecido adiposo. Dessa forma, a introdução dessas novas linhagens no mercado resulta na necessidade de avaliar as exigências de fósforo disponível dos suínos, para maximizar o desempenho dos animais.

No entanto, apesar dessas considerações, poucos estudos têm sido conduzidos para investigar as exigências de fósforo disponível das linhagens atuais. Estudos conduzidos no passado para avaliar as exigências de cálcio e de fósforo de suínos tomam como base, principalmente, o ganho de peso, a conversão alimentar, a resistência do osso à quebra e os teores de cálcio, fósforo e cinzas nos ossos. No entanto, a maximização do desenvolvimento ósseo definida pela resistência à quebra parece não ser necessária, particularmente em suínos destinados à produção de carne, uma vez que a quantidade de fósforo necessária para máxima resistência óssea tem sido no mínimo 0,1% maior do que a exigida para máximo ganho de peso (Miller et al., 1964; Mahan et al. 1980; Mahan, 1982). Também é importante chamar atenção para a ocorrência de consideráveis diferenças entre os níveis de fósforo exigidos para máxima resistência óssea reportados na literatura. Tais variações podem estar relacionadas aos tipos de instrumentos utilizados na determinação das propriedades físicas dos ossos, ao tipo de osso utilizado, aos procedimentos utilizados no preparo dos ossos, ao grau de umidade do osso e sua posição no equipamento (Crenshaw et al., 1981).

O metabolismo do fósforo está diretamente associado com o do cálcio, sendo que o excesso deste último pode resultar em menores ganhos de peso e eficiência alimentar. Por outro lado, os efeitos negativos do excesso de cálcio podem não ocorrer se o nível de fósforo da ração for maior do que o exigido para máximo desempenho (Cromwell et al. (1970), tornando possível a ocorrência de variações nas exigências de fósforo disponível dos suínos em função do nível de cálcio da ração.

Além de fatores como genótipo, sexo, padrão sanitário e fase de desenvolvimento as exigências nutricionais dos suínos também podem variar em função do ambiente térmico ao qual são submetidos (NRC, 1998), resultando em alterações no consumo de ração dos animais, modificando suas exigências nutricionais em gramas por dia e em porcentagem nas rações. Assim, na avaliação das exigências de fósforo disponível de suínos o ambiente térmico no qual os animais se encontram deve ser considerado.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível em rações para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne, dos 30 aos 95 kg.

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

REVISÃO DE LITERATURA

Fósforo e o meio ambiente

O fósforo presente nas rações dos suínos pode ser proveniente de alimentos de origem vegetal, de fontes de origem animal ou de fontes de origem rochosa. De acordo com Borrmann et al. (2001) e Jongbloed (2008), a maior parte do fósforo proveniente dos alimentos de origem vegetal encontra-se combinado com o inositol formando a molécula do ácido fítico que tem um grande potencial quelatizador, o que diminui a solubilidade e a digestibilidade dos nutrientes. Os suínos têm baixa capacidade de utilizar o fósforo fítico, devido à produção insuficiente de fitase endógena, que é a fosfatase responsável pela hidrólise do ácido fítico (Silva, 2004), o que contribui grandemente para o aumento da excreção desse mineral para o ambiente através dos dejetos dos animais.

A excreção excessiva de fósforo para o meio ambiente pode resultar no processo de eutrofização. As águas superficiais se tornam eutróficas quando nutrientes minerais e orgânicos reduzem o oxigênio dissolvido a níveis que favorecem a vida vegetal em detrimento da vida animal (Sharpley et al., 1994). O crescimento exagerado de algas verdes-azuis devido a aportes excessivos de fósforo representa um risco porque também

pode resultar na produção de toxinas que afetam a saúde de animais e humanos (Kotak et al., 1993).

Em diversos países, assim como no Brasil, a produção animal intensiva tende a se concentrar em determinadas áreas e a produção de suínos não é uma exceção. Devido à crescente preocupação social e governamental com relação à poluição ambiental causada pelos dejetos de suínos e também por questões econômicas, a indústria suinícola tem sido pressionada a adotar medidas para reduzir substancialmente a excreção de nutrientes pelos animais, entre elas a excreção de fósforo. A adição de fitase microbiana nas rações de animais não-ruminantes é um exemplo do esforço feito pelas indústrias para reduzir os efeitos poluidores da produção animal intensiva (Eeckhout et al., 1995).

Embora exista um grande interesse em reduzir a excreção de fósforo pelos suínos, tais esforços podem resultar em deficiências que, ainda que moderadas, poderão afetar não somente o crescimento, mas também a integridade óssea dos animais. Segundo Alexander et al. (2008), o fornecimento de níveis adequados de fósforo na ração é um ponto crítico na manutenção do lucro na produção de suínos, bem como do bem-estar dos animais. Dessa forma, assim como para outros nutrientes, a primeira abordagem para melhorar a eficiência na utilização do fósforo pelos suínos é garantir um aporte adequado do mineral em função do potencial de crescimento dos animais e do ambiente térmico, evitando-se níveis deficientes na ração ou a formulação de rações com margens de segurança.

Portanto, frente à crescente preocupação com a poluição ambiental causada pela excreção de fósforo em regiões de produção intensiva e também em função das novas linhagens genéticas com maior potencial produtivo que se tornam disponíveis no mercado a cada ano, a redefinição das exigências de fósforo dos suínos é uma

necessidade constante, uma vez que a deficiência desse mineral prejudica o desempenho e compromete o tecido ósseo dos animais e o excesso, além de também ser prejudicial para os animais (Fernández, 1995), contribui para o aumento na excreção desse mineral para o ambiente.

Funções do fósforo no organismo

O fósforo é o segundo mineral mais abundante no organismo animal e entre os minerais suplementados em rações para suínos é, provavelmente o que desempenha maior número de funções.

Quantitativamente a função mais importante do fósforo é a formação e a mineralização da matriz orgânica dos ossos onde, juntamente com o cálcio, serve como reserva mobilizável para as funções que cumpre em quase todos os processos metabólicos. Entretanto, a mobilização de fósforo dos ossos não ocorre da mesma forma nos diferentes ossos. Os ossos esponjosos: costelas, vértebras e o esterno, que normalmente apresentam menor conteúdo de cinza, são os primeiros a serem afetados. Ossos longos como o úmero, o fêmur, a tíbia e os ossos pequenos das extremidades do corpo (metacarpos e metatarsos, por exemplo) são as últimas reservas a serem usadas.

Cerca de 80% do fósforo no organismo encontra-se depositado nos ossos e dentes (Underwood & Suttle, 1999). O restante do fósforo encontra-se distribuído nos tecidos moles e fluidos corporais onde desempenha funções metabólicas importantes, participando do metabolismo energético por meio do armazenamento, utilização e transferência de energia via adenosina mono, di e trifosfato, com implicações sobre gliconeogênese, transporte de ácidos graxos, síntese de aminoácidos e de proteínas e atividade da bomba de sódio potássio; atua como constituinte dos ácidos desoxirribonucléico (DNA) e ribonucléico (RNA), importantes para o crescimento e

diferenciação celular; é componente dos fosfolipídios que garantem integridade e fluidez à membrana celular; participa da ativação e da constituição de sistemas enzimáticos e de complexos co-enzimáticos como a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD e NADP) os quais atuam em importantes rotas metabólicas, com participação no metabolismo de lipídeos, proteínas e carboidratos no processo de produção de energia (Nelson & Cox, 2006).

Exigência de fósforo disponível e resistência óssea

Além dos parâmetros de desempenho, ganho de peso e conversão alimentar, as estimativas da exigência de fósforo de suínos em crescimento e terminação nos estudos reportados na literatura têm sido definidas com base na resistência do osso à quebra por flexão e no teor de cinza óssea, tidos como indicadores do grau de mineralização óssea, com poucos estudos incluindo a avaliação das quantidades de cálcio e fósforo nos ossos.

No entanto, a maximização do desenvolvimento ósseo definida pela resistência à quebra parece não ser necessária em suínos destinados à produção de carne, uma vez que a quantidade de fósforo necessária para máxima resistência óssea tem sido no mínimo 0,1% maior do que a exigida para máximo ganho de peso (Miller et al., 1964; Mahan et al. 1980; Mahan, 1982). Corroborando a informação desses autores, em estudo recente investigando os efeitos de rações contendo níveis crescentes de Pd sobre a resistência óssea de suínos, Saraiva et al. (2009a) verificaram aumento quadrático da resistência do terceiro metacarpo de suínos dos 15 aos 30 kg. No referido estudo, o nível de Pd que proporcionou o melhor valor de resistência óssea (0,529%) ficou acima dos níveis que resultaram em melhor ganho de peso (0,509%) e conversão alimentar (0,477%) dos animais.

Além dessas considerações, é importante ressaltar a ocorrência de significativas variações entre os níveis de fósforo exigidos para máxima resistência óssea de suínos, em função da falta de procedimentos padronizados para a realização dos testes.

Tais variações podem ser atribuídas, em parte, aos tipos de instrumentos utilizados na determinação das propriedades físicas dos ossos, ao tipo de osso utilizado, aos procedimentos utilizados no preparo dos ossos, ao grau de umidade das amostras, à velocidade de aplicação da força sobre o osso e o seu posicionamento no equipamento (Crenshaw et al., 1981).

Avaliando a exigência de fósforo disponível de suínos em crescimento, dos 35 aos 55 kg, Hastad et al. (2004) não observaram efeito dos níveis de fósforo disponível (Pd) da ração sobre a resistência óssea avaliada no terceiro e no quarto metatarsos. No entanto, esses mesmos autores verificaram aumento quadrático e linear na resistência óssea quando avaliada em ossos da costela (quinta, sexta e sétima costelas) e no fêmur, respectivamente.

De acordo com Crenshaw et al. (1981), o congelamento antes do teste de resistência não afeta as propriedades mecânicas dos ossos, entretanto, variações na temperatura no momento da avaliação podem resultar em variações nos resultados. Segundo Miller et al. (1964) o uso de equipamentos operados manualmente torna difícil, senão impossível, aplicar uma taxa de deformação constante sobre o osso, assim variações nos dados coletados com esses instrumentos podem ser esperadas. Além disso, é importante destacar que a descrição física correta para “resistência” óssea é força por unidade de área, entretanto, a maioria das determinações de “resistência” óssea reportadas na literatura envolve apenas a medida de força, sem considerar a área do osso sobre a qual a força está sendo aplicada.

A estrutura óssea dos animais constitui outro fator, além dos já foram mencionados anteriormente, que pode estar relacionada à variação de resultados reportados na literatura com relação à resistência óssea de suínos.

Estudando a influência de níveis de Pd sobre a resposta metabólica de duas linhagens de suínos conhecidas por diferirem na sua estrutura óssea, Hittmeier et al. (2006) observaram que a ração com baixo nível de Pd influenciou de forma negativa o ganho de peso diário (GPD) somente dos animais da linhagem classificada como sendo de osso pesado. Os autores relataram que os animais dessa linhagem pareceram priorizar a deposição de fósforo nos ossos em detrimento da taxa de crescimento, sugerindo uma diferença na intensidade do controle homeorrético da utilização do fósforo entre os dois genótipos. De forma consistente com essa proposição, Alexander et al. (2008) avaliando níveis de Pd em rações de leitões em crescimento provenientes de dois genótipos, observaram diferenças na concentração plasmática de importantes hormônios envolvidos na regulação da homeostase do fósforo no organismo, que ocorreram não somente em função dos níveis de Pd das rações experimentais, mas também em função dos diferentes genótipos.

Consistente com esses relatos, em um estudo avaliando níveis de Pd em rações para suínos dos 30 aos 60 kg, Saraiva et al. (2009b) observaram uma redução de 30% na resistência óssea dos animais que consumiram a ração contendo o menor nível de Pd (0,115%), em relação aos animais que receberam a ração contendo a maior concentração de Pd (0,435%). Contrastando-se com a redução de apenas 17% no GPD, observada nos animais do mesmo tratamento, verifica-se que o maior prejuízo ocasionado pela deficiência de Pd foi sobre a resistência óssea dos animais. Dessa forma, animais selecionados para deposição de carne parecem privilegiar o ganho de

peso e não a integridade óssea quando alimentados com rações contendo baixos níveis de Pd.

Variações nas quantidades de cálcio e fósforo nos ossos e no teor de cinza óssea de suínos em função de níveis crescentes de fósforo disponível na ração também têm sido reportadas por vários autores para suínos dos 15 aos 30 kg (Saraiva et al., 2009a; Vianna, 2008; Alebrante, 2010), dos 30 aos 60 kg (Saraiva et al., 2009b) e dos 60 aos 95 kg (Hastad et al., 2004). Em estudo mais recente, Varley et al. (2010) verificaram que as quantidades de cálcio, fósforo e cinzas nos ossos de suínos em crescimento foram maiores nos animais que receberam rações contendo níveis mais elevados desse mineral, em comparação com os animais alimentados com uma ração basal deficiente em fósforo.

Estudando o metabolismo do cálcio e do fósforo em suínos em crescimento Fernández et al. (1995) verificaram que a relação entre esses dois minerais depositados nos ossos dos animais foi independente do nível de consumo de fósforo e tendeu a ser constante e próximo de 2:1. Consistente com esses resultados, nos estudos de Alebrante (2010), com animais de 15 a 30 kg e de Saraiva (2010, dados ainda não publicados), com fêmeas suínas dos 30 aos 60 kg, os autores observaram que embora as relações entre o cálcio e o fósforo disponível das rações tenham variado de 7,47 a 1,24 e de 4,79 a 1,39, respectivamente, as relações calculadas das quantidades de cálcio e fósforo nos metacarpos estiveram dentro da faixa de variação de 1,92 a 2,12. Estes resultados sugerem que a deposição de cálcio e fósforo nos ossos de suínos ocorre seguindo uma proporcionalidade que parece ser independente do conteúdo desses minerais na ração.

Uma observação importante feita por Fernández et al. (1995) foi a de que embora o aumento na ingestão de cálcio e fósforo não tenha alterado a deposição desses minerais nos ossos dos suínos a reabsorção óssea foi diminuída. Segundo os autores, a

diminuição da reabsorção pode afetar de forma negativa o desenvolvimento normal dos ossos, uma vez que o processo de reabsorção é essencial na remodelagem óssea. Esses resultados indicam que o problema do fósforo na nutrição de suínos não está relacionado apenas com a questão da deficiência desse mineral na ração, mas também com o seu excesso já que o aumento na ingestão pode implicar em efeitos negativos sobre o desenvolvimento ósseo.

De acordo com dados de literatura, a influência dos níveis de fósforo da ração sobre a concentração de cinza óssea dos suínos também pode variar de acordo com o tipo de osso utilizado na avaliação. Em estudo com suínos dos 33 aos 55 kg, Hastad et al. (2004) observaram variação na porcentagem de cinza óssea determinada no terceiro metatarso em função do aumento na concentração de Pd das rações. No entanto, os autores constataram um aumento linear da variável cinza óssea quando avaliada no quarto metatarso e na quinta, sexta e sétima costelas.

Em estudo com suínos em crescimento, Cromwell et al. (1970) verificaram que a redução da concentração de fósforo da ração de 0,50 para 0,38%, ocasionou uma diminuição de 22% no teor de cinza do osso turbinado da concha nasal, contra uma redução de 6% no metacarpo dos animais. Esses resultados sugerem que o osso da concha nasal é mais sensível a deficiência de fósforo em relação a outros tipos ósseos e, portanto, seria mais adequado para ser utilizado na estimativa da exigência de Pd de suínos, com base em parâmetros ósseos.

Em estudo posterior, com suínos dos 50 aos 90 kg, Ketaren et al. (1993) verificaram que os níveis de Pd da ração influenciaram de forma linear crescente a porcentagem de cinza no rádio e no fêmur, sem alteração significativa nos valores dessa variável no quarto metatarso. De forma semelhante, Weeden (1993) observaram variação significativa nas porcentagens de cinza do fêmur e da primeira costela de

suínos dos 58 aos 105 kg, enquanto as porcentagens de cinza do terceiro e quarto metatarso, não variaram entre os níveis de fósforo das rações.

Embora o fósforo seja essencial para o crescimento e manutenção tanto do tecido muscular quanto do tecido esquelético, a preocupação pública e governamental e também de produtores e nutricionistas de suínos têm aumentado com relação aos efeitos ambientais do excesso de fósforo excretado pelos suínos. Esse fato tem levado ao desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de melhor definir as exigências de fósforo dos suínos e também a avaliação de novas tecnologias que permitam minimizar a excreção de fósforo na produção de suínos (Alexander et al., 2008; Varley et al., 2010). Entretanto, apesar do grande interesse em diminuir a excreção de fósforo para o meio ambiente, tais esforços podem resultar em deficiências desse mineral, ainda que moderadas, afetando negativamente não só o desempenho, mas também a integridade óssea dos animais.

Nesse sentido, Varley et al. (2010) avaliaram os efeitos da restrição de fósforo sobre o crescimento compensatório e a mineralização óssea de leitões em crescimento. Os autores verificaram que após um período inicial (10 aos 50 kg) recebendo dietas com baixo nível de fósforo, os animais apresentaram uma resposta compensatória na mineralização óssea avaliada aos 100 kg, quando uma ração com alto nível de fósforo foi oferecida aos animais a partir dos 50 kg. No entanto, embora tenha sido verificada uma redução na excreção de fósforo nos animais alimentados com a ração contendo baixo nível desse mineral durante o período total (10 aos 100 kg), o desempenho e a mineralização óssea desses animais foram comprometidos em relação aos animais que receberam as rações contendo maiores concentrações de fósforo.

Exigência de fósforo disponível e potencial genético

O crescimento dos suínos é consequência de vários processos biológicos, sendo o genótipo dos animais o fator que determina o nível máximo em que esses processos ocorrem (Abreu et al., 2006). O processo metabólico mais importante é a retenção de nitrogênio, traduzida pela deposição de proteína na carcaça.

O fósforo é um elemento crítico para deposição de proteína corporal devido ao seu envolvimento no metabolismo energético, na síntese de ácidos nucleicos e na estrutura das membranas celulares. Assim, a exigência de fósforo dos suínos é dependente da quantidade necessária para suprir a exigência de manutenção dos animais e também da taxa e do tipo de tecido que está sendo depositado (Jondreville & Dourmad, 2006).

De acordo com Carter & Cromwell (1998), a quantidade de fósforo exigida para máximo crescimento está intimamente relacionada com a capacidade de deposição de tecido magro dos suínos. Em estudo conduzido por Bertran (1998), citado por Stahly (2001), o conteúdo médio de fósforo corporal de suínos foi de 0,206% no músculo; 3,16% nos ossos; 0,175 nas vísceras; 0,071 na pele e 0,036% no tecido adiposo. De acordo com Jongbloed (2008) os atuais genótipos suínos retêm em torno de 13,0% mais fósforo por quilo de carcaça comparado com os animais produzidos no início da década de 80. Segundo o mesmo autor, a evolução genética dada pela maior deposição de proteína dos atuais genótipos de suínos justifica a maior retenção de P por esses animais. Esses resultados corroboram a proposição de Ekpe et al. (2002), de que suínos que têm uma taxa de ganho protéico diário acima da média podem ter maior exigência de fósforo diária.

Em um estudo recente, Wiseman & Mahan (2010) avaliaram a composição de minerais do lombo e pernil de suínos, machos castrados e fêmeas, de duas linhas genéticas (alto e baixo potencial para deposição muscular), dos 20 aos 120 kg. Os

autores verificaram que o peso e quantidade de proteína do lombo e do pernil foram significativamente maiores na linhagem de alto potencial genético para deposição de carne, particularmente dos 45 aos 125 kg, associado a um maior conteúdo de fósforo em comparação com os animais de baixo potencial para deposição muscular. Além disso, independente do genótipo, as fêmeas apresentaram maiores quantidades de proteína e maior peso de lombo e de pernil em comparação com os machos castrados.

Como as empresas de melhoramento disponibilizam constantemente no mercado novos materiais genéticos com maior capacidade para produção de carne, em detrimento a deposição de gordura, estudos para avaliação das exigências de fósforo disponível dessas novas linhagens são e continuarão a ser necessárias, sob pena de comprometer o desempenho dos animais. No entanto, apesar dessas considerações, existe uma carência de estudos conduzidos para avaliação das exigências de fósforo disponível dos genótipos atuais.

Segundo Lange (2003), a exigência de fósforo disponível de suínos de baixo potencial genético para deposição de proteína foi similar à proposta pelo NRC (1998). Contudo, para animais de alto potencial genético para deposição de tecido muscular, nas fases de crescimento e terminação (15 a 95 kg), as exigências de fósforo disponível propostas no NRC (1998) e em Rostagno et al. (2005) parecem estar subestimadas (Saraiva et al., 2009a,b; 2010c,d).

Trabalhando com suínos até 37 kg, Sthaly e Cook (1996) e Stahly (2000) verificaram que o ganho de peso diário (GPD) dos leitões aumentou em função do aumento da concentração de Pd da ração até os níveis máximos estimados de 0,40 e 0,48% de Pd, respectivamente. Em concordância com esses resultados, em estudos mais recentes, Saraiva et al. (2009a) e Alebrante (2010) avaliando níveis de Pd em rações de leitões de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg, em condições de termoneutralidade,

verificaram aumentos quadráticos no GPD dos animais até os níveis estimados de 0,509 e 0,443% de Pd, correspondentes a consumos diários estimados de 6,39 e 5,25 g de Pd, respectivamente.

Para fêmeas suínas selecionadas para deposição de carne, dos 30 aos 60 kg, em que a variação da temperatura ocorrida durante o período experimental caracterizou um ambiente de termoneutralidade, Saraiva et al. (2009b) estimaram em 0,358% o nível de Pd da ração para melhor GPD, correspondendo a um consumo diário estimado de 7,64 g de Pd. Resultado similar foi obtido por Ekpe et al. (2002), que trabalhando com níveis de fósforo digestível entre 0,19 e 0,38%, verificaram que fêmeas na fase de crescimento (23 aos 60 kg) exigem 0,360% de Pd na ração, correspondendo a um consumo diário de 6,92 g de Pd, enquanto que para machos castrados a exigência foi de 0,32% de Pd, com um consumo diário de 6,17 g de Pd. Entretanto, Rostagno et al. (2005) estimaram em 0,332 a exigência de Pd para ótimo GPD, correspondendo a um consumo diário de 5,97 g de Pd, para fêmeas suínas de alto potencial e alto desempenho dos 30 aos 50 kg.

Aumentos no GPD de suínos na fase de terminação quando se elevou a concentração de Pd da ração também foram reportados por Ketaren et al. (1993), Stahly et al. (2000) e Arouca et al. (2010), com os níveis de Pd que proporcionaram os melhores resultados para essa variável estimados em 0,200; 0,307 e 0,350% de Pd.

Apesar da similaridade dos resultados verificada quanto aos efeitos positivos do aumento da concentração de fósforo disponível sobre o GPD dos suínos, nas diferentes fases, os níveis com os quais foram obtidos os melhores resultados diferem entre os trabalhos. Além de prováveis diferenças entre o potencial genético dos animais, esse fato possivelmente está associado a diferenças na estrutura óssea dos animais (Hittmeier et al., 2006) e também pode estar relacionado à composição das rações experimentais.

Componentes dietéticos como os polissacarídeos não amiláceos (PNA's), incluindo celulose e β -glucanos, podem prejudicar a absorção de minerais no intestino delgado dos suínos em função do aumento da viscosidade da digesta. Investigando os efeitos de frações de PNA's na absorção mineral pelo trato gastrointestinal de suínos dos 20 aos 125 kg, Metzler-Zebeli et al. (2010) verificaram que a inclusão de PNA's na ração afetou de forma negativa o fluxo ileal de fósforo, resultando em diminuição da retenção corporal desse mineral.

O metabolismo do fósforo está diretamente associado ao do cálcio, sendo que o excesso deste último pode resultar em menores ganhos de peso e eficiência alimentar devido à formação de complexos insolúveis de fosfato de cálcio no intestino (Rao et al., 2003). Estimativas no NRC (1998) sugerem que em rações à base de milho e farelo de soja a relação Ca:P deve estar entre 1:1 e 1,25:1.

Avaliando os efeitos de elevadas relações Ca:P (1,2:1; 1,6:1 e 2,0:1), com dois níveis de fósforo total (0,360 e 0,435%) e suplementação de fitase em leitões, Qian et al. (1996) verificaram que o GPD e a eficiência alimentar dos animais decresceu de forma linear em função do aumento da relação Ca:P das rações. Os autores associaram a piora no desempenho dos animais a um possível efeito negativo do excesso de cálcio na absorção de fósforo no intestino de suínos devido à formação de complexos insolúveis, especialmente quando o fósforo da ração está abaixo da exigência dos animais. Trabalhando com suínos dos 23 aos 54 kg, Liu et al. (2000) verificaram que a absorção aparente de fósforo no intestino delgado aumentou linearmente com a redução na relação Ca:P das rações de 1,5:1 para 1,0:1. Dessa forma, suínos alimentados com dietas contendo uma elevada relação Ca:P podem apresentar sinais de deficiência de fósforo, mesmo se a sua concentração na ração estiver adequada.

Entretanto, Cromwell et al. (1970) afirmaram que os efeitos negativos do excesso de cálcio podem não ocorrer se o nível de fósforo da ração for maior do que o exigido para máximo desempenho. Corroborando esses relatos, Reinhart & Mahan (1986) ficaram que rações para suínos na fase inicial, de crescimento e terminação contendo baixa concentração de fósforo e uma relação Ca:P maior que 1,3:1 resultaram em efeitos negativos sobre o desempenho e parâmetros ósseos dos animais. Entretanto, nos animais alimentados com rações contendo níveis elevados de fósforo os efeitos adversos sobre o desempenho e o desenvolvimento dos ossos só foram observados quando a relação Ca:P foi superior a 2,0:1. Estes resultados sugerem que níveis de cálcio acima da exigência podem resultar no aumento da exigência de P dos suínos de forma a não comprometer o desempenho dos animais.

Em estudo com suínos dos 20 aos 50 kg (Ketaren et al., 1993) avaliaram quatro relações entre o cálcio e o fósforo disponível na ração (1,7; 2,1; 2,5 2,9) e verificaram que o aumento na relação reduziu de forma linear o desempenho dos animais. Entretanto, os efeitos depressivos sobre o desempenho ocorreram de forma mais intensa quando a relação Ca:P disponível aumentou de 2,5:1 para 2,9:1. Dessa forma, uma relação Ca:P disponível entre 1,7:1 e 2,5:1 parece ser adequada para suínos em crescimento. Confirmando esta proposição, em estudo com fêmeas suínas dos 30 aos 60 kg, Saraiva et al. (2009b) verificaram que o melhor resultado de GPD foi obtido com uma relação Ca:P disponível de 2,1:1.

Assumindo que, de acordo com Krick et al. (1992) e Marinho et al. (2006), o aumento no ganho de peso dos suínos associado à melhora na conversão alimentar pode ser justificado, principalmente, por uma maior deposição de tecido protéico, permite inferir que rações contendo níveis adequados de fósforo disponível favorecem a deposição de tecido muscular em detrimento à deposição de gordura. Essa inferência

seria uma justificativa para a melhora verificada na CA de suínos associada a aumento no GPD, com ou sem efeito significativo sobre o CRD dos animais, em função de níveis crescentes de fósforo disponível da ração reportado na literatura nas diferentes fases da criação (Stahly et al., 2000; Saraiva et al., 2009a,b; Arouca et al., 2010; Alebrante, 2010).

Segundo Stahly (2001), suínos alimentados com rações contendo níveis deficientes de fósforo podem ter a deposição de proteína na carcaça afetada de forma negativa. Em estudo com suínos em crescimento, Cromwell et al. (1970) verificaram que os animais que receberam rações contendo baixos níveis de fósforo apresentaram carcaças com maior conteúdo de gordura, menor área de lombo e rendimento de pernil, quando comparado com os animais alimentados com rações contendo níveis mais altos do mineral.

Em relação aos efeitos de níveis crescentes de fósforo disponível sobre o consumo de ração de suínos em crescimento e terminação os resultados reportados na literatura são inconsistentes (O'Quinn et al., 1997; Stahly et al., 2000; Ekpe et al., 2002; Hastad et al., 2004; Viana et al., 2008; Saraiva et al., 2009a,b; Arouca et al., 2010, Alebrante, 2010).

Além de fatores como temperatura ambiental e composição das rações experimentais, a inconsistência de resultados entre os estudos em relação aos efeitos do fósforo disponível sobre a ingestão de alimento também pode estar relacionada à reserva corporal de fósforo dos suínos no início do experimento. Em estudo conduzido para avaliar níveis de Pd em rações para suínos em crescimento e terminação, Ketaren et al. (1993) verificaram aumento no consumo de ração dos animais em terminação (50 a 90 kg), somente quando os níveis de Pd avaliados ficaram abaixo dos níveis utilizados na fase de crescimento (20 a 50 kg).

Exigência de fósforo disponível e o ambiente térmico

A temperatura é o principal componente ambiental do sistema produtivo dos suínos que, por serem animais homeotérmicos, irão utilizar de mecanismos fisiológicos e comportamentais, para manter a temperatura corporal dentro de limites estreitos de variação, em função do ambiente térmico em que se encontram. Estes mecanismos visam manter o balanço de calor, por meio de ajustes na taxa de produção de calor e perda de calor corporal.

Segundo Perdomo et al. (1994), a faixa ideal de temperatura para suínos em crescimento é de 18 a 23°C e de 12 a 18°C, para animais em terminação. Entretanto, as temperaturas médias brasileiras são superiores a estas durante a maior parte do ano predominando, nessas situações, para suínos em crescimento e terminação, a condição de estresse por calor (Laganá, 2005).

A dificuldade dos suínos em manter a homeostase térmica quando submetidos a altas temperaturas ocasiona redução no desempenho, em decorrência da diminuição do consumo de ração. A redução do consumo de ração é um mecanismo eficiente que o animal utiliza para reduzir a produção de calor total a ser dissipada para o meio (Quiniou et al., 2001). Vários estudos (Quiniou et al., 2000; Rinaldo et al., 2000; Le Bellego et al., 2002) têm mostrado o efeito negativo da alta temperatura sobre o consumo de ração dos suínos nas diversas fases de produção, com conseqüências negativas sobre o ganho de peso.

Corroborando essa informação, em estudo com suínos dos 15 aos 30 kg, alimentados a vontade, Manno et al. (2005) observaram que os animais mantidos em ambiente com temperatura média de 34,2°C tiveram uma redução de 28% no GPD quando comparado com o GPD dos animais mantidos em ambiente termoneutro (22,7°C). Redução no GPD e na eficiência alimentar de suínos em crescimento

mantidos em ambiente quente (33°C) em comparação com aqueles em ambiente de conforto térmico (23°C) também foi observado por Collin et al. (2001) e Kerr et al. (2003).

A redução no consumo de ração em função da elevação da temperatura se torna um mecanismo termorregulatório particularmente importante nas linhagens atuais de suínos que, por apresentarem maior potencial genético para deposição de tecido muscular, produzem maior quantidade de calor metabólico e, portanto, são mais susceptíveis ao estresse por calor (Brown-Brandl et al., 2001). Segundo Verstegen & Greef (1992), a eficiência produtiva somente é possível se o calor gerado pelos processos metabólicos de manutenção e produção for mínimo e se as condições de alojamento e temperatura ambiental não interferirem neste processo.

Quando submetidos a temperaturas acima da zona de conforto térmico, além da redução no consumo de ração, os suínos apresentam mecanismos comportamentais, físicos e hormonais para reduzir as taxas metabólicas e, conseqüentemente, a produção de calor (Collin et al., 2001). Essa modificação no metabolismo resulta em diminuição na eficiência de utilização de nutrientes para produção, levando a alterações nas exigências nutricionais dos animais.

O efeito prejudicial da elevação da temperatura aumenta com o peso corporal, indicando que os suínos se tornam mais sensíveis ao estresse por calor na medida em que ficam mais pesados, o que pode estar relacionado à maior dificuldade desses animais de perderem calor devido ao aumento da produção de calor metabólico (Hyun et al., 1998; Quiniou et al., 2000). Confirmando essa proposição, Quiniou et al. (2001) observaram uma produção de calor total 26% maior em animais com 75 kg, comparado com animais de 47 kg.

Avaliando a composição de minerais de duas linhas genéticas de suínos, Wiseman & Mahan (2010) constataram que o peso, a quantidade de proteína e de fósforo do lombo e do pernil foram significativamente maiores na linhagem de alto potencial genético para deposição de carne, particularmente dos 45 aos 125 kg. O fósforo é um nutriente crítico para a deposição de proteína corporal devido ao seu envolvimento no metabolismo da energia, na síntese de ácidos nucleicos e na estrutura das membranas celulares. Assim, fatores que afetam a deposição de proteína corporal em suínos, como a elevação da temperatura do ambiente, podem resultar em alterações na exigência de fósforo disponível dos animais.

Dentro desse contexto, uma ração formulada com base em níveis nutricionais determinados em condições de termoneutralidade pode não ser adequada para atender as exigências nutricionais de suínos mantidos no calor. Entretanto, além da carência de estudos avaliando as exigências de fósforo disponível das linhagens modernas de suínos, as recomendações nutricionais reportadas na literatura têm sido obtidas sem levar em consideração o ambiente térmico em que os animais se encontram, ou têm sido obtidas principalmente em condições de termoneutralidade.

Em um estudo com frangos em crescimento, Persia et al. (2003) reportaram que a redução verificada na exigência de fósforo das aves mantidas sob estresse crônico por calor pode ter ocorrido em razão da alta temperatura limitar o desenvolvimento das aves. Em outro trabalho também com frangos, Belay et al. (1992) constataram que a retenção corporal de fósforo nos animais expostos ao estresse por calor foi menor devido ao aumento da excreção de fósforo associada à uma redução na absorção desse mineral pelo trato gastrointestinal das aves.

Estes resultados sugerem que suínos mantidos em ambiente de calor têm menor exigência de fósforo disponível devido, possivelmente, a menor taxa de crescimento diário e retenção corporal de fósforo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Alebrante (2010) avaliando níveis de fósforo disponível em rações para leitões selecionados geneticamente para deposição de carne, dos 15 aos 30 kg, mantidos sob estresse por calor (34°C) e em condição de termoneutralidade (24°C). Os autores verificaram que os consumos diários de fósforo disponível de 4,75 e 4,55 g, estimados nos níveis de 0,477 e 0,457% de Pd, que proporcionaram, respectivamente, os melhores resultados de GPD (604 g) e CA (1,69) dos leitões mantidos em condição de calor, foram inferiores aos consumos dos animais mantidos em ambiente termoneutro que foram de 5,25 e de 5,45 g/dia de fósforo disponível, para melhor resposta de GPD (721) e de CA (1,63), respectivamente.

De forma coletiva, os resultados de Alebrante (2010) e Campos (2010, dados não publicados) evidenciam que as exigências de fósforo disponível de suínos de alto potencial para deposição de carne são superiores às propostas pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2005). A partir desses resultados também fica evidenciado que suínos submetidos a temperaturas acima da faixa de termoneutralidade apresentam redução no consumo de ração e na deposição de proteína resultando em menores exigências de fósforo disponível quando expressas em gramas por dia e/ou em porcentagem da ração.

Referências Bibliográficas

- ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de lisina digestível em rações utilizando-se o conceito de proteína ideal para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1039-1046, 2006.
- ALEBRANTE, L. **Fósforo disponível para suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos dos 15 aos 30 kg.** 2010. 61p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, MG.
- ALEXANDER, L.S.; QU, A.; CUTLER, S.A. et al. Response to dietary phosphorus deficiency is affected by genetic background in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2585–2595, 2008.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2646-2655, 2010.
- BELAY, T.C.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heatdistressed environments. **Poultry Science**, v.71, p.1043-1047, 1992.
- BORRMANN, M.S.L.; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T. et al. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciência Agrotécnica**, v.25, p.181-187, 2001.
- BROWN-BRANDL, T.M., EIGENBERG, R.A., NIENABER, J.A., KACHMAN, S.D. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v.71, p.253-260, 2001.
- CARTER, S.D. e CROMWELL, G.L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: I. Performance and bone characteristics. **Journal of Animal Science**, v.76, p.584-595, 1998.
- COLLIN, A.; van MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature on feeding behavior and heat production in group-housed young pigs. **British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70. 2001.
- COMBS, N.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDERMANN, M.D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: II. Development of response curves for bone criteria and comparison of bending a shear bone testing. **Journal Animal Science**, v.69, p.682-693, 1990.
- CORREA J.A.; FAUCITANO, L.; LAFOREST, J.P. et al. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates **Meat Science**, v.72, p.91–99, 2006.
- CRENSHAW, T.D. Reliability of dietary Ca and P levels and bone mineral contents as a predictors of bone mechanical properties at various time periods in growing swine. **Journal of Nutrition**, v.116, p.2155, 1986.
- CRENSHAW, T.D.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. **Journal of Animal Science**, v.53, p.827, 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.30, p.519, 1970.

- EECKHOUT, W.; PAEPE, M.; WARNANTS, N. et al. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level of the diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.29-40, 1995.
- EKPE, E.D.; ZIJLSTRA, R.T.; PATIENCE, J.F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.82, p.541-549, 2002.
- FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T.; SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2388-2396, 2001.
- FANDREJEWSKI, H.; RYMARZ. Effect of feeding level on Ca, P, K and Na content in bodies of growing boars and gilts. **Livestock Production Science**, v.14, p.211-215, 1986.
- FERNÁNDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science**, v.41, p.243-254, 1995.
- FRIESEN, K.G.; NELSEN, 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, p.1761-1770, 1994.
- 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.
- HENDRIKS, 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.
- HITTMEIER, L.J.; GRAPES, L.; LENSING, R.L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.17, p.385-395, 2006.
- HYUN, Y., ELLIS, M., RISKOWSKI, G., JOHNSON, R.W. Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. **Journal of Animal Science**, v.76, p.721-727, 1998.
- JONDREVILLE C.; DOURMAD, J.Y. Phosphorus in pig nutrition. 12th AAAP **Animal Science Congress 2006**, Bexco, Busan, Korea. September 18-22, 2006.
- JONGBLOED, A.W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.215-229, 2008.
- KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; AUMAN, S.K. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.413-419, 2001.
- KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998-2007, 2003.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pig. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. **British Journal of Nutrition**, v.70, p.249-268, 1993.
- KRICK, B.J.; BOYD, R.D. Influence of genotype and sex on the response of growing pigs to recombinant porcine somatotropin. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3024-3034, 1992.
- LAGANA, C. **Otimização da produção de frangos de corte em condições de estresse por calor**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal

- do Rio Grande do Sul, 2005. 180p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- 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, Canada, 2003.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.691-701, 2002.
- LIU, J.; BOLLINGER, D.W.; LEDOUX, D.R. et al. Effects of dietary calcium:phosphorus ratios on apparent absorption of calcium and phosphorus in small intestine, cecum and colon of pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p. 106-109, 2000.
- MAHAN, D. Necesidades de minerales em cerdos seleccionados por um alto contenido em magro y cerdas de alta productividad. **FEDNA**, 2006. Disponível em: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_VIII.pdf Acessado em: 18/05/2007.
- MAHAN, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.54, p.559-564, 1982.
- MAHAN, D.C.; EKSTRON, K.E; FETTER, A.W. Effect of dietary protein, calcium and phosphorus for swine from 7 to 20 kilograms body weight. **Journal of Animal Science**, v.50, p.309-314, 1980.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1963-1970, 2005.
- 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 de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1061-1068, 2007 (supl.).
- METZLER-ZEBELI, B.U.; HOODA, S.; MOSENTHIN, R. et al. Bacterial fermentation affects net mineral flux in the large intestine of pigs fed diets with viscous and fermentable nonstarch polysaccharides. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3351-3362, 2010.
- MILLER, E.R.; ULLREY, C.L.; ZUTAUT, C.L. et al. Phosphorus requirement of the baby pig. **Journal of Nutrition**, v. 82. p.34-40, 1964.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition, Nutrient requirements of swine, 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 189p.
- NELSON, D.L; COX, M.M. LEHNINGER, A.L. **Princípios de Bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1200p.
- 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.
- PERDOMO, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. P.19-26.
- PERSIA, M.E; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623, 2003.

- QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; CORNER, E.D. Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weaning pigs fed two phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1288-1297, 1996.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. et al. Modeling heat production and energy balance in group-housed pigs exposed to low and high temperatures. **British Journal of Nutrition**, v.84, p.97-106, 2001.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. Modeling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high temperatures. **British Journal of Nutrition**, v.84, p.97-106, 2000.
- RAO, S.V.R.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.L.N. et al. Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Feed Science and Technology**, v.106, p.199-208, 2003.
- REINHART, G.A.; MAHAN, D.C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.457-466, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. 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, p.307-313, 2009a.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para leitões de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1279-1285, 2009b.
- SHURSON, J. e POMERENKE, J. [2008]. Use of US DDGS in practical swine diet formulations. University of Minnesota. **International Distillers Grains Conference**. Disponível em: <http://www.thepigsite.com/articles/2629/use-of-us-ddgs-in-practical-swine-diet-formulations> Acesso em: 12/04 /2009.
- SILVA, Y.L. **Redução dos níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte: desempenho, digestibilidade e excreção de nutrientes**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 228p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2004.
- 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: 01/06/2007.
- STAHLY, T.S.; COOK, D.R [1997]. Dietary Available Phosphorus Needs of Pigs From 13 to 70 Pounds Body Weight. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <HTTP://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1477.pdf> Acessado em 2/8/2009.
- 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.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. [2000]. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University. **Swine Research Report**. Disponível em: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf> Acesso em: 20/06/2007.

- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3rd edition. NY: CABI Publishing, 1999. 598p.
- VARLEY, P.F.; SWEENEY, T.; RYAN, M.T. et al. The effect of phosphorus restriction during the weaner-grower phase on compensatory growth, serum osteocalcin and bone mineralization in gilts. **Livestock Production Science**, article in press, 2010.
- VERSTEGEN, M.W.A. & GREEF, K.H. Influence of environmental temperature on protein and energy metabolism in pig production. **In: Simpósio Internacional de Não Ruminantes. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, XXIX**, Lavras, MG, **Anais** Lavras, 1992, p. 1 – 42.
- VIANA, J.M. **Biodisponibilidade de fósforo em fosfatos e níveis s de fósforo disponível para suínos na fase inicial**. 2008. 49 p. Tese (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- WEEDEN, T.L.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et al. Effects of porcine somatotropin and dietary phosphorus on growth performance and bone properties of gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2674-2682, 1993.
- WISEMAN, T.G. e MAHAN, D.C. Partition of minerals in body components from high- and low-lean genetic line of barrows and gilts from 20 to 25 kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3337-3350, 2010.

**FÓSFORO DISPONÍVEL PARA LEITOAS SELECIONADAS PARA
DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 30 AOS 60 kg MANTENDO-SE A RELAÇÃO
ENTRE O CÁLCIO E O FÓSFORO DISPONÍVEL**

Resumo – Com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível (Pd), mantendo-se a relação entre o cálcio e o Pd, em rações para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne, foram utilizadas 50 fêmeas suínas, híbridas comerciais, com peso inicial de $30,32 \pm 0,29$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, cinco repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico resultando em rações com 0,144; 0,224; 0,304; 0,384 e 0,464% de Pd. Os níveis de cálcio foram ajustados variando-se a quantidade de calcário. Não houve efeito dos níveis de Pd das rações sobre o consumo de ração diário e sobre a conversão alimentar. Os níveis de Pd influenciaram o ganho de peso diário que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,372%. Não houve efeito dos níveis de Pd sobre a quantidade de fósforo nos ossos. A quantidade de cálcio nos ossos e a porcentagem de cinza óssea foram influenciadas de forma linear crescente pelos níveis de Pd das rações. O melhor resultado de ganho de peso de fêmeas suínas, dos 30 aos 60 kg, selecionadas para deposição de carne, é proporcionado pelo nível de 0,372% de fósforo disponível, correspondente a uma relação com o cálcio de 2,06:1 e a um consumo diário de 8,20 g de fósforo disponível.

Palavras-chave: desempenho, exigência, fase de crescimento, minerais

**AVAILABLE PHOSPHORUS FOR 30 TO 60 kg GILTS SELECTED FOR
MEAT DEPOSITION MAINTAINING CALCIUM AND AVAILABLE
PHOSPHORUS RATIO**

Abstract – With the objective to evaluate available phosphorus levels (aP), keeping calcium and phosphorus ratio, in diets for pigs selected for meat deposition, 50 commercial hybrid gilts with initial weight of 30.32 ± 0.29 kg were used. Pigs were allotted in a completely randomized experimental design, with five treatments, five replicates, and two pigs per experimental unit. The treatments were composed of a basal diet and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five aP levels (0.144, 0.224, 0.304, 0.384, and 0.464%). Calcium levels were adjusted by varying the amounts of limestone in the diets. There was no effect of dietary aP levels in both daily feed intake and feed conversion. Daily weight gain increased quadratically with increasing aP in the diets up to 0.372% of aP maximum response. There was no effect of the aP levels in the amount of phosphorus in the bones. The amount of calcium and ash percentage in the bones increased linearly as aP levels increased in the diets. The greatest weight gain of 30 to 60 kg female pigs, selected for meat deposition, is obtained at the level of 0.372% of available phosphorus, corresponding to a ratio of 2.06:1 with calcium and to a daily intake of 8.20 g of available phosphorus.

Key words: growth phase, minerals, performance, requirement

Introdução

A obtenção de taxas produtivas satisfatórias, assim como o bem estar dos suínos depende de um fornecimento adequado de energia e de nutrientes na dieta; e entre esses nutrientes o fósforo tem exigido atenção especial.

O fósforo é um elemento crítico para deposição de proteína corporal devido ao seu envolvimento no metabolismo energético, na síntese de ácidos nucleicos e na estrutura das membranas celulares. O tecido muscular contém elevada quantidade de fósforo quando comparado ao tecido adiposo (Stahly et al., 2000). Como consequência, é possível hipotetizar que a exigência de fósforo disponível dos suínos eleva-se em função do aumento da sua capacidade de deposição de proteína muscular. Dessa forma, a contínua seleção genética de novas linhagens com elevado potencial para deposição de carne requer maior atenção por parte dos nutricionistas, tornando necessária a reavaliação constante das exigências de fósforo disponível, uma vez que as exigências de nutrientes variam de acordo com os diferentes potenciais genéticos.

Apesar dessas considerações, existe uma grande carência de estudos para determinação da exigência de fósforo disponível de suínos das linhagens atuais. Estudos conduzidos no passado na avaliação das exigências de cálcio e de fósforo de suínos tomaram como base o desempenho dos animais e a mineralização óssea (resistência do osso à quebra e porcentagem de cinzas nos ossos). No entanto, a maximização da mineralização óssea definida pela resistência à quebra parece não ser necessária, particularmente para suínos destinados à produção de carne, uma vez que a exigência de cálcio e de fósforo dietético para máximo crescimento e eficiência alimentar ocorre em níveis inferiores àqueles exigidos para máxima resistência óssea (Crenshaw et al., 1986). Ainda com relação à resistência óssea, há que se ressaltar a ocorrência de

consideráveis variações entre os níveis de fósforo exigidos para máxima resistência reportados na literatura. Tais variações podem ser atribuídas aos diferentes tipos de instrumentos utilizados na determinação das propriedades físicas dos ossos, ao tipo de osso utilizado, aos procedimentos utilizados no preparo dos ossos, ao grau de umidade do osso e sua posição no equipamento (Crenshaw et al., 1981).

O metabolismo do fósforo está diretamente associado ao do cálcio, sendo que o excesso deste último pode resultar em menores ganhos de peso e eficiência alimentar devido à formação de complexos insolúveis de fosfato de cálcio no intestino (Rao et al., 2003). Por outro lado, os efeitos negativos do excesso de cálcio podem não ocorrer se o nível de fósforo da ração for maior do que o exigido para máximo desempenho (Cromwell et al., 1970). Assim, é possível que a exigência de fósforo disponível de suínos se altere em função dos níveis de cálcio da ração.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível em rações para fêmeas suínas, dos 30 aos 60 kg, selecionadas para deposição de carne, mantendo-se a relação entre o cálcio e o fósforo disponível.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizadas 50 leitoas híbridas comerciais, com peso médio de $30,32 \pm 0,29$ kg, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, cinco repetições e dois animais por unidade experimental, que foi representada pela baia.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e parede de alvenaria, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão coberto com telhas de cerâmica. A temperatura no interior do galpão foi aferida diariamente, uma vez ao dia (8 h), por meio de termômetros de máxima e mínima mantidos em uma baia vazia no centro galpão, a meia altura do corpo dos animais.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências dos animais, de acordo com Rostagno et al. (2005), exceto para o cálcio e para o fósforo disponível. Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), foram constituídos por uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico, em substituição à areia lavada, resultando em rações com 0,144; 0,224; 0,304; 0,384 e 0,464% de Pd. Os níveis de cálcio foram ajustados variando-se a quantidade de calcário, em substituição à areia lavada, de forma a manter a relação calculada entre o cálcio e o fósforo disponível das rações em 1,97:1 (Saraiva et al., 2009a).

As rações e a água foram fornecidas à vontade aos animais. As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente e os animais pesados no início e no final

do período experimental (30 dias), para determinação do consumo de ração e de fósforo disponível, do ganho de peso e da conversão alimentar.

Tabela – 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de Fósforo Disponível (%)				
	0,144	0,224	0,304	0,384	0,464
Milho grão	55,298	55,298	55,298	55,298	55,298
Farelo soja	39,485	39,485	39,485	39,485	39,485
Óleo soja	1,483	1,483	1,483	1,483	1,483
Fosfato bicálcico	-	0,433	0,866	1,298	1,730
Calcário	0,304	0,436	0,572	0,704	0,841
Areia lavada	2,330	1,765	1,196	0,632	0,063
Sal comum	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415
DL - metionina	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Mistura mineral ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Mistura vitamínica ²	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Promotor de crescimento ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%) ⁴	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51
Lisina digestível (%) ⁴	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
Met + Cis digestível (%) ⁴	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cálcio calculado (%)	0,227	0,385	0,543	0,700	0,858
Fósforo disponível calculado (%)	0,115	0,195	0,275	0,355	0,435
Cálcio analisado (%)	0,320	0,470	0,610	0,750	0,940
Fósforo total analisado (%)	0,430	0,510	0,590	0,670	0,750
Fósforo disponível (%)	0,144	0,224	0,304	0,384	0,464
Calcio:fósforo disponível calculados	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97

¹Conteúdo/quilo de produto: vitamina A (3.000.000 UI), vitamina D3 (1.200.000 UI), vitamina E (7.500 mg), vitamina K (1.250 mg), vitamina B12 (7000 mg), vitamina B2 (2.300 mg), biotina (50 mg), pantotenato de Ca (6.000 mg), niacina (10.000 mg), colina (125 g), promotor crescimento (50 g), antioxidante (5.000 mg), vitamina B1 (500 mg), vitamina B6 (1.000 mg), ácido fólico (150 mg) e veículo q.s.p. (1.000 g).

²Conteúdo/kg de produto: ferro (45.000 mg), cobre (37.000 mg), manganês (25.000 mg), zinco (35.000 mg), cobalto (300 mg), iodo (800 mg), selênio (120 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

³Princípio ativo: tilosina.

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

No final do período experimental, após jejum de 12 horas, um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo dos 60 kg, foi atordoado e abatido por sangramento para coleta da pata anterior direita. As patas coletadas foram colocadas em recipiente de alumínio contendo água e fervidas para amolecer a pele e a carne que envolve os ossos para, em seguida, ser retirado o terceiro osso metacarpiano. Os ossos foram esmagados, secados em estufa ventilada a 65°C por um período de 72 horas e desengordurados em extrator *Soxhlet*. Depois de desengordurados, os ossos foram levados novamente à estufa ventilada a 65°C por um período de 24 horas e, em seguida, foram triturados em moinho de bola.

A determinação dos teores de cálcio e fósforo das rações experimentais, bem como das concentrações de cálcio, fósforo e cinza nos ossos, foi realizada no laboratório da Rodes Química Cajati LTDA, em Cajati – São Paulo.

As variáveis de desempenho e dos parâmetros ósseos foram analisadas utilizando-se os procedimentos para análise de variância e de regressão, contidos no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 9.0. Para todos os procedimentos estatísticos valores de probabilidade menores que 0,05 foram considerados significativos.

Resultados e Discussão

Durante o período experimental as médias das temperaturas mínimas e máximas no interior do galpão foram de $20,2 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ e $24,1 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Considerando-se que a faixa ideal de temperatura para suínos na fase de crescimento sugerida por Coffey et al. (2000) está entre 16 e 24°C , constatou-se, com base na variação de temperatura, que os animais não foram submetidos a estresse térmico.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de Pd sobre o consumo de ração diário (CRD) dos animais (Tabela 2). Resultado semelhante foi obtido por Hastad et al. (2004) e Saraiva et al. (2009a), que trabalhando com suínos em crescimento, também não observaram efeito significativo dos níveis de Pd das rações sobre o CRD dos animais.

Por outro lado, Eeckhout et al. (1995) e Saraiva et al. (2009b), avaliando diferentes níveis de Pd na ração com suínos dos 37 aos 61 kg e dos 15 aos 30 kg, respectivamente, observaram efeito linear crescente dos níveis de Pd sobre o consumo voluntário dos animais. Entretanto, Ketaren et al. (1992), Ekpe (2002) e Arouca (2008) trabalhando com suínos em crescimento recebendo diferentes níveis de Pd, constataram que o CRD dos animais variou de forma quadrática até os níveis máximos estimados de 0,300; 0,350 e 0,430% de Pd, respectivamente.

Embora neste estudo não tenha sido observada diferença significativa no consumo de ração em função dos níveis de Pd, os animais que receberam a ração com o menor nível de Pd avaliado (0,144%) apresentaram em valor absoluto redução de 8,24% na ingestão voluntária de alimento, em relação à média de CRD dos animais dos demais tratamentos. De forma semelhante, Saraiva et al. (2009b) avaliando seis níveis de Pd em rações para suínos dos 15 aos 30 kg, observaram redução significativa no CRD dos animais que receberam ração com o menor nível de Pd.

Tabela 2 – Valores de desempenho e de parâmetros ósseos de fêmeas suínas recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração dos 30 aos 60 kg

Variáveis	Níveis de Fósforo Disponível (%)					CV %
	0,144	0,224	0,304	0,384	0,464	
Peso médio final (kg)	57,66	59,33	60,30	62,31	60,14	-
Consumo de ração (g/dia)	2057	2249	2216	2221	2281	5,95
Consumo de Pd (g/dia) ¹	2,96	5,04	6,74	8,53	10,58	5,57
Ganho de peso (g/dia) ³	909	967	997	1072	994	4,41
Conversão alimentar	2,26	2,33	2,22	2,07	2,31	4,33
Fósforo no osso (g/kg)	82,35	81,40	83,78	83,72	86,86	4,68
Cálcio no osso (g/kg) ²	163,25	164,60	170,40	164,17	179,80	4,64
Cinza óssea (%) ¹	49,30	48,48	49,02	50,54	51,80	3,19
Ca:P no osso ⁴	1,98	2,02	2,03	1,96	2,07	-

^{1,2}Efeito linear (P<0,01) e (P<0,05), respectivamente.

³Efeito quadrático (P<0,01).

⁴Relação calculada de cálcio:fósforo no osso.

A partir desses resultados pode-se inferir que níveis de fósforo disponível inferiores a 0,224% podem comprometer o consumo voluntário de ração de suínos em crescimento. Esta proposição está coerente com os resultados de Reinhart e Mahan (1986), que trabalhando com suínos na fase de crescimento verificaram que rações com baixos níveis de fósforo reduziram o consumo voluntário dos animais.

Os níveis de Pd influenciaram (P<0,01) o consumo de fósforo disponível que aumentou de forma linear (Tabela 2), segundo a equação: $\hat{Y} = - 0,3380 + 23,4049Pd$ ($r^2 = 0,99$). Como o consumo de ração não variou entre os tratamentos, pode-se afirmar que a variação observada no consumo de Pd ocorreu em razão direta da sua concentração nas rações.

Foi observado efeito ($P < 0,01$) dos níveis de Pd sobre o ganho de peso diário (GPD) dos animais (Tabela 2), que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,372% (Figura 1), correspondendo a um consumo diário de 8,20 g de Pd.

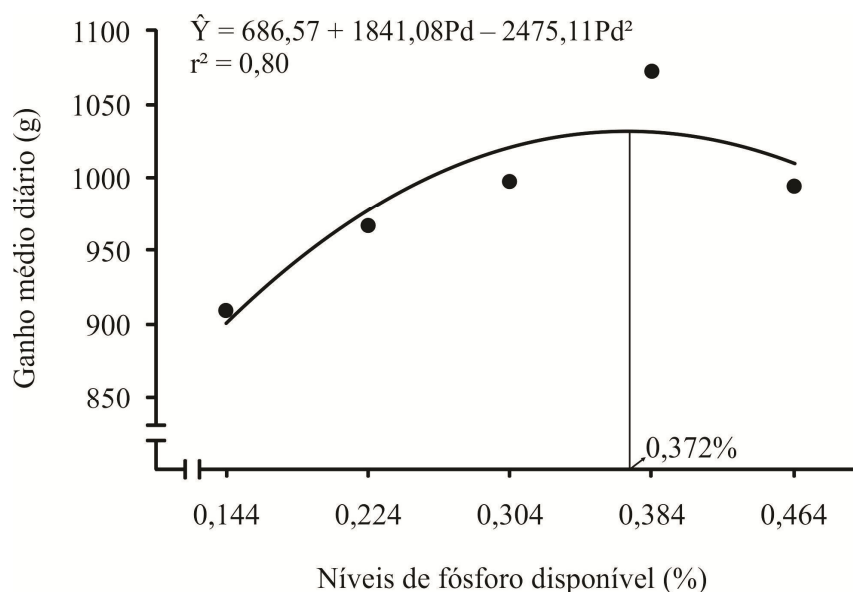


Figura 1 – Representação gráfica da variável ganho médio diário em função dos níveis de fósforo disponível da ração de fêmeas suínas dos 30 aos 60 kg.

Os resultados de GPD verificados nesse trabalho corroboram os obtidos por Saraiva et al. (2009a) que estudando os efeitos de níveis de Pd da ração com fêmeas suínas selecionadas geneticamente para deposição de carne, dos 30 aos 60 kg, verificaram aumento no GPD dos animais até o nível estimado de 0,349% de Pd, correspondente a um consumo diário estimado de 7,45 g. Os referidos autores ressaltaram que os menores ganhos de peso observados nos animais que receberam as rações com os menores níveis de Pd poderiam ter sido devidos à elevada relação entre o cálcio e o fósforo total (Ca:P) das dietas (2,04; 1,65 e 1,39). Segundo o NRC (1998), a

relação ideal Ca:P em rações à base de milho e farelo de soja deve estar entre 1,1:1 e 1,25:1.

Variação nos valores de GPD de suínos em crescimento em função do nível de Pd da ração também foi observada por Stahly et al. (2000), Ekpe et al. (2002) e Arouca et al. (2008), que encontraram melhores respostas nos níveis de 0,400; 0,350 e 0,420% de Pd, respectivamente.

A divergência de resultados encontrada entre os estudos pode estar relacionada, entre outros fatores, a diferenças no potencial genético dos animais para deposição de tecido muscular. Segundo Stahly (2000) o tecido muscular apresenta maior quantidade de fósforo em relação ao tecido adiposo, assim os aumentos verificados na exigência de Pd de suínos selecionados para maior ganho de peso podem ser explicados pela aumentada demanda de fósforo para síntese de proteína muscular.

Diversos autores, entre eles, Fandrejewski & Rymarz (1986), Hendricks et al. (1993) e Mahan (2006) constataram que suínos provenientes de linhagens com diferentes potenciais genéticos para deposição de carne podem apresentar diferenças nas suas exigências de minerais. Essa constatação está coerente com os resultados de Wiseman e Mahan (2010) que avaliando a concentração de minerais no músculo de suínos de duas linhagens genéticas, com diferentes potenciais para deposição carne, verificaram que a concentração de fósforo no pernil e no lombo foi maior na linhagem de alto potencial.

Avaliando os efeitos de elevadas relações Ca:P (1,2:1; 1,6:1 e 2,0:1), com dois níveis de fósforo total (0,360 e 0,435%) e suplementação de fitase em leitões, Qian et al. (1996) verificaram que o GPD e a eficiência alimentar dos animais decresceu de forma linear em função do aumento da relação Ca:P das rações. Os autores associaram a piora no desempenho dos animais a um possível efeito negativo do excesso de cálcio na

absorção de fósforo no intestino de suínos devido à formação de complexos insolúveis, especialmente quando o fósforo da ração está abaixo da exigência dos animais.

Trabalhando com suínos dos 23 aos 54 kg, Liu et al. (2000) verificaram que a absorção aparente de fósforo no intestino delgado aumentou linearmente com a redução na relação Ca:P das rações de 1,5:1 para 1,0:1.

Por outro lado, Cromwell et al. (1970) afirmaram que os efeitos negativos do excesso de cálcio podem não ocorrer se o nível de fósforo da ração for maior do que o exigido para máximo desempenho. Com base nessas considerações pode-se assumir que níveis de cálcio acima da exigência podem resultar no aumento da exigência de fósforo disponível de maneira a não comprometer o desempenho dos animais.

Considerando os resultados desse trabalho e os obtidos por Saraiva et al. (2009a), que avaliaram níveis similares de Pd para suínos de mesma faixa de peso e padrão genético, pode-se afirmar que os menores ganhos de peso observados nos animais que receberam as rações com os mais baixos níveis de Pd (0,144; 0,224 e 0,304%) foram devidos à deficiência de Pd. E que, em função dos resultados obtidos nos dois estudos, o nível de cálcio preconizado por Rostagno et al., (2005) para esta categoria animal está adequado, uma vez que não interferiu na exigência de Pd para GPD dos animais. No entanto, ficou evidenciado que os níveis de 0,230 e de 0,332% de Pd recomendados, respectivamente, pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2005) podem não atender as exigências de suínos em crescimento dos atuais genótipos disponíveis no mercado.

A conversão alimentar (CA) dos animais não foi influenciada ($P>0,05$) pelos níveis de Pd da ração (Tabela 2). Resultado semelhante foi obtido por Stahly & Cook (1996) e por Kegley et al. (2001) que também não observaram efeito significativo dos níveis de Pd sobre a CA de leitões, respectivamente, dos 6 aos 31 e dos 6 aos 18 kg.

Todavia, Arouca (2008) e Saraiva et al. (2009a) em estudo com suínos dos 30 aos 60 kg verificaram efeito dos níveis de Pd da ração sobre a CA dos animais, que melhorou até os níveis máximos estimados de 0,390 e 0,345% de Pd, respectivamente.

Embora não tenha havido variação significativa nos valores de CA entre os tratamentos, foi verificado que o nível de 0,384% de Pd proporcionou em valor absoluto melhor resposta de CA que foi de 6,8 a 11,2% menor em relação aos valores de CA dos animais dos demais tratamentos. Este resultado é um indicativo de que pode ter ocorrido variação na composição do ganho de peso dos animais entre os tratamentos, com os animais alimentados com as rações com níveis de até 0,384% de Pd apresentando maior deposição de tecido protéico em detrimento à deposição de gordura. Aumento no conteúdo de gordura corporal de suínos consumindo rações com baixos níveis de Pd também foi relatado por Stahly et al. (2001). Segundo Krick et al. (1992), o aumento no ganho de peso dos suínos associado à melhora na conversão alimentar pode ser justificado, principalmente, por uma maior deposição de tecido protéico.

Trabalhando com suínos em crescimento, Cromwell et al. (1970) verificaram que os animais que receberam rações contendo menores níveis de fósforo apresentaram carcaças com maior conteúdo de gordura, menor área de lombo e rendimento de pernil, quando comparado com os animais que consumiram rações com maiores níveis de fósforo.

Não foi verificado efeito ($P>0,05$) dos níveis de Pd das rações sobre a quantidade de fósforo no osso (PO) dos suínos (Tabela 2). Em acordo com esse resultado, Gomes et al. (1989a,b) avaliando a influência dos níveis de Pd da ração sobre o desempenho e parâmetros ósseos de suínos dos 31 aos 62 kg e dos 62 aos 93 kg, também não observaram variação significativa na quantidades de PO dos animais.

No entanto, de forma contrária Saraiva et al. (2009a) verificaram aumento linear nas quantidades de PO dos suínos em crescimento, em função dos níveis de Pd das rações.

Apesar de não ter sido verificada variação significativa nos valores de PO entre os tratamentos nesse estudo, foi constatado aumento ($P=0,055$) de 5,5% nos valores absolutos de PO entre os níveis extremos de Pd avaliados (0,144 x 0,464%).

A quantidade de cálcio nos ossos (CaO) foi influenciada ($P<0,05$) pelos níveis de Pd da ração (Tabela 2), tendo aumentado de forma linear segundo a equação: $\hat{Y} = 155,447 + 43,6098Pd$ ($r^2 = 0,60$).

De forma semelhante, Viana (2008) e Saraiva et al. (2009b) observaram aumento na quantidade de CaO de suínos de 15 a 30 kg em razão do nível crescente de Pd da ração.

Em contrapartida, Saraiva et al. (2009a) não constataram efeito dos níveis de Pd das rações sobre a quantidade de cálcio no osso de fêmeas suínas na fase de crescimento. A diferença nas respostas da quantidade de CaO observadas entre os trabalhos pode ter ocorrido em função dos níveis de cálcio das rações, que variaram no presente estudo, porém, foram constantes (0,730%) em Saraiva et al. (2009a).

Estudando o metabolismo do cálcio e do fósforo em suínos, Fernández (1995) verificaram que a deposição destes minerais nos ossos tende a ser constante e próxima a uma relação de 2:1, independente de seus níveis na ração (Tabela 2). No entanto, a níveis baixos de Ca dietéticos a reabsorção óssea aumenta de forma a manter essa relação resultando, conseqüentemente, na diminuição da matéria mineral no osso.

Considerando os resultados obtidos, onde a variação máxima na relação calculada entre as deposições de cálcio e fósforo (Ca x P) depositada nos ossos correspondeu a 19,6 x 2,07, pode-se inferir que as deposições desses minerais nos ossos pareceram ser

interdependentes, tendendo a manter uma relação estreita de proporcionalidade de deposição entre eles.

A porcentagem de cinza no osso (CO) foi influenciada ($P < 0,01$) pelos níveis de Pd das rações (Tabela 2), tendo aumentado de forma linear de acordo com a equação: $\hat{Y} = 46,9539 + 9,31656Pd$ ($r^2 = 0,72$). Variação significativa da porcentagem de CO de suínos em crescimento em razão do nível de fósforo da ração também foi observada por Eeckhout et al. (1995), Ekpe et al. (2002) e Saraiva et al. (2009a).

No entanto, esse resultado contrasta com os obtidos por Viana (2008) e Saraiva et al. (2009b), que investigando os efeitos de níveis de Pd sobre os parâmetros ósseos de leitões dos 15 aos 30 kg, não observaram efeito significativo dos níveis de Pd das rações sobre a porcentagem de CO.

A inconsistência de resultados quanto à concentração de cinzas nos ossos de suínos verificada entre os trabalhos pode estar relacionada ao tipo de osso utilizado na avaliação. Em estudo conduzido por Cromwell et al. (1970) foi verificado que a redução de fósforo da ração de 0,50 para 0,38% ocasionou redução de 22% no teor de CO do osso turbinado da concha nasal contra a redução de somente 6,0% no osso metacarpo de suínos em crescimento.

Em estudo mais recente Hastad et al. (2004) verificaram que o efeito dos níveis de fósforo da ração sobre a porcentagem de CO dos ossos de suínos em crescimento, variou em função do tipo de osso avaliado. Enquanto o teor de CO do quarto metatarso e dos ossos da quinta, sexta e sétima costelas aumentou de forma linear, a concentração de CO no terceiro metatarso não variou com o aumento do nível de fósforo da ração.

Conclusão

O nível de 0,372% de fósforo disponível, correspondente a uma relação com o cálcio de 2,02:1 e a um consumo diário de 8,20 g, proporciona o melhor resultado de ganho de peso de fêmeas suínas selecionadas para deposição de carne, dos 30 aos 60 kg.

Referências Bibliográficas

- AROUCA, C.L.C. **Exigências de fósforo disponível para suínos machos castrados selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 15 aos 120 kg.** 2008. 89 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate. University of Kentucky. **College of Agriculture**, 2000. Disponível em: http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf Acessado em: 14/05/2007.
- CRENSHAW, T.D. Reliability of dietary Ca and P levels and bone mineral content as a predictors of bone mechanical properties at various time periods of growing swine. **Journal of Nutrition**, v.116, p.2155, 1986.
- CRENSHAW, T.D.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. **Journal of Animal Science**, v.53, p.827, 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.30, p.519, 1970.
- ECKHOUT, W.; PAEPE, M.; WARNANTS, N. et al. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level on the diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.29-40, 1995.
- EKPE, E.D.; ZIJLSTRA, R.T.; PATIENCE, J.F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.82, p.541-549, 2002.
- FANDREJEWSKI, H.; RYMARZ. Effect of feeding level on Ca, P, K and Na content in bodies of growing boars and gilts. **Livestock Production Science**, v.14, p.211-215, 1986.
- FERNÁNDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science**, v.41, p.243-254, 1995.
- FRIENSEN, 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, p.1761-1770, 1994.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira Zootecnia**, v.18, p.233-239, 1989a.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.241-247, 1989b.
- 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.
- HENDRIKS, W.H.; MOUGHAN P.J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. **Livestock Production Science**, v.33, p.161-170, 1993.
- HUERTAS, C.A.P. **Exigências nutricionais de fósforo em porcas nas fases de gestação e lactação.** 1992. 163 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; AUMAN, S.K. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weaning pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.413-419, 2001.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pigs. 1. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. **British Journal of Nutrition**, v.70, p.249-268, 1992.
- KRICK, B.J.; BOYD, R.D. Influence of genotype and sex on the response of growing pigs to recombinant porcine somatotropin. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3024-3034.
- LIU, J.; BOLLINGER, D.W.; LEDOUX, D.R. et al. Effects of dietary calcium:phosphorus ratios on apparent absorption of calcium and phosphorus in small intestine, cecum and colon of pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p. 106-109, 2000.
- MAHAN, D. Necessidades de minerais em cerdos selecionados por um alto conteúdo em magro y cerdas de alta productividad. **FEDNA**, 2006. Disponível em: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_VIII.pdf Acessado em: 18/05/2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition, Nutrient requirements of swine, 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 189p.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; CORNER, E.D. Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weaning pigs fed two phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1288-1297, 1996.
- RAO, S.V.R.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.L.N. et al. Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Feed Science and Technology**, v.106, p.199-208, 2003.
- REINHARD, G.A.; MAHAN, D.C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.457-466, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. 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, p.307-303, 2009b.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para leitões de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1279-1285, 2009a.
- 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: 01/06/2007.
- STAHLY, T.S.; COOK, D.R. Dietary available phosphorus needs of pigs from 13 a 70 pounds body weight. ASL-R 1477. Iowa State University. Swine research report, 1996. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/pages/ansci/swinereports/nutrition97.html> Acessado em: 30/10/2007.
- 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, p.364, 1991 (suppl. 1).

- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. [2000]. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University. **Swine Research Report**. Disponível em: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf> Acesso em: 20/06/2007.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). 2000. **S.A.E.G. (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG (Versão 9.0).
- VIANA, J.M. **Biodisponibilidade de fósforo em fosfatos e níveis s de fósforo disponível para suínos na fase inicial**. 2008. 49 p. Tese (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- WISEMAN, T.G. e MAHAN, D.C. Partition of minerals in body components from high- and low-lean genetic line of barrows and gilts from 20 to 25 kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3337-3350, 2010.
- 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.

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 60 AOS 95 kg

Resumo – Com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível (Pd) em rações para suínos selecionados para deposição de carne, foram utilizados 60 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, com peso inicial de $61,05 \pm 0,60$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos aos acaso, com cinco tratamentos, seis repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico resultando em rações com 0,135; 0,200; 0,265; 0,330 e 0,395% de Pd. Não houve efeito dos níveis de Pd das rações sobre o consumo de ração diário. O ganho de peso diário aumentou e a conversão alimentar reduziu de forma quadrática em função dos níveis de Pd da ração, até os níveis estimados de 0,336 e 0,348% de Pd, respectivamente. Os níveis de Pd influenciaram os teores de fósforo, cálcio e cinza nos ossos, que aumentaram de forma linear. Os melhores resultados de ganho de peso e de conversão alimentar de suínos, dos 60 aos 95 kg, selecionados para deposição de carne, são proporcionados pelos níveis de fósforo disponível de 0,336 e 0,348%, respectivamente, correspondentes a consumos diários estimados de 10,65 e 11,03 g de fósforo disponível.

Palavras-chave: desempenho, exigência, genótipo, minerais

AVAILABLE PHOSPHORUS IN DIETS FOR 60 TO 95 kg PIGS SELECTED FOR MEAT DEPOSITION

Abstract – With the objective to evaluate available phosphorus levels (aP) in diets for pigs selected for meat deposition, 60 commercial hybrid barrows with initial weight of 61.05 ± 0.60 kg were used. Pigs were allotted in a completely randomized block design, with five treatments, five replicates, and two pigs per experimental unit. The treatments were composed of a basal diet and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five aP levels (0.135, 0.200, 0.265, 0.330, and 0.395%). There was no effect of the dietary aP levels in daily feed intake. Daily weight gain increased and feed conversion decreased in a quadratic behavior according to aP, with maximum responses at 0.336 and 0.348 % of aP in the diets, respectively. Available phosphorus levels influenced the amount of phosphorus, calcium and ash percentage in the bones, which increased in a linear way. The greatest weight gain and feed conversion of 60 to 95 kg pigs, genetically selected for meat deposition, is obtained at 0.336 and 0.348% of available phosphorus, corresponding to daily intakes of 10.65 and 11.03 g of available phosphorus.

Key words: genotype, minerals, performance, requirement

Introdução

O fósforo, depois da energia e da proteína, é o nutriente mais caro nas rações para suínos (Fan et al., 2001; Shurson e Pomeroy, 2008). Além da importância econômica, o fósforo exige atenção especial por desempenhar papel fundamental na deposição de proteína corporal em função do seu envolvimento no metabolismo da energia, na síntese de ácidos nucleicos e na estrutura das membranas celulares.

A exigência de fósforo de suínos é dependente da quantidade necessária para suprir as necessidades de manutenção dos animais e também da taxa e do tipo de tecido que está sendo depositado. O conteúdo médio de fósforo no tecido muscular é significativamente maior quando comparado com o do tecido adiposo (Stahly et al., 2000). Dessa forma, é possível que a quantidade de fósforo disponível necessária para suportar o máximo crescimento corporal dos suínos aumente em função do aumento do potencial genético dos animais para deposição de proteína corporal em relação ao tecido adiposo. Conseqüentemente, a reavaliação das exigências de fósforo disponível dos suínos se torna necessária em função da sucessiva seleção genética para maior deposição de proteína em detrimento à deposição de gordura, de forma a não comprometer o desempenho dos animais. Entretanto, poucos estudos têm sido conduzidos para se avaliar as exigências de fósforo disponível das linhagens atuais.

Estudos conduzidos no passado na investigação das exigências de fósforo de suínos tomam como base o ganho de peso, a conversão alimentar, a resistência do osso à quebra e os teores de cálcio, fósforo e cinzas nos ossos. No entanto, a maximização do desenvolvimento ósseo definida pela resistência à quebra parece não ser necessária, particularmente para suínos destinados à produção de carne, uma vez que a exigência de cálcio e de fósforo dietético para maximização do crescimento e da eficiência alimentar

ocorre em níveis inferiores àqueles exigidos para máxima resistência óssea (Crenshaw et al., 1986). Há ainda que se ressaltar a ocorrência de consideráveis diferenças entre os níveis de fósforo exigidos para máxima resistência óssea reportados na literatura. Tais variações podem relacionadas aos tipos de instrumentos utilizados na determinação das propriedades físicas dos ossos, ao tipo de osso utilizado, aos procedimentos utilizados no preparo dos ossos, ao grau de umidade do osso e sua posição no equipamento (Crenshaw et al., 1981).

Além de fatores como genótipo, sexo, *status* sanitário e fase de desenvolvimento as exigências nutricionais dos suínos também podem variar em função do ambiente térmico ao qual são submetidos (NRC, 1998), resultando em alterações no padrão de consumo de ração dos animais, modificando suas exigências nutricionais em gramas por dia e em porcentagem nas rações. Assim, em estudos conduzidos na avaliação das exigências de fósforo disponível de suínos o ambiente térmico no qual os animais se encontram deve ser considerado.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível em rações para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg, durante os meses de inverno.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Granja de Suínos da Fazenda Experimental Vale do Piranga, de propriedade da EPAMIG, localizada no município de Oratórios – MG, durante os meses de julho e agosto de 2008.

Foram utilizadas 60 suínos híbridos comerciais, machos castrados, com peso médio de $61,05 \pm 0,60$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, seis repetições e dois animais por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela baia e na formação dos blocos foi levado em consideração o peso dos animais.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e parede de alvenaria, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão coberto com telhas de amianto. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (7 h), de globo negro e de bulbo seco e bulbo úmido (7, 12 e 17 h), mantidos em uma baia vazia no centro galpão, a meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), caracterizando o ambiente térmico em que os animais foram mantidos.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências dos animais, de acordo com Rostagno et al. (2005), exceto para o fósforo disponível. Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), foram constituídos por uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico, em substituição à areia lavada, resultando em rações com 0,135;

0,200; 0,265; 0,330 e 0,395% de Pd. Os aminoácidos industriais foram adicionados mantendo-se a relação com a lisina digestível preconizada por Rostagno et al. (2005).

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de Fósforo Disponível (%)				
	0,135	0,200	0,265	0,330	0,395
Milho grão	68,977	68,977	68,977	68,977	68,977
Farelo soja	26,286	26,286	26,286	26,286	26,286
Óleo soja	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927
Fosfato bicálcico	-	0,351	0,703	1,054	1,405
Calcário	1,130	0,906	0,681	0,458	0,369
Inerte	1,430	1,303	1,176	1,048	0,786
Sal comum	0,381	0,381	0,381	0,381	0,381
L-lisina HCl	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302
DL - metionina	0,099	0,099	0,099	0,099	0,099
L - treonina	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088
Mistura mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura vitamínica ²	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Promotor de crescimento 1 ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento 2 ⁴	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada					
EM (kgcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%) ⁵	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Lisina digestível (%) ⁵	1,036	1,036	1,036	1,036	1,036
Met + Cist digestível (%) ⁵	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622
Treonina digestível (%) ⁵	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Cálcio (%)	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518
Cálcio analisado (%)	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Fósforo total analisado (%)	0,410	0,475	0,540	0,605	0,670
Fósforo disponível (%)	0,135	0,200	0,265	0,330	0,395
Relação cálcio:fósforo disponível	4,07	2,75	2,07	1,67	1,39

¹Conteúdo/quilo de produto: vitamina A (3.000.000 UI); vitamina D3 (1.200.000 UI); vitamina E (7.500 mg); vitamina K (1.250 mg); vitamina B12 (7000 mg); vitamina B2 (2.300 mg); biotina (50 mg); pantotenato de Ca (6.000 mg); niacina (10.000 mg); colina (125 g); promotor crescimento (50 g); antioxidante (5.000 mg); vitamina B1 (500 mg); vitamina B6 (1.000 mg); ácido fólico (150 mg); e veículo q.s.p. (1.000 g).

²Conteúdo/kg de produto: ferro (45.000 mg); cobre (37.000 mg); manganês (25.000 mg); zinco (35.000 mg); cobalto (300 mg); iodo (800 mg); selênio (120 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

³Princípio ativo: tilosina.

⁴Princípio ativo: ciprofloxacina.

⁵Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, de acordo com Rostagno et al. (2005).

As rações e a água foram fornecidas à vontade aos animais. As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente e os animais pesados no início e no final do período experimental (30 dias), para determinação do consumo de ração e de fósforo disponível, do ganho de peso e da conversão alimentar.

No final do período experimental, após jejum de 18 horas, os animais foram encaminhados para o abate realizado no Frigorífico Industrial Vale do Piranga (FRIVAP). Os animais foram insensibilizados por choque elétrico e sacrificados por sangramento para coleta das patas anteriores direitas.

Foi utilizada a pata de um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo dos 95 kg. As patas foram colocadas em recipiente de alumínio contendo água e fervidas para amolecer a pele e a carne que envolve os ossos para, em seguida, ser retirado o terceiro osso metacarpiano. Os ossos foram desengordurados em extrator *Soxhlet* e levados à estufa ventilada a 65°C por um período de 24 horas e, em seguida, foram triturados em moinho de bola.

A determinação dos teores de cálcio e fósforo das rações experimentais, bem como das concentrações de cálcio, fósforo e cinza nos ossos, foi realizada no laboratório da Rodes Química Cajati LTDA, em Cajati – São Paulo.

A baía foi considerada a unidade experimental para análise das variáveis de desempenho (consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível). Apenas um animal foi utilizado como unidade experimental para avaliação dos parâmetros ósseos (cálcio, fósforo e cinza nos ossos). Os dados foram analisados utilizando-se os procedimentos para análise de variância e de regressão, contidos no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 9.0. As

exigências de fósforo disponível foram determinadas por meio de regressão linear ou quadrática. Para todos os procedimentos estatísticos valores de probabilidade menores que 0,05 foram considerados significativos.

Resultados e Discussão

Durante o período experimental as temperaturas máxima e mínima no interior do galpão mantiveram-se em média em $24,3 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$ e $8,9 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculados no período foram respectivamente de 71,3% e 65,6 (Tabela 2). Considerando-se a faixa ideal de temperatura para suínos nas fases de crescimento e de terminação (18 e 23°C e 12 e 18°C), sugerida por Perdomo et al. (1994) e o valor de ITGU de 64,99 observado por Orlando et al. (2007) em estudo com leitoas dos 60 aos 100 kg, mantidas em ambiente de conforto térmico, pode-se inferir com base na variação das temperaturas ocorridas durante o período experimental que os animais não foram submetidos a estresse térmico.

Tabela 2 – Temperatura mínima e máxima, temperaturas de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

Horário	TBS ($^{\circ}\text{C}$)	UR (%)	ITGU ^a
07:00	$12,3 \pm 2,5$	$91,58 \pm 2,66$	$57,17 \pm 2,99$
12:00	$21,1 \pm 1,6$	$66,29 \pm 6,71$	$68,17 \pm 1,97$
17:00	$24,3 \pm 2,0$	$56,06 \pm 5,18$	$71,39 \pm 2,25$
Temperatura diária ($^{\circ}\text{C}$)			
Mínima	$9,1 \pm 1,6$		
Máxima	$24,7 \pm 2,1$		

^aÍndice proposto por Buffington et al. (1981) é calculado pela equação $\text{ITGU} = \text{TGN} + 0,36\text{TPO} + 41,15$ onde, TGN= temperatura de globo negro e TPO = temperatura de ponto de orvalho.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de Pd da ração sobre o consumo de ração diário (CRD) dos animais (Tabela 3). De forma semelhante, Arouca et al. (2010)

avaliando o desempenho de suínos dos 60 aos 95 kg recebendo rações com níveis de Pd variando de 0,097 a 0,460% não observaram efeito dos tratamentos sobre o CRD dos animais. Ausência de efeito significativo de níveis de Pd das rações sobre o CRD de suíno também foi observada por Weeden et al. (1993), Carter et al. (1998) e Hastad et al. (2004).

Por outro lado, Ekpe et al. (2002) verificaram resposta quadrática no CRD de suínos em função do aumento da concentração de Pd da ração. Variação no CRD de suínos em diferentes idades aos níveis de Pd da ração também foi observada por vários autores (Stahly e Cook, 1996; Viana, 2008; Alebrante et al., 2009; Saraiva et al., 2009a,b).

A inconsistência de resultados entre os estudos pode estar relacionada a fatores como temperatura ambiental, composição das rações experimentais, bem como à reserva corporal de fósforo dos suínos no início do experimento.

Em estudo conduzido para avaliar níveis de Pd em rações para suínos em crescimento e terminação Ketaren et al. (1993) verificaram aumento no CRD dos suínos em terminação (50 a 90 kg), somente quando os níveis de Pd avaliados ficaram abaixo dos níveis utilizados na fase de crescimento (20 a 50 kg).

Esses resultados evidenciaram que a resposta de consumo de alimento dos suínos aos níveis de Pd da ração na terminação foi dependente dos fornecidos na fase de crescimento.

Os níveis de Pd influenciaram ($P < 0,01$) o consumo de fósforo disponível (CPd) que aumentou de forma linear (Tabela 3), segundo a equação: $\hat{Y} = - 0,2786 + 32,9712Pd$ ($r^2 = 0,99$). Como o CRD dos animais não variou entre os tratamentos, o aumento linear observado no CPd ocorreu em razão da sua concentração nas rações.

Tabela 3 – Valores de desempenho e parâmetros ósseos de suínos recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração dos 60 aos 95 kg

Variáveis	Níveis de Fósforo Disponível (%)					CV %
	0,135	0,200	0,265	0,330	0,395	
Peso médio final (kg)	88,06	92,33	94,19	95,14	94,95	-
Consumo de ração (g/dia)	3002	3161	3304	3173	3214	6,79
Consumo de Pd (g/dia) ¹	4,05	6,32	8,75	10,47	12,69	6,20
Ganho de peso (g/dia) ³	900	1051	1107	1136	1129	6,59
Conversão alimentar ³	3,35	3,01	2,98	2,80	2,85	4,69
Fósforo no osso (g/kg) ²	91,80	94,85	94,86	94,20	95,57	2,03
Cálcio no osso (g/kg) ¹	185,60	187,17	195,60	190,40	192,25	2,09
Cinza óssea (%) ²	54,10	55,85	56,08	55,92	56,22	2,36
Ca:P no osso ⁴	2,02	1,97	2,06	2,02	2,01	-

^{1,2}Efeito linear (P<0,01) e (P<0,05), respectivamente.

³Efeito quadrático (P<0,01).

⁴Relação calculada de cálcio:fósforo no osso.

Foi verificado efeito (P<0,01) dos níveis de Pd sobre o ganho de peso diário (GPD) dos animais (Tabela 3), que aumentou de forma quadrática até o nível máximo estimado de 0,336% de Pd (Figura 1), correspondendo a um consumo diário estimado de 10,65 g. De maneira similar, Stahly et al. (2000) investigando os efeitos de níveis dietéticos de Pd sobre o desempenho de suínos em terminação, verificaram que o GPD dos animais aumentou de forma quadrática até o valor máximo estimado de 0,307% de Pd. Em estudo recente, com suínos dos 60 aos 95 kg, Arouca et al. (2010) também constataram aumento no GPD dos animais de forma quadrática até o nível máximo estimado de 0,350% de Pd na ração.

Embora os resultados entre os estudos sejam consistentes quanto aos efeitos positivos de níveis crescentes de Pd na ração sobre o GPD dos suínos, os níveis que proporcionaram os melhores resultados divergem entre os estudos.

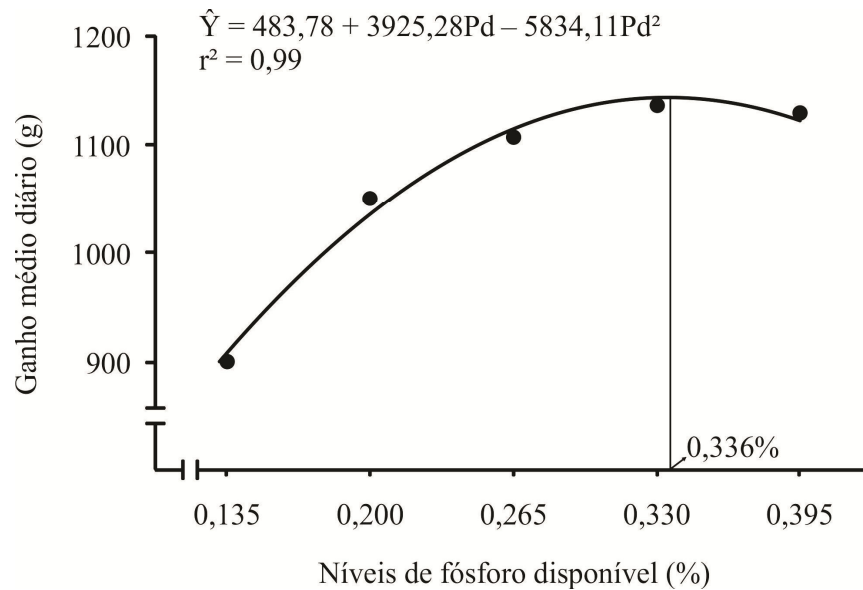


Figura 1 – Representação gráfica da variável ganho médio diário em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

Vários trabalhos têm demonstrado que o GPD de suínos pode ser afetado pelo ambiente térmico ao qual os animais são expostos (Collin et al., 2001; Quiniou et al., 2001; Le Bellego et al., 2002; Mano et al., 2005). Além da temperatura ambiental, a divergência de resultados encontrada entre os estudos pode estar relacionada a outros fatores como o potencial genético para deposição muscular, o nível de desafio imunológico imposto aos animais (Melchior et al., 2004; LeFloc'h et al., 2007; Trevisi et al., 2009) e a composição das rações experimentais.

Segundo Stahly et al., (2000), o tecido muscular possui maior quantidade de fósforo em relação ao tecido adiposo. Esta constatação está em concordância com os resultados de Fandrejewski & Rymarz (1986) e Hendricks et al. (1993) que verificaram que suínos provenientes de linhagens com diferentes potenciais genéticos para deposição de carne podem apresentar diferenças nas suas exigências de fósforo.

Em estudo mais recente, Wiseman e Mahan (2010) avaliaram a concentração de minerais no músculo de suínos de duas linhas genéticas, diferindo quanto ao potencial para deposição carne. Os autores verificaram que a concentração de fósforo no pernil e no lombo foi maior na linhagem de alto potencial, principalmente dos 45 aos 125 kg. Dessa forma aumentos na exigência de fósforo de suínos selecionados para maior potencial de ganho podem ser explicados pela maior demanda desse mineral para sustentar a síntese de proteína muscular.

Com relação ao desafio imune, Sthaly e Cook (1997) avaliaram níveis de Pd com leitões submetidos à elevada ou moderada exposição antigênica e verificaram que o maior valor de GPD dos animais submetidos a um desafio imune moderado ocorreu no nível de 0,60% de Pd, enquanto que para os animais sob alto desafio a melhor resposta de GPD ocorreu no nível de 0,40% de Pd. De acordo com Obled, (2003) e Le Floc'h et al. (2008), um ambiente sanitário inadequado e doenças infecciosas, ainda que subclínicas, podem induzir a um estado inflamatório com conseqüente limitação do desempenho dos animais por afetar o consumo de ração e o metabolismo de nutrientes.

A composição da ração, em relação ao conteúdo de polissacarídeos não amido (PNA), como a celulose e β -glucanos, pode afetar as exigências de Pd dos suínos por reduzirem a absorção de minerais no intestino dos animais. Confirmando essa proposição, Metzler-Zebeli et al. (2010) investigando os efeitos de frações de PNA na absorção de minerais pelo trato gastrointestinal de suínos dos 20 aos 120 kg, verificaram que o conteúdo de PNA da ração afetou de forma negativa o fluxo ileal de minerais, resultando em menor retenção corporal de fósforo.

A conversão alimentar (CA) dos animais foi influenciada ($P < 0,01$) pelos níveis de Pd da ração (Tabela 3), que melhorou de forma quadrática até o nível máximo estimado de 0,348% de Pd (Figura 2), correspondendo a um consumo diário de 11,03 g. Em

estudo com suínos dos 60 aos 95 kg, Arouca et al. (2010) também observaram efeito quadrático dos níveis de Pd da ração sobre a CA dos animais que melhorou até o nível máximo estimado de 0,330% de Pd.

De forma contrária, O'Quinn et al. (1997) e Hastad et al. (2004) avaliando níveis de Pd (variando de 0,05 a 0,240%) na ração de suínos em terminação não constataram efeito sobre a eficiência alimentar dos animais.

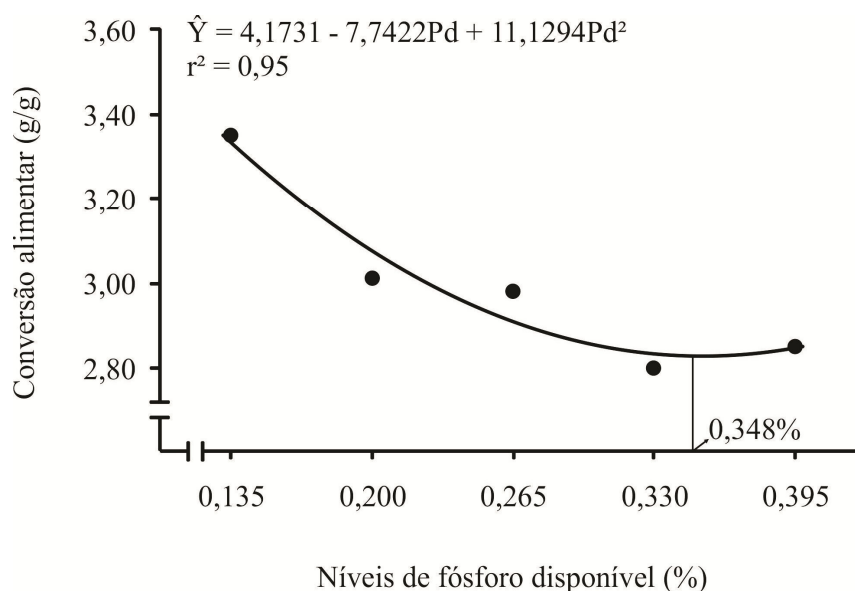


Figura 2 – Representação gráfica da variável conversão alimentar em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

O nível de 0,348% de Pd obtido no presente trabalho é superior aos sugeridos pelo NRC (1998) para suínos machos castrados de 50 a 80 kg (0,190%), Rostagno et al. (2005) para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (0,248%) dos 70 aos 100 kg e pela Agrocercos-Pic (2007) para machos castrados selecionados para deposição de carne, dos 68 aos 95 kg (0,260% de Pd).

Além da possível diferença entre as genéticas quanto à capacidade de deposição muscular, a inconsistência de resultados observada entre os trabalhos também pode estar

relacionada ao padrão sanitário dos animais utilizados nos diferentes experimentos. Esta proposição se sustenta nos resultados de Sthaly e Cook (1997) que avaliaram níveis de Pd na ração de suínos em crescimento, e verificaram que a melhor CA dos animais submetidos a um desafio imune moderado ocorreu no nível de 0,70% de Pd, enquanto que sob alto desafio a melhor resposta para esta variável foi obtida no nível de 0,40% de Pd.

As quantidades de cálcio (CaO) e de fósforo (PO) nos ossos dos animais foram influenciadas ($P < 0,01$ e $P < 0,05$) de forma linear crescente pelos níveis de Pd das rações (Tabela 3), segundo as equações: $\hat{Y} = 183,128 + 26,7186Pd$ ($r^2 = 47$) e $\hat{Y} = 91,5824 + 10,2863Pd$ ($r^2 = 51$), respectivamente. Efeito linear crescente para as variáveis CaO e PO de suínos em crescimento em função do aumento dos níveis de Pd da ração também foram reportados por Viana (2008) e Saraiva et al. (2009a). De forma semelhante, Saraiva et al. (2009b) avaliando o efeito de diferentes concentrações de Pd sobre os parâmetros ósseos de suínos dos 30 aos 60 kg, verificaram que a quantidade de fósforo no terceiro metacarpo dos animais aumentou de forma linear com o aumento dos níveis de Pd da ração. No entanto, não constataram efeito dos níveis de Pd sobre a quantidade de CaO dos suínos.

Por outro lado, os resultados de PO obtidos nesse trabalho não corroboram os de Gomes et al. (1989a,b) que avaliando níveis de Pd em rações para suínos em crescimento e terminação, não observaram variação na quantidade de PO dos animais.

No presente estudo o melhor resultado de GPD foi obtido no nível de 0,336% de Pd enquanto as quantidades de CaO e PO continuaram a aumentar linearmente. Esse resultado corrobora os relatos de Mahan et al. (1980), Crenshaw (1986) e Combs et al. (1990) de que o nível de fósforo exigido para maximizar a mineralização óssea é maior do que o exigido para máximo ganho de peso.

Os níveis de Pd influenciaram ($P < 0,05$) a porcentagem de cinza nos ossos (CO) dos animais (Tabela 3) que aumentou de forma linear, segundo a equação: $\hat{Y} = 53,9096 + 6,6499Pd$ ($r^2 = 0,61$). Esse resultado está coerente com os verificados para as variáveis CaO e PO no presente trabalho, que também aumentaram de forma linear com o aumento dos níveis de Pd da ração. Da mesma forma, o aumento linear verificado para a variável CO está em concordância com as constatações consistentes de vários autores de que o nível de fósforo exigido para máximo GPD e eficiência alimentar é menor do que o necessário para maximizar o teor de CO (Fammatre et al., 1977; Nimmo et al., 1981. Mahan, 1982).

No entanto, Ketaren et al. (1993) e Weeden (1993) estudando níveis de Pd na ração de suínos em crescimento, observaram variação significativa nas porcentagens de CO do fêmur, sem alteração significativa nos valores dessa variável no terceiro e quarto metatarsos.

Além de fatores como o genótipo dos animais (Hittmeier et al., 2006; Alexander et al., 2010), a inconsistência de resultados observada entre trabalhos com relação ao efeito de níveis crescentes de Pd sobre parâmetros ósseos de suínos em crescimento pode estar relacionada, principalmente, ao tipo de osso utilizado nas análises (Crenshaw et al., 1981; Eckhout et al., 1995).

A mobilização de fósforo dos ossos não ocorre da mesma forma nos diferentes tipos ósseos. Os ossos esponjosos (costelas, vértebras e esterno), que normalmente apresentam menor conteúdo de cinza, são os primeiros a serem afetados durante a deficiência de fósforo dietético. Ossos longos como o úmero, o fêmur, a tíbia e os ossos pequenos das extremidades do corpo (metacarpos e metatarsos, por exemplo) são as últimas reservas a serem usadas.

Conclusão

Os níveis de 0,336 e 0,348% de fósforo disponível, correspondentes aos consumos diários estimados respectivos de 10,65 e 11,03 g, proporcionam, respectivamente, os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar de suínos machos castrados, seleccionados para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg.

Referências Bibliográficas

- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético mantidos sob estresse por calor dos 15 aos 30 kg no período de inverno. **In:** 46º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá. **Anais...Maringá:** RBZ, 2009.
- ALEXANDER, L.S.; QU, A.; CUTLER, S.A. et al. Response to dietary phosphorus deficiency is affected by genetic background in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2585–2595, 2008.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2646-2655, 2010.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CARTER, S.D. e CROMWELL, G.L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: I. Performance and bone characteristics. **Journal of Animal Science**, v.76, p.584-595, 1998.
- COLLIN, A.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature on feeding behavior and heat production in group-housed young pigs. **The British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70, 2001.
- COMBS, N.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDERMANN, M.D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: II. Development of response curves for bone criteria and comparison of bending a shear bone testing. **Journal Animal Science**, v.69, p.682-693, 1990.
- CRENSHAW, T.D. Reliability of dietary Ca and P levels and bone mineral contents as a predictors of bone mechanical properties at various time periods in growing swine. **Journal of Nutrition**, v.116, p.2155, 1986.
- CRENSHAW, T.D.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. **Journal of Animal Science**, v.53, p.827, 1981.
- EECKHOUT, W.; PAEPE, M.; WARNANTS, N. et al. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level on the diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.29-40, 1995.
- EKPE, E.D.; ZIJLSTRA, R.T.; PATIENCE, J.F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.82, p.541-549, 2002.
- FAMMATRE, C. A.; MAHAN, D.C.; FETTER, A.W. et al. Effects of dietary protein, calcium and phosphorus levels for growing and finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.44, p.65-7, 1977.
- FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T.; SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2388-2396, 2001.
- FANDREJEWSKI, H.; RYMARZ. Effect of feeding level on Ca, P, K and Na content in bodies of growing boars and gilts. **Livestock Production Science**, v.14, p.211-215, 1986.

- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.241-247, 1989a.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; PEREIRA, J.A.A. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.233-239, 1989b.
- 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.
- HENDRIKS, W.H.; MOUGHAN P.J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. **Livestock Production Science**, v.33, p.161-170, 1993.
- HITTMEIER, L.J.; GRAPES, L.; LENSING, R.L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. *Journal Animal Science*, v.17, p.385-395, 2006.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S. e WHITE, E. Phosphorus studies in pigs. 1. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. **British Journal of Nutrition**, v.70, p.249-268, 1993.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.691-701, 2002.
- LE FLOC'H, N. e SEVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: Potential implications for pig feeding. **Livestock Science**, v.112, p.23-32, 2007.
- LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; SÈVE, B. Dietary tryptophan helps to preserve tryptophan homeostasis in pigs suffering from lung inflammation. **Journal of Animal Science**, v.86, p.3473-3479, 2008.
- MAHAN, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.54, p.559-564, 1982.
- MAHAN, D.C.; EKSTRON, K.E; FETTER, A.W. Effect of dietary protein, calcium and phosphorus for swine from 7 to 20 kilograms body weight. **Journal of Animal Science**, v.50, p.309-314, 1980.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1963-1970, 2005.
- MELCHIOR, D.; SÈVE, B.; LE FLOC'H, N. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.1091-1099, 2004.
- METZLER-ZEBELI, B.U.; HOODA, S.; MOSENTHIN, R. et al. Bacterial fermentation affects net mineral flux in the large intestine of pigs fed diets with viscous and fermentable nonstarch polysaccharides. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3351-3362, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition, Nutrient requirements of swine, 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 189p.
- NIMMO, R. D.; PEO Jr., E.R.; MOSER, B.D. et al. Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation performance, blood and bone parameters of swine. **Journal of Animal Science**, v.52, p.1330-1342, 1981.
- O'QUINN, P.R.; KNABE, D.A. e GREGG, E.J. Digestible phosphorus needs of terminal-cross growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1308-1318, 1997.

- OBLED, C. Necessidades de aminoácidos em estados inflamatórios. FEDNA, 2003. Disponível em: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP_IV.pdf Acessado em: 10/09/2010.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína e suplementação de aminoácidos em dietas para leitões mantidas em ambiente de alta temperatura dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1069-1075, 2007.
- PERDOMO, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. P.19-26.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. et al. Modeling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low and high temperatures. **British Journal of Nutrition**, v.84, p.97-107, 2001.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. 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, p.307-303, 2009b.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para leitões de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1279-1285, 2009a.
- SHURSON, J. & POMERENKE, J. [2008]. Use of US DDGS in practical swine diet formulations. University of Minnesota. **International Distillers Grains Conference**. Disponível em: <http://www.thepigsite.com/articles/2629/use-of-us-ddgs-in-practical-swine-diet-formulations> Acesso em: 12/04 /2009.
- STAHLY, T.S. & COOK, D.R. [1997]. **Dietary available phosphorus needs of pigs experiencing a moderate and high level of antigen exposure**. ASL-R 1371. Iowa State University. Swine research report, 1997. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/pages/ansci/swinereports/asl-1563.pdf> Acessado em: 30/10/2007.
- STAHLY, T.S. & COOK, D.R. **Dietary available phosphorus needs of pigs from 13 a 70 pounds body weight**. ASL-R 1477. Iowa State University. Swine research report, 1996. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/pages/ansci/swinereports/nutrition97.html> Acessado em: 30/10/2007.
- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. [2000]. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University. **Swine Research Report**. Disponível em: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf> Acesso em: 20/06/2007.
- TREVISI, P.; MELCHIOR, D.; MAZZONI, M. et al. A tryptophan-enriched diet improves feed intake and growth performance of susceptible weanling pigs orally challenged with Escherichia coli K88. **Journal of Animal Science**, v.87, p. 148-156, 2009.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). 2000. **S.A.E.G. (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG (Versão 9.0).
- VIANA, J.M. **Biodisponibilidade de fósforo em fosfatos e níveis s de fósforo disponível para suínos na fase inicial**. 2008. 49 p. Tese (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- WEEDEN, T.L.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et al. Effects of porcine somatotropin and dietary phosphorus on growth performance and bone properties of gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2674-2682, 1993.
- WISEMAN, T.G. & MAHAN, D.C. Partition of minerals in body components from high- and low-lean genetic line of barrows and gilts from 20 to 25 kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3337-3350, 2010.

**NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA SUÍNOS
SELECIONADOS PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE DOS 60 AOS 95 kg NO
PERÍODO DE VERÃO**

Resumo – Com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível (Pd) em rações para suínos selecionados para deposição de carne, foram utilizados 50 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, com peso inicial de $66,50 \pm 2,78$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos aos acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico resultando em rações com 0,122; 0,187; 0,252; 0,317 e 0,382% de Pd. O consumo de ração diário e o ganho de peso diário variaram de forma quadrática de acordo com os níveis de Pd da ração, com valores máximos de 0,226 e 0,256% de Pd, respectivamente. Foi verificado efeito dos níveis de Pd sobre a conversão alimentar que reduziu até o nível de 0,295% de Pd, permanecendo em um platô. Os níveis de fósforo disponível influenciaram de forma quadrática os teores de fósforo e cálcio nos ossos que aumentaram até os níveis estimados de 0,314 e 0,272% de Pd, respectivamente. A porcentagem de cinza nos ossos foi influenciada de forma linear crescente pelos níveis Pd das rações. Os melhores resultados de ganho de peso de conversão alimentar de suínos selecionados para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg, são proporcionados, respectivamente, pelos níveis de fósforo disponível de 0,256 e 0,295%, correspondentes a consumos diários estimados de 7,06 e 7,93 g de fósforo disponível.

Palavras-chave: calor, desempenho, exigência, genótipo, minerais

AVAILABLE PHOSPHORUS IN DIETS FOR 60 TO 95 kg PIGS SELECTED FOR MEAT DEPOSITION IN THE SUMMER PERIOD

Abstract – With the objective to evaluate available phosphorus levels (aP) in diets for pigs selected for meat deposition, 50 commercial hybrid barrows with initial weight of 66.50 ± 2.78 kg were used. Pigs were allotted in a completely randomized block design, with five treatments, five replicates, and two pigs per experimental unit. The treatments were composed of a basal diet and other four diets obtained through basal diet supplementation with dicalcium phosphate to obtain five aP levels (0.122, 0.187, 0.252, 0.317, and 0.382%). Daily feed intake and daily weight gain showed a quadratic behavior according to aP levels, with maximum responses at 0.226 and 0.256% of aP in the diet, respectively. The levels of aP influenced feed conversion which decreased until the level of 0.295% of aP, maintaining in a plateau. The amount of phosphorus and calcium in the bones increased in a quadratic way according to the dietary aP levels, with maximum responses at 0.314 and 0.272% of aP, respectively. Ash percentage increased in a linear way as aP levels increased in the diets. The greatest weight gain and feed conversion of 60 to 95 kg pigs, selected for meat deposition, is obtained at 0.256 and 0.295% of available phosphorus, corresponding to daily intakes of 7.06 and 7.93 g of available phosphorus.

Key words: heat, genotype, minerals, performance, requirement

Introdução

Além de ser um componente economicamente importante nas rações para suínos (Fan et al., 2001; Shurson & Pomeroy, 2008), o fósforo é um elemento crítico para a deposição de proteína corporal devido ao seu envolvimento no metabolismo da energia, na síntese de ácidos nucléicos e na estrutura das membranas celulares.

A concentração de fósforo no músculo é maior quando comparada com a do tecido adiposo (Stahly et al., 2000). Conseqüentemente, é possível que a exigência de fósforo dos suínos aumente em função do aumento da sua capacidade de deposição de proteína muscular. Assim, a intensa seleção genética para maior deposição de proteína em detrimento à deposição de gordura torna necessária a reavaliação constante das exigências de fósforo disponível dos suínos, para não comprometer o desempenho dos animais.

Apesar da importância do fósforo para o crescimento e manutenção tanto do tecido muscular quanto do tecido esquelético, poucos estudos têm sido conduzidos para investigar as exigências de fósforo disponível das linhagens atuais. As exigências de fósforo de suínos, em estudos conduzidos no passado, foram definidas principalmente com base no desempenho e na mineralização óssea (resistência à quebra e teor de cinza no osso) (Kegley et al., 2001). No entanto, a maximização do desenvolvimento ósseo definida pela resistência à quebra parece não ser necessária, particularmente em suínos destinados à produção de carne, uma vez que a quantidade de fósforo necessária para máxima resistência óssea tem sido no mínimo 0,1% maior do que a exigida para máximo ganho de peso (Miller et al. 1964; Mahan et al. 1980; Mahan, 1982). Além dessas considerações, é importante ressaltar a ocorrência de significativas variações entre os níveis de fósforo exigidos para máxima resistência óssea de suínos reportados

na literatura, que podem ser atribuídas a diferenças nos instrumentos utilizados para acessar as propriedades físicas dos ossos, ao tipo de osso utilizado, aos procedimentos utilizados no preparo das amostras, ao grau de umidade do osso e à sua posição no equipamento (Crenshaw et al., 1981).

As exigências nutricionais dos suínos podem variar não somente em relação ao genótipo, sexo ou *status* sanitário, mas também em função da fase de desenvolvimento dos animais e principalmente em função do ambiente térmico ao qual são submetidos (NRC, 1998).

Os suínos, ao contrário de outros animais homeotermos, apresentam limitada capacidade de perder calor para o ambiente e quando expostos a elevadas temperaturas reduzem o consumo de ração de forma a diminuir a quantidade de calor a ser dissipada para o meio (Le Bellego et al., 2002; Quiniou et al., 2000). A diminuição da produção de calor gerado pelos processos metabólicos da digestão do alimento é a principal consequência da redução do consumo de ração em ambientes de alta temperatura (Noblet et al., 1994). Dessa forma, situações de elevadas temperaturas ambientais, como ocorre na maioria das regiões brasileiras durante o período de verão, podem resultar em alterações no padrão de consumo de ração dos animais, modificando suas exigências nutricionais em gramas por dia e em porcentagem nas rações. Conseqüentemente, na avaliação das exigências de fósforo disponível dos suínos o ambiente térmico no qual os animais se encontram deve ser considerado.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível em rações para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg, no período de verão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Granja de Suínos da Fazenda Experimental Vale do Piranga, de propriedade da EPAMIG, localizada no município de Oratórios – MG, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008.

Foram utilizados 50 suínos híbridos comerciais, machos castrados, com peso médio de $66,50 \pm 2,78$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições e dois animais por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela baia e na formação dos blocos foi levado em consideração o peso dos animais.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e parede de alvenaria, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão coberto com telhas de amianto. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (7 h), de globo negro e de bulbo seco e bulbo úmido (7, 12 e 17 h), mantidos em uma baia vazia no centro galpão, a meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), caracterizando o ambiente térmico em que os animais foram mantidos.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências dos animais, de acordo com Rostagno et al. (2005), exceto para o fósforo disponível. Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), foram constituídos por uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico, em substituição à areia lavada, resultando em rações com 0,122;

0,187; 0,252; 0,317 e 0,382% de Pd. Os aminoácidos industriais foram adicionados mantendo-se a relação com a lisina digestível preconizada por Rostagno et al. (2005).

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de Fósforo Disponível (%)				
	0,122	0,187	0,252	0,317	0,382
Milho grão	68,977	68,977	68,977	68,977	68,977
Farelo soja	26,286	26,286	26,286	26,286	26,286
Óleo soja	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927
Fosfato bicálcico	-	0,351	0,703	1,054	1,405
Calcário	1,130	0,906	0,681	0,458	0,369
Inerte	1,430	1,303	1,176	1,048	0,786
Sal comum	0,381	0,381	0,381	0,381	0,381
L-lisina HCl	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302
DL - metionina	0,099	0,099	0,099	0,099	0,099
L – treonina	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088
Mistura mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura vitamínica ²	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Promotor de crescimento 1 ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento 2 ⁴	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada ⁵					
EM (kgcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%)	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Lisina digestível (%)	1,036	1,036	1,036	1,036	1,036
Met + Cis digestível (%)	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622
Treonina digestível (%)	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Cálcio (%)	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518
Cálcio analisado (%)	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584
Fósforo total analisado (%)	0,370	0,435	0,500	0,565	0,630
Fósforo disponível (%)	0,122	0,187	0,252	0,317	0,382
Relação cálcio:fósforo disponível	4,79	3,12	2,32	1,84	1,53

¹Conteúdo/quilo de produto: vitamina A (3.000.000 UI), vitamina D3 (1.200.000 UI), vitamina E (7.500 mg), vitamina K (1.250 mg), vitamina B12 (7000 mg), vitamina B2 (2.300 mg), biotina (50 mg), pantotenato de Ca (6.000 mg), niacina (10.000 mg), colina (125 g), promotor crescimento (50 g), antioxidante (5.000 mg), vitamina B1 (500 mg), vitamina B6 (1.000 mg), ácido fólico (150 mg) e veículo q.s.p. (1.000g).

²Conteúdo/kg de produto: ferro (45.000 mg), cobre (37.000 mg), manganês (25.000 mg), zinco (35.000 mg), cobalto (300 mg), iodo (800 mg), selênio (120 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

³Princípio ativo: tilosina.

⁴Princípio ativo: ciprofloxacina.

⁵Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, de acordo com Rostagno et al. (2005).

As rações e a água foram fornecidas à vontade aos animais. As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente e os animais pesados no início e no final do período experimental (30 dias), para determinação do consumo de ração e de fósforo disponível, do ganho de peso e da conversão alimentar.

No final do período experimental, após jejum de 18 horas, os animais foram encaminhados para o abate realizado no Frigorífico Industrial Vale do Piranga (FRIVAP). Os animais foram insensibilizados por choque elétrico e sacrificados por sangramento para coleta das patas anteriores direitas.

Foi utilizada a pata de um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo dos 95 kg. As patas foram colocadas em recipiente de alumínio contendo água e fervidas para amolecer a pele e a carne que envolve os ossos para, em seguida, ser retirado o terceiro osso metacarpiano. Os ossos foram desengordurados em extrator *Soxhlet* e levados à estufa ventilada a 65°C por um período de 24 horas e, em seguida, foram triturados em moinho de bola.

A determinação dos teores de cálcio e fósforo das rações experimentais, bem como das concentrações de cálcio, fósforo e cinza nos ossos, foi realizada no laboratório da Rodes Química Cajati LTDA, em Cajati – São Paulo.

A baía foi considerada a unidade experimental para análise das variáveis de desempenho (consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível). Apenas um animal foi utilizado como unidade experimental para avaliação dos parâmetros ósseos (cálcio, fósforo e cinza nos ossos). Os dados foram analisados utilizando-se os procedimentos para análise de variância e de regressão, contidos no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 9.0. As exigências de fósforo disponível foram determinadas por meio de regressão linear ou

quadrática. Para todos os procedimentos estatísticos valores de probabilidade menores que 0,05 foram considerados significativos.

Resultados e Discussão

Durante o período experimental as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa e o índice de temperatura de globo e umidade no interior do galpão foram em média de 29,8°C; 21,3°C; 87,27% e 75,35, respectivamente (Tabela 2). Considerando a faixa ideal de temperatura para suínos nas fases de crescimento e de terminação (18 e 23°C e 12 e 18°C, respectivamente), sugerida por Perdomo et al. (1994) e o valor de ITGU de 79,7, verificado por Orlando et al. (2007) em estudo com leitões em crescimento mantidas em ambiente de alta temperatura ($30 \pm 0,8^\circ\text{C}$), verifica-se com base na variação das temperaturas ocorridas durante o período experimental que os animais foram submetidos a períodos de estresse por calor.

Tabela 2 – Temperatura média mínima e máxima, temperaturas de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

Horário	TBS (°C)	UR (%)	ITGU ^a
07:00	21,3 ± 1,2	98,25 ± 3,97	71,04 ± 1,45
12:00	24,5 ± 2,6	87,68 ± 11,65	75,58 ± 3,18
17:00	28,0 ± 2,5	76,36 ± 14,75	79,27 ± 4,46
Temperatura diária (°C)			
Mínima	21,0 ± 1,1		
Máxima	29,8 ± 3,6		

^aÍndice proposto por Buffington et al. (1981) é calculado pela equação $ITGU = TGN + 0,36TPO + 41,15$ onde, TGN = temperatura de globo negro e TPO = temperatura de ponto de orvalho.

Foi verificado efeito ($P < 0,05$) dos níveis de Pd da ração sobre o consumo de ração diário (CRD) dos animais (Tabela 3), que aumentou de forma quadrática até o nível máximo estimado de 0,226% (Figura 1). Esse resultado está consistente com o obtido por Ekpe et al. (2002), que também verificaram variação quadrática do consumo

voluntário pelos suínos em terminação em função do nível de Pd das rações. De forma similar, Reinhart & Mahan (1986), Viana (2008) e Saraiva et al. (2009 a,b) em estudos conduzidos com suínos em diferentes fases de crescimento, também verificaram variação significativa no CRD dos animais devido ao aumento do nível de Pd da ração.

Tabela 3 – Valores de desempenho e parâmetros ósseos de suínos recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração dos 60 aos 95 kg

Variáveis	Níveis de Fósforo Disponível (%)					CV %
	0,122	0,187	0,252	0,317	0,382	
Peso médio final (kg)	92,21	93,05	96,77	94,62	94,34	-
Consumo de ração (g/dia) ¹	2632	2599	2931	2552	2353	9,83
Consumo de Pd (g/dia) ²	3,21	4,86	7,38	8,09	8,99	8,85
Ganho de peso (g/dia) ¹	858	883	1010	937	850	12,13
Conversão alimentar ³	3,08	2,94	2,91	2,73	2,79	7,30
Fósforo no osso (g/kg) ¹	93,08	95,24	99,68	98,44	98,38	2,19
Cálcio no osso (g/kg) ¹	188,60	193,60	200,80	196,00	193,40	3,48
Cinza óssea (%) ³	53,90	54,44	55,34	54,92	55,84	2,09
Ca:P no osso ⁴	2,03	2,03	2,01	1,99	1,96	-

¹Efeito quadrático (P<0,05).

^{2,3}Efeito linear (P<0,01) e (P<0,05), respectivamente.

⁴Relação calculada de cálcio:fósforo no osso.

Embora, no experimento realizado durante os meses de julho e agosto (Capítulo 2), os níveis de Pd da ração não tenham influenciado o CRD dos animais, o consumo médio de ração de 3170 g/dia obtido naquele estudo foi 21% maior em comparação com o CRD (2613 g/dia) dos animais do presente trabalho. Essa variação de resposta no CRD entre os dois ambientes térmicos pode estar relacionada ao fato de que suínos submetidos a elevadas temperaturas ambientais apresentam redução significativa no consumo voluntário, independente dos níveis nutricionais da ração.

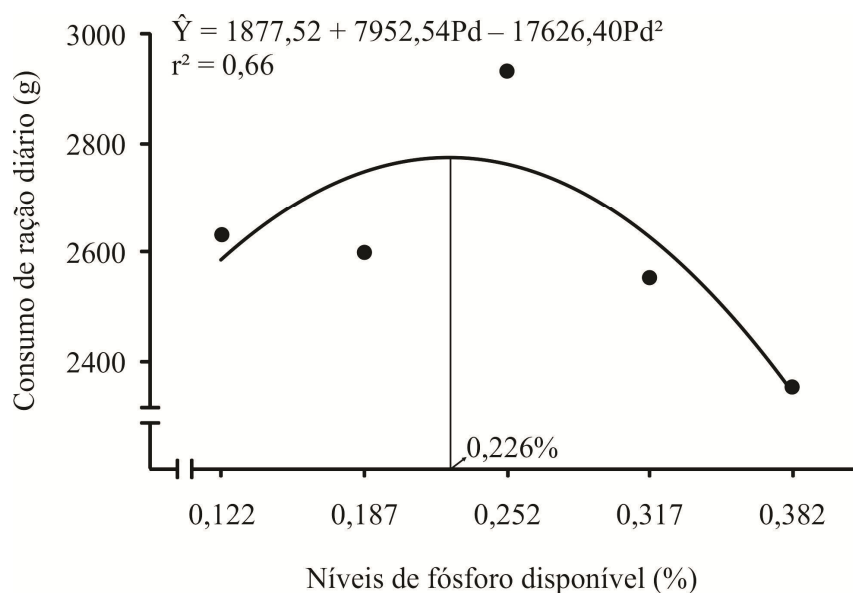


Figura 1 – Representação gráfica da variável consumo médio diário em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

Em estudo com suínos dos 64 aos 100 kg Le Bellego et al. (2002) observaram uma redução de 16% no CRD dos animais mantidos em ambiente quente (29°C) em relação àqueles em ambiente termoneutro (22°C). Outros autores também relataram redução no consumo de ração de suínos expostos a altas temperaturas (Quiniou et al., 2000; Manno et al., 2005).

A partir dos resultados de CRD obtidos nesse estudo fica evidenciado que tanto a deficiência quanto o excesso de Pd podem influenciar o consumo de ração dos animais de forma negativa, o que permite inferir que os suínos são sensíveis a níveis inadequados de fósforo na ração.

Os níveis de Pd influenciaram ($P < 0,01$) o consumo de fósforo disponível que aumentou de forma linear segundo a equação $\hat{Y} = 0,7748 + 22,7486$ ($r^2 = 0,95$) (Tabela 3). Variação positiva no consumo de Pd em razão da sua concentração na ração dos

suínos na fase de terminação também foi observado por Stahly et al. (2000), Hastad et al. (2004) e Arouca et al. (2010).

Como o consumo de ração aumentou de forma quadrática entre os tratamentos, pode-se afirmar que o aumento linear observado no consumo de Pd ocorreu em razão direta da sua concentração na ração, principalmente nos dois maiores níveis de Pd avaliados, onde o CRD diminuiu.

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre o ganho de peso diário (GPD) dos suínos (Tabela 3), que aumentou de forma quadrática até o nível máximo estimado de 0,256% de Pd (Figura 2), correspondendo a um consumo diário de 7,06 g. Resultados semelhantes foram obtidos por Ketaren et al. (1993), Stahly et al. (2000) e Arouca et al. (2010), que trabalhando com suínos na fase de terminação, verificaram que o GPD dos animais aumentou de forma quadrática em função do aumento do teor de Pd da ração.

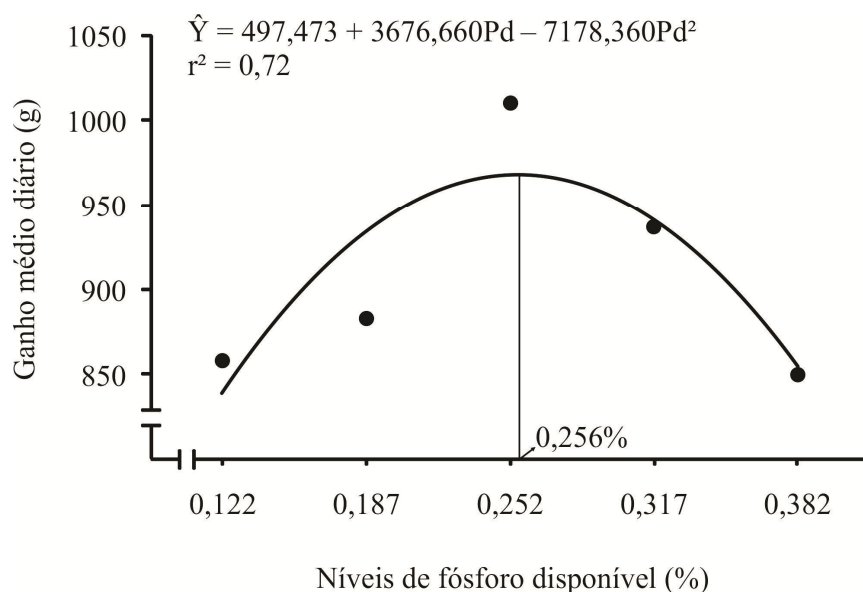


Figura 2 – Representação gráfica da variável ganho médio diário em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

Embora tenha ocorrido similaridade no padrão de resposta quanto aos efeitos dos níveis de fósforo disponível sobre o ganho de peso dos animais, os níveis de Pd que proporcionaram os melhores resultados de GPD corresponderam a 0,200, 0,307 e 0,350% de Pd, respectivamente.

A variação de resultados observada em estudos conduzidos na avaliação das exigências de Pd para suínos pode estar relacionada à diferença entre as genéticas quanto ao potencial para deposição de tecido muscular, a estrutura óssea dos animais, a composição as rações experimentais e ainda em relação ao ambiente térmico ao qual os animais foram expostos.

Estudos conduzidos por Fandreyewski & Rymarz (1986), Hendricks et al. (1993) e Mahan (2006) revelaram que suínos provenientes de linhagens com diferentes potenciais genéticos para deposição de carne, podem apresentar diferenças nas suas exigências de minerais, entre eles o fósforo. Em acordo com esses autores Stahly (2001) verificou que o conteúdo médio de fósforo no tecido muscular (0,206%) dos suínos foi maior que no tecido adiposo (0,036%).

Coerente com esses relatos Mahan (2006), avaliando o conteúdo total de minerais no lombo e no pernil de suínos de duas diferentes linhagens genéticas, verificou que as concentrações de cálcio e de fósforo foram maiores na linhagem com maior potencial para deposição de carne.

Estes resultados confirmam que as exigências de fósforo dos suínos podem variar em função do potencial para deposição muscular e que os aumentos verificados na exigência de Pd de suínos selecionados para maior deposição de carne podem ser explicados pela aumentada demanda de fósforo para a síntese protéica. Este aumento pode estar relacionado ao fato de que o fósforo é necessário para o crescimento muscular por estar envolvido no metabolismo da energia (armazenamento e

transferência via ATP), na síntese dos ácidos nucléicos e na estrutura das membranas celulares através dos fosfolipídios.

Com relação à diferença na estrutura óssea, Hittmeier et al. (2006), investigando a influência de níveis de fósforo na resposta metabólica de duas linhagens de suínos que diferiam na sua estrutura óssea, ossos pesados ou ossos leves, observaram que a ração com baixo nível de Pd influenciou o GPD somente dos animais da linhagem classificada como de osso pesado. Os autores relataram que os animais dessa linhagem pareceram priorizar a deposição de fósforo no osso em detrimento à sua taxa de crescimento. Consistente com essa proposição, Alexander et al. (2008) investigando os efeitos de níveis de Pd em rações de leitões de dois genótipos, dos 8 aos 80 kg, observaram diferenças na concentração plasmática de importantes hormônios envolvidos na regulação da homeostase do fósforo no organismo, que ocorreram não somente devido aos níveis de Pd das rações, mas também em função dos diferentes genótipos. Os estudos de Hittmeier et al. (2006) e Alexander et al. (2008) demonstram que o controle do metabolismo do fósforo no organismo pode também ser regulado pela genética dos animais e não somente pela concentração de fósforo na ração.

Considerando-se o ambiente térmico, em estudo com suínos dos 15 aos 30 kg, alimentados *ad libitum*, Manno et al. (2005) observaram que os animais mantidos em ambiente com temperatura média de 34,2°C tiveram uma redução de 28% no GPD quando comparados com os animais mantidos em ambiente termoneutro (22,7°C). Em concordância com esses autores, no presente experimento o GPD dos animais foi 15% menor quando comparado ao GPD dos animais do experimento realizado durante os meses de julho e agosto (Capítulo 2), em ficou caracterizada a condição de termoneutralidade. Redução no GPD e na eficiência alimentar de suínos em crescimento mantidos em ambiente quente (33°C) quando comparados com aqueles em ambiente de

conforto térmico (23°C) também foi observado por Collin et al. (2001) and Kerr et al. (2003).

A conversão alimentar (CA) dos animais melhorou ($P < 0,05$) de forma linear, a medida que se elevou o nível de Pd da ração (Tabela 3). No entanto, o modelo *Linear Response Plateau* (LRP) foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,295% o nível de Pd a partir do qual a CA permaneceu em um platô (Figura 3), correspondendo a um consumo diário de 7,93 g de Pd. Influência positiva dos níveis de Pd da ração sobre a eficiência de utilização do alimento para GPD dos suínos na fase de terminação também foi observado por Ketaren et al. (2003), Carter et al. (1998) e Arouca et al. (2010).

Por outro lado, O'Quinn et al. (1997) avaliando níveis de Pd (0,14 a 0,24%) para suínos dos 50 aos 80 kg não observaram influencia dos tratamentos sobre a eficiência alimentar dos animais. Da mesma forma, Hastad et al. (2004) investigando o desempenho de fêmeas suínas dos 88 aos 109 kg, recebendo rações com níveis de Pd variando entre 0,05 a 0,23% também não verificaram variação significativa na eficiência alimentar dos animais.

Considerando o relato de Krick et al. (1992) de que a deposição de proteína seria um dos principais fatores que podem justificar o aumento do GPD associado a melhora da CA dos suínos, pode-se inferir com base nos resultados de desempenho obtidos em estudo, que deve ter ocorrido variação na composição de ganho dos animais com aumento na proporção de proteína em detrimento de gordura. Em acordo com essa proposição Stahly (2001) afirmou que baixos níveis de fósforo na ração podem comprometer a deposição de proteína na carcaça de suínos.

No presente estudo, os consumos médios diários de 7,06 e 7,93 g de Pd obtidos nos níveis estimados de 0,256 e 0,295% de Pd proporcionaram, respectivamente, os

melhores resultados de GPD e CA são inferiores aos obtidos no experimento realizado no período de julho a agosto (Capítulo 2), que foram de 10,65 e 11,03 g/dia para GPD e CA, respectivamente.

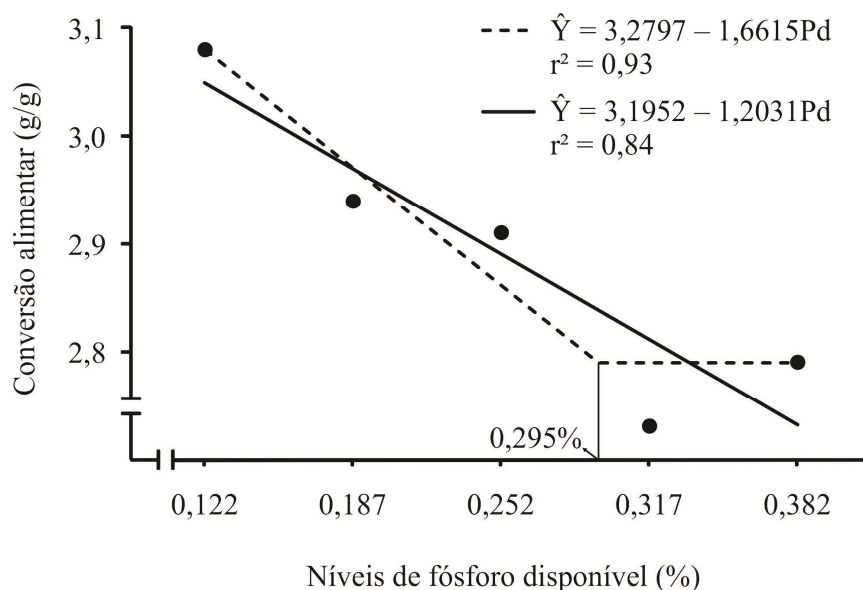


Figura 3 – Representação gráfica da variável conversão alimentar em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

Estes resultados evidenciam que suínos mantidos em ambiente de elevada temperatura apresentam menor exigência absoluta de Pd. Essa proposição está consistente com os resultados de Persia et al. (2003) que sugeriram que a menor exigência de fósforo de frangos em crescimento submetidos a estresse crônico por calor ocorreu devido a limitação do crescimento das aves em consequência da alta temperatura. Com base nos resultados obtidos por Persia et al. (2003) pode-se inferir que suínos expostos a ambientes de alta temperatura têm menor exigência absoluta de Pd possivelmente em função de menores taxas de ganho e retenção de fósforo.

Tendo como base o nível de 0,256 e 0,295% de Pd que proporcionaram, respectivamente, os melhores resultados de GPD e CA fica evidenciado que os níveis de 0,190 e 0,248% de Pd preconizados para suínos em terminação, respectivamente, pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2005) podem não ser suficientes para atender as exigências dos atuais genótipos de suínos, dos 60 aos 95 kg..

Os níveis de Pd influenciaram ($P < 0,05$) as quantidades de fósforo (PO) e de cálcio (CaO) nos ossos, que aumentaram de forma quadrática até os níveis máximos estimados de 0,314% (Figura 4) e 0,272% (Figura 5) de Pd nas rações. De forma semelhante, Gomes et al. (1989a) e Ekpe et al. (2002) também verificaram que a quantidade de PO de suínos em crescimento aumentou de forma quadrática em função dos níveis de fósforo da ração. Os dados de PO e CaO obtidos nesse estudo, estão consistentes com os resultados de Combs et al. (1991) que avaliando a exigência de cálcio e fósforo para suínos em crescimento e terminação, verificaram variação quadrática nos valores de resistência óssea dos animais.

Por outro lado, Gomes et al. (1989b,c) avaliando níveis de Pd em rações para suínos em crescimento e terminação, não observaram variação significativa na quantidade de PO dos animais.

A diferença de resultados entre os estudos pode estar relacionada, além dos níveis de cálcio e fósforo da ração, ao tipo de osso utilizado. Avaliando o efeito do nível de cálcio sobre a exigência de fósforo para suínos em crescimento e terminação, Eckhout et al. (1995) verificaram que a influência dos níveis de cálcio e fósforo da ração sobre a mineralização óssea, variou em função do tipo de osso analisado.

Estudando o metabolismo do cálcio e do fósforo em suínos em crescimento, Fernández et al. (1995) verificaram que a relação entre esses dois minerais nos ossos dos animais foi independente do nível de consumo de fósforo e tendeu a ser constante e

próximo de 2:1. Consistente com esses resultados foi observado em ambos os estudos (Capítulos 1 e 2) que embora a relação cálcio:fósforo disponível (Ca:Pd) das rações tenha variado de 4,79 a 1,39 a relação calculada das quantidades de cálcio e fósforo nos metacarpos variaram apenas de 1,96 a 2,06. Conseqüentemente, pode-se inferir que a deposição de cálcio e fósforo nos ossos de suínos ocorre seguindo uma proporcionalidade que parece ser independente do conteúdo desses minerais na ração.

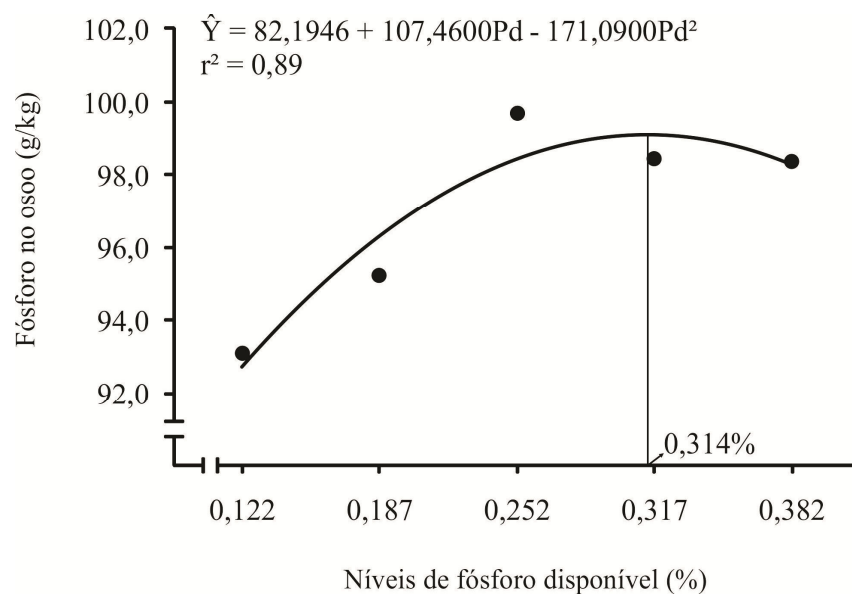


Figura 4 – Representação gráfica da variável fósforo no osso em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

No presente estudo o nível de Pd (0,314%) exigido para maior valor de mineralização óssea, com base na quantidade de PO, foi 23% maior que o exigido para máximo ganho de peso. Esse resultado corrobora os relatos de Mahan et al. (1980), Crenshaw (1986) e Combs et al. (1990) de que o nível de fósforo exigido para maximizar a resistência óssea é maior do que o exigido para máximo ganho de peso.

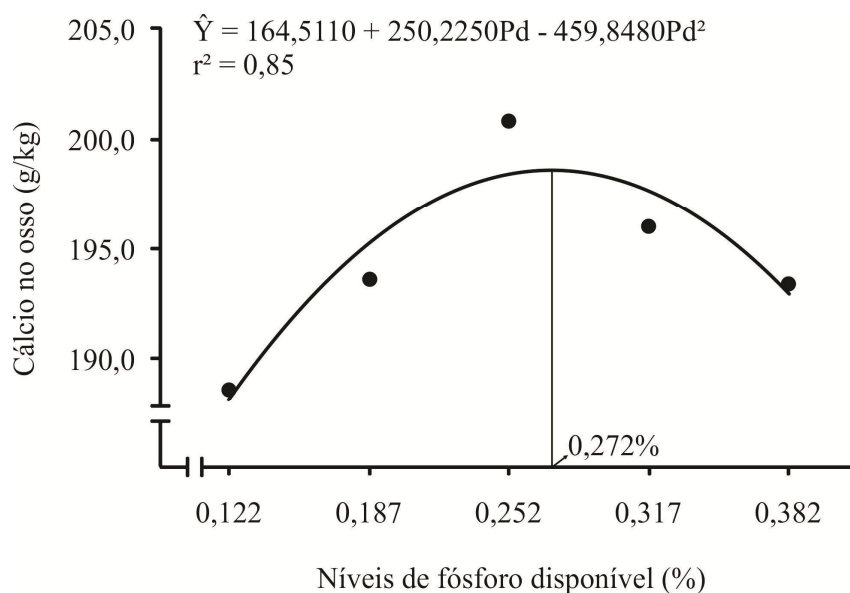


Figura 5 – Representação gráfica da variável cálcio no osso em função dos níveis de fósforo disponível da ração de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg.

A porcentagem de cinza no osso (CO) foi influenciada ($P < 0,05$) pelos níveis de Pd das rações, tendo aumentado de forma linear (Tabela 2) de acordo com a equação: $\hat{Y} = 53,1977 + 6,7077Pd$ ($r^2 = 0,83$). Resultados semelhantes foram obtidos por Reinhard & Mahan (1986), Combs et al. (1991), Carter et al. (1998) e Hastad et al. (2004) que, verificaram aumento linear na porcentagem de cinzas nos ossos de suínos em terminação, em razão da elevação da concentração de fósforo na ração.

De acordo com os dados de literatura, a influência dos níveis de fósforo da ração sobre a concentração de CO dos suínos, pode variar de acordo com o osso utilizado na avaliação. Em estudo conduzido por Cromwell et al. (1970) foi constatado que a redução da concentração de fósforo da ração de 0,50 para 0,38%, ocasionou diminuição de 22% no teor de CO do osso turbinado da concha nasal contra a redução de 6% no osso metacarpo de suínos em crescimento. Posteriormente, trabalhando com suínos dos 50 aos 90 kg, Ketaren et al. (1993) verificaram que os níveis de Pd da ração

influenciaram de forma linear crescente a porcentagem no rádio e no fêmur, sem alteração significativa nos valores de CO no quarto metatarso. De forma semelhante, Weeden (1993) observaram variação significativa nas porcentagens de CO do fêmur e da primeira costela, enquanto as porcentagens da CO, do terceiro e quarto metatarso, não variaram entre os níveis de fósforo das rações fornecidas aos suínos, dos 58 aos 105 kg.

Conclusão

Os níveis de 0,256 e 0,295% de fósforo disponível, correspondentes a consumos diários estimados de 7,06 e 7,93 g, proporcionam, respectivamente os melhores resultados de ganho de peso e de conversão alimentar de suínos machos castrados, selecionados para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg, no período de verão.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDER, L.S.; QU, A.; CUTLER, S.A. et al. Response to dietary phosphorus deficiency is affected by genetic background in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2585–2595, 2008.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2646-2655, 2010.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CARTER, S.D. e CROMWELL, G.L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: I. Performance and bone characteristics. **Journal of Animal Science**, v.76, p.584-595, 1998.
- COLLIN, A; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature on feeding behavior and heat production in group-housed young pigs. **The British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70, 2001.
- COMBS, N.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDERMANN, M.D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: II. Development of response curves for bone criteria and comparison of bending a shear bone testing. **Journal Animal Science**, v.69, p.682-693, 1990.
- CRENSHAW, T.D. Reliability of dietary Ca and P levels and bone mineral contents as a predictors of bone mechanical properties at various time periods in growing swine. **Journal of Nutrition**, v.116, p.2155, 1986.
- CRENSHAW, T.D.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. **Journal of Animal Science**, v.53, p.827, 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.30, p.519, 1970.
- EECKHOUT, W.; PAEPE, M.; WARNANTS, N. et al. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level on the diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.29-40, 1995.
- EKPE, E.D.; ZIJLSTRA, R.T.; PATIENCE, J.F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.82, p.541-549, 2002.
- FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T.; SAUER, W.C. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2388-2396, 2001.
- FANDREJEWSKI, H.; RYMARZ. Effect of feeding level on Ca, P, K and Na content in bodies of growing boars and gilts. **Livestock Production Science**, v.14, p.211-215, 1986.
- FERNÁNDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science**, v.41, p.243-254, 1995.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.241-247, 1989c.

- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; PEREIRA, J.A.A. et al. Exigência de fósforo total e disponível e sua disponibilidade em fosfatos de rochas para suínos na fase inicial (13 a 37 kg). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.64-76, 1989a.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; PEREIRA, J.A.A. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.233-239, 1989b.
- 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.
- HENDRIKS, W.H.; MOUGHAN P.J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. **Livestock Production Science**, v.33, p.161-170, 1993.
- HITTMEIER, L.J.; GRAPES, L.; LENSING, R.L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.17, p.385-395, 2006.
- KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; AUMAN, S.K. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.413-419, 2001.
- KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998-2007, 2003.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S. e WHITE, E. Phosphorus studies in pigs. 1. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. **British Journal of Nutrition**, v.70, p.249-268, 1993.
- KRICK, B.J.; BOYD, R.D. Influence of genotype and sex on the response of growing pigs to recombinant porcine somatotropin. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3024-3034, 1992.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.691-701, 2002.
- MAHAN, D. Necesidades de minerales em cerdos seleccionados por um alto contenido em magro y cerdas de alta productividad. **FEDNA**, 2006. Disponível em: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_VIII.pdf Acessado em: 18/05/2007.
- MAHAN, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.54, p.559-564, 1982.
- MAHAN, D.C.; EKSTRON, K.E; FETTER, A.W. Effect of dietary protein, calcium and phosphorus for swine from 7 to 20 kilograms body weight. **Journal of Animal Science**, v.50, p.309-314, 1980.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1963-1970, 2005.
- MILLER, E.R.; ULLREY, C.L.; ZUTAUT, C.L. et al. Phosphorus requirement of the baby pig. **Journal of Nutrition**, v. 82. p.34-40, 1964.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition, Nutrient requirements of swine, 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 189p.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H. SHI, X.S. DUBOIS, S. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.344-354, 1994.

- O'QUINN, P.R.; KNABE, D.A. e GREGG, E.J. Digestible phosphorus needs of terminal-cross growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1308-1318, 1997.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína e suplementação de aminoácidos em rações para leitoas dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1573-1578, 2007.
- PERDOMO, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. p.19-26.
- PERSIA, M.E.; PARSONS, C.M. e KOELKEBECK, K. W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. Modeling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high temperatures. **British Journal of Nutrition**, v.84, p.97-106, 2000.
- REINHARD, G.A.; MAHAN, D.C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.457-466, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. 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, p.307-313, 2009a.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para leitoas de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1279-1285, 2009b.
- SHURSON, J. & POMERENKE, J. [2008]. Use of US DDGS in practical swine diet formulations. University of Minnesota. **International Distillers Grains Conference**. Disponível em: <http://www.thepigsite.com/articles/2629/use-of-us-ddgs-in-practical-swine-diet-formulations> Acesso em: 12/04 /2009.
- 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: 01/06/2007.
- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. [2000]. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University. **Swine Research Report**. Disponível em: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf> Acesso em: 20/06/2007.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). 2000. **S.A.E.G. (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG (Versão 9.0).
- WEEDEN, T.L.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et al. Effects of porcine somatotropin and dietary phosphorus on growth performance and bone properties of gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2674-2682, 1993.

CONCLUSÕES GERAIS

Foram realizados três experimentos com o objetivo de avaliar níveis de fósforo disponível em rações para suínos selecionados para deposição de carne dos 30 aos 95 kg. Conclui-se que:

- o nível de 0,372% de fósforo disponível, correspondente a uma relação com o cálcio de 2,02:1 e a um consumo diário de 8,20 g, proporciona o melhor resultado de ganho de peso de fêmeas suínas selecionadas para deposição de carne, dos 30 aos 60 kg.

- os níveis de 0,336 e 0,348% de fósforo disponível, correspondentes aos consumos diários estimados respectivos de 10,65 e 11,03 g, proporcionam, respectivamente, os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar de suínos machos castrados, selecionados para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg.

- os níveis de 0,256 e 0,295% de fósforo disponível, correspondentes aos consumos diários estimados de 7,06 e 7,93 g, proporcionam, respectivamente, os melhores resultados de ganho de peso e de conversão alimentar de suínos machos castrados, selecionados para deposição de carne, dos 60 aos 95 kg, no período de verão.