

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**EXIGÊNCIAS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA
SUÍNOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA
DEPOSIÇÃO DE CARNE EM DIFERENTES FASES
DE CRESCIMENTO, DOS 15 AOS 120 KG**

CLÁUDIO LUIZ CORRÊA AROUCA

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2008**

Cláudio Luiz Corrêa Arouca

**EXIGÊNCIAS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS SELECIONADOS
GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE EM DIFERENTES
FASES DE CRESCIMENTO, DOS 15 AOS 120 KG**

**Tese apresentada à Escola de
Veterinária da Universidade Federal
de Minas Gerais, como requisito
parcial para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia.**

**Área de concentração: Nutrição
Animal
Orientador: Prof. Dalton de Oliveira
Fontes**

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2008**

A771e Arouca, Cláudio Luiz Corrêa, 1969-
Exigências de fósforo disponível para suínos selecionados geneticamente para
deposição
de carne em diferentes fases de crescimento, dos 15 aos 120 kg / Cláudio Luiz Corrêa
Arouca. - 2008.
81 p. : il.

Orientador: Dalton de Oliveira Fontes
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Suíno - Alimentação e rações - Teses. 2. Fósforo na nutrição animal - Teses.
3. Suíno - Carcaça - Teses. 4. Exigências nutricionais - Teses. I. Fontes, Dalton de
Oliveira.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD - 636.408 5

Tese defendida e aprovada em 10 de março de 2008, pela Comissão Examinadora constituída por:

Prof. Dalton de Oliveira Fontes
(Orientador)

Prof. Elias Tadeu Fialho

Prof^a. Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva

Prof^a. Gerusa da Silva Sales Corrêa

**Ao meu amado filho Thiago Luiz, bênção de Deus para
minha vida e motivo maior para seguir sempre em frente.
Ao professor José Antônio F. Veloso (*in memorian*), pelo
exemplo de dedicação e amor ao trabalho,**

trabalho. **Dedico, com carinho, este**

AGRADECIMENTOS

A Deus, o Eterno, agradeço pela minha vida e pela oportunidade de poder concluir esta fase de vitórias.

Ao professor Dalton de Oliveira Fontes pelo convívio, amizade e pela orientação, durante todas as fases do processo.

Ao professor José Antônio F. Veloso, pela orientação, co-orientação e exemplo de profissionalismo.

Aos professores Walter Motta Ferreira e Martinho de Almeida e Silva, pelas importantes sugestões e contribuições ao trabalho, parte da excelente co-orientação recebida.

Ao Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva (EPAMIG), pela valiosíssima ajuda e contribuição na execução dos experimentos e prestimosa participação na banca de defesa.

Aos professores Elias Tadeu Fialho, Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida e Gerusa da Silva Sales Corrêa, pela participação na banca de defesa e pelas valiosas sugestões ao trabalho.

Aos professores Nelson C. Baião, Israel José da Silva, Iran Borges, Simone K. Garcia e Fabíola, pelo auxílio, orientação e amizade demonstrados.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período de estudos.

À Fapemig, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

À Agrocerec Nutrição Animal, especialmente ao Dr. Marcelo Aparecido Silva, pelo fornecimento das matérias-primas para as rações.

À colega e amiga Paula Cambraia Marinho pela importantíssima ajuda e contribuição à realização do experimento.

À Granja São Francisco, na pessoa do proprietário Fernando Martins e do gerente Juninho, pelo fornecimento dos animais para a realização do trabalho.

Ao Frigorífico Industrial Vale do Piranga (SAUDALI), especialmente aos funcionários e veterinários pela imensa atenção e consideração demonstradas por ocasião do abate dos animais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Piranga (EPAMIG), em Oratórios, pela valiosa ajuda na condução do experimento, especialmente ao “Salame”, “Zé de Pedro”, Saulo, Josias, Conceição e a todos os demais funcionários que de alguma maneira contribuíram para a execução do trabalho.

Aos colegas e amigos da UFV, Alisson, Fabrício, Eriane, “Dedeco”, pela valiosa ajuda na condução do experimento.

Aos amigos da equipe de suínos, Gabriel M. Salum, Pedro Mosquera, Gustavo Laureano, Artur e aos demais pela colaboração e ajuda na execução dos experimentos.

Aos colegas de pós-graduação e orientação Roniê, Tatiana, Luísa, Clara e Carlos Henrique pelo convívio e amizade durante este período.

Aos funcionários da secretaria da FEP-MVZ César, Isaque, às funcionárias dos Colegiados de Pós-Graduação (Nilda, Heloísa), às bibliotecárias (especialmente à Rosilene), aos demais professores e funcionários (Bruna) do Departamento de Zootecnia.

Aos funcionários e porteiros do Laboratório de Metabolismo Animal, especialmente ao Carlos, pela colaboração durante a execução dos experimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, à amiga Margot, e especialmente ao Toninho, pela grandiosa amizade e colaboração.

Aos amigos do setor de fotocópias, especialmente ao Cleiton e ao Wagner pela ajuda e colaboração, além da amizade.

Aos amigos que me apoiaram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho e aos demais colegas da graduação e pós-graduação: Edgar, Ana Carolina André Maciel, Gilberto, Fernando.

Aos meus pais, Luiz e Inah, pela formação cristã e educação recebida e pelo apoio nas horas difíceis. Aos meus irmãos, Marcus e Patrícia, pela força e incentivo.

À Vanessa, minha esposa, agradeço pelo amor e paciência nas minhas ausências. Obrigado pela força e carinho nos bons e maus momentos.

Ao meu filho, Thiago Luiz, motivo de alegria em todas as conquistas. Obrigado por você existir na minha vida e por me amar acima de tudo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Bem-aventurado aquele que teme ao SENHOR e anda nos seus caminhos!
Do trabalho de tuas mãos comerás, feliz serás e tudo te irá bem...”*

Salmo 128

SUMÁRIO	
	Página
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
RESUMO.....	12
·	
ABSTRACT.....	13
·	
CAPÍTULO	14
1	
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. O fósforo na nutrição de suínos.....	14
2.1.1. Distribuição tecidual do fósforo.....	15
2.1.2. Funções do fósforo no organismo animal.....	15
2.1.3. Absorção e utilização.....	16
2.1.4. Sinais de deficiência e toxicidade.....	17
2.2. Fósforo no soro.....	17
2.3. Atividade da fosfatase alcalina no soro.....	18
2.4. Exigências nutricionais de fósforo para suínos.....	19
2.5. Exigência de fósforo para suínos na fase inicial de crescimento.....	20

2.6. Exigência de fósforo para suínos na fase de recria.....	21
2.7. Exigência de fósforo para suínos na fase de terminação.....	21
2.8. Exigência de fósforo para suínos na fase de terminação tardia.....	21
2.9. Exigência de fósforo para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça.....	22
2.10. Conversão alimentar e crescimento de tecido magro.....	23
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO 2 - EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇAÇA, DOS 15 AOS 30 KG.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1. Local e instalações.....	27
2.2. Animais e delineamento experimental.....	27
2.3. Dietas e manejo alimentar.....	28
2.4. Desempenho.....	28
2.5. Parâmetros sangüíneos.....	28
2.6. Parâmetros ósseos.....	29
2.7. Análises estatísticas.....	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1. Desempenho dos animais.....	30
3.2. Parâmetros sangüíneos.....	33
3.3. Parâmetros ósseos.....	35
4. CONCLUSÕES.....	36
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO 3 - EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇAÇA, DOS 30 AOS 60 KG	39
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1. Local e instalações.....	39
2.2. Animais e delineamento experimental.....	39
2.3. Dietas e manejo alimentar.....	39
2.4. Desempenho.....	40
2.5. Parâmetros sangüíneos.....	40
2.6. Análises estatísticas.....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41

3.1. Desempenho dos animais.....	42
3.2. Parâmetros sangüíneos.....	45
4. CONCLUSÕES.....	48
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CAPÍTULO 4 - EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇA, DOS 60 AOS 95 KG.....	
	51
1. INTRODUÇÃO.....	51
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	51
2.1. Local e instalações.....	51
2.2. Animais e delineamento experimental.....	52
2.3. Dietas e manejo alimentar.....	52
2.4. Desempenho.....	52
2.5. Parâmetros sangüíneos.....	52
2.6. Avaliações in vivo.....	53
2.7. Procedimentos de abate.....	54
2.8. Avaliações das características de carcaça.....	54
2.9. Análises estatísticas.....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.1. Desempenho dos animais.....	54
3.2. Parâmetros sangüíneos.....	57
3.3. Avaliações <i>in vivo</i>	60
3.4. Avaliações das características de carcaça.....	61
4. CONCLUSÕES.....	64
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
CAPÍTULO 5 - EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇA, DOS 95 AOS 120 KG.....	
	67
1. INTRODUÇÃO.....	67
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	67
2.1. Local e instalações.....	67
2.2. Animais e delineamento experimental.....	68
2.3. Dietas e manejo alimentar.....	68

2.4.	Desempenho.....	68
2.5.	Parâmetros sanguíneos.....	68
2.6.	Avaliações <i>in vivo</i>	69
2.7.	Procedimentos de abate.....	70
2.8.	Avaliações das características de carcaça.....	70
2.9.	Análises estatísticas.....	70
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
3.1.	Desempenho dos animais.....	70
3.2.	Parâmetros sanguíneos.....	73
3.3.	Avaliações <i>in vivo</i>	76
3.4.	Avaliações das características de carcaça.....	77
4.	CONCLUSÕES.....	78
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
	CONCLUSÕES GERAIS	81

LISTA DE TABELAS

		Página
CAPÍTULO 1		
Tabela 1	Mudanças na composição corporal de genótipos comerciais de suínos durante 50 anos.....	22
CAPÍTULO 2		
Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 15 aos 30 kg.....	29
Tabela 2	Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	30
Tabela 3	Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro ao final do experimento (21 dias) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	34
Tabela 4	Resistência óssea à quebra na pata dianteira (ROQ - DI) e resistência óssea à quebra na pata traseira (ROQ - TR) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	35
CAPÍTULO 3		
Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 30 aos 60 kg.....	41
Tabela 2	Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg.....	42
Tabela 3	Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias e ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos de 30 a 60 kg.....	46
CAPÍTULO 4		
Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 60 aos 95 kg.....	53

Tabela 2	Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	55
Tabela 3	Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias e ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos de 60 a 95 kg.....	58
Tabela 4	Espessura de toucinho no ponto P1 (ET-P1), espessura de toucinho no ponto P2 (ET-P2), profundidade de lombo (PL), porcentagem de carne magra (PCM) e taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD), obtidas in vivo, de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	60
Tabela 5	Rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho no frigorífico (ET-Frig), profundidade de lombo no frigorífico (PL-Frig), quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra no frigorífico (PCM-Frig) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	62
CAPÍTULO 5		
Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 95 aos 120 kg.....	69
Tabela 2	Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	71
Tabela 3	Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	74
Tabela 4	Espessura de toucinho no ponto P1 (ET-P1), espessura de toucinho no ponto P2 (ET-P2), profundidade de lombo (PL), porcentagem de carne magra (PCM) e taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD), obtidas in vivo, de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	76
Tabela 5	Rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho no frigorífico (ET-Frig), profundidade de lombo no frigorífico (PL-Frig), quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra no frigorífico (PCM-Frig) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	77

LISTA DE FIGURAS

		Página
CAPÍTULO 1		
Figura 1	Estrutura da fosfatase alcalina.....	18
CAPÍTULO 2		
Figura 1	Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	31
Figura 2	Consumo de ração diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	31
Figura 3	Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	32

Figura 4	Atividade da Fosfatase Alcalina no soro ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	34
Figura 5	Resistência óssea à quebra na pata dianteira de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg.....	36

CAPÍTULO 3

Figura 1	Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg.....	42
Figura 2	Consumo de ração diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg.....	43
Figura 3	Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg.....	44
Figura 4	Fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg.....	47
Figura 5	Fósforo no soro ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg.....	48

CAPÍTULO 4

Figura 1	Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	55
Figura 2	Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	56
Figura 3	Fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	59
Figura 4	Fósforo no soro ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	59
Figura 5	Profundidade de lombo de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	61
Figura 6	Taxa de deposição de carne magra diária de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	62
Figura 7	Quantidade de carne magra obtida no frigorífico de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg.....	63

CAPÍTULO 5

Figura 1	Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	71
Figura 2	Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	73
Figura 3	Atividade da Fosfatase Alcalina no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	74
Figura 4	Fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg.....	75

RESUMO

Foram realizados quatro experimentos com o objetivo de se determinar as exigências de fósforo disponível para suínos selecionados para deposição de carne em diferentes fases de crescimento, dos 15 aos 120 kg. Em todos os ensaios utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso. Dos 15 aos 30 kg utilizaram-se 60 suínos machos castrados e fêmeas, com 6 tratamentos (0,103; 0,210; 0,317; 0,424; 0,531 e 0,638 % de Pd), 5 repetições e 2 animais por baía. Observou-se efeito quadrático para GPD, CRD, CA, AFAS-21, FOS-21 e ROQ-DI. Houve efeito linear para CFD e ROQ-TR. Concluiu-se que suínos machos castrados e fêmeas selecionados para deposição de carne magra exigem 0,57 % de Pd dos 15 aos 30 kg. Na fase de 30 a 60 kg utilizaram-se 60 machos castrados, com 5 tratamentos (0,103; 0,200; 0,300; 0,400 e 0,500 % de Pd), 6 repetições e 2 animais por baía. Houve efeito quadrático sobre o GPD, CRD, CA, FOS-21 e FOS-Final. Observou-se efeito linear para CFD, AFAS-21 e AFAS-Final. Concluiu-se que suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra na fase de 30 a 60 kg exigem 0,39 % de Pd. Dos 60 aos 95 kg, utilizaram-se 60 suínos machos castrados com 5 tratamentos (0,097; 0,190; 0,280; 0,370 e 0,460 % de Pd), 6 repetições e 2 animais por baía. Observou-se efeito quadrático para GPD, CA, AFAS-Final, FOS-21, FOS-Final, PL, TDCMD e QCM. Houve efeito linear sobre o CFD e AFAS-21. Não se observou efeito dos níveis de Pd para CRD, ET-P₁, ET-P₂, PCM, RC, ET-Frig, PL-Frig, PCM-Frig. Concluiu-se que suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra exigem 0,33 % de Pd dos 60 aos 95 kg. Para a fase de 95 a 120 kg, utilizaram-se 80 suínos machos castrados, com 5 tratamentos (0,092; 0,156; 0,220; 0,284 e 0,348 % de Pd), 8 repetições e 2 animais por baía. Houve efeito quadrático para GPD, CA, AFAS-21 e FOS-21. Verificou-se efeito linear para CFD. Não se observou efeito dos níveis de Pd para CRD, ET-P₁, ET-P₂, PL, PCM, TDCMD, RC, ET-Frig, PL-Frig, QCM e PCM-Frig. Concluiu-se que dos 95 aos 120 kg suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra exigem 0,20 % de Pd.

Palavras-chave: exigências nutricionais, fósforo disponível, suínos, desempenho, parâmetros sanguíneos, carcaça.

ABSTRACT

Four experiments were conducted in order to determine available phosphorus requirements for swine selected to lean deposition in different growth phases, for 15 to 120 kg. In the experiments were used a randomized complete block design. From 15 to 30 kg, were used 60 barrows and gilts, with 6 treatments, 5 replicates and 2 pigs per pen. Were observed quadratic effect of AP on ADG, DFI, FC, AP-21, P-21 and BS-Front. There was linear effect on DPI, and BS-Rear. It was concluded that high lean barrows and gilts require .57 % of AP, from 15 to 30 kg. From 30 to 60 kg, were used 60 barrows with 5 treatments, 6 replicates and 2 pigs per pen. Were observed quadratic effect of AP on ADG, DFI, FC, P-21 and P-Final. There was linear effect on DPI, AP-21 and AP-Final. It was concluded that high lean barrows require .39 % of AP, from 30 to 60 kg. From 60 to 95 kg, were used 60 barrows, with 5 treatments, 6 replicates and 2 pigs per pen. Were observed quadratic effect of AP on ADG, FC, AP-Final, P-21, P-Final, LD, DLG and LGA. There was linear effect on DPI, and AP-21. There was no effect on DFI, BT-P₁, BT-P₂, LP, CY, BT-Slaughter, LD-Slaughter and LP-Slaughter. It was concluded that high lean barrows require .33 % of AP, from 60 to 95 kg. From 95 to 120 kg, were used 80 barrows, with 5 treatments, 8 replicates and 2 pigs per pen. Were observed quadratic effect of AP on ADG, FC, AP-21, P-21. There was linear effect on DPI. There was no effect on DFI, BT-P₁, BT-P₂, LD, LP, DLG, CY, BT-Slaughter, LD-Slaughter, LGA and LP-Slaughter.. It was concluded that high lean barrows require .20 % of AP, from 95 to 120 kg.

Key words: requirements, available phosphorus, swine, performance, blood parameters and carcass.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O estudo do fósforo na nutrição animal exige uma atenção especial da parte dos nutricionistas, uma vez que dos minerais normalmente suplementados nas rações de suínos é o que provavelmente possui o maior número de funções no organismo animal. O interesse pelo seu estudo deve-se à sua essencialidade no metabolismo animal, onde participa de funções metabólicas vitais ao organismo e por ser o mineral que mais sobrecarrega o custo das rações. Sua principal função no metabolismo é a formação e manutenção do sistema ósseo e dos dentes. Além disso, o fósforo participa do armazenamento e transferência de energia, como componente do monofosfato (AMP), difosfato (ADP) e trifosfato de adenosina (ATP), faz parte da estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), atua no equilíbrio ácido-base, na manutenção da pressão osmótica e participa de inúmeros sistemas enzimáticos, entre outras funções essenciais ao organismo (Lehninger et al., 2002).

Os minerais em geral constituem de 4 a 6 % do peso total do organismo animal, sendo que destes, 1 % corresponde ao fósforo, o qual é encontrado principalmente no tecido esquelético. Dentro do organismo, a porcentagem de fósforo encontrada no esqueleto é variável de 60 a 80 %. Esta variação na porcentagem de fósforo no tecido esquelético não é devido a mudanças na relação cálcio:fósforo nas cinzas ósseas, mas sim nas proporções de tecido mole em relação ao tecido esquelético. A concentração de fósforo nos tecidos moles (carne magra) é quase constante, assim como a quantidade de fósforo por unidade de cinzas do esqueleto. Deste modo, as mudanças encontradas na porcentagem do fósforo corporal total são devido às variações nas quantidades absolutas de tecido mole e tecido esquelético e à proporção desses tecidos um em relação ao outro (Crenshaw, 2001).

A busca pela melhoria da produtividade, bem como a crescente demanda do mercado consumidor por carne magra de alta qualidade, tem levado a indústria suinícola à seleção de suínos com elevado potencial genético para taxa de crescimento, eficiência alimentar e deposição de carne magra na carcaça. A introdução desses grupos genéticos no mercado tornou-se uma preocupação para os nutricionistas, pois em vários trabalhos tem-se relatado que as exigências nutricionais não são idênticas para suínos com diferentes potenciais genéticos para deposição de carne magra na carcaça. De acordo com Hendricks e Moughan (1993), suínos com diferentes potenciais genéticos para deposição de tecido magro na carcaça possuem diferentes exigências de minerais. Nesse sentido, Stahly et al. (1991) e Friesen et al. (1994) sugerem que as estratégias de alimentação devem ser específicas para cada grupo genético, devido às diferenças nas exigências nutricionais desses animais.

No Brasil, há uma escassez de informações sobre as exigências nutricionais de suínos com alto potencial genético para produção de carne magra na carcaça, visto que é relativamente recente a introdução desses grupos genéticos no mercado brasileiro. Em relação ao fósforo, os resultados de pesquisa disponíveis no país não são recentes e foram obtidos com animais de baixo potencial genético, que não representam mais o rebanho tecnificado nacional. Nesse sentido, as exigências de fósforo devem ser estabelecidas para estes novos grupos genéticos selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, nas diferentes fases de produção.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de se determinar as exigências nutricionais de fósforo disponível de suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 15 aos 120 kg.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O fósforo na nutrição de suínos

No Brasil, assim como em vários países, a produção industrial de suínos tende a se concentrar em áreas específicas, tornando a produção intensiva nestes locais. Em virtude de pressões econômicas e sociais, a crescente preocupação em relação à poluição do meio ambiente tem levado a suinocultura industrial a

utilizar de tecnologias que visem à redução substancial da excreção de nutrientes, especialmente o fósforo (P) e o nitrogênio (N). O fósforo é excretado na urina e nas fezes, e deste modo pode exercer um importante impacto sobre o meio ambiente se não for trabalhado adequadamente. Uma eficiente utilização dos nutrientes é a chave para uma produção de suínos sustentável e pode reduzir a excreção de P e N pelos suínos (Jongbloed e Lenis, 1992).

A melhoria da genética suína e das condições ambientais, associadas à formulação de dietas apropriadas usando ingredientes de alta qualidade e um ajuste adequado de comedouros, de modo a diminuir o desperdício, podem reduzir a excreção de nutrientes para o ambiente (Nutrient... 1998). A formulação de rações utilizando proporções adequadas de nutrientes tem reduzido custos, além de melhorar a eficiência de ganho de peso e a conversão alimentar, o que pode ser conseguido acertando-se os níveis de fósforo das rações de acordo com as exigências nutricionais de fósforo dos animais. A re-estimação das exigências de fósforo para suínos, nas diferentes fases de produção, tem sido uma exigência crescente, uma vez que o excesso desse mineral pode ser prejudicial e contribuir para o aumento da excreção de fósforo para o ambiente, enquanto a deficiência prejudica o desempenho, além de comprometer a estrutura óssea dos animais.

2.1.1. Distribuição tecidual do fósforo

O conteúdo de fósforo do organismo de humanos adultos aproxima-se de 1,1 % do corpo livre de gordura, dos quais em torno de 80 % estão no esqueleto. Já as cinzas ósseas contêm cerca de 18 % de fósforo (Pond et al., 1995). A porcentagem de fósforo no organismo e a proporção de fósforo total no esqueleto aumentam desde a vida intra-uterina, continuam após o nascimento e a ossificação do esqueleto progride até a maturidade. O fósforo no esqueleto está presente como parte de cristais de hidroxiapatita enquanto nos tecidos moles está presente principalmente nas formas orgânicas.

O cálcio (Ca) e o fósforo (P) são os principais elementos estruturais do tecido ósseo, estando mais de 99 % do total do cálcio corporal e mais de 75 % do total do fósforo nos ossos e dentes (Hays e Swenson, 1996). Eles estão presentes nos ossos, especialmente como sais de apatita, fosfato de cálcio e carbonato de cálcio. Além de serem o arcabouço estrutural, os ossos são também a reserva corporal de cálcio e fósforo. O Ca e o P presentes na porção trabecular (subcutânea esponjosa) dos ossos estão em equilíbrio dinâmico com aqueles encontrados nos fluidos corporais e outros tecidos do organismo. Durante os períodos de deficiência alimentar ou quando as necessidades aumentam, o Ca e o P são rapidamente mobilizados dos ossos para manter os níveis normais e dentro de limites constantes no sangue e outros tecidos moles (Hays e Swenson, 1996). Segundo os mesmos autores, o crescimento, a gestação e principalmente os animais em lactação necessitam de quantidades abundantes de Ca e P, e em algumas espécies a relação entre eles pode ser crítica. Uma relação de cálcio e fósforo de 1:1 ou 2:1 é geralmente recomendada, mas a proporção é muito mais crítica se o nível de fósforo é mínimo ou impróprio, ou ainda se a vitamina D está inadequada.

2.1.2. Funções do fósforo no organismo animal

No organismo animal, o fósforo participa de funções metabólicas essenciais, o que torna necessário que esteja em nível adequado nas dietas, de modo a atender às exigências dos animais, para que se verifique um crescimento rápido e eficiente, além de um adequado desenvolvimento dos ossos e dentes. Segundo Pond et al. (1995), assim como o cálcio, a principal função do fósforo é exercida como componente do esqueleto. Neste papel, ele proporciona ao organismo animal o apoio estrutural de que necessita, além de participar da formação e manutenção do sistema ósseo e dos dentes. O fósforo também atua como componente dos fosfolípidos, os quais são importantes no transporte e metabolismo de lípidos e na estrutura da membrana celular. Portanto, o fósforo está virtualmente presente em todas as células do corpo.

As funções do fósforo no metabolismo energético estão relacionadas à sua presença como componente da adenosina monofosfato (AMP), ADP e ATP, além da creatina fosfato. O fósforo atua também como componente dos fosfatos de RNA e DNA, constituintes celulares vitais necessários à síntese protéica e como constituinte de vários sistemas enzimáticos (cocarboxilase, flavoproteínas e NAD) (Pond et al., 1995). De acordo com Lehninger et al. (2002), como fosfato, o fósforo contribui ainda para a manutenção do equilíbrio ácido-base e da pressão osmótica, participando também no tamponamento do sangue e outros fluidos corporais, na atividade da bomba de sódio e potássio (Na⁺/K⁺) e no metabolismo de proteínas e carboidratos, além de outras funções vitais ao organismo animal.

2.1.3. Absorção e utilização

O cálcio e o fósforo da dieta são absorvidos na sua maior parte no intestino delgado superior, especialmente no duodeno. A absorção de cálcio e fósforo é facilitada por um baixo pH intestinal, que é fundamental para sua solubilidade, o que favorece a maior absorção na área do duodeno, em função de seu baixo pH. De acordo com Hays e Swenson (1996), a quantidade absorvida depende da fonte, relação cálcio:fósforo (Ca:P), pH do intestino, ingestão de lactose e níveis de cálcio, fósforo, vitamina D, ferro, alumínio, manganês e gordura da dieta. Um excesso de ferro, alumínio ou magnésio interfere na absorção de fósforo através da formação de fosfatos insolúveis. Como na maioria dos nutrientes, quanto maior a exigência, mais eficiente é a absorção, a qual aumenta até certo grau com o aumento da ingestão, ainda que não proporcionalmente. A absorção do fósforo está diretamente relacionada com a concentração de fósforo na dieta (Pond et al., 1995).

Muito menos se sabe sobre a absorção de fosfato que sobre a absorção de cálcio. Também, ela torna-se bem menos importante para o organismo porque, de qualquer modo, o fosfato é facilmente absorvido. De acordo com Pond et al. (1995), a absorção do fósforo no trato gastrointestinal ocorre por transporte ativo e difusão passiva, e a vitamina D aparentemente exerce efeito sobre a absorção de fósforo, realçando o fluxo de fosfato através do epitélio gastrointestinal. Acredita-se que isto resulte de um efeito direto do 1,25-diidroxicolecalciferol, mas é possível que resulte secundariamente da ação deste hormônio sobre a absorção de cálcio, com o cálcio atuando, por sua vez, como um mediador de transporte para o fosfato (Guyton e Hall, 1997).

O fósforo pode atravessar a membrana das células intestinais contra um gradiente de concentração na presença de cálcio e necessita de sódio. A absorção do fósforo do trato gastrointestinal é rápida, como demonstrado por estudos com o radioisótopo ³²P. Grande parte do fósforo marcado é incorporado aos fosfolípídeos nas células da mucosa intestinal (Pond et al., 1995).

O cálcio e o fósforo absorvidos nos intestinos circulam pelo organismo através do sistema porta, sendo prontamente retirados do sangue para sua utilização pelos ossos e dentes durante os períodos de crescimento. Por toda a vida ocorre alguma incorporação desses elementos aos ossos (Hays e Swenson, 1996).

A maior parte da excreção do fósforo ocorre através dos rins e a excreção renal parece ser o principal regulador da concentração de fósforo no sangue. Quando a absorção de fósforo é baixa no intestino, o fósforo na urina declina a um baixo nível, com a reabsorção pelos túbulos renais se aproximando de 99%. A excreção renal de fósforo está sob o controle do hormônio da paratireóide (PTH) e do 1,25-diidroxicolecalciferol, como parte do mecanismo homeostático sanguíneo para cálcio e fósforo (Pond et al., 1995).

Segundo Hays e Swenson (1996), uma grande parte (60 a 80%) do fósforo total de grãos de cereais e sementes oleaginosas apresenta-se organicamente ligada como ácido fítico. O ácido fítico, o éster ácido hexafosfórico do inositol, encontra-se presente nos cereais e leguminosas primeiramente como sais de Ca-Mg, chamados fitina, podendo formar sais insolúveis com o cálcio livre. O fósforo ligado organicamente, o fósforo em fitina, não é totalmente disponível para animais monogástricos, enquanto os ruminantes têm a capacidade de utilizá-lo relativamente bem pela presença da enzima fitase dos microrganismos do rúmen, a qual hidrolisa o fósforo organicamente ligado e o torna disponível para a absorção. A disponibilidade do fitato de fósforo para monogástricos varia de acordo com a fonte vegetal, em razão da ocorrência natural de enzimas fitase em certas sementes (trigo) e da ausência ou ocorrência em pequenas quantidades em outras (algodão).

De acordo com Pond et al. (1995), a biodisponibilidade do fósforo na forma de fitato para aves e suínos é influenciada pela fitase presente na fonte vegetal, pelo pH do trato gastrointestinal e pela relação Ca:P da dieta. As estimativas da biodisponibilidade do fósforo total dos vegetais variam de 20 a 60%.

2.1.4. Sinais de deficiência e toxicidade

O sinal mais comum de deficiência de fósforo nos animais em crescimento é o raquitismo. A produção de fósforo nas fezes tende a permanecer relativamente inalterada, enquanto a excreção urinária é reduzida, mas a excreção total pode ainda assim exceder a ingestão quando a ingestão de cálcio é relativamente alta. A excreção do cálcio em ambos, urina e fezes, está aumentada na deficiência de fósforo, como uma manifestação da reduzida calcificação óssea. Quando a deficiência progride, o

apetite desaparece e o crescimento é retardado (Pond et al., 1995).

Os animais com deficiência freqüentemente têm o apetite depravado e podem mastigar madeira e outros objetos estranhos. Segundo Underwood e Suttle, (1999), além de anormalidades ósseas e apetite depravado a deficiência de fósforo pode causar baixa ingestão de alimentos e redução na eficiência alimentar, bem como distúrbios reprodutivos em animais adultos. Na deficiência de fósforo o cálcio no soro sangüíneo está aumentado, enquanto o fósforo no soro está diminuído. Alto fósforo na dieta tem um efeito laxativo, no qual o excesso dietético resulta em diarreia e alta perda fecal de fósforo, bem como de outros nutrientes (Pond et al., 1995).

2.2. Fósforo no soro

O fósforo é medido em fluidos orgânicos como fosfatos de valências variadas, sendo os resultados expressos em mg/dL de fósforo inorgânico (Pi). Os fosfatos são constituintes essenciais dos ácidos nucléicos, compostos armazenadores de energia intracelular, compostos intermediários do metabolismo dos carboidratos e diversos compostos reguladores, particularmente o 2,3-difosfoglicerato, que modula a dissociação do oxigênio da hemoglobina (Tietz, 1986).

De acordo com Guyton e Hall (1997), o fosfato inorgânico no plasma é encontrado principalmente sob duas formas: HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- , sendo que a concentração de HPO_4^{2-} é cerca de quatro vezes maior que a de H_2PO_4^- . Quando a quantidade total de fosfato no líquido extracelular aumenta, também aumenta a quantidade de cada um desses dois tipos de íons fosfato. Além do mais, quando o pH do líquido extracelular se torna mais ácido, há um aumento relativo de H_2PO_4^- e uma diminuição de HPO_4^{2-} , enquanto ocorre o contrário quando o líquido extracelular se torna alcalino. Em razão da dificuldade de se determinar quimicamente as quantidades exatas de HPO_4^{2-} e de H_2PO_4^- no sangue, normalmente a quantidade total de fosfato é expressa em termos de miligramas de fósforo por decilitro de sangue (Guyton e Hall, 1997).

O fosfato é encontrado no ATP, cAMP, 2,3-difosfoglicerato, em várias proteínas e em outros compostos essenciais no organismo, e a fosforilação e defosforilação de proteínas estão relacionadas com a regulação da função celular. Por isso, não é surpreendente que o metabolismo do fosfato seja rigorosamente regulado. Segundo Ganong (2006), do fósforo corporal total, 85 a 90 % estão no esqueleto. Em relação ao fósforo plasmático, 66 % deste total é encontrado nos compostos orgânicos, sendo o fósforo inorgânico (Pi) restante composto principalmente por PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- . A quantidade diária de fósforo que entra normalmente nos ossos é igual à quantidade que sai através da reabsorção.

O Pi no plasma é filtrado nos glomérulos e 85 a 90 % do Pi filtrado é reabsorvido. O transporte ativo no túbulo proximal é responsável pela maior parte da reabsorção, sendo este processo de transporte ativo fortemente inibido pelo hormônio da paratireóide. O Pi é absorvido no duodeno e intestino delgado tanto pelo transporte ativo como pela difusão passiva. Contudo, diferentemente da absorção de Ca^{2+} , a absorção de Pi é linearmente proporcional à ingestão dietética. Inúmeros estímulos que aumentam a absorção de Ca^{2+} , incluindo o 1,25-diidroxicolecalciferol, também aumentam a absorção de Pi (Ganong, 2006).

Segundo Pond et al. (1995), no soro sangüíneo, o fósforo existe em ambas as formas, inorgânica e orgânica, sendo esta última como constituinte dos fosfolipídeos. Em relação ao fósforo inorgânico, em torno de 10 % deste está ligado às proteínas séricas e de 50 a 60 % está ionizado. O fósforo nas células vermelhas do sangue está presente como fósforo inorgânico, fósforo orgânico solúvel em ácido, fosfolipídeos e fósforo-RNA, com as proporções entre eles variando com a espécie e idade. A concentração do fósforo sérico total sob condições normais, na maioria das espécies, varia de 6 a 9 mg/dL (Pond et al., 1995). O nível plasmático de fósforo tem uma relação inversa com o nível sangüíneo de cálcio. A tirocalcitonina diminui os níveis plasmáticos de cálcio e fósforo, ao passo que o hormônio da paratireóide os aumenta (Hays e Swenson, 1996).

2.3. Atividade da fosfatase alcalina no soro

As fosfatases não específicas que atuam na hidrólise dos ésteres do ácido monofosfórico em um pH alcalino são denominadas fosfatases alcalinas. Fígado, ossos e intestino são as maiores fontes da isoenzima e, durante a prenhez, a placenta é uma abundante fonte de fosfatase alcalina (Widmann, 1983). De acordo com Teixeira et al. (2005), a fosfatase alcalina é uma enzima que catalisa a hidrólise de ésteres de fosfato, com vida média no sangue de 24 a 48 horas (Fig. 1). Sua concentração sérica tem sido amplamente utilizada como marcador da remodelagem óssea. Embora a medida de sua atividade envolva grande variedade de isoenzimas, as quais se originam dos intestinos, rins, pâncreas, placenta, fígado e ossos, as duas maiores fontes desta enzima são o osso (osteoblasto) e o fígado.



Figura 1 - Estrutura da fosfatase alcalina (nesse caso, de leucócitos)

Fonte: <http://www.hepcentro.com.br/exames.htm>

A fosfatase alcalina é uma hidrolase, isto é, uma enzima capaz de remover grupos fosfato de um grande número de moléculas diferentes, incluindo nucleotídeos, proteínas e alcalóides; como o próprio nome sugere, essa enzima é mais ativa em soluções alcalinas. O processo de remoção desses grupos fosfato é denominado defosforilação (Wikipédia, 2007). Segundo Hays e Swenson (1996), demonstrou-se há anos que a fosfatase alcalina está presente em regiões de calcificação do osso, especialmente na membrana das vesículas da matriz óssea. Sugere-se também que as enzimas fosfatases estão envolvidas no transporte de cálcio para o interior dessas vesículas. Com a fosfatase alcalina e sua capacidade de aumentar as concentrações de fosfato ou íons cálcio para as vesículas da matriz, as condições são favoráveis para nova formação de cristais de mineral. Outra função sugerida para a fosfatase alcalina e outras fosfatases do compartimento da matriz é a remoção dos inibidores da calcificação. Esses inibidores estão presentes no osso e incluem o pirofosfato e o trifosfato de adenosina. A hidrólise desses inibidores pelas fosfatases promoveria e continuaria a deposição mineral e o crescimento dos cristais.

De acordo com Furtado (1991), frente a uma deficiência dietética de Ca ou P ocorre uma queda dos níveis desses elementos no sangue, quando tem início a absorção óssea pelos osteoclastos. Simultaneamente, há uma necessidade de recomposição das regiões absorvidas do osso, promovendo

um aumento progressivo da atividade dos osteoblastos. O osso, então, volta à sua condição normal logo após a normalização da dieta. Os osteoblastos em atividade segregam grande quantidade de fosfatase alcalina, que, segundo Guyton e Hall (1997), parece atuar aumentando a concentração de Pi no local, além de ativar as fibras colágenas onde são depositados os sais de Ca. Parte da fosfatase alcalina é difundida para o sangue, quase sempre indicando intensa formação óssea. Assim sendo, a atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS) tenderá a ser alta durante a fase de crescimento, após fraturas ósseas extensas, em doenças que provoquem destruição óssea e nos casos de deficiência de Ca ou P na dieta.

A fosfatase alcalina encontrada no soro é resultado da presença de diferentes isoenzimas originadas em diferentes órgãos, com predomínio das frações ósseas e hepáticas. Embora até hoje sua função ainda não esteja bem definida, a fosfatase alcalina parece estar envolvida com o transporte de lipídeos no intestino e nos processos de calcificação óssea. Recém-nascidos e animais jovens, mas especialmente aqueles em crescimento, apresentam valores significativamente mais altos do que os adultos, em razão do elevado crescimento ósseo. Aumentos dos níveis séricos podem ser encontrados após uma refeição com níveis elevados de gordura, devido à elevação da fração intestinal. Em função disso, recomenda-se, portanto que seja avaliada sempre em jejum (Diagnósticos, 2007).

A fosfatase alcalina óssea é um marcador bioquímico do metabolismo ósseo, o qual podemos definir como sendo substâncias que retratam a formação ou a reabsorção óssea. Como a formação é dependente da ação dos osteoblastos, os marcadores de formação (fosfatase alcalina óssea) na realidade medem produtos decorrentes da ação destas células. Os marcadores de formação são todos frutos da síntese osteoblástica. A fosfatase alcalina óssea é uma glicoproteína específica encontrada na superfície dos osteoblastos. Sua função ainda não está de todo elucidada, porém seu papel na mineralização do esqueleto está confirmado (Martins et al., 2006). A avaliação da atividade sérica da fosfatase alcalina óssea é um marcador ósseo que fornece informações úteis sobre o remodelamento ósseo. A fosfatase alcalina contida no plasma sanguíneo é fisiologicamente a somatória de diversas isoenzimas que provêm do osso, do fígado, do intestino e da placenta, durante a prenhez. Em condições normais, as duas formas predominantes da fosfatase alcalina em circulação (> 90 % do total) são a óssea e a hepática, em quantidades equivalentes. A outra forma circulante, em concentrações significativas, é a forma intestinal, que representa menos de 5 % do total. A fosfatase alcalina é uma ectoenzima, ou seja, está localizada na superfície externa da célula, onde exerce sua atividade. A fosfatase alcalina osso-específica é encontrada na membrana plasmática do osteoblasto, sendo liberada na circulação como um dímero. O seu papel exato ainda é incerto, mas, in vivo, está envolvida na formação e mineralização do osso, além de correlacionar-se com a fosfatase alcalina total e com a osteocalcina; sua vantagem é ser relativamente independente de doenças que afetam outras fontes de fosfatase alcalina (Åkesson, 1995, citado por Penido et al., 2003).

Boyd et al. (1983) relataram que a atividade da fosfatase alcalina no sangue (AFAS), que tanto pode ser medida no soro quanto no plasma, é inversamente proporcional ao nível de P da dieta, constituindo-se um parâmetro potencialmente útil na determinação da biodisponibilidade de P para suínos. Entretanto, Dayrell et al. (1972) lembram que a fosfatase alcalina possui um alto coeficiente de variação, o que pode comprometer seu valor como parâmetro de avaliação de alterações metabólicas do osso. De acordo com Ekpe et al. (2002), como a AFAS decresce linearmente não deveria ser usada para determinar a exigência de fósforo, na fase de recria.

2.4. Exigências nutricionais de fósforo para suínos

O fósforo tem funções mais conhecidas do que qualquer outro elemento mineral no organismo animal. Além do mais, para se ligar ao cálcio e ao carbonato na formação dos compostos que imprimem rigidez aos ossos e dentes, ele se encontra em cada uma das células do organismo animal e está essencialmente relacionado a vários processos metabólicos, inclusive os que envolvem os tampões nos fluidos corporais. Praticamente cada forma de energia varia dentro das células vivas e abrange a formação ou inibição de ligações de alta energia que unem os óxidos de fósforo ao carbono ou aos compostos de carbono-nitrogênio. Como cada evento biológico compreende ganho ou perda de energia, pode-se compreender claramente o grande papel fisiológico do fósforo no organismo animal (Hays e Swenson, 1996).

As exigências de P para suínos são definidas, principalmente, através do desempenho dos animais e não considerando a mineralização dos ossos (Nutrient... 1998). Tem sido sugerido por vários autores que o nível de P exigido para o máximo desempenho dos suínos é inferior àquele exigido para o máximo desenvolvimento dos ossos (Mahan, 1982; Koch et al., 1984). Resultado semelhante foi obtido por

Gomes (1988) ao trabalhar com suínos na fase inicial (13-37 kg) e níveis de Pd entre 0,13 e 0,43 %, quando relataram que não houve diferença entre os níveis testados para os parâmetros de desempenho, significando que o nível de 0,13 % de Pd atendia os animais, enquanto estimaram uma exigência de 0,58 % de Pd para a variável resistência à quebra de osso.

Brown (1972), citado por Reinhard et al. (1976), afirma que durante as primeiras 12 semanas de vida do suíno ocorre a máxima formação dos ossos, simultaneamente com o período de máximo desenvolvimento de sua musculatura. Nielsen (1972), citado por Furtado (1991), estudando a deposição de Cálcio (Ca) e P na carcaça de suínos de 20-90 kg, ao verificar que os teores de Ca e P nos ossos eram muito uniformes e respondiam proporcionalmente ($R^2 = 0,96$) aos níveis dietéticos, concluiu que os parâmetros de carcaça foram mais confiáveis que os dados de digestibilidade.

Segundo Carter e Cromwell (1998), a quantidade de fósforo exigida para crescimento está intimamente relacionada com a capacidade de deposição de carne magra dos suínos. O conteúdo médio de fósforo na musculatura de suínos é de 0,206 %; nos ossos é de 3,16 %; nas vísceras 0,175 %; 0,071 % na pele e 0,036 % no tecido adiposo (Stahly, 2007). À medida que os animais se desenvolvem menor quantidade de Pd é exigida por quilo de ganho de peso, refletindo mudanças na taxa de deposição de tecidos com elevado e baixo conteúdo de fósforo. Nos animais jovens predomina o crescimento ósseo, nos suínos em recria o crescimento muscular e a deposição de tecido adiposo nos animais em terminação. Ainda de acordo com o mesmo autor, a concentração adequada de Pd na dieta é aquela que irá proporcionar maior deposição de tecido muscular e ainda manter o estoque de fósforo nos ossos. Recebendo quantidades inadequadas de fósforo na dieta, suínos com alta capacidade para deposição de carne magra na carcaça irão mobilizar fósforo dos ossos e, até certo ponto, dos músculos, embora não o suficiente para um ótimo desempenho.

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

Segundo Bikker e Bosch (1996) existem várias razões para se desenvolver estratégias de alimentação que garantam ótima utilização dos alimentos para a produção de carne magra: aumento na demanda dos consumidores por carne magra de alta qualidade; a produção de tecido magro, em sua maioria constituído de proteína e água, é mais eficiente que a produção de gordura pelo animal, podendo reduzir os custos de alimentação e, conseqüentemente, de produção de suínos; e, em países ou áreas com alta densidade animal, um aumento na eficiência alimentar contribui para a redução das perdas de nutrientes para o ambiente. De acordo com o Nutrient... (1998), as exigências nutricionais não são as mesmas para todos os suínos, mas variam conforme genótipo, sexo, idade, temperatura, saúde, densidade populacional, entre outros fatores.

A exigência de Pd, segundo o Nutrient... (1998), para suínos de 10 a 20 kg é de 0,32 %, correspondendo ao consumo de 3,20 g/d de fósforo. A relação Ca:P sugerida é de 1,17:1 para fósforo total e 2,19:1 para Pd.

De acordo com Gomes (1988), ao avaliar níveis de Pd entre 0,13 e 0,43 %, a exigência média de Pd foi de 0,33 %, para leitões mestiços de ambos os sexos, dos 13 aos 37 kg, obtida pelo modelo descontínuo "Linear response plateau" (LRP), para as variáveis resistência à quebra de osso, cinza no osso, fósforo no osso e fósforo no soro. Stahly et al. (2000), ao avaliarem níveis de Pd entre 0,16 e 0,56 %, para suínos de alta deposição de carne magra, dos 9 aos 119 kg, estimaram que a exigência dos animais de 9 a 37 kg é de 0,30 % de Pd, correspondendo ao consumo de 3,1 g/d de Pd.

2.6. Exigência de fósforo para suínos na fase de recria

Diversos autores têm demonstrado que a exigência de fósforo para maximizar a cinza nos ossos é superior àquela exigida para otimizar o desempenho dos suínos (Mahan, 1982; Koch et al., 1984). Segundo Crenshaw et al. (1981) e Mahan (1982), a exigência de Ca e P para o desenvolvimento ósseo é, no mínimo, 0,1 % maior do que para o ganho de peso. De acordo com Doige et al. (1975), os níveis de Ca e P nas rações de suínos, nas fases de crescimento e terminação, podem variar consideravelmente, sem prejudicar o desempenho dos animais, embora a relação Ca:P deva estar próxima de 1,3:1.

Segundo o Nutrient... (1998), a exigência de Pd para suínos de 20 a 50 kg é de 0,23 %, correspondendo

ao consumo de 4,27 g/d. A relação Ca:P deve estar entre 1,2:1 para fósforo total e 2,61:1 para Pd.

Gomes (1988), avaliando níveis de Pd entre 0,16 e 0,40 %, relataram que a exigência obtida pelo modelo quadrático, para conversão alimentar, foi de 0,20 % de Pd para suínos mestiços de ambos os sexos, dos 31 aos 62 kg.

Stahly et al. (2000) avaliaram níveis de Pd entre 0,128 e 0,448 % e estimaram a exigência para suínos de alta deposição de carne em 0,26 % de Pd, dos 37 aos 65 kg, correspondendo ao consumo diário de 5,6 g de Pd. Ekpe et al. (2002), trabalhando com níveis de P digestível entre 0,19 e 0,38 %, estimaram que fêmeas na fase de crescimento (23 a 60 kg) exigem 0,36 % de P digestível na dieta, correspondendo a um consumo de 6,92 g d⁻¹, enquanto os machos castrados exigem 0,32 %, o que corresponde ao consumo de 6,17 g d⁻¹. Segundo Hastad et al. (2004), ao trabalharem com níveis de Pd entre 0,18 e 0,32 %, a exigência de Pd para leitoas híbridas de 33 a 55 kg, criadas em um ambiente comercial, é de 0,22 %, correspondendo ao consumo de 3,30 g/d de Pd.

2.7. Exigência de fósforo para suínos na fase de terminação

Segundo Fammatre et al. (1977), os níveis de Ca e P na ração de suínos, durante a fase de terminação não são tão críticos para o crescimento dos ossos quanto durante a fase de recria.

Para a faixa de 50 a 80 kg de peso o Nutrient... (1998) sugere 0,19 % de Pd, o que corresponde ao consumo de 4,89 g/d. A relação Ca:P total preconizada é de 1,11:1 e a relação Ca:Pd é de 2,63:1.

Gomes (1988), avaliando níveis de Pd entre 0,16 e 0,36 %, relataram que a exigência foi de 0,24 % de Pd para suínos mestiços de ambos os sexos, dos 63 aos 93 kg, obtida por meio do modelo LRP, baseando-se no ganho de peso dos animais.

Stahly et al. (2000) trabalharam com níveis de Pd entre 0,103 e 0,358 % e estimaram a exigência para suínos de alta deposição de carne magra em 0,17 % de Pd, dos 65 aos 92 kg, correspondendo ao consumo de 4,6 g/d de Pd. Hastad et al. (2004), avaliando níveis entre 0,05 e 0,23 % de Pd, estimaram que a exigência para leitoas híbridas criadas em ambiente comercial é de 0,19 % de Pd, dos 88 aos 109 kg, o que corresponde a um consumo diário de 4,07 g de Pd.

2.8. Exigência de fósforo para suínos na fase de terminação tardia

O Nutrient... (1998) preconiza uma exigência de 0,15 % para suínos na faixa dos 80 aos 120 kg de peso, correspondendo ao consumo diário de 4,61 g. A relação Ca:P total sugerida é de 1,13:1, enquanto a relação Ca:Pd é de 3:1.

Para suínos de alta deposição de carne magra, dos 92 aos 119 kg, Stahly et al. (2000) estimaram a exigência em 0,16 % de Pd, correspondendo ao consumo de 4,1 g/d, ao avaliarem níveis entre 0,082 e 0,297 % de Pd.

2.9. Exigência de fósforo para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça

Animais de grupos genéticos superiores para deposição de carne magra na carcaça podem ter as suas exigências de fósforo aumentadas, em função das variações nas proporções entre as quantidades de tecido mole em relação ao tecido esquelético (Tab.1).

Tabela 1 - Mudanças na composição corporal de genótipos comerciais de suínos durante 50 anos

Parâmetros	Idade do animal (semanas)	1940 ¹	1980 ²	1987 ³
Peso corporal (kg)	8	13,2	13,3	16,7
	16	36,1	ND	37,7
	20	52,1	60,6	64,0
	24	71,4	97,2	85,7

	30	114*	123	113
Peso dos ossos (kg)	8	1,75	1,95	1,79
	16	3,69	ND	3,52
	20	5,20	4,30	5,40
	24	6,50	5,70	5,80
	30	7,40*	7,30	7,30
Massa muscular (kg)	8	4,20	4,15	3,75
	16	12,7	ND	16,8
	20	17,7	22,5	25,6
	24	23,0	32,8	42,7
	30	35,9*	43,5	53,0

Dados de: ¹ McMeekan (1940); ² Walstra (1980) e ³ Susenbeth e Keitel (1987)

* Estimados por extrapolação da 28ª semana

Fonte: Adaptado de Reeds et al. (1993)

Rostagno et al. (2005) sugerem uma exigência de 0,400 % de Pd para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, de 15 a 30 kg, o que corresponde ao consumo de 4,4 g/d de Pd. A relação Ca:P total sugerida é de 1,2:1 e para Pd é de 1,8:1. A empresa de melhoramento genético Agroceres-Pic (2007) preconiza 0,40 % de Pd para machos castrados para ótima deposição de carne magra, dos 23 aos 32 kg. A relação Ca:P total sugerida é de 1,29:1 e a recomendação para a relação Ca:Pd é de 2,25:1.

Para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, Rostagno et al. (2005) preconizam uma exigência de 0,332 % de Pd, dos 30 aos 50 kg e 0,282 % para a faixa de 50 a 70 kg, o que corresponde aos consumos de 6,18 g/d e 6,85 g/d de Pd, respectivamente. A relação Ca:P total sugerida é de 1,2:1 para ambas faixas de peso e a relação Ca:Pd é de 1,9:1 de 30 a 50 kg e de 1,95:1 de 50 a 70 kg. A empresa de melhoramento genético Agroceres-Pic (2007) sugere 0,34 % de Pd para machos castrados para ótima deposição de carne magra, dos 32 aos 40 kg e 0,28 % dos 40 aos 68 kg. A relação Ca:P total sugerida é de 1,16:1, de 32 a 40 kg, e de 1,23:1, de 40 a 68 kg. A sugestão para a relação Ca:Pd é de 2,12:1, de 32 a 40 kg, e de 2,46:1, de 40 a 68 kg.

A exigência de Pd determinada para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, dos 70 aos 100 kg, é de 0,248 % (Rostagno et al., 2005), correspondendo ao consumo de 7,32 g/d de Pd. A relação Ca:P total é de 1,17:1 e a relação Ca:Pd é de 1,95:1. De acordo com a empresa de melhoramento genético Agroceres-Pic (2007), machos castrados para ótima deposição de carne magra, dos 68 aos 95 kg, exigem 0,26 % de Pd. A relação Ca:P total sugerida é de 1,13:1 e a relação Ca:Pd é de 2,35:1.

A exigência de Pd para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior é de 0,245 %, dos 100 aos 120 kg, de acordo com Rostagno et al. (2005), o que corresponde ao consumo de Pd de 7,60 g/d. A relação Ca:P total sugerida é de 1,13:1 e para Ca:Pd é de 1,85:1. Segundo a empresa de melhoramento genético Agroceres-Pic (2007), machos castrados para ótima deposição de carne magra exigem 0,21 % de Pd, dos 95 aos 118 kg. A relação Ca:P total sugerida é de 1,1:1 e a relação Ca:Pd é de 2,62:1.

A exigência de Pd recomendada para machos castrados oriundos do cruzamento de fêmeas Camborough 23 e machos AGPIC 337 TG Elite, de alto potencial genético e em boas condições de manejo e nutrição, é de 0,40 % para animais entre 17 e 30 kg, sendo a relação Ca:Pd de 2:1; 0,35 % para animais entre 30 e 60 kg, com a relação Ca:Pd sugerida de 2,06:1; e de 0,30 % para animais entre 60 e 96 kg e 96 e 130 kg, com a relação Ca:Pd de 2,27:1 e 2,17:1, respectivamente, de acordo com a empresa de melhoramento genético Agroceres-PIC.

Saraiva (2007), trabalhando com níveis de Pd entre 0,114 e 0,649 %, dos 15 aos 30 kg, estimou em 0,477 % de Pd a exigência de machos castrados e fêmeas de alto potencial genético para deposição de carne, para melhores resultados de conversão alimentar, correspondendo ao consumo de 5,93 g/d. Para fêmeas de alto potencial genético, dos 30 aos 60 kg, ao avaliar níveis entre 0,115 e 0,435 % de Pd, a exigência estimada pelo autor foi de 0,364 % de Pd, para melhores resultados de conversão alimentar, obtida pelo modelo LRP, o que corresponde ao consumo diário de 7,77 g.

2.10. Conversão alimentar e crescimento de tecido magro

A conversão alimentar, definida como a necessidade alimentar por unidade de ganho de peso, ainda é a medida de eficiência mais utilizada na produção de suínos para o abate. Porque os custos com alimentação representam a maior parte do custo total da produção suína, pequenos incrementos na conversão alimentar podem ter um impacto importante na rentabilidade de uma operação. Apesar da quantidade e complexidade das variáveis que a compõem, do seu comportamento errático na análise numérica e estatística (guarda grande colinearidade com as variáveis que a compõe, como consumo alimentar e ganho de peso), de ser uma relação e não uma variável diretamente medida, a conversão alimentar persiste como medida referencial de desempenho pela sua boa correlação com a principal resposta econômica no suíno em crescimento, que é o crescimento de tecido magro (Kessler, 2001). Como bem demonstrado por Wenk et al., (1980), em termos de conversão alimentar, a maior eficiência será obtida em alto consumo alimentar, com alto ganho de peso de baixa densidade energética (alta percentagem de água). Por outro lado, ela é fortemente influenciada por características genéticas e ambientais associadas ao rápido crescimento de suínos com maior quantidade de carne na carcaça. Neste particular permanece como a medida de campo mais efetiva para avaliar a eficiência na fase de crescimento (Kessler, 2001).

A ração é responsável pela maior parte dos custos na produção de suínos. Diante disso, os produtores comerciais deveriam se interessar pelo potencial de crescimento magro de seus suínos, pois animais com altas taxas de crescimento magro são mais eficientes em converter ração em ganho de peso vivo e de tecido magro. Estas relações existem porque o custo energético da deposição de gordura na carcaça é aproximadamente 4 vezes maior do que o do crescimento muscular. A 100 kg de peso vivo, o crescimento marginal de tecido adiposo é aproximadamente 85 % de lipídeos, 3 % de proteína e 12 % de água. O crescimento marginal de tecido magro é aproximadamente 76 % de água, 21 % de proteína e 3 % de lipídeos. Os suínos com maior porcentagem de tecido magro ao peso de abate depositam uma maior proporção de tecido magro para gordura na carcaça. Isto permite que suínos magros sejam mais eficientes na conversão de ração em peso vivo ou em crescimento magro (Schinckel, 2001).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES-PIC. Especificações nutricionais Agrocere-Pic. 2007. 6 p.

BIKKER, P.; BOSH, M. Nutrient requirements of pigs with high genetic potential for lean gain. In: Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos, 1, 1996, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1996. p. 223-239.

BOYD, R. D.; HALL, D. Y.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 57, n. 2, p. 396-401, 1983.

CARTER, S. D.; CROMWELL, G. L. Influence of somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: II. Carcass characteristics, tissue accretion rate and chemical composition of the ham. *J. Anim. Sci.*, v. 76, p. 596-605, 1998.

CRENSHAW, T. D.; PEO Jr., E. R.; LEWIS, A. S. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. *J. Anim. Sci.*, v. 53, n. 3, p. 827-835, 1981.

CRENSHAW, T. D. Calcium, phosphorus, vitamin D and vitamin K in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Ed.). *Swine Nutrition*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 187-212.

DAYRELL, M. S.; LOPES, H. O. S.; AROEIRA, J. A. D. C. et al. Teores de cálcio, magnésio, fósforo inorgânico e atividade da fosfatase alcalina no soro sanguíneo de bovinos criados no cerrado. *Arq. Esc. Vet. UFMG*, v. 24, n. 1, p. 265-279, 1972.

DIAGNÓSTICOS da América. *Fosfatase alcalina*. 2007. Disponível em: <http://www.diagnosticosdaamerica.com.br/exames/fofatase_alcalina.shtml>. Acessado em: 04/12/2007.

- DOIGE, C. E.; OWEN, B. D.; MILLS, J. H. L. Influence of calcium and phosphorus on growth and skeletal development of growing swine. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 55, n. 1, p. 147-164, 1975.
- EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 82, n. 4, 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. *J. Anim. Sci.*, v. 44, n. 1, p. 65-71, 1977.
- 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. *J. Anim. Sci.*, v. 72, n. 7, p. 1761-1770, 1994.
- FURTADO, M. A. O. *Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos*. 1991. 61 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- GANONG, W. F. *Fisiologia médica*. 22ª ed. Rio de Janeiro: Mc Graw-Hill Interamericana do Brasil, 2006. 778 p.
- GOMES, P. C. *Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em alguns alimentos para suínos de diferentes idades*. 1988. 163 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GUYTON, A. C. HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 1014 p.
- HASTAD, C. W.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Anim. Sci.*, v. 82, p. 2945-2952, 2004.
- HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Minerais. In: DUKES, H. H.; SWENSON, M. J.; REECE, W. O. (Ed.). *Dukes – Fisiologia dos animais domésticos*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 471.
- HENDRICKS, W. H.; MOUGHAN, P. J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. *Liv. Prod. Sci.*, v. 33, n. 1, p. 161-170, 1993.
- JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. *Liv. Prod. Sci.*, v. 31, p. 75-94, 1992.
- KESSLER, A. M. O significado da conversão alimentar para suínos em crescimento: sua relevância para modelagem e características de carcaça. In: Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína, 2, 2001, Internet, 2001. *Anais...* Internet: EMBRAPA-CNPISA, 2001. s.n. Disponível em: <www.cnpisa.embrapa.br/> Acessado em 10/12/2002.
- KOCH, M. E.; MAHAN, D. C.; CORLEY, J. R. An evaluation of various biological characteristics in assessing low phosphorus intake in weanling swine. *J. Anim. Sci.*, v. 59, p. 1546-1556, 1984.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica*. 3ª Ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975 p.
- MAHAN, D. C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. *J. Anim. Sci.*, v. 54, n. 3, p. 559-564, 1982.
- MARTINS, A. S.; ROCHA, D. F.; MELLO, F. A. Fosfatase alcalina óssea. *Fisioweb Wgate, CNFisio*. 2006. Disponível em: <http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/reumato/fosfatase_2006_universo/fosfatase_2006_universo.htm>. Acessado em: 04/12/2007.
- NUTRIENT requirements of swine. 10th ed. Washington: NRC, 1998. 189 p.
- PENIDO, M. G. M. G.; LIMA, E. M.; MARINO, V. S. P.; et al. Bone alteration in children with

idiopathic hypercalciuria at the time of diagnosis. *Pediatric Nephrology*, v. 18, p. 133-138, 2003.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. *Basic animal nutrition and feeding*. 4th ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1995. 615 p.

REEDS, P. J.; BURRIN, D. G.; DAVIS, T. A.; et al. Growth regulation with particular reference to the pig. In: HOLLIS, G. R. (Ed.). *Growth of the pig*. Nova York: CAB International, 1993. p. 01-32.

REINHARD, M. K.; MAHAN, D. C.; WORKMAN, B. L.; et al. Effect of increasing dietary protein level, calcium and phosphorus on feedlot performance, bone mineralization and serum mineral values with growing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 43, n. 4, p. 770-780, 1976.

ROSTAGNO, H. S. (ed.). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2^a ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.

SARAIVA, A. *Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 15 aos 60 kg*. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCHINCKEL, A. P. Fatores que afetam o crescimento de tecido magro de suínos. In: Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína, 2, 2001, Internet, 2001. *Anais...* Internet: EMBRAPA-CNPASA, 2001. s.n. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/> Acessado em 13/12/2001.

STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L.; TERHUNE, D. Responses of high, medium and low lean growth genotypes to dietary amino acid regimen. *J. Anim. Sci.*, v. 69, supplement 1, p. 364, 1991. (Abstr.).

STAHLY, T. S.; LUTZ, T. R.; CLAYTON, R. D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. *Iowa State University*, 2000. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>>. Acessado em: 26/10/2007.

STAHLY, T. S. Nutrient needs for high lean pigs. *Manitoba agriculture, food and rural initiatives*. 2007. Disponível em: <<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html>>. Acessado em: 15/11/2007.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; GOMES, P. C. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 1, p. 142-150, 2005.

TIETZ, N. *Textbook of clinical chemistry*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1986. 726 p.

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

WENK, C.; PFIRTER, H.P.; BICKEL, H. Energetic aspects of feed conversion in growing pigs. *Liv. Prod. Sci.*, v. 7, p. 483-495, 1980.

WIDMANN, F. K. *Clinical interpretation of laboratory tests*. Philadelphia: F. A. Davis Company, 1983. p. 305-306.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. *Fosfatase alcalina*. 2007. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Fosfatase_alcalina>. Acessado em: 04/12/2007.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIAS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇAÇA, DOS 15 AOS 30 KG

1. INTRODUÇÃO

A incansável procura por uma melhor produtividade por parte da indústria suinícola, bem como a crescente demanda do consumidor por uma carne magra e de alta qualidade, tem levado à seleção e produção de suínos com alto potencial genético para taxa de crescimento, eficiência alimentar e composição de carcaça. O interesse pelo estudo do fósforo se deve à sua essencialidade no metabolismo animal, onde participa de funções indispensáveis ao organismo e por ser o mineral que mais onera o custo das rações. A formulação de rações utilizando proporções adequadas de nutrientes tem reduzido custos, além de melhorar a eficiência de ganho de peso e a conversão alimentar, o que pode ser conseguido acertando-se o nível de fósforo das rações de acordo com as exigências nutricionais de fósforo disponível dos animais, diminuindo também a excreção deste mineral e minimizando a poluição do ambiente.

De acordo com Peo Jr. (1991), uma adequada nutrição de cálcio e fósforo para todas as classes de suínos é dependente de: um adequado suprimento de cada elemento de uma forma disponível na dieta; uma adequada relação Ca:P disponível e a presença de vitamina D em quantidades suficientes. Segundo Hendricks e Moughan (1993), suínos com diferentes potenciais genéticos para deposição de tecido magro na carcaça possuem diferentes exigências de minerais. Em função disso, suínos selecionados geneticamente para maior deposição de carne magra na carcaça podem ter as suas exigências de fósforo disponível aumentadas, devido à maior proporção entre a quantidade de tecido mole em relação ao tecido esquelético. Assim, esse trabalho foi realizado com o objetivo de se determinar a exigência de fósforo disponível para suínos machos castrados e fêmeas de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 15 aos 30 kg.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e Instalações

O experimento foi conduzido no galpão creche da granja experimental de suínos da Epamig, localizada na Fazenda Experimental Vale do Piranga, no município de Oratórios, MG, durante o mês de maio de 2007. Os leitões foram alojados em gaiolas metálicas suspensas, com piso 1/3 de tábuas de madeira e 2/3 ripado de ferro e laterais teladas, providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros pendulares do tipo chupeta, localizadas em prédio de alvenaria, com piso de concreto e coberto com telhas de barro tipo francesa. Os animais dispunham de uma área de 0,925 m²/animal. A temperatura ambiente foi monitorada durante todo o período experimental por meio de um termômetro de máxima e mínima colocado no interior de cada sala de creche para registro diário da temperatura.

2.2. Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 60 suínos híbridos comerciais (Agroceres-Pic), machos castrados e fêmeas, selecionados geneticamente para elevada porcentagem de carne magra na carcaça, com peso inicial de $15,54 \pm 0,68$ kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos (níveis de fósforo disponível), cinco repetições e dois animais, um de cada sexo, por unidade experimental (gaiola). Os blocos foram formados no tempo e na distribuição dos animais dentro de cada unidade experimental foram levados em consideração o peso inicial e o sexo dos animais. Os animais foram identificados individualmente por meio de brincos nas orelhas para acompanhamento individual durante o experimento.

2.3. Dietas e manejo alimentar

As rações experimentais foram produzidas a partir de uma ração base (T_1), elaborada sem adição de fosfato bicálcico, composta de milho e farelo de soja, suplementada com minerais, vitaminas e aminoácidos, contendo 18,838 % de proteína bruta, 3250 kcal/kg de energia metabolizável e 0,103 % de fósforo disponível (Pd), formulada de modo a atender as recomendações nutricionais mínimas sugeridas por Rostagno et al. (2005), exceto para o fósforo. As rações correspondentes aos tratamentos experimentais caracterizavam-se pela suplementação da ração base com cinco níveis de fosfato bicálcico (0,576; 1,156; 1,734; 2,314 e 2,890 %), em substituição ao caulim e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com 0,103; 0,210; 0,317; 0,424; 0,531 e 0,638 % de Pd (Tab. 1), todas isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas. As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período.

2.4. Desempenho

As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente, enquanto os animais foram pesados, individualmente, no início e ao final do período experimental (21 dias), quando atingiram o peso final de $31,31 \pm 2,94$ kg, quando foi determinado o ganho de peso diário (GPD), a conversão alimentar (CA), o consumo de ração diário (CRD) e o consumo de fósforo disponível diário (CFD).

2.5. Parâmetros sanguíneos

Ao final do período experimental (21 dias), todos os animais foram submetidos a um jejum alimentar por 12 horas, após o qual receberam a mesma ração experimental à vontade por uma hora. Logo depois, os leitões retornaram ao jejum, alimentar e hídrico, por mais quatro horas, quando, em seguida foram sangrados para coleta do sangue por meio da punção do plexo venoso orbitário, quando atingiram o peso final em jejum de $30,38 \pm 2,70$ kg. Após a coleta, o sangue ficou em repouso por uma hora, para coagulação e retração do coágulo, sendo centrifugado em seguida a 3500 rpm, por 10 minutos, para separação do soro, que foi armazenado em refrigerador. O soro foi então, remetido refrigerado ao laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG, para análise da atividade da fosfatase alcalina (AFAS) e fósforo no soro.

As análises foram realizadas por meio de “kits” de determinação de AFAS e fósforo no soro do laboratório Synermed®, em aparelho da marca “Cobas Mira”, o qual é dotado de um espectrofotômetro. A análise da AFAS foi realizada através do método enzimático UV (AMP-IFCC), para determinação quantitativa da Fosfatase alcalina. O método Synermed® para determinação da atividade da fosfatase alcalina utiliza o p-nitrofenilfosfato como substrato e mede a reação cineticamente a 405 nm. O p-nitrofenilfosfato é hidrolisado a fim de formar p-nitrofenol e fosfato, na presença de íons magnésio e fosfatase alcalina, em um tampão AMP de 2-amino-2-metil-1-propanol. A taxa de aparecimento de p-nitrofenol, medida em espectrofotômetro, é diretamente proporcional à atividade da fosfatase alcalina presente na amostra original. As medidas cinéticas da fosfatase alcalina que utilizam o p-nitrofenilfosfato como substrato foram descritas por Bowers e McComb (1966).

O fósforo foi medido através do método IR colorimétrico/catalizado (fosfomolibdato/PVP), para determinação quantitativa de fósforo, o mais amplamente divulgado para este ensaio. No método Synermed® é usada a polivinilpirrolidona (PVP) para catalisar a reação do fósforo com o molibdato. A PVP catalisa a formação do polímero de molibdato, que reage com o fósforo para formar um complexo fosfomolibdato. Este complexo fosfomolibdato é reduzido, em uma segunda etapa, para formar um cromóforo azul forte que absorve intensamente o infravermelho, o qual pode ser quantificado espectrofotometricamente entre 600 e 700 nm.

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

Ingrediente	Nível de fósforo disponível na ração (%)					
	0,103	0,210	0,317	0,424	0,531	0,638
Milho grão	63,136	63,136	63,136	63,136	63,136	63,136
Farelo de soja	29,582	29,582	29,582	29,582	29,582	29,582
Óleo de soja	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372
Fosfato bicálcico	---	0,576	1,156	1,734	2,314	2,890
Calcário calcítico	1,848	1,476	1,102	0,730	0,354	---
Caulim (inerte)	1,640	1,436	1,230	1,024	0,820	0,598
Sal comum	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
Premix vitamínico inicial ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Promotor Agrocobre Suínos ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Antibiótico	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
L-Lisina HCl - 78,4%	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
DL-Metionina - 99%	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
L-Treonina - 98,5%	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Valor nutricional calculado (% na matéria natural)						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3250	3250	3250	3250	3250	3250
Proteína bruta (%)	18,838	18,838	18,838	18,838	18,838	18,838
Lisina dig. (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Met + Cis dig. (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Treonina dig. (%)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo total (%)	0,314	0,421	0,528	0,635	0,742	0,848
Fósforo disponível (%)	0,103	0,210	0,317	0,424	0,531	0,638

¹ Níveis de garantia (por kg do produto): ácido fólico: 420 mg; ácido pantotênico: 7.350 mg; biotina: 16,56 mg; niacina: 13.650 mg; piridoxina: 700 mg; riboflavina: 2.100 mg; selênio: 136,50 mg; tiamina: 700 mg; vitamina A: 2.800.000 UI; vitamina B₁₂: 11.550 mcg; vitamina D₃: 1.050.000 UI; vitamina E: 10.500 mg; vitamina K₃: 2.800 mg.

² Níveis de garantia (por kg do produto): cálcio: 98.800 mg; cobalto: 185 mg; cobre: 15.750 mg; ferro: 26.250 mg; iodo: 1.470 mg; manganês: 41.850 mg; zinco: 77.999 mg.

³ Níveis de garantia (por kg do produto): cobre: 115.000 mg; ferro: 30.000 mg; zinco: 30.000 mg.

2.6. Parâmetros ósseos

Após o término do experimento, um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo da média do bloco, foi abatido por atordoamento seguido de sangramento para retirada e coleta das patas anterior e posterior direitas. As patas coletadas foram submetidas à fervura, em recipiente de alumínio contendo água para amolecer a pele e os tecidos moles que envolvem os ossos para retirada do terceiro e quarto ossos metacarpianos e metatarsianos. Os ossos foram colocados em estufa ventilada a 65° C por um período de 72 horas e foram então submetidos à quebra por flexão, indicadora da resistência óssea. Foi utilizado o aparelho "Instron Corporation IX Automated Materials Testing System" – modelo 4204, que pertence ao Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

2.7. Análises estatísticas

Os dados de desempenho, parâmetros sanguíneos e parâmetros ósseos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico computacional SAEG (Sistema... 2007). Com base nos resultados, estimou-se a exigência de Pd utilizando os modelos de regressão linear e ou quadrático, de acordo com o melhor ajuste obtido para cada variável e levando-se em consideração o comportamento biológico de cada animal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias mínimas e máximas verificadas no período foram, respectivamente, $18,65 \pm 1,65$ e $26,69 \pm 1,71^\circ\text{C}$. De acordo com a faixa de temperatura sugerida por Coffey et al. (2000) para suínos de 18 a 34 kg, que está entre $18,3$ e $26,7^\circ\text{C}$, observou-se que a variação de temperatura ocorrida durante a condução do experimento esteve dentro da faixa ideal para esta categoria animal.

3.1. Desempenho dos animais

Os resultados de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível encontram-se na Tab. 2.

Tabela 2 - Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)						CV (%)
	0,103	0,210	0,317	0,424	0,531	0,638	
Ganho de peso diário (g) ¹	526	672	783	839	837	848	9,56
Consumo de ração diário (g) ²	1100	1380	1413	1423	1374	1458	8,30
Conversão alimentar (g/g) ²	2,10	2,06	1,81	1,69	1,64	1,72	7,29
Consumo de FD (g/dia) ³	1,13	2,89	4,48	6,04	7,30	9,30	8,06

¹ e ² Efeito quadrático (P<0,01) e (P<0,05), respectivamente.

³ Efeito linear (P<0,01)

Houve efeito quadrático (P<0,01) dos níveis de Pd da ração sobre o GPD (Fig. 1), que aumentou até o nível de 0,53 % de Pd (0,164 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo de fósforo de 7,62 g/dia. Resultado semelhante foi obtido por Saraiva et al. (2007) que, ao avaliar níveis de Pd entre 0,114 e 0,649 %, para leitões de ambos os sexos, machos castrados e fêmeas de alto potencial genético, dos 15 aos 30 kg, verificaram efeito quadrático dos tratamentos sobre o GPD dos animais. Da mesma maneira, Stahly e Cook (1996), ao avaliarem níveis de Pd entre 0,20 e 0,70 %, observaram efeito quadrático dos níveis de Pd sobre o GPD de suínos machos castrados com alto potencial de deposição de carne magra, submetidos à exposição antigênica moderada, dos 6 aos 32 kg. Hall et al. (1991) também relataram aumento quadrático do GPD de suínos mestiços, dos 18 aos 40 kg, em função dos níveis de fósforo da dieta. Combs et al. (1991a), ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de cálcio e fósforo para suínos mestiços, entre 20 e 35 kg, observaram aumento linear e quadrático sobre o GPD dos animais. Stahly et al. (2000) observaram aumento linear dos níveis de Pd (0,16 a 0,56 %) sobre o GPD de suínos com alto potencial de deposição de carne magra, dos 9 aos 37 kg. Entretanto, Gomes (1988), ao trabalhar com suínos mestiços de ambos os sexos, dos 13 aos 37 kg não verificaram efeito dos níveis de Pd (0,13 a 0,43 %) sobre o GPD dos animais.

O GPD médio obtido neste trabalho (751 g/dia) está próximo aos valores médios de 668 e 677 g/dia, obtidos, respectivamente, por Stahly et al. (2000) e Saraiva et al. (2007) e acima dos observados por Gomes (1988), Hall et al. (1991) e Stahly e Cook (1996), que foram de 597, 508 e 620 g/dia, respectivamente.

0,53 %

$$\hat{Y} = 0,354759 + 1,88015 X - 1,75977 X^2$$

$$R^2 = 0,99$$

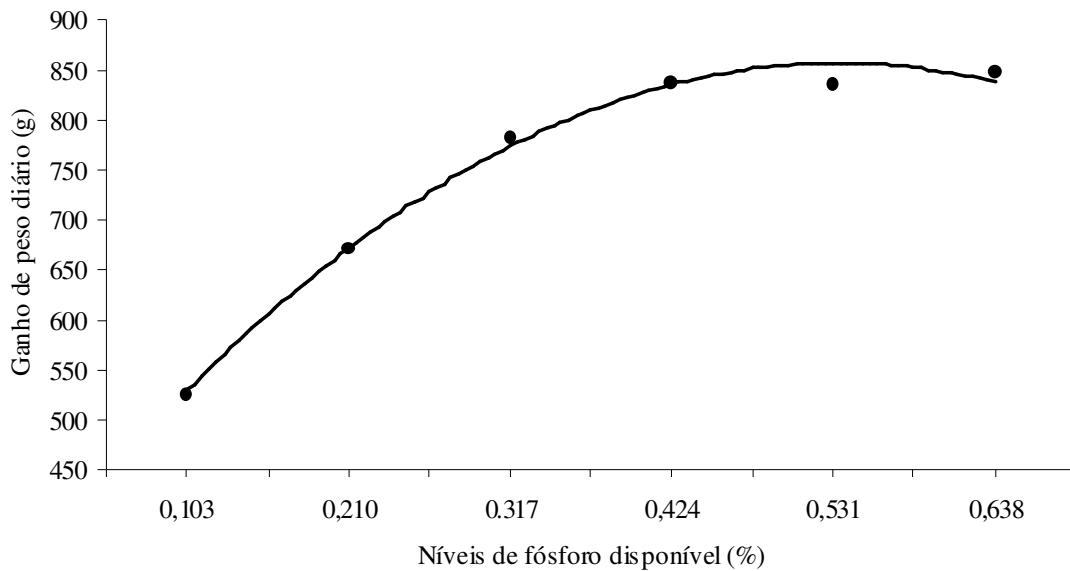


Figura 1 - Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre o CRD (Fig. 2), que aumentou até o nível de 0,49 % (0,150 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo de 6,97 g/d de Pd, o que indica que a concentração de Pd da ração pode interferir no consumo de ração pelos animais na fase inicial. Este resultado é semelhante aos resultados obtidos por Combs et al. (1991a) e Stahly et al. (2000), que também relataram um aumento quadrático do CRD em **0,49 %**

$$\hat{Y} = 0,969181 + 1,9916 X - 2,04438 X^2$$

$$R^2 = 0,78$$

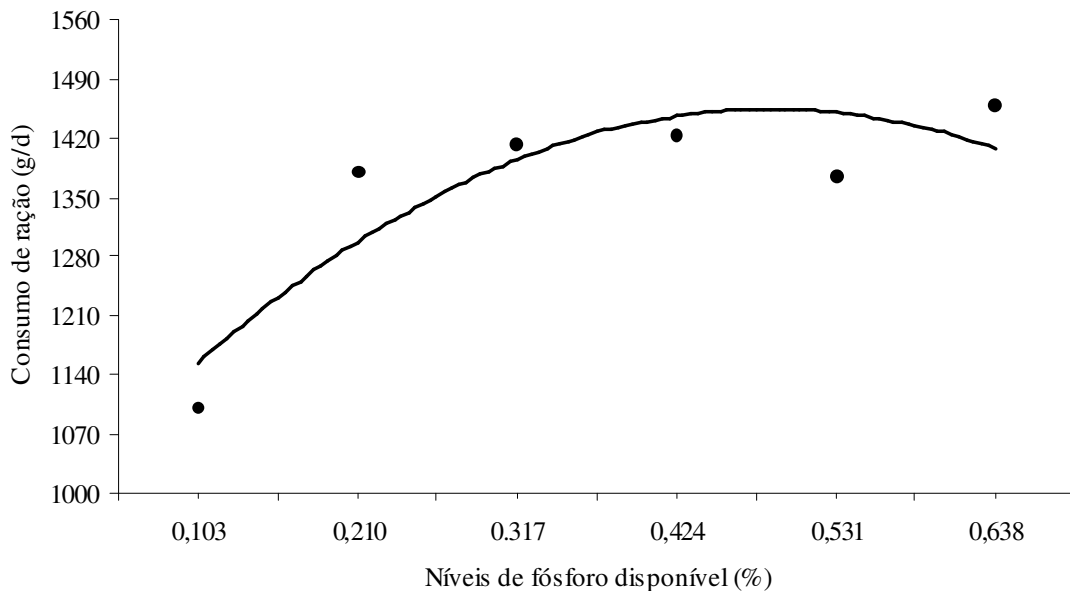


Figura 2 - Consumo de ração diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

função dos níveis de Pd da dieta. Saraiva (2007) observou um aumento linear do CRD em função dos tratamentos, enquanto Gomes (1988) e Stahly e Cook (1996) não verificaram efeito dos níveis de Pd sobre o CRD dos animais, na fase inicial de crescimento.

Os resultados observados no presente estudo nos permitem inferir que baixos níveis de Pd na dieta, muito abaixo das exigências dos animais, podem comprometer o apetite de suínos machos castrados e fêmeas de alto potencial genético na fase inicial, o que corrobora os resultados obtidos por Stahly et al. (2000), que ao trabalharem com suínos na fase inicial, dos 9 aos 37 kg, observaram que baixos níveis de fósforo na ração diminuíram o consumo de alimento dos animais.

O CRD médio (1358 g/dia) obtido nesse trabalho é superior ao valor de 1100 g/d sugerido por Rostagno et al. (2005), para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (15-30 kg). De semelhante modo, o valor médio obtido é superior aos valores de 940, 1053 e 1206 g/dia, obtidos, respectivamente, por Stahly e Cook (1996), Stahly et al. (2000) e Saraiva (2007). Entretanto, Gomes (1988) relatou valores superiores ao obtido nesse trabalho, que foi de 1493 g/dia, ao trabalhar com animais de baixo potencial genético.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre a CA (Fig. 3), que melhorou até o nível de 0,57 % de Pd (0,177 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo estimado de 8,22 g/dia de fósforo. Saraiva (2007) relatou resultado semelhante, verificando efeito quadrático dos tratamentos sobre a CA, bem como Stahly et al. (2000), que observaram efeito quadrático dos níveis de Pd sobre a eficiência alimentar. Combs et al. (1991a) e Stahly e Cook (1996) não observaram efeito dos tratamentos sobre a eficiência alimentar, enquanto Gomes (1988) e Hall et al. (1991) não verificaram efeito dos níveis de fósforo sobre a conversão alimentar.

0,57 %

$$\hat{Y} = 2,3867 - 2,46406 X + 2,14569 X^2$$

$$R^2 = 0,92$$

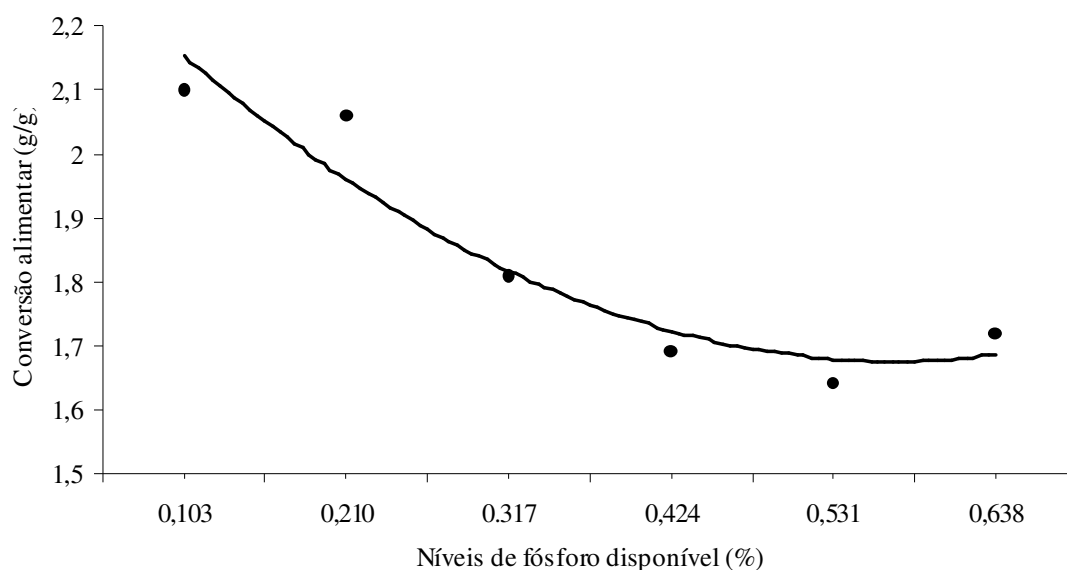


Figura 3 - Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

O nível de Pd (0,57 %) obtido é 78,1 % superior ao sugerido pelo Nutrient... (1998) para suínos machos castrados de 10 a 20 kg (0,32 % de Pd). Esse nível obtido é 42,5 % superior ao preconizado por Rostagno et al. (2005), que é de 0,40 % para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, dos 15 aos 30 kg e ao nível recomendado pela Agrocerec-Pic (2007) para machos castrados para ótima deposição de carne magra, dos 23 aos 32 kg, que também é de 0,40 % de Pd. Esse nível de Pd, que propiciou os melhores resultados de conversão alimentar, também é superior aos valores relatados por Stahly et al. (2000) e Saraiva (2007), que estimaram em 0,30 % e 0,477 % a exigência de Pd para suínos machos castrados e fêmeas de alto potencial genético, na fase inicial. O valor obtido neste estudo confirma que suínos de elevado potencial para deposição de carne magra na carcaça necessitam de maior quantidade de fósforo na dieta para expressar sua maior eficiência produtiva, pois respondem bem ao aumento do nível de fósforo da ração.

Segundo Ekpe et al. (2002), as diferenças nas exigências de Pd observadas entre os diversos trabalhos de pesquisa podem ser atribuídas às diferenças nos ingredientes das dietas, fatores genéticos, estado fisiológico, idade ou taxa de crescimento dos suínos, o que poderia explicar a maior exigência encontrada no presente estudo, já que a taxa de crescimento obtida foi superior aos demais trabalhos de pesquisa e tabelas de eficiência de crescimento.

As diferenças nos resultados obtidos pelos diversos trabalhos de pesquisa, além de fatores relacionados ao desempenho dos animais, podem ser devido a fatores ligados ao estado de saúde dos mesmos, como incidência de doenças e diferentes níveis de desafio imunológico dos rebanhos utilizados nos diversos estudos de exigência. Os resultados obtidos por Stahly e Cook (1997) ratificam estas afirmações, pois, ao avaliarem níveis de Pd para suínos de 6 a 30 kg, observaram uma melhor resposta dos animais com alta exposição antigênica ao nível de 0,40 %, e dos animais com moderada exposição a melhor resposta de CA ocorreu no nível de 0,70 % de Pd.

O valor de exigência expresso em gramas de Pd (8,22 g/dia) obtido nesse trabalho é superior aos resultados obtidos por Stahly et al. (2000) e Saraiva (2007), respectivamente 3,15 e 5,93 g/d. Esse valor é 156,9 % superior ao preconizado pelo Nutrient... (1998), que é de 3,20 g/d e 86,8 % superior ao sugerido por Rostagno et al. (2005), 4,40 g/d de Pd, o que indica que as exigências de nutrientes deveriam ser expressas na base de gramas ingeridas por dia para otimizar o desempenho e a qualidade de carcaça.

A relação Ca:P disponível correspondeu a 1,40:1 no nível de fósforo que proporcionou o melhor resultado de conversão alimentar. Este valor está próximo ao valor de 1,45:1 obtido por Saraiva (2007). Por outro lado, este valor é inferior ao valor de 2,50:1 usado por Stahly et al. (2000) e ao valor de 2,19:1 sugerido pelo Nutrient... (1998) e ao valor de 1,8:1 preconizado por Rostagno et al. (2005).

Os níveis de Pd da ração influenciaram ($P<0,01$) o CFD que aumentou de forma linear, de acordo com a equação $\hat{Y} = -0,310202 + 14,8486 X$ ($R^2 = 0,99$). Como foi verificado aumento do CRD em função dos níveis de Pd, pode-se inferir que o aumento do consumo de Pd ocorreu em função do aumento do nível de Pd da ração, associado ao aumento do CRD, o que refletiu num elevado R^2 para esta variável. Resultado semelhante foi observado por Stahly et al. (2000), que observaram efeito linear dos tratamentos sobre a ingestão diária de fósforo disponível, dos 9 aos 37 kg. Do mesmo modo, Saraiva (2007) também verificou que os níveis de Pd afetaram linearmente o CFD, na fase inicial.

3.2. Parâmetros sanguíneos

Os resultados de atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro ao final do experimento (21 dias) encontram-se na Tab. 3.

Observou-se efeito quadrático ($P<0,05$) dos níveis de Pd sobre o valor da AFAS ao final do experimento (Fig. 4), a qual melhorou até o nível de 0,56 % de Pd (0,172 %/Mcal de EM), correspondendo a um consumo de 7,98 g/d de Pd. Koch e Mahan (1985) observaram um declínio linear da AFAS aos 21 dias, em função do aumento de fósforo na dieta de suínos, dos 18 aos 35 kg. Entretanto, ao final do experimento (35 dias) os mesmos autores observaram um declínio quadrático da AFAS. Nimmo et al. (1980) observaram um decréscimo da AFAS em razão do aumento dos níveis de Ca e P da dieta, para varrões de dois grupos genéticos, dos 21 aos 100 kg de peso. Boyd et al. (1983) relataram decréscimo linear nos valores de fosfatase alcalina no plasma com o aumento do fósforo da dieta de suínos mestiços,

Tabela 3 – Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro ao final do experimento (21 dias) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)						CV (%)
	0,103	0,210	0,317	0,424	0,531	0,638	
AFAS - (U/L) ¹	469	375	352	300	317	292	18,78
Fósforo no soro - (µg/dL) ²	4,74	7,06	8,09	9,55	10,32	10,40	16,32

¹ e ² Efeito quadrático ($P<0,05$) e ($P<0,01$), respectivamente.

dos 17 aos 31 kg. Koch et al. (1984) também relataram um decréscimo linear da AFAS, ao avaliar o efeito de níveis crescentes de fósforo, porém abaixo das exigências, para suínos de 9 a 20 kg. Contudo, Nimmo et al. (1981) não observaram efeito dos níveis de cálcio (Ca) e fósforo (P) sobre a AFAS de leitões mestiças, dos 7 aos 93 kg.

De acordo com Guyton e Hall (1997), a fosfatase alcalina é quase sempre um indicativo de intensa formação óssea e, desse modo, a AFAS tende a ser alta durante a fase de crescimento, em doenças que ocasionem destruição óssea ou após fraturas ósseas extensas e nos casos de deficiência de Ca e/ou P na dieta. Entretanto, Dayrell et al. (1972) lembram que a fosfatase alcalina possui um alto coeficiente de variação, o que pode comprometer seu valor como parâmetro de avaliação de alterações metabólicas do osso. Realmente, a AFAS pode ser influenciada por vários fatores, tornando-a um parâmetro de difícil controle, entre animais e dentro dos mesmos. Durante um momento de estresse, por exemplo, a fosfatase alcalina originária do fígado pode variar repentinamente (Furtado, 1991).

Segundo Nimmo et al. (1981), normalmente a AFAS é positivamente sensível a mudanças graduais nos níveis dietéticos de Ca e P até níveis exigidos para máxima calcificação dos ossos ou ligeiramente abaixo destes. Aumentos **0,56 %**

$$\hat{Y} = 545,722 - 887,86 X + 794,796 X^2$$

$$R^2 = 0,96$$

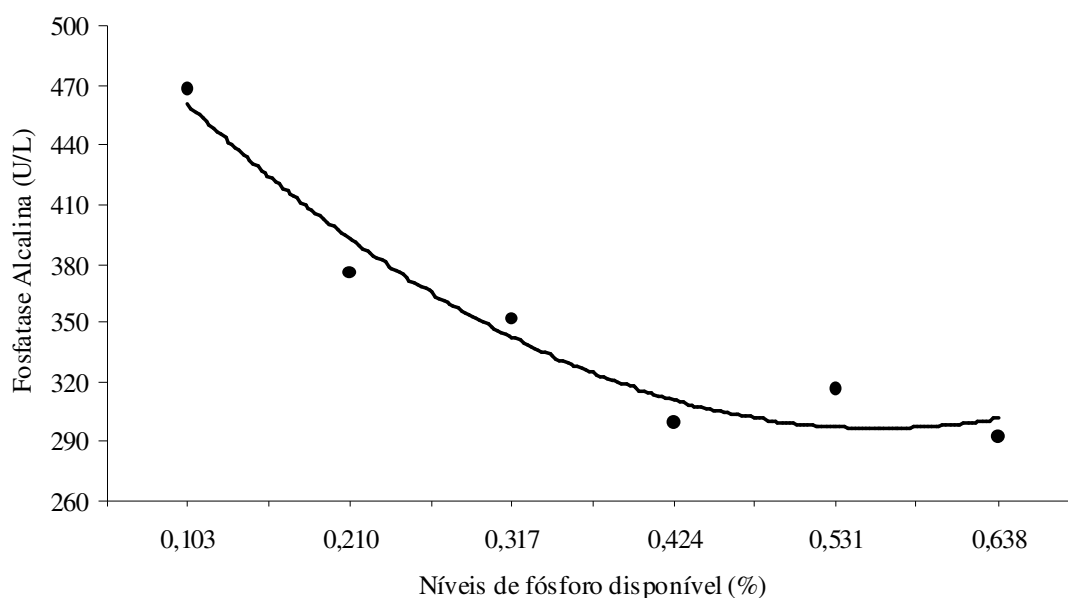


Figura 4 - Atividade da Fosfatase Alcalina no soro ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

nos níveis da fosfatase alcalina são típicos quando as dietas contêm níveis de Ca e P abaixo daqueles exigidos para máximo desenvolvimento do esqueleto (Nimmo et al. 1980).

Com relação à idade, a maioria dos trabalhos de pesquisa tem observado que a AFAS decresce à medida que o animal completa sua fase de crescimento. Santos (1983) relata que os valores desta enzima foram altos nos animais jovens, sendo que os mesmos foram decrescendo com significância estatística de modo inversamente proporcional à idade.

Os valores de AFAS mostraram-se um parâmetro confiável para se estimar a exigência de fósforo de suínos, na fase inicial, visto que, além do comportamento quadrático desta variável, o alto valor de R^2 (0,96) ao final do experimento (21 dias), indica um bom ajustamento dos dados entre os níveis dietéticos de Pd e os valores de AFAS. Por causa da menor adequabilidade do modelo entre os níveis de Pd e AFAS à medida que avançamos no período experimental, Boyd et al. (1983) sugerem que a AFAS deve ser medida aos 14 dias de experimento para que se obtenha o melhor ajuste entre Pd e AFAS.

Os valores de fósforo inorgânico no soro ao final do experimento aumentaram linearmente ($P < 0,01$) em

função dos níveis de Pd da ração, de acordo com a equação $\hat{Y} = 5,04870 + 9,17104 X$ ($R^2 = 0,93$). Resultado semelhante foi encontrado por Nimmo et al. (1981), que avaliando o efeito de níveis de Ca e P sobre o P no soro ao final do experimento, para fêmeas mestiças, dos 7 aos 92 kg, relataram aumento linear dos tratamentos sobre os valores de P no soro. Koch et al. (1984) também relataram um aumento linear do fósforo no soro, ao avaliar o efeito de níveis crescentes de fósforo, para suínos de 9 a 20 kg. Koch e Mahan (1985), avaliando o efeito de níveis de P e relação Ca:P para suínos, dos 18 aos 35 kg, observaram decréscimo linear em função do aumento da relação Ca:P e aumento quadrático do fósforo no soro aos 21 dias de experimento, em função do aumento dos níveis de fósforo. Ao final do experimento, os mesmos autores relataram decréscimo linear em função do aumento da relação Ca:P e aumento linear em função do aumento dos níveis de fósforo sobre os valores de P no soro. Maxson e Mahan (1983), ao avaliarem níveis de fósforo entre 0,40 e 0,90 %, relataram um aumento quadrático do fósforo no soro, observado aos 40 e aos 57 kg de peso, utilizando suínos mestiços, dos 18 aos 57 kg. Reinhard et al. (1976) observaram aumentos linear e quadrático do fósforo no soro de suínos mestiços, dos 18 aos 55 kg. Ao contrário dos demais resultados, Nimmo et al. (1980) não observaram efeito dos níveis de Ca e P da dieta sobre os valores de P no soro.

3.3. Parâmetros ósseos

Os resultados de resistência óssea à quebra (ROQ) encontram-se na Tab. 4.

Observou-se efeito quadrático ($P = 0,068$) dos níveis de Pd da ração sobre a ROQ-DI (Fig. 5), que aumentou até o nível de 0,57 % de Pd (0,176 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo de fósforo de 8,18 g/dia. Resultado

Tabela 4 – Resistência óssea à quebra na pata dianteira (ROQ - DI) e resistência óssea à quebra na pata traseira (ROQ – TR) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)						CV (%)
	0,103	0,210	0,317	0,424	0,531	0,638	
ROQ – DI (N) ¹	502	774	815	794	793	918	14,82
ROQ – TR (N) ²	494	448	568	551	625	539	20,16

¹ Efeito quadrático ($P=0,068$)

² Efeito linear ($P=0,083$)

0,57 %

$\hat{Y} = 411,089 + 1603,97 X - 1401,89 X^2$

$R^2 = 0,76$

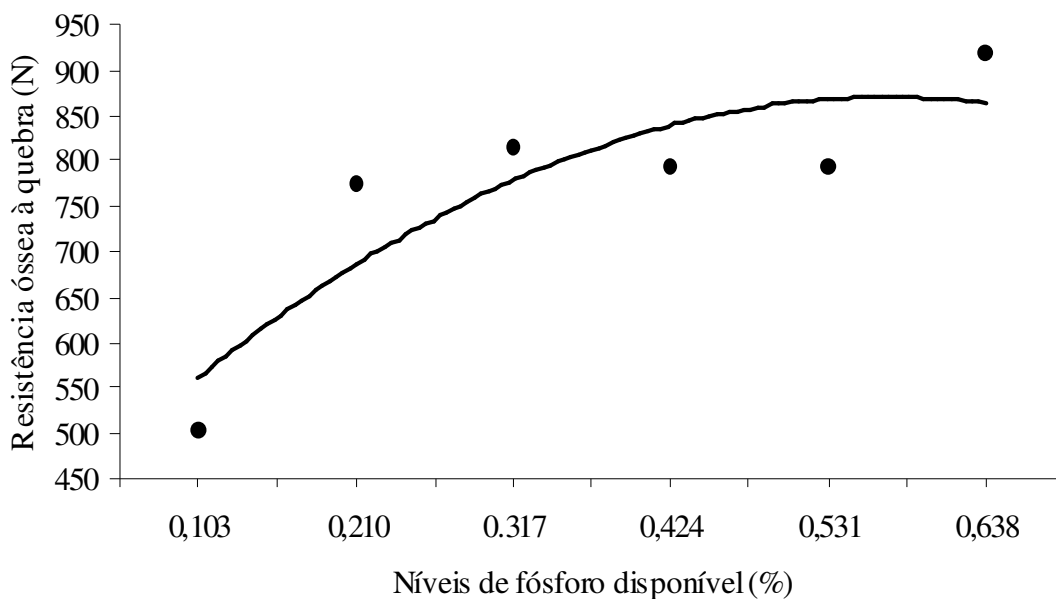


Figura 5 – Resistência óssea à quebra na pata dianteira de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 15 aos 30 kg

semelhante foi obtido por Saraiva (2007) que relatou aumento quadrático da ROQ de suínos na fase inicial, obtida no 3º metacarpo através da quebra por flexão.

No presente trabalho, o nível de Pd que propiciou o maior valor de GPD dos animais foi estimado em 0,53 %, enquanto o nível estimado para máxima ROQ, obtido no 3º metacarpo, ficou em 0,57 % de Pd. Esses resultados ratificam os resultados de Mahan (1982), Koch et al. (1984), Combs et al. (1991b) e Saraiva (2007), os quais relatam que o nível de P exigido para o máximo desempenho dos suínos é inferior àquele exigido para o máximo desenvolvimento dos ossos.

Verificou-se efeito linear ($P = 0,083$) dos níveis de Pd da ração sobre a ROQ-TR, de acordo com a equação $\hat{Y} = 464,459 + 197,314 X$ ($R^2 = 0,42$). Combs et al. (1991b) também relataram aumento linear da ROQ, obtidas por flexão (média dos valores do 3º metacarpo e 3º metatarso) e por cisalhamento (média dos valores no 4º metacarpo e 4º metatarso). Segundo estes mesmos autores, o teste de cisalhamento dos ossos foi mais sensível do que o teste de flexão como método de determinação da resistência óssea devido à sua menor variabilidade, melhor discriminação dos efeitos da relação Ca:P e do tempo e maior facilidade de cálculo. Hall et al. (1991) relataram aumento linear da ROQ, obtida através de flexão, medida tanto no fêmur quanto na média das medições do 3º e 4º metacarpos e metatarsos, em suínos mestiços submetidos a diferentes relações Ca:P e níveis de P. Gomes (1988) estimou a ROQ de suínos na fase inicial pelo modelo LRP, relatando que os valores subiram até atingir o platô, através da análise do osso metatarso da pata direita, por meio de uma prensa manual de compressão.

De acordo com Crenshaw et al. (1981), as diferenças nos resultados de ROQ observadas entre os vários trabalhos de determinação de exigência de fósforo são devidas, principalmente, ao tipo de osso utilizado, ao comprimento desses ossos e aos diferentes procedimentos realizados no preparo dos mesmos para as avaliações, além do tipo de equipamento usado nas medições das características físicas desses ossos e sua orientação no equipamento.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que suínos híbridos comerciais, machos castrados e fêmeas, de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça exigem, dos 15 aos 30 kg, 0,57 % de Pd na ração (0,177 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo diário de 8,22 g de Pd, para proporcionar melhores resultados de CA e ROQ-DI.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCERES-PIC. Especificações nutricionais Agroceres-Pic. 2007. 6 p.
- BOWERS Jr., G. N.; McCOMB, R. B. A continuous spectrophotometric method for measuring the activity of serum alkaline phosphatase. *Clin. Chem.*, v. 12, n. 2, p. 70-89, 1966.
- BOYD, R. D.; HALL, D. Y.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 57, n. 2, p. 396-401, 1983.
- 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 dez. 2007.
- COMBS, N. R.; KORNEGAY, E. T.; LINDEMANN, M. D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: I. Development of response curves for performance. *J. Anim. Sci.*, v. 69, p. 673-681, 1991a.
- COMBS, N. R.; KORNEGAY, E. T.; LINDEMANN, 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 and shear bone testing. *J. Anim. Sci.*, v. 69, p. 682-693, 1991b.
- CRENSHAW, T. D.; PEO Jr., E. R.; LEWIS, A. S. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. *J. Anim. Sci.*, v. 53, n. 3, p. 827-835, 1981.
- DAYRELL, M. S.; LOPES, H. O. S.; AROEIRA, J. A. D. C. et al. Teores de cálcio, magnésio, fósforo inorgânico e atividade da fosfatase alcalina no soro sanguíneo de bovinos criados no cerrado. *Arq. Esc. Vet. UFMG*, v. 24, n. 1, p. 265-279, 1972.
- EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 82, n. 4, p. 541-549, 2002.
- FURTADO, M. A. O. *Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos*. 1991. 61 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- GOMES, P. C. *Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em alguns alimentos para suínos de diferentes idades*. 1988. 163 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GUYTON, A. C. HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 1014 p.
- HALL, D. D.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. Effects of dietary calcium, phosphorus, calcium:phosphorus ratio and vitamin K on performance, bone strength and blood clotting status of pigs. *J. Anim. Sci.*, v. 69, p. 646-655, 1991.
- HENDRICKS, W. H.; MOUGHAN, P. J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. *Liv. Prod. Sci.*, v. 33, n. 1, p. 161-170, 1993.
- KOCH, M. E.; MAHAN, D. C.; CORLEY, J. R. An evaluation of various biological characteristics in assessing low phosphorus intake in weanling swine. *J. Anim. Sci.*, v. 59, n. 6, p. 1546-1556, 1984.
- KOCH, M. E.; MAHAN, D. C. Biological characteristics for assessing low phosphorus intake in growing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 60, n. 3, p. 699-708, 1985.
- MAHAN, D. C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. *J. Anim. Sci.*, v. 54, n. 3, p. 559-564, 1982.
- MAXSON, P. F.; MAHAN, D. C. Dietary calcium and phosphorus levels for growing swine from 18 to

57 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.*, v. 56, n. 5, p. 1124-1134, 1983.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Response of different genetic lines of boars to varying levels of dietary calcium and phosphorus. *J. Anim. Sci.*, v. 51, n. 1, p. 112-120, 1980.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on performance, blood and bone parameters of swine. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 6, p. 1330-1342, 1981.

NUTRIENT requirements of swine. 10th ed. Washington: National Academy of Sciences, 1998. 189 p.

PEO Jr., E. R. Calcium, phosphorus and vitamin D in swine nutrition. In: MILLER, E. R.; ULLREY, D. E.; LEWIS, A. J. (ed.). *Swine Nutrition*. Stoneham, ME: Butterworth-Heinemann Publishing, 1991. p. 165-182.

REINHARD, M. K.; MAHAN, D. C.; WORKMAN, B. L.; et al. Effect of increasing dietary protein level, calcium and phosphorus on feedlot performance, bone mineralization and serum mineral values with growing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 43, n. 4, p. 770-780, 1976.

REINHART, G. A.; MAHAN, D. C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 63, p. 457-466, 1986.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2^a ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.

SANTOS, L. M. M. *Influência da idade sobre os níveis séricos de cálcio, fósforo inorgânico, fosfatase alcalina, transaminases glutâmica, oxalacética e pirúvica em suínos*. 1983. 26 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SARAIVA, A. *Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 15 aos 60 kg*. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SISTEMA para análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 2007. (Versão 9.1)

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.; COOK, D. R. 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.; LUTZ, T. R.; CLAYTON, R. D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L 655. Iowa State University. *Swine research report*. 2000. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>>. Acessado em: 26/10/2007.

CAPÍTULO 3

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇA, DOS 30 AOS 60 KG

1. INTRODUÇÃO

O estudo do fósforo na nutrição animal exige atenção especial por parte dos nutricionistas, pois, dos minerais que normalmente são suplementados nas rações de suínos ele é aquele que possui o maior número de funções no organismo animal. Uma vez que o fósforo exerce funções vitais no metabolismo animal, é essencial que esteja em nível adequado nas dietas, atendendo às exigências do animal, de modo a promover um crescimento rápido e eficiente, além de um adequado desenvolvimento dos ossos e dentes. Segundo o Nutrient... (1998), as exigências de fósforo para suínos são geralmente definidas através do desempenho dos animais e não considerando parâmetros como a mineralização óssea, resistência à quebra e teor de fósforo no soro.

A concentração de fósforo nos tecidos moles (carne magra) é quase constante, assim como a quantidade de fósforo por unidade de cinzas do esqueleto. Deste modo, mudanças encontradas na porcentagem do fósforo total corporal são devido às quantidades absolutas de tecido mole e tecido esquelético e à proporção desses tecidos, um em relação ao outro (Crenshaw, 2001). Em função disto, as exigências de fósforo de suínos machos castrados geneticamente superiores para deposição de carne magra na carcaça podem ser mais altas do que aquelas utilizadas atualmente, visto que os resultados de pesquisa disponíveis no país não são recentes e foram obtidos com animais de baixo potencial genético, que não representam mais o rebanho tecnificado nacional. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi determinar a exigência de fósforo disponível de suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e Instalações

O experimento foi conduzido no galpão experimental do setor de suinocultura da granja de suínos da EPAMIG, localizado na Fazenda Experimental Vale do Piranga, no município de Oratórios, MG, durante os meses de maio a junho de 2007. Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e paredes de alvenaria, providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros pendulares tipo chupeta e dispunham de uma área de 1,87 m²/animal. As baias ficavam em galpão de alvenaria com piso de concreto e coberto com telhas de fibra amianto. Utilizou-se um termohigrômetro digital, colocado no interior do galpão, o qual possuía sensores a um metro de altura e na altura dos animais, para registro diário da temperatura e umidade durante todo o período experimental.

2.2. Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 60 suínos machos castrados híbridos comerciais (Agroceres-Pic), selecionados geneticamente para elevada porcentagem de carne magra na carcaça, com peso inicial de 29,03 ± 1,46 kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (níveis de fósforo disponível), seis repetições e dois animais por unidade experimental (baia). Os blocos foram formados no tempo e na distribuição dos animais, dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos animais. Os animais foram identificados individualmente por meio de brincos nas orelhas para acompanhamento individual durante o experimento.

2.3. Dietas e manejo alimentar

As rações experimentais foram produzidas a partir de uma ração base (T₁), sem adição de fosfato bicálcico, composta de milho e farelo de soja, suplementada com minerais, vitaminas e aminoácidos, contendo 18,25 % de proteína bruta, 3230 kcal/kg de energia metabolizável e 0,103 % de fósforo

disponível (Pd), formulada de modo a atender as recomendações nutricionais mínimas sugeridas por Rostagno et al. (2005), exceto para o Pd. As rações correspondentes aos tratamentos experimentais caracterizavam-se pela suplementação da dieta base com quatro níveis de fosfato bicálcico (0,523; 1,064; 1,604; e 2,145 %), em substituição ao caulim e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com 0,103; 0,200; 0,300; 0,400 e 0,500 % de Pd (Tab. 1), sendo isoprotéicas, isoenergéticas e isocalóricas. A água e as rações foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

2.4. Desempenho

Foram feitas pesagens periódicas das rações fornecidas e das sobras das rações experimentais, enquanto os animais foram pesados, individualmente, no início, aos 21 dias e ao final do experimento, ao atingirem o peso final de $62,90 \pm 4,52$ kg, quando foi determinado o ganho de peso diário (GPD), a conversão alimentar (CA), o consumo de ração diário (CRD) e o consumo de fósforo disponível diário (CFD).

2.5. Parâmetros sanguíneos

Aos 21 dias de experimento, todos os animais foram submetidos a um jejum alimentar por 12 horas, seguido de uma hora de arraçoamento à vontade. Logo após, foram submetidos a um novo jejum alimentar e hídrico por quatro horas, quando foram então, sangrados por punção do plexo venoso orbitário, ao atingirem o peso de $46,79 \pm 3,34$ kg aos 21 dias. Após a coleta, o sangue ficou em repouso por uma hora, para coagulação e retração do coágulo, sendo centrifugado em seguida a 3500 rpm, por 10 minutos, para separação do soro, o qual foi remetido refrigerado ao laboratório. Após o término do experimento, os animais foram submetidos aos procedimentos de jejum, coleta de sangue e separação do soro de maneira semelhante aos realizados aos 21 dias, quando atingiram o peso final em jejum de $60,24 \pm 5,31$ kg. O soro foi então, enviado ao laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG, para análise da atividade da fosfatase alcalina (AFAS) e fósforo no soro.

As análises foram realizadas por meio de “kits” de determinação de AFAS e fósforo no soro do laboratório Synermed®, em aparelho da marca “Cobas Mira”, o qual é dotado de um espectrofotômetro. A análise da AFAS foi realizada através do método enzimático UV (AMP-IFCC), para determinação quantitativa da Fosfatase alcalina. O método Synermed® para determinação da atividade da fosfatase alcalina utiliza o p-nitrofenilfosfato como substrato e mede a reação cineticamente a 405 nm. O p-nitrofenilfosfato é hidrolisado a fim de formar p-nitrofenol e fosfato, na presença de íons magnésio e fosfatase alcalina, em um tampão AMP de 2-amino-2-metil-1-propanol. A taxa de aparecimento de p-nitrofenol, medida em espectrofotômetro, é diretamente proporcional à atividade da fosfatase alcalina presente na amostra original. As medidas cinéticas da fosfatase alcalina que utilizam o p-nitrofenilfosfato como substrato foram descritas por Bowers e McComb (1966).

O fósforo foi medido através do método IR colorimétrico/catalizado (fosfomolibdato/PVP), para determinação quantitativa de fósforo, o mais amplamente divulgado para este ensaio. No método Synermed® é usada a polivinilpirrolidona (PVP) para catalisar a reação do fósforo com o molibdato. A PVP catalisa a formação do polímero de molibdato, que reage com o fósforo para formar um complexo fosfomolibdato. Este complexo fosfomolibdato é reduzido, em uma segunda etapa, para formar um cromóforo azul forte que absorve intensamente o infravermelho, o qual pode ser quantificado espectrofotometricamente entre 600 e 700 nm.

2.6. Análises estatísticas

Os dados de desempenho e parâmetros sanguíneos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico

Tabela 1 - Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 30 aos 60 kg

Ingrediente	Nível de fósforo disponível na ração (%)				
	0,103	0,200	0,300	0,400	0,500
Milho grão	68,241	68,241	68,241	68,241	68,241
Farelo de soja	27,003	27,003	27,003	27,003	27,003
Óleo de soja	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004
Fosfato bicálcico	---	0,523	1,064	1,604	2,145
Calcário calcítico	1,421	1,087	0,742	0,398	0,053
Caulim (inerte)	0,806	0,617	0,421	0,225	0,029

Sal comum	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
Premix vitamínico recria ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Promotor Agrocobre Suínos ³	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico 1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico 2	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
L-Lisina HCl - 78,4%	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278
DL-Metionina - 99%	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087
L-Treonina - 98,5%	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Valor nutricional calculado (% na matéria natural)					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3230	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25
Lisina dig. (%)	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028
Met + Cis dig. (%)	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
Treonina dig. (%)	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cálcio (%)	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631
Fósforo total (%)	0,307	0,404	0,504	0,604	0,704
Fósforo disponível (%)	0,103	0,200	0,300	0,400	0,500

¹ Níveis de garantia (por kg do produto): ácido fólico: 351,75 mg; ácido pantotênico: 3.500 mg; biotina: 18,9 mg; cálcio: 52,5 g; niacina: 6.930 mg; piridoxina: 630 mg; riboflavina: 1.400 mg; selênio: 132 mg; tiamina: 350 mg; vitamina A: 1.750.000 UI; vitamina B₁₂: 8.750,7 mcg; vitamina D₃: 700.000 UI; vitamina E: 3.500 mg; vitamina K₃: 700 mg.

² Níveis de garantia (por kg do produto): cálcio: 98.800 mg; cobalto: 185 mg; cobre: 15.750 mg; ferro: 26.250 mg; iodo: 1.470 mg; manganês: 41.850 mg; zinco: 77.999 mg.

³ Níveis de garantia (por kg do produto): cobre: 115.000 mg; ferro: 30.000 mg; zinco: 30.000 mg.

computacional SAEG (Sistema... 2007). Com base nos resultados, estimou-se a exigência de Pd utilizando os modelos de regressão linear e ou quadrático, de acordo com o melhor ajuste obtido para cada variável e levando-se em consideração o comportamento biológico de cada animal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias mínimas e máximas verificadas no período, no interior do galpão, foram, respectivamente, $12,38 \pm 2,54$ e $29,05 \pm 2,48^\circ\text{C}$, a um metro de altura e $13,76 \pm 2,20$ e $24,02 \pm 1,40^\circ\text{C}$, na altura dos animais. Os valores médios mínimos e máximos de umidade relativa foram de $47,45 \pm 6,92$ e $70,19 \pm 11,46$. Coffey et al. (2000) sugerem que a zona ideal de conforto térmico para suínos entre 34 e 68 kg situa-se entre $15,6$ e $23,9^\circ\text{C}$.

3.1. Desempenho dos animais

Os resultados de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível encontram-se na Tab. 2.

Tabela 2 - Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
Ganho de peso diário (g) ¹	790	1020	1078	1110	1128	5,65
Consumo de ração diário (g) ¹	1892	2186	2279	2348	2356	6,05
Conversão alimentar (g/g) ²	2,40	2,14	2,12	2,12	2,09	6,46
Consumo de FD (g/dia) ³	1,95	4,37	6,84	9,39	11,78	5,38

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

³ Efeito linear (P<0,01)

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de Pd da ração sobre o GPD (Fig. 1), que aumentou até o nível estimado de 0,42 % de Pd (0,130 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo de fósforo de 9,82 g/dia. Este resultado é semelhante ao obtido por Ekpe et al. (2002) que, ao avaliarem níveis de fósforo digestível para suínos híbridos, machos castrados e fêmeas, de 23 a 60 kg, observaram efeito quadrático dos tratamentos sobre o GPD dos animais. Do mesmo modo, Stahly et al. (2000) observaram efeito quadrático dos níveis de Pd sobre o GPD de suínos com alto potencial de deposição de carne magra, de 37 a 65 kg. Combs et al. (1991), ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de cálcio e fósforo para suínos mestiços, entre 35 e 60 kg, verificaram efeitos linear e quadrático sobre o GPD dos animais. **0,42 %**

$$\hat{Y} = 0,571355 + 2,68664X - 3,20028X^2$$

$$R^2 = 0,96$$

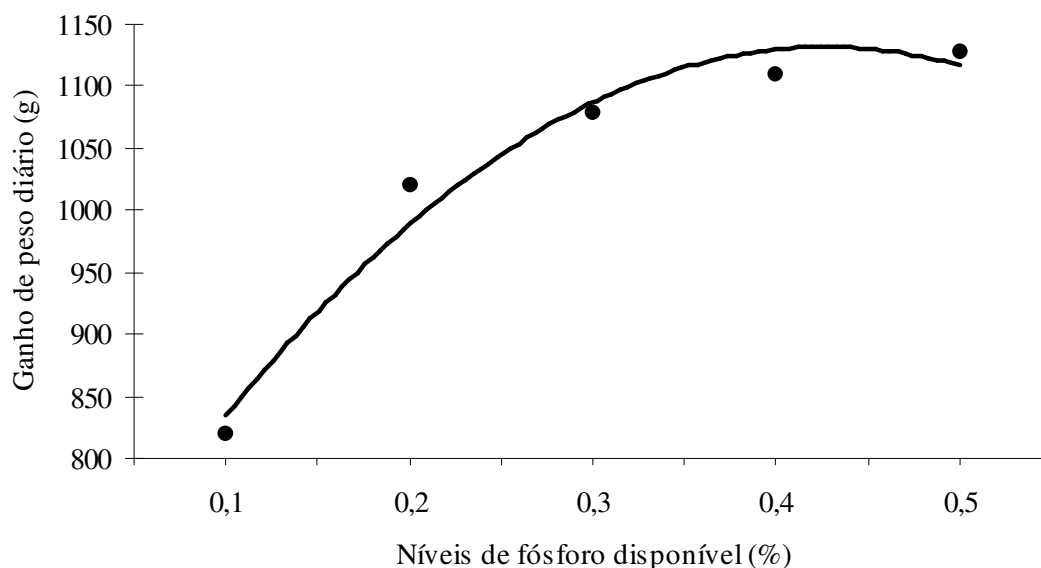


Figura 1 - Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg

Saraiva (2007) observou efeito linear dos níveis de Pd (0,115 a 0,435 %) sobre o GPD de leitoas com alto potencial de deposição de carne, na fase de crescimento, relatando, contudo, que o modelo LRP ajustou-se melhor aos dados obtidos. Contudo, Gomes et al. (1989), trabalhando com suínos de ambos os sexos, dos 31 aos 62 kg e Hastad et al. (2004), trabalhando com leitoas dos 33 aos 55 kg, não observaram efeito do nível de Pd sobre o GPD dos animais.

O GPD médio obtido neste estudo (1025 g/dia) está próximo aos valores médios de 944 e 950 g/dia, obtidos, respectivamente, por Stahly et al. (2000) e Saraiva (2007) e acima dos observados por Gomes et al. (1989), Ekpe et al. (2002) e Hastad et al. (2004), respectivamente, 870, 863 e 729 g/dia.

Houve efeito quadrático ($P < 0,01$) dos tratamentos sobre o CRD (Fig. 2), que aumentou até o nível estimado de 0,43 % (0,132 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo de 10,02 g/dia de Pd. Resultado semelhante foi observado por Ekpe et al. (2002), que relataram efeito quadrático dos níveis

de fósforo digestível sobre o CRD dos animais. Stahly et al. (2000) observaram efeito linear **0,43 %**
 $\hat{Y} = 1,58719 + 3,64578X - 4,26104X^2$

$R^2 = 0,98$

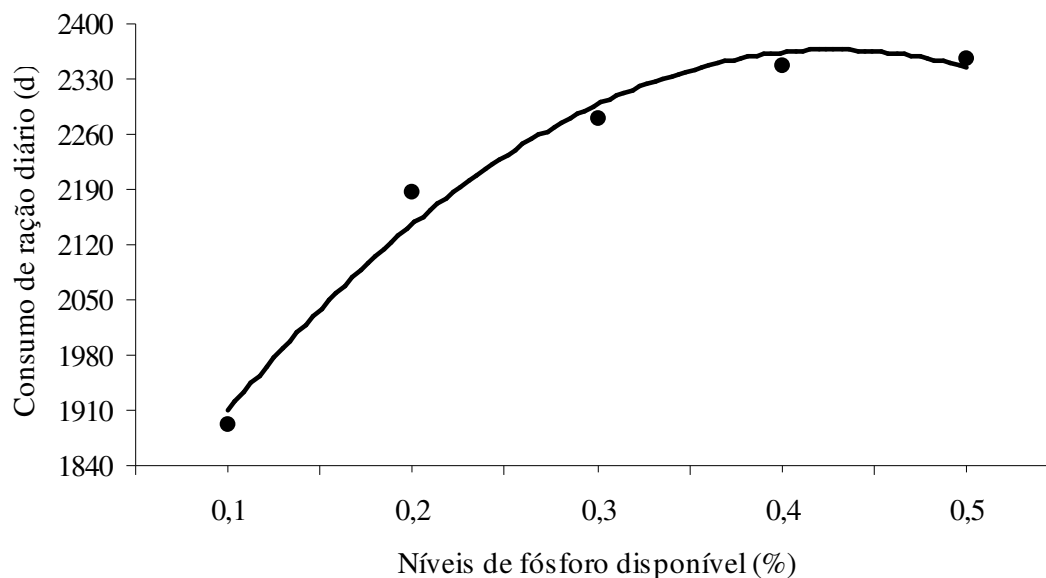


Figura 2 - Consumo de ração diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg

sobre o CRD, enquanto Combs et al. (1991) verificaram efeitos linear e quadrático sobre o CRD. Entretanto, Gomes et al. (1989), Hastad et al. (2004) e Saraiva (2007) não observaram efeito dos tratamentos sobre o CRD dos animais, na fase de recria. Os resultados observados no presente estudo indicam que a concentração de Pd da ração pode interferir no consumo de alimento pelos animais. Esses resultados nos permitem comprovar que baixos níveis de fósforo disponível na dieta, muito abaixo das exigências dos animais, comprometem o consumo voluntário de alimento de suínos machos castrados de alto potencial genético na fase de recria, o que corrobora os resultados obtidos por Reinhart e Mahan (1986), que ao trabalharem com suínos na fase de recria observaram que baixos níveis de fósforo na ração diminuíram o consumo de alimento dos animais. Ainda de acordo com estes autores, níveis excessivos de cálcio e fósforo podem reduzir o desempenho de suínos, sendo maiores os efeitos quando a relação Ca:P é aumentada.

O CRD médio (2212 g/dia) obtido nesse estudo é semelhante ao valor de 2187 g/dia, obtido por Stahly et al. (2000). Este valor é superior aos valores de 2126 e 2134 g/dia, obtidos por Hastad et al. (2004) e Saraiva (2007), respectivamente. Porém, Gomes et al. (1989) e Ekpe et al. (2002) relataram valores superiores ao obtido nesse estudo, que foram respectivamente de 2339 e 2350 g/dia, trabalhando com animais de baixo e médio potencial genético. Segundo Friesen et al. (1994), machos castrados em fase de crescimento e com alta capacidade de deposição de carne na carcaça consomem menos alimento e são mais eficientes, o que explicaria a alta exigência de fósforo desse grupo genético. Hahn et al. (1995) citam que o consumo de lisina total exigido pelo suíno está relacionado ao apetite ou ao potencial de ingestão de alimento, à taxa de deposição de carne magra e à eficiência de deposição. Do mesmo modo, a ingestão de fósforo exigida pelos animais também é influenciada por estes fatores, o que poderia explicar as diferenças observadas entre os diversos trabalhos de pesquisa.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre a CA (Fig. 3). Houve melhora até o nível estimado de 0,39 % de Pd (0,121 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo estimado de 9,11 g/dia de fósforo.

0,39 %

$\hat{Y} = 2,61797 - 2,78807X + 3,56391X^2$

$R^2 = 0,90$

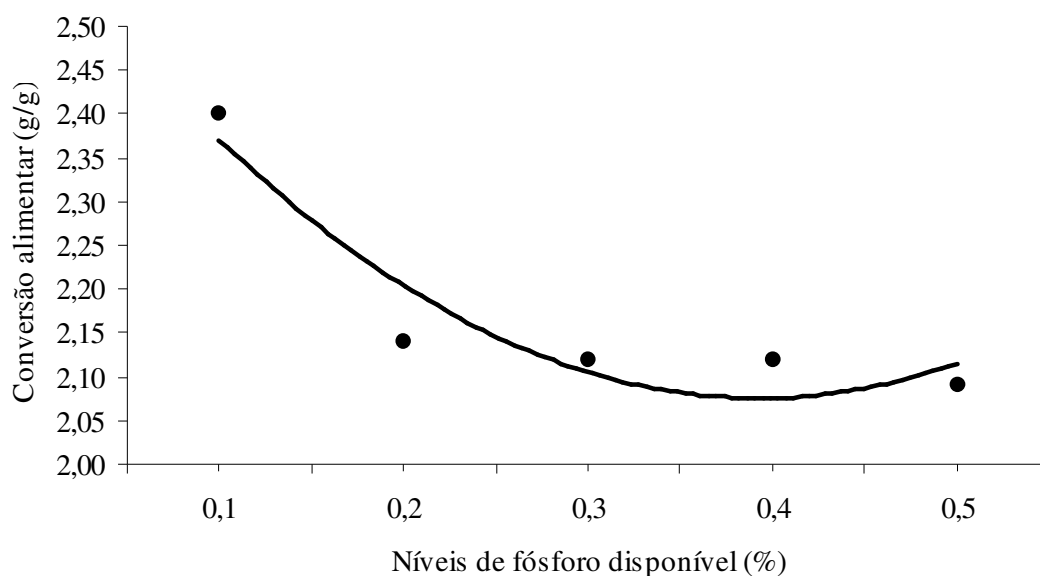


Figura 3 - Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg

Gomes et al. (1989) relataram resultados semelhantes, observando efeito quadrático dos tratamentos sobre a CA, assim como Stahly et al. (2000) e Ekpe et al. (2002), que observaram efeito quadrático sobre a eficiência alimentar. Saraiva (2007) relatou efeito linear dos níveis de Pd sobre a CA, observando, porém, que o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos. Combs et al. (1991) e Hastad et al. (2004) não observaram efeito dos tratamentos sobre a eficiência alimentar.

O nível de Pd (0,39 %) obtido é 69,6 % superior ao preconizado pelo Nutrient... (1998) para suínos machos castrados de 20 a 50 kg (0,23 % de Pd), 17,5 % superior ao sugerido por Rostagno et al. (2005), que é de 0,332 % para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, dos 30 aos 50 kg e 14,7 % superior ao nível recomendado pela Agrocere-Pic (2007) para machos castrados, para ótima deposição de carne magra, dos 32 aos 40 kg, que é de 0,34 % de Pd. Esse nível de Pd, que proporcionou os melhores resultados de conversão alimentar, também é superior aos valores encontrados por Gomes et al. (1989), Stahly et al. (2000) e Ekpe et al. (2002), que encontraram 0,29 %; 0,26 % e 0,32 % de Pd para suínos machos castrados e fêmeas. Hastad et al. (2004) e Saraiva (2007), trabalhando com fêmeas, relataram valores de 0,22 % e 0,364 %, respectivamente. O valor obtido neste trabalho confirma que suínos de elevado potencial para deposição de tecido magro necessitam de maior quantidade de fósforo na dieta para expressar sua maior eficiência produtiva, pois respondem bem ao aumento do nível de fósforo da ração. De acordo com Ekpe et al. (2002), as diferenças nas exigências de fósforo entre os diversos estudos podem ser atribuídas às diferenças nos ingredientes das dietas, fatores genéticos, estado fisiológico, idade ou taxa de crescimento dos suínos, o que poderia explicar a maior exigência encontrada no presente estudo, uma vez que a taxa de crescimento obtida foi superior aos demais trabalhos de pesquisa e tabelas de eficiência de crescimento. Temperatura ambiente, densidade populacional e incidência de doenças também podem alterar a ingestão de alimento e o potencial de crescimento em carne magra e, conseqüentemente, a quantidade de fósforo exigida pelos animais, além do sexo, critério de resposta, sistema de alimentação e método estatístico usado para estimar a exigência.

O valor de exigência expresso em gramas de Pd (9,11 g/dia) obtido nesse trabalho é superior aos resultados obtidos por Stahly et al. (2000), Hastad et al. (2004) e Saraiva (2007), respectivamente 5,6; 3,3 e 7,77 g/d. Esse valor é 113,3 % superior ao preconizado pelo Nutrient... (1998), que é de 4,27 g/d e 47,4 % superior ao sugerido por Rostagno et al. (2005), 6,18 g/d de Pd, indicando que as exigências de nutrientes deveriam ser expressas na base de gramas ingeridas por dia para otimizar o desempenho e a qualidade de carcaça. De acordo com Kessler (2001), a conversão alimentar é altamente correlacionada com variáveis que representam o ganho de tecido magro e por isso, persiste como medida de desempenho, sendo usada como a principal referência para avaliar a eficiência de sistemas

de produção de suínos.

A relação Ca:P total correspondeu a 1,06:1 no nível de fósforo que proporcionou o melhor resultado de conversão alimentar. Este valor está próximo ao valor de 1,1:1 obtido por Combs et al. (1991) e Hastad et al. (2004). Por outro lado, este valor é inferior ao valor de 1,48:1 obtido por Gomes et al. (1989) e ao valor de 1,2:1 preconizado pelo Nutrient... (1998) e por Rostagno et al. (2005). A relação Ca:P disponível obtida foi de 1,62:1; valor inferior aos valores de 2,37:1; 2,3:1 e 2,01:1 obtidos, respectivamente por Gomes et al. (1989), Stahly et al. (2000) e Saraiva (2007). Esse valor é inferior ao valor de 2,61:1 sugerido pelo Nutrient... (1998) e ao valor de 1,9:1 sugerido por Rostagno et al. (2005).

Segundo Stahly et al. (2000), a quantidade de fósforo acumulada no organismo é dependente do tipo de tecido corporal depositado. O tecido protéico (músculos) e os ossos contêm significantes quantidades de fósforo, enquanto o tecido adiposo possui estoques mínimos de fósforo. Assim, a quantidade de fósforo disponível necessária para manter o crescimento corporal é diretamente proporcional ao aumento do conteúdo corporal dos tecidos protéicos em relação aos tecidos adiposos, indicando uma maior exigência de fósforo de animais selecionados geneticamente para alta deposição de carne magra na carcaça em relação aos grupos genéticos inferiores.

O CFD elevou-se de modo linear ($P < 0,01$) com o aumento dos níveis de Pd da ração, segundo a equação $\hat{Y} = - 0,535008 + 24,6719 X$ ($R^2 = 1,00$). Como foi observado aumento do CRD em função dos níveis de Pd, pode-se inferir que o aumento do consumo de Pd ocorreu em função do aumento dos níveis de Pd da ração, associado ao aumento do CRD. Esse resultado assemelha-se ao de Stahly et al. (2000), que observaram efeito linear dos tratamentos sobre a ingestão diária de fósforo disponível de suínos, dos 37 aos 65 kg e Saraiva (2007), que verificaram efeito linear sobre o consumo de Pd de leitões, dos 30 aos 60 kg.

3.2. Parâmetros sanguíneos

Os resultados de atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias e ao final do experimento encontram-se na Tab. 3.

O aumento dos níveis de Pd da ração afetou linearmente ($P = 0,054$) os valores da AFAS aos 21 dias de experimento, de acordo com a equação $\hat{Y} = 365,400 - 184,167 X$ ($R^2 = 0,81$). Resultado semelhante foi relatado por Koch e Mahan (1985), que observaram um declínio linear da AFAS aos 21 dias, em razão do

Tabela 3 – Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias e ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos de 30 a 60 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
AFAS - 21 dias (U/L) ¹	355	330	300	274	291	32,97
AFAS - Final (U/L) ²	288	239	241	230	216	33,68
Fósforo no soro - 21 dias ($\mu\text{g/dL}$) ³	7,7	8,4	11,0	10,3	10,2	9,48
Fósforo no soro - Final ($\mu\text{g/dL}$) ³	6,6	8,2	9,3	8,9	9,2	14,60

¹ e ² Efeito linear ($P=0,054$) e ($P < 0,05$), respectivamente.

³ Efeito quadrático ($P < 0,01$).

aumento de fósforo na dieta de suínos, dos 18 aos 35 kg.

Observou-se efeito linear ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre os valores da AFAS ao final do experimento, segundo a equação $\hat{Y} = 288,358 - 151,917 X$ ($R^2 = 0,79$). A relação observada entre os valores de AFAS e os níveis de Pd adicionados à ração foi inversamente proporcional, em concordância com os padrões fisiológicos normais e aos resultados obtidos por Boyd et al. (1983), que relataram decréscimo linear nos valores de fosfatase alcalina no plasma com o aumento do fósforo da dieta de suínos mestiços, dos 17 aos 31 kg. Koch e Mahan (1985) também observaram um declínio da AFAS ao final do experimento em função do aumento de fósforo da dieta, mas alertaram para a falta de linearidade na regressão, a qual apresentou um comportamento quadrático. Os pontos de AFAS obtidos por Furtado (1991), não foram lineares, impedindo a obtenção de uma curva padrão adequada, ao avaliarem a biodisponibilidade de fósforo para suínos mestiços na fase de crescimento. Nimmo et al. (1981) não observaram efeito dos níveis de cálcio (Ca) e fósforo (P) sobre a AFAS de leitões mestiços, dos 7 aos

93 kg. Também Teixeira et al. (2005), ao avaliarem níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos dos 30 aos 60 kg, não observaram influência dos tratamentos sobre o teor de fosfatase alcalina ao final do experimento.

De acordo com Guyton e Hall (1997), a fosfatase alcalina é quase sempre um indicativo de intensa formação óssea e, desse modo, a AFAS tende a ser alta durante a fase de crescimento, em doenças que ocasionem destruição óssea ou após fraturas ósseas extensas e nos casos de deficiência de Ca e/ou P na dieta.

O valor de R^2 decresceu com o avançar do período (0,81 aos 21 dias e 0,79 ao final), indicando um mau ajustamento dos dados entre os níveis de Pd da dieta e os valores de AFAS ao final do período experimental, semelhante ao relatado por Boyd et al. (1983), Koch et al. (1984) e Koch e Mahan (1985). Por causa desta menor adequabilidade do modelo entre os níveis de Pd e AFAS à medida que avançamos no período experimental, Boyd et al. (1983) sugerem que a AFAS deve ser medida aos 14 dias de experimento para que se obtenha o melhor ajuste entre Pd e AFAS. Do mesmo modo, os valores de AFAS no presente estudo decresceram com o avançar do experimento (310 U/L aos 21 dias e 242 U/L ao final), semelhante ao obtido por Santos (1983), a qual relata que os valores desta enzima foram altos nos animais jovens, sendo que os mesmos foram decrescendo com significância estatística de modo inversamente proporcional à idade.

Boyd et al. (1983) relataram que a atividade da fosfatase alcalina no sangue (AFAS), que tanto pode ser medida no soro quanto no plasma, é inversamente proporcional ao nível de P da dieta, constituindo-se um parâmetro potencialmente útil na determinação da biodisponibilidade de P para suínos. Entretanto, Dayrell et al. (1972) lembram que a fosfatase alcalina possui um alto coeficiente de variação, o que pode comprometer seu valor como parâmetro de avaliação de alterações metabólicas do osso. De acordo com Ekpe et al. (2002), como a AFAS decresce linearmente não deveria ser usada para determinar a exigência de fósforo, na fase de recria.

Houve efeito quadrático dos tratamentos ($P < 0,01$) sobre os valores de fósforo no soro aos 21 dias de experimento (Fig. 4), que aumentou até o nível de 0,40 % de Pd (0,123 %/Mcal de EM), o que corresponde a um consumo de 9,28 g/d de Pd. Koch e Mahan (1985) observaram efeitos linear e quadrático do fósforo no soro aos 21 dias de experimento, em função dos tratamentos.

0,40 %

$$\hat{Y} = 4,99667 + 27,9988 X - 35,1786 X^2$$

$$R^2 = 0,84$$

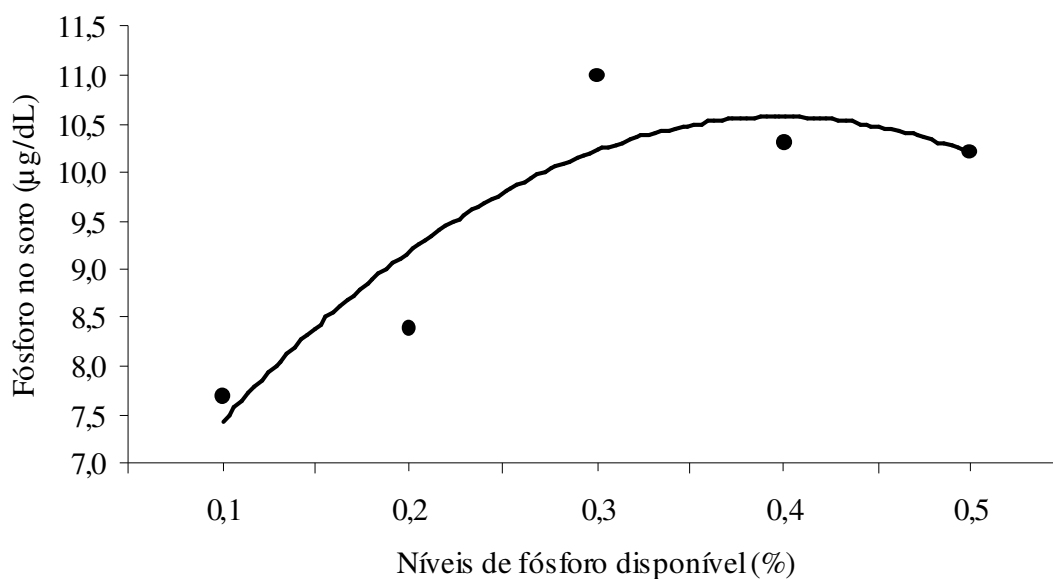


Figura 4 - Fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg

Os níveis de Pd da ração afetaram quadraticamente ($P < 0,01$) os valores de fósforo no soro ao final do experimento (Fig. 5), os quais aumentaram até o nível estimado de 0,40 % de Pd (0,125 %/Mcal de EM), correspondente a um consumo de 9,41 g/d de Pd. Resultado semelhante foi encontrado por Ekpe et al. (2002), que relataram um aumento quadrático do fósforo no plasma, utilizando machos castrados, de 23 a 60 kg. Reinhart e Mahan (1986) observaram aumento linear do fósforo inorgânico no soro, ao final do experimento (42 dias), em função do aumento do nível de fósforo e diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta, para suínos machos castrados e fêmeas, dos 20 aos 47 kg.

Nimmo et al. (1981), avaliando efeito de níveis de Ca e P para fêmeas mestiças, dos 7 aos 92 kg e Koch e Mahan (1985), avaliando o efeito de níveis de P e relação Ca:P para suínos dos 18 aos 35 kg, sobre o P no soro ao final do experimento, relataram efeitos lineares dos tratamentos sobre os valores de P no soro. Ao contrário dos demais resultados, Kornegay et al. (1981) observaram diminuição linear da concentração de P no soro com o aumento dos níveis de Ca e P da dieta de varrões mestiços, dos 21 aos 50 kg.

Os valores de P no soro obtidos nesse trabalho decresceram com o avançar do período experimental (9,52 $\mu\text{g/dL}$ aos 21 dias e 8,44 $\mu\text{g/dL}$ ao final do experimento), semelhante ao relatado por Nimmo et al. (1981). A exigência de fósforo disponível estimada para maximizar os valores de fósforo inorgânico no soro (0,40 %) foi apenas 0,01 % maior que a exigência para os melhores resultados de conversão alimentar (0,39 %), indicando valores semelhantes para estas variáveis.

Os valores de P no soro mostraram-se um parâmetro confiável para se estimar a exigência de fósforo na fase de crescimento, visto que os valores obtidos aos 21 dias e ao final do

0,40 %

$$\hat{Y} = 4,57000 + 23,4560X - 29,1071X^2$$

$$R^2 = 0,95$$

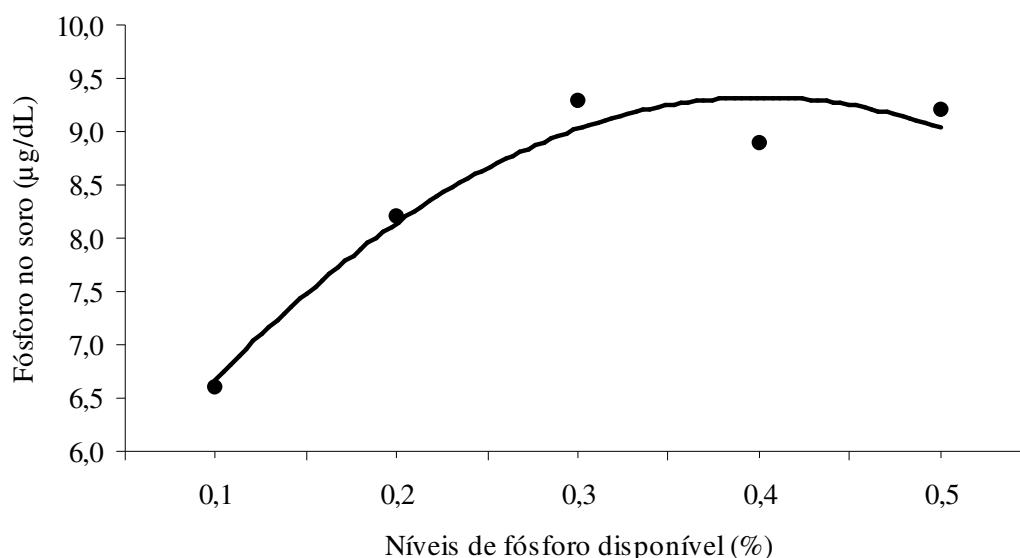


Figura 5 - Fósforo no soro ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 30 aos 60 kg

experimento são semelhantes (0,40 %), além do alto valor de R^2 (0,95) ao final do experimento, indicando uma boa adequabilidade do modelo entre os níveis dietéticos de Pd e os valores de P no soro. Também Ekpe et al. (2002) sugerem os valores de P no plasma como possível parâmetro para determinação da exigência de fósforo, uma vez que o P no plasma aumenta quadraticamente, resultando numa exigência similar à exigência baseada nos valores de fósforo retido.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que suínos machos castrados híbridos comerciais selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg, exigem 0,39 % de Pd (0,121 %/Mcal de EM), correspondendo a um consumo estimado de 9,11 g/dia de fósforo, para melhores resultados de CA.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES-PIC. Especificações nutricionais Agrocere-Pic. 2007. 6 p.

BOWERS Jr., G. N.; McCOMB, R. B. A continuous spectrophotometric method for measuring the activity of serum alkaline phosphatase. *Clin. Chem.*, v. 12, n. 2, p. 70-89, 1966.

BOYD, R. D.; HALL, D. Y.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 57, n. 2, p. 396-401, 1983.

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 dez. 2007.

COMBS, N. R.; KORNEGAY, E. T.; LINDEMANN, M. D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: I. Development of response curves for performance. *J. Anim. Sci.*, v. 69, p. 673-681, 1991.

CRENSHAW, T. D. Calcium, phosphorus, vitamin D and vitamin K in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (ed.). *Swine Nutrition*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 187-212.

DAYRELL, M. S.; LOPES, H. O. S.; AROEIRA, J. A. D. C. et al. Teores de cálcio, magnésio, fósforo inorgânico e atividade da fosfatase alcalina no soro sanguíneo de bovinos criados no cerrado. *Arq. Esc. Vet. UFMG*, v. 24, n. 1, p. 265-279, 1972.

EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 82, n. 4, p. 541-549, 2002.

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. *J. Anim. Sci.*, v. 72, p. 1761-1770, 1994.

FURTADO, M. A. O. *Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos*. 1991. 61 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; PEREIRA, J. A. A. et al. Exigência de fósforo total e disponível para suínos na fase de crescimento. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 18, n. 3, p. 232-239, 1989.

GUYTON, A. C. HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 9^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 1014 p.

HAHN, J. D.; BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 773-784, 1995.

HASTAD, C. W.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Anim. Sci.*, v. 82, p. 2945-2952, 2004.

KESSLER, A. M. O significado da conversão alimentar para suínos em crescimento: sua relevância para modelagem e características de carcaça. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Internet, 2001. *Anais...* Internet: EMBRAPA-CNPSA, 2001. s.n. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br> Acessado em 10/12/2002.

KOCH, M. E.; MAHAN, D. C.; CORLEY, J. R. An evaluation of various biological characteristics in

assessing low phosphorus intake in weanling swine. *J. Anim. Sci.*, v. 59, n. 6, p. 1546-1556, 1984.

KOCH, M. E.; MAHAN, D. C. Biological characteristics for assessing low phosphorus intake in growing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 60, n. 3, p. 699-708, 1985.

KORNEGAY, E. T.; THOMAS, H. R.; BAKER, J. L. Phosphorus in swine. IV. Influence of dietary calcium and phosphorus and protein levels on feedlot performance, serum minerals, bone development and soundness scores in boars. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 5, p. 1070-1084, 1981.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on performance, blood and bone parameters of swine. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 6, p. 1330-1342, 1981.

NUTRIENT requirements of swine. 10^a ed. Washington: National Academy of Sciences, 1998. 189 p.

REINHART, G. A.; MAHAN, D. C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 63, p. 457-466, 1986.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2^a ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.

SANTOS, L. M. M. *Influência da idade sobre os níveis séricos de cálcio, fósforo inorgânico, fosfatase alcalina, transaminases glutâmica, oxalacética e pirúvica em suínos*. 1983. 26 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SARAIVA, A. *Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 15 aos 60 kg*. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SISTEMA para análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 2007. (Versão 9.1)

STAHLY, T. S.; LUTZ, T. R.; CLAYTON, R. D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University, *Swine Research Report*. 2000. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>>. Acessado em: 26 out. 2007.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; GOMES, P. C. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 1, p. 142-150, 2005.

CAPÍTULO 4

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇAÇA, DOS 60 AOS 95 KG

1. INTRODUÇÃO

O fósforo tem funções mais conhecidas do que qualquer outro elemento mineral no organismo animal. Além disso, o fósforo é o segundo mineral mais abundante no organismo animal e, entre os minerais suplementados para suínos, é provavelmente o que desempenha o maior número de funções, participando da formação do esqueleto onde, juntamente com o cálcio, desempenha quantitativamente sua mais importante função: formação e manutenção da estrutura óssea do organismo (Underwood e Suttle, 1999). Praticamente cada forma de energia varia dentro das células vivas e abrange a formação ou inibição de ligações de alta energia que unem os óxidos de fósforo ao carbono ou aos compostos de carbono-nitrogênio. Como cada evento biológico compreende ganho ou perda de energia, pode-se compreender claramente o grande papel fisiológico do fósforo no organismo animal (Hays e Swenson, 1996).

Em virtude de pressões econômicas e sociais, a crescente preocupação em relação à poluição do meio ambiente tem levado a indústria suinícola a utilizar de tecnologias que visem à redução substancial da excreção de nutrientes, especialmente o fósforo e o nitrogênio. O fósforo é excretado na urina e nas fezes, e deste modo pode exercer um importante impacto sobre o meio ambiente se não é utilizado adequadamente. Uma eficiente utilização dos nutrientes é a chave para uma produção de suínos sustentável e pode reduzir a excreção de P e N pelos suínos (Jongbloed e Lenis, 1992).

Além do mais, sabe-se que as exigências nutricionais não são as mesmas para todos os suínos, mas podem variar conforme o grupo genético, sexo, idade, temperatura, saúde, densidade populacional, entre outros fatores (Nutrient... 1998). Stahly et al. (1991) e Friesen et al. (1994) sugerem que as estratégias de alimentação devem ser específicas para cada grupo genético, devido às diferenças nas exigências nutricionais desses animais. Segundo Carter e Cromwell (1998), a quantidade de fósforo exigida para crescimento está intimamente relacionada com a capacidade de deposição de carne magra dos suínos. Deste modo, animais de grupos genéticos superiores para deposição de carne magra na carcaça podem ter as suas exigências de fósforo aumentadas, em função das variações nas proporções entre as quantidades de tecido mole em relação ao tecido esquelético. Assim sendo, esse trabalho foi realizado com o objetivo de se determinar a exigência de fósforo disponível para suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 60 aos 95 kg.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e Instalações

O experimento foi conduzido no galpão experimental do setor de suinocultura da granja de suínos da EPAMIG, localizada na Fazenda Experimental Vale do Piranga, no município de Oratórios, MG, durante os meses de junho a agosto de 2007. Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e paredes de alvenaria, providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros pendulares tipo chupeta e dispunham de uma área de 1,87 m²/animal. As baias ficavam em galpão de alvenaria com piso de concreto e telhado do tipo fibra amianto. Utilizou-se um termohigrômetro digital, colocado no interior do galpão, o qual possuía sensores a um metro de altura e na altura dos animais, para registro diário da temperatura e umidade durante todo o período experimental.

2.2. Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 60 suínos machos castrados híbridos comerciais (Agrocerec-Pic), selecionados geneticamente para elevada porcentagem de carne magra na carcaça, com peso inicial de 59,84 ± 1,64 kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (níveis de fósforo disponível), seis repetições e dois animais por unidade experimental (baia). Os blocos foram formados no tempo e na distribuição dos animais, dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos animais. Os animais foram identificados individualmente por meio de brincos nas orelhas para acompanhamento individual durante o experimento e durante o abate no frigorífico.

2.3. Dietas e manejo alimentar

As rações experimentais foram produzidas a partir de uma ração base (T₁), sem adição de fosfato bicálcico, composta de milho e farelo de soja, suplementada com minerais, vitaminas e aminoácidos, contendo 15,53 % de proteína bruta, 3230 kcal/kg de energia metabolizável e 0,097 % de fósforo disponível (Pd), formulada de modo a atender as recomendações nutricionais mínimas sugeridas por Rostagno et al. (2005), exceto para o Pd. As rações correspondentes aos tratamentos experimentais caracterizavam-se pela suplementação da dieta base com quatro níveis de fosfato bicálcico (0,504; 0,991; 1,477 e 1,962 %), em substituição ao caulim e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com 0,097; 0,190; 0,280; 0,370 e 0,460 % de Pd (Tab. 1), todas isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas. A água e as rações foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

2.4. Desempenho

Foram feitas pesagens periódicas das rações fornecidas e das sobras das rações experimentais, enquanto os animais foram pesados, individualmente, no início, aos 21 dias e ao final do experimento, ao atingirem o peso final de 96,64 ± 3,68 kg, quando foi determinado o ganho de peso diário (GPD), a conversão alimentar (CA), o consumo de ração diário (CRD) e o consumo de fósforo disponível diário (CFD).

2.5. Parâmetros sanguíneos

Aos 21 dias de experimento, todos os animais foram submetidos a um jejum alimentar por 12 horas, seguido de uma hora de arraçoamento à vontade. Logo após, foram submetidos a um novo jejum alimentar e hídrico por quatro horas, quando foram então, sangrados por punção do plexo venoso orbitário, ao atingirem 21 dias com o peso de 77,84 ± 3,50 kg. Após a coleta, o sangue ficou em repouso por uma hora, para coagulação e retração do coágulo, sendo centrifugado em seguida a 3500 rpm, por 10 minutos, para separação do soro, o qual foi remetido refrigerado ao laboratório. Após o término do experimento, os animais foram submetidos aos procedimentos de jejum, coleta de sangue e separação do soro de maneira semelhante aos realizados aos 21 dias, quando atingiram o peso final em jejum de 96,70 ± 5,09 kg. O soro foi então, enviado ao laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG, para análise da atividade da fosfatase alcalina (AFAS) e fósforo no soro.

As análises foram realizadas por meio de “kits” de determinação de AFAS e fósforo no soro do laboratório Synermed®, em aparelho da marca “Cobas Mira”, o qual é dotado de um espectrofotômetro. A análise da AFAS foi realizada através do método enzimático UV (AMP-IFCC), para determinação quantitativa da Fosfatase alcalina. O método Synermed® para determinação da atividade da fosfatase alcalina utiliza o p-nitrofenilfosfato como substrato e mede a reação cineticamente a 405 nm. O p-nitrofenilfosfato é hidrolisado a fim de formar p-nitrofenol e fosfato, na presença de íons magnésio e fosfatase alcalina, em um tampão AMP de 2-amino-2-metil-1-propanol. A taxa de aparecimento de p-nitrofenol, medida em espectrofotômetro, é diretamente proporcional à atividade da fosfatase alcalina presente na amostra original. As medidas cinéticas da fosfatase alcalina que utilizam o p-nitrofenilfosfato como substrato foram descritas por Bowers e McComb (1966).

O fósforo foi medido através do método IR

Tabela 1 - Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 60 aos 95 kg

Ingrediente	Nível de fósforo disponível na ração (%)				
	0,097	0,190	0,280	0,370	0,460
Milho grão	76,278	76,278	76,278	76,278	76,278
Farelo de soja	19,814	19,814	19,814	19,814	19,814
Óleo de soja	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570
Fosfato bicálcico	---	0,504	0,991	1,477	1,962
Calcário calcítico	1,252	0,930	0,619	0,309	---
Caulim (inerte)	0,913	0,731	0,555	0,379	0,203
Sal comum	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355
Premix vitamínico terminação ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico 1	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Antibiótico 2	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100

L-Lisina HCl - 78,4%	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
DL-Metionina - 99%	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
L-Treonina - 98,5%	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Valor nutricional calculado (% na matéria natural)

Energia metabolizável (kcal/kg)	3230	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
Lisina dig. (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Met + Cis dig. (%)	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
Treonina dig. (%)	0,543	0,543	0,543	0,543	0,543
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Cálcio (%)	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551
Fósforo total (%)	0,288	0,381	0,471	0,561	0,651
Fósforo disponível (%)	0,097	0,190	0,280	0,370	0,460

¹ Níveis de garantia (por kg do produto): ácido fólico: 116,55 mg; ácido pantotênico: 2.333,50 mg; antioxidante: 1.500 mg; biotina: 5,28 mg; niacina: 5.600 mg; piridoxina: 175 mg; riboflavina: 933,30 mg; selênio: 105 mg; tiamina: 175 mg; vitamina A: 1.225.000 UI; vitamina B₁₂: 6.825 mcg; vitamina D₃: 315.000 UI; vitamina E: 1.400 mg; vitamina K₃: 700 mg.

² Níveis de garantia (por kg do produto): cálcio: 98.800 mg; cobalto: 185 mg; cobre: 15.750 mg; ferro: 26.250 mg; iodo: 1.470 mg; manganês: 41.850 mg; zinco: 77.999 mg.

colorimétrico/catalizado (fosfomolibdato/PVP), para determinação quantitativa de fósforo, o mais amplamente divulgado para este ensaio. No método Synermed® é usada a polivinilpirrolidona (PVP) para catalisar a reação do fósforo com o molibdato. A PVP catalisa a formação do polímero de molibdato, que reage com o fósforo para formar um complexo fosfomolibdato. Este complexo fosfomolibdato é reduzido, em uma segunda etapa, para formar um cromóforo azul forte que absorve intensamente o infravermelho, o qual pode ser quantificado espectrofotometricamente entre 600 e 700 nm.

2.6. Avaliações *in vivo*

Foram tomadas medidas ultra-sônicas *in vivo* para algumas das características de carcaça no primeiro e último dia do período experimental, após a pesagem dos animais, utilizando-se um equipamento portátil de ultra-som (PigLog-105®, v. 3.1). As medidas foram tomadas como descrito a seguir:

- Os animais foram contidos na gaiola de pesagem e para efetuarmos a tomada das medidas ultra-sônicas os pontos de leitura do aparelho foram obtidos do lado esquerdo do animal:
 - Ponto P₁: medido a 6,0 cm da linha dorso-lombar e a 6,5 cm da última costela na direção caudal. Neste ponto obteve-se a medida de espessura de toucinho ET-P₁.
 - Ponto P₂: medido a 6,0 cm da linha dorso-lombar e a 6,5 cm da última costela na direção cranial. Neste ponto obteve-se a medida de espessura de toucinho ET-P₂ e a medida de profundidade de lombo (PL).
 - Porcentagem de carne magra (%): os preditores utilizados pelo aparelho para estimar o rendimento de carne magra foram a espessura de toucinho (no ponto P-1) e a profundidade de lombo (PL). A partir dos valores de leitura obtidos determinou-se, através de equação, a porcentagem de carne magra do animal.
 - Taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD): calculada dividindo-se a diferença entre a porcentagem de carne magra estimada no último dia e a porcentagem de carne magra no primeiro dia pelo número de dias em experimento.

2.7. Procedimentos de abate

Ao final do experimento, após os procedimentos de coleta de sangue, os animais foram submetidos a um jejum alimentar por 15 horas, quando foram pesados, atingindo o peso de 94,70 ± 4,92 kg, quando foram, então, encaminhados para o abate em frigorífico. Após um total aproximado de 21 h de jejum os animais foram atordoados, abatidos, depilados, eviscerados e submetidos à avaliação das características de carcaça de acordo com os procedimentos do frigorífico.

2.8. Avaliações das características de carcaça

Na linha de abate, as carcaças foram individualmente avaliadas com o auxílio de uma pistola tipificadora Stork-SKF (modelo S-87), utilizando o sistema informatizado “Fat-o-Meater Fom”. A pistola foi introduzida na altura da 3ª vértebra torácica, transpassando a camada de toucinho e o músculo *longissimus dorsi*. Foram obtidos os dados de peso da carcaça quente, rendimento de carcaça espessura de toucinho, profundidade do músculo *longissimus dorsi* (lombo), porcentagem de carne magra e quilogramas de carne magra na carcaça.

2.9. Análises estatísticas

Os dados de desempenho, parâmetros sanguíneos, medidas ultra-sônicas *in vivo* e características de carcaça foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico computacional SAEG (Sistema... 2007). Com base nos resultados, estimou-se a exigência de Pd utilizando os modelos de regressão linear e ou quadrático, de acordo com o melhor ajuste obtido para cada variável e levando-se em consideração o comportamento biológico de cada animal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias mínimas e máximas verificadas no período, no interior do galpão, foram, respectivamente, $11,56 \pm 2,79$ e $27,84 \pm 1,66^\circ\text{C}$, a um metro de altura e $12,95 \pm 2,51$ e $23,91 \pm 2,64^\circ\text{C}$, na altura dos animais. Os valores médios mínimos e máximos de umidade relativa foram de $41,29 \pm 4,92$ e $78,61 \pm 6,20$. De acordo com Coffey et al. (2000), a zona ideal de conforto térmico para suínos dos 68 kg ao abate situa-se entre $10,0$ e $23,9^\circ\text{C}$, com o que se pode inferir que durante a condução do experimento a variação da temperatura esteve dentro da zona ideal de conforto térmico para esta fase e provavelmente não interferiu no desempenho dos animais.

3.1. Desempenho dos animais

Os resultados de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível encontram-se na Tab. 2.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de Pd da ração sobre o GPD (Fig. 1), o qual aumentou até o nível de 0,35 % de Pd (0,108 %/

Tabela 2 - Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,10	0,19	0,28	0,37	0,46	
Ganho de peso diário (g) ¹	905	1007	1041	1026	1031	7,11
Consumo de ração diário (g)	2644	2877	2734	2829	2830	6,97
Conversão alimentar (g/g) ²	2,96	2,86	2,63	2,76	2,76	7,46
Consumo de FD (g/dia) ³	2,56	5,46	7,65	10,47	13,01	8,91

¹ e ² Efeito quadrático ($P < 0,05$ e $P = 0,087$, respectivamente)

³ Efeito linear ($P < 0,01$)

Mcal de EM), o que corresponde ao consumo de 9,85 g/dia de Pd. Resultado semelhante foi obtido por Gomes (1988), que ao avaliar níveis de 0,16 a 0,36 % de Pd para suínos mestiços, machos castrados e fêmeas, dos 63 aos 93 kg, relatou um aumento quadrático do GPD dos animais. Stahly et al. (2000) observaram efeitos linear e quadrático dos níveis de Pd sobre o GPD de suínos com alto potencial de deposição de carne magra, de 65 a 92 kg, ao avaliar níveis de Pd entre 0,103 e 0,358 %. O’Quinn et al. (1997) não observaram efeito dos tratamentos sobre o GPD de suínos híbridos machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 80 kg. De modo semelhante, Hastad et al. (2004), trabalhando com leitões híbridas criadas em ambiente comercial, dos 88 aos 109 kg, não observaram efeito do nível de Pd (0,05 a 0,23 %) sobre o GPD dos animais.

O GPD médio obtido neste trabalho (1002 g/dia) é superior aos valores médios observados por Gomes (1988), O’Quinn et al. (1997), Stahly et al. (2000) e Hastad et al. (2004), que foram respectivamente, de 896, 923, 958 e 724 g/dia.

0,35 %

%

$$\hat{Y} = 0,789530 + 1,47166 X - 2,10346 X^2$$

$$R^2 = 0,93$$

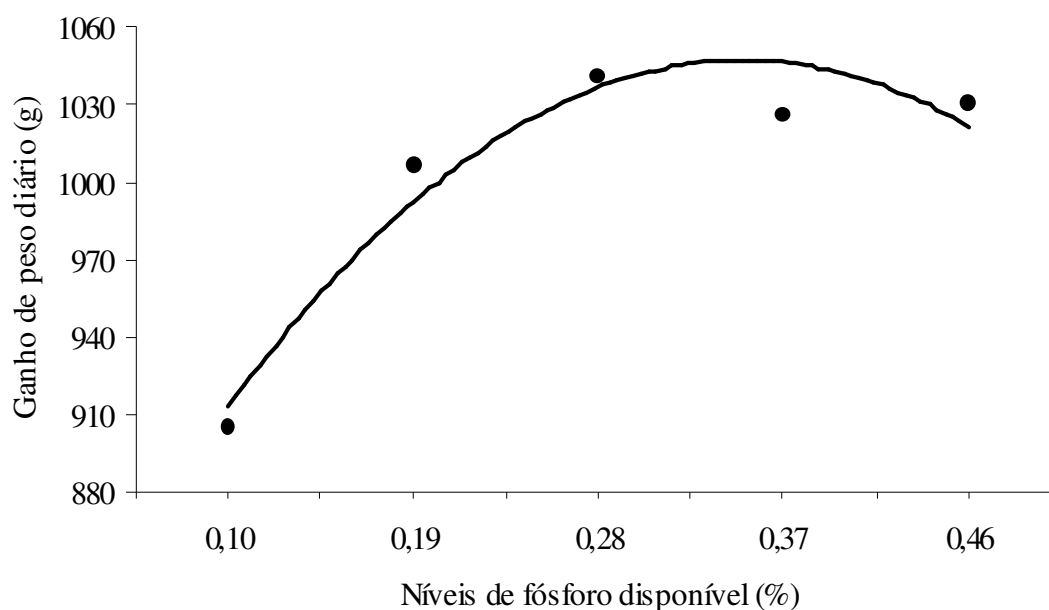


Figura 1 - Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

Não houve efeito dos níveis de Pd da ração sobre o CRD ($P > 0,10$), concordando com os trabalhos de Gomes (1988), O'Quinn et al. (1997) e Hastad et al. (2004), os quais não observaram efeito dos tratamentos sobre o CRD dos animais, na fase de terminação. Stahly et al. (2000) relataram efeitos linear e quadrático dos níveis de Pd sobre o CRD.

O CRD médio (2783 g/dia) obtido nesse estudo é semelhante ao valor de 2734 g/dia, preconizado pela empresa de melhoramento genético Agrocere-PIC para o cruzamento AGPIC 337 TG Elite X Camborough 23, dos 60 aos 95 kg e aos valores de 2833 g/dia, obtido por O'Quinn et al. (1997), para suínos de 50 a 80 kg e 2818 g/d, relatado por Stahly et al. (2000), para suínos de 65 a 92 kg. Hastad et al. (2004) relataram valor inferior ao obtido nesse trabalho, que foi de 2126 g/dia, para fêmeas entre 88 e 109 kg. Porém, Gomes (1988) relataram valor superior ao obtido nesse estudo, que foi de 2990 g/dia, trabalhando com animais de 63 a 93 kg. Do mesmo modo, Rostagno et al. (2005) preconizam o valor de 2950 g/d, superior ao obtido nesse experimento, para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (70-100 kg). Hahn et al. (1995) relatam que a ingestão de lisina total exigida pelo suíno está relacionada ao apetite ou ao potencial de ingestão de alimento, à taxa de deposição de carne magra e à eficiência de deposição. Do mesmo modo, a ingestão de fósforo exigida pelos animais também pode ser influenciada por estes fatores, o que poderia explicar as diferenças observadas entre os diversos trabalhos de pesquisa.

Observou-se efeito quadrático ($P = 0,087$) dos níveis de Pd da ração sobre a CA (Fig. 2), havendo melhora até o nível estimado de 0,33 % de Pd (0,103 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo estimado de 9,38 g/dia de Pd. Resultado semelhante foi relatado por Stahly et al. (2000), os quais também observaram efeito quadrático ($P = 0,08$) dos tratamentos sobre a eficiência alimentar. Gomes (1988) e Hastad et al. (2004) não observaram efeito dos tratamentos sobre a conversão alimentar e eficiência alimentar, respectivamente. Da mesma maneira, O'Quinn et al. (1997) não verificaram efeito dos tratamentos sobre a eficiência alimentar, ao avaliarem níveis de Pd entre 0,14 e 0,24 %, em rações à base de sorgo e soja para suínos híbridos em terminação.

0,33 %

$$\hat{Y} = 3,24364 - 3,27041 X + 4,90147 X^2$$

$$R^2 = 0,79$$

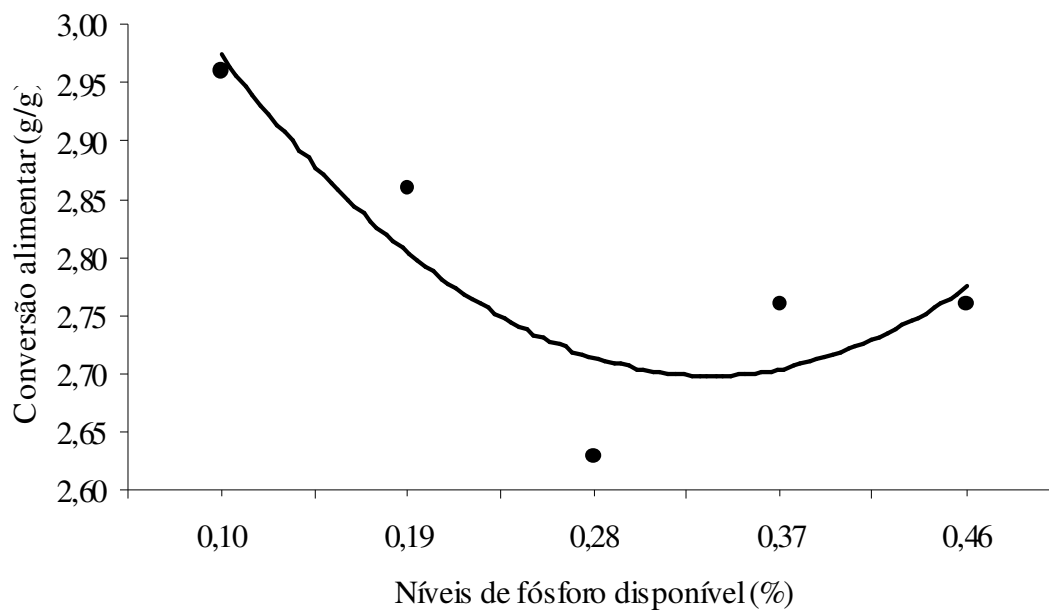


Figura 2 - Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

O nível de Pd (0,33 %) obtido nesse trabalho é 73,7 % superior ao sugerido pelo Nutrient... (1998) para suínos machos castrados de 50 a 80 kg (0,19 % de Pd) e 33,1 % superior ao preconizado por Rostagno et al. (2005), que é de 0,248 % para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, dos 70 aos 100 kg e 26,9 % superior ao nível recomendado pela Agrocere-Pic (2007) para machos castrados de ótima deposição de carne magra, dos 68 aos 95 kg, que é de 0,26 % de Pd. Esse nível de Pd, que propiciou os melhores resultados de conversão alimentar, também é superior aos valores encontrados por Gomes (1988) e Stahly et al. (2000), os quais estimaram em 0,24 % e 0,17 % a exigência de Pd para suínos machos castrados e ao valor de 0,19 % estimado por Hastad et al. (2004), para fêmeas criadas em ambiente comercial. O valor obtido neste trabalho confirma que suínos de elevado potencial para deposição de tecido magro necessitam de maior quantidade de fósforo na dieta para expressar sua maior eficiência produtiva, pois respondem bem ao aumento do nível de fósforo da ração. Segundo Wiseman et al. (2007), suínos selecionados geneticamente para alta deposição de carne na carcaça possuem maior conteúdo de tecido magro e ósseo quando comparados aos de baixo potencial genético, o que pode justificar sua maior exigência de Pd.

As diferenças nos resultados obtidos pelos diversos trabalhos de pesquisa, além de fatores relacionados ao desempenho dos animais, podem ser devido a fatores ligados ao estado de saúde dos mesmos, como incidência de doenças e diferentes níveis de desafio imunológico dos rebanhos utilizados nos diversos estudos de exigência.

O valor de exigência expresso em gramas de Pd obtido nesse trabalho (9,38 g/dia) é superior aos resultados obtidos por Stahly et al. (2000) e Hastad et al. (2004) que foram, respectivamente, 4,6 e 4,07 g/d. Esse valor é 91,8 % superior ao preconizado pelo Nutrient... (1998), que é de 4,89 g/d e 28,1 % superior ao sugerido por Rostagno et al. (2005), 7,32 g/d de Pd, indicando que as exigências de nutrientes deveriam ser expressas na base de gramas ingeridas por dia para otimizar o desempenho e a qualidade de carcaça. De acordo com Kessler (2001), a conversão alimentar é altamente correlacionada com variáveis que representam o ganho de tecido magro e por isso, persiste como medida de desempenho, sendo usada como a principal referência para avaliar a eficiência de sistemas de produção de suínos.

A relação Ca:P disponível obtida no presente estudo correspondeu a 1,65:1 no nível de fósforo que proporcionou o melhor resultado de conversão alimentar. Este valor é inferior aos valores de 2,63:1 e 2:1 obtidos, respectivamente por Gomes (1988) e Stahly et al. (2000) e aos valores de 2,63:1 sugerido pelo Nutrient... (1998) e ao valor de 1,95:1 preconizado por Rostagno et al. (2005).

O CFD elevou-se de modo linear ($P < 0,01$) com o aumento dos níveis de Pd da ração, de acordo com a equação $\hat{Y} = - 0,156685 + 28,5988 X$ ($R^2=1,00$). Como não se observou aumento do CRD em função do aumento dos níveis de Pd, pode-se deduzir que o aumento do consumo de Pd diário ocorreu em razão do aumento dos níveis de Pd da ração. Esse resultado está de acordo com os relatos de Stahly et al. (2000), que observaram efeito linear dos tratamentos sobre a ingestão diária de fósforo disponível de suínos, dos 65 aos 92 kg e Hastad et al. (2004), que verificaram efeito linear sobre o consumo de Pd de leitões criados em ambiente comercial, dos 88 aos 109 kg.

3.2. Parâmetros sanguíneos

Os resultados de atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias e ao final do experimento encontram-se na Tab. 3.

O aumento dos níveis de Pd da ração não afetou ($P > 0,10$) os valores da AFAS aos 21 dias de experimento. Koch e Mahan (1986) observaram um declínio linear da AFAS aos 21 dias, em função do aumento de fósforo na dieta de suínos, dos 65 aos 95 kg. Posen (1967), citado por Nimmo et al. (1981), relata que a ausência de grandes diferenças nos valores da AFAS não é surpresa, uma vez que a fosfatase alcalina é derivada de um grande número de locais, além do esqueleto. Em função disso, Boyd et al. (1983) sugerem que a AFAS deve ser medida aos 14 dias de experimento para que se obtenha o melhor ajuste entre Pd e AFAS.

Não se observou efeito dos níveis de Pd ($P > 0,10$) sobre o valor da AFAS ao final do

Tabela 3 – Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias e ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos de 60 a 95 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,10	0,19	0,28	0,37	0,46	
AFAS - 21 dias (U/L)	251	197	209	198	202	24,06
AFAS - Final (U/L)	219	154	170	183	166	20,28
Fósforo no soro - 21 dias ($\mu\text{g/dL}$) ¹	6,6	8,5	8,1	8,3	8,4	5,68
Fósforo no soro - Final ($\mu\text{g/dL}$) ¹	6,3	7,9	8,2	8,0	8,5	7,04

¹ Efeito quadrático ($P < 0,01$)

experimento. Nimmo et al. (1981) não observaram efeito dos níveis de cálcio e fósforo da dieta sobre a AFAS de leitões mestiças, dos 7 aos 93 kg. Porém, Koch e Mahan (1986) relataram um declínio linear da AFAS aos 35 dias (final do experimento), em razão ao aumento de fósforo na dieta de suínos, dos 65 aos 95 kg. Nimmo et al. (1980) observaram um decréscimo da AFAS em razão do aumento dos níveis de Ca e P da dieta, para varrões de dois grupos genéticos, dos 21 aos 100 kg de peso.

Com relação à idade, a maioria dos trabalhos de pesquisa tem observado que a AFAS decresce à medida que o animal completa sua fase de crescimento. Os valores de AFAS no presente estudo decresceram com o avançar do experimento (211 U/L aos 21 dias e 178 U/L ao final). Santos (1983) relata que os valores da fosfatase alcalina foram altos nos animais jovens, sendo que os mesmos foram decrescendo com significância estatística de modo inversamente proporcional à idade.

Segundo Koch e Mahan (1986), a AFAS declinou com o aumento do fósforo da dieta nos suínos em terminação, mas a magnitude do declínio foi menor do que nos suínos em crescimento, e os valores foram confundidos pela relação Ca:P. O declínio na AFAS das fases inicial e crescimento para a fase de terminação é indubitavelmente um reflexo do declínio do crescimento ósseo e da atividade osteoblástica com o aumento da idade. Por causa das diferenças nos valores da atividade relativamente menores com o aumento do fósforo da dieta e a possível interferência da relação Ca:P, evidencia-se que a fosfatase alcalina sérica não seria de grande utilidade para avaliar os efeitos do fósforo da dieta em suínos mais velhos. Entretanto, ela poderia ser útil para suínos jovens, enquanto as taxas de crescimento ósseo e a atividade osteoblástica óssea são elevadas (Koch e Mahan, 1986).

Houve efeito quadrático dos tratamentos ($P < 0,01$) sobre os valores de fósforo no soro aos 21 dias de experimento (Fig. 3), que aumentou até o nível estimado de 0,35 % de Pd (0,108 %/Mcal de EM), o que corresponde a um consumo de 9,83 g/d de Pd. Koch e Mahan (1986) observaram aumento linear do fósforo inorgânico no soro, aos 21 dias de experimento, em função do aumento dos níveis de fósforo e

diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta, para suínos, dos 65 aos 95 kg.

Os níveis de Pd da ração afetaram quadraticamente ($P < 0,01$) os valores de fósforo no soro ao final do experimento (Fig. 4), os quais aumentaram até o nível estimado de 0,38 % de Pd (0,118 %/Mcal de EM), correspondente a um consumo de 10,76 g/d de Pd. Nimmo et al. (1981) observaram aumento do Pi no soro em função do aumento dos níveis de cálcio e fósforo da dieta. Kornegay e Thomas (1981) observaram um aumento no nível sérico de Pi em razão do aumento do P da dieta, bem como nível maior de Pi no soro nos animais com taxa de crescimento rápido em comparação com os animais com taxa de crescimento mais lento, ao avaliarem diferentes níveis de Ca e P e taxas de crescimento de machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 107 kg. Koch e Mahan (1986) observaram aumento linear do fósforo inorgânico no soro, aos 35 dias (final do experimento), em função do aumento dos níveis

0,35 %

$$\hat{Y} = 5,32260 + 18,4678 X - 26,4479 X^2$$

$$R^2 = 0,74$$

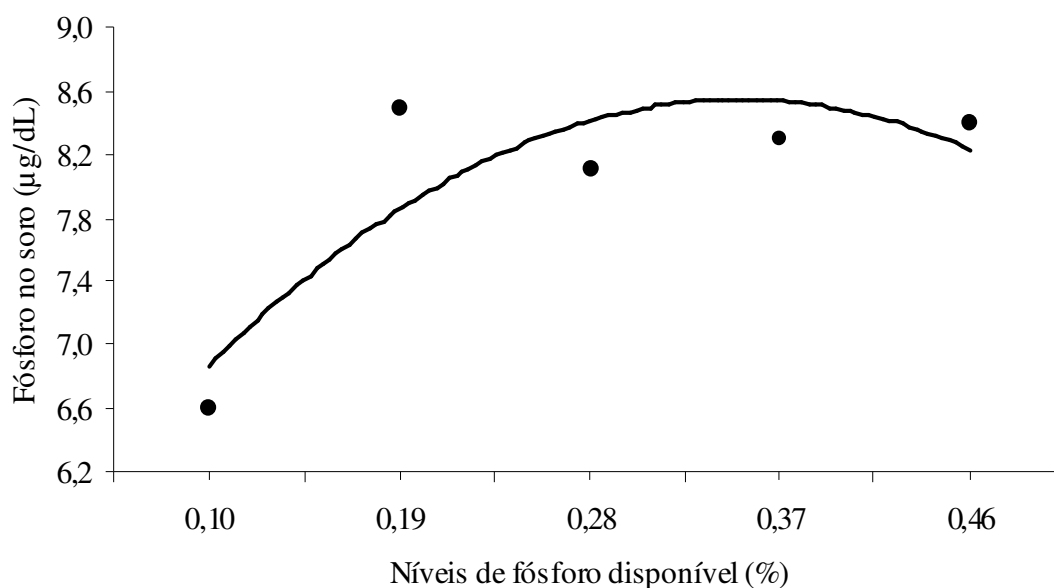


Figura 3 - Fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

de fósforo e diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta. Do mesmo modo, Reinhart e Mahan (1986) também observaram aumento linear do fósforo inorgânico no soro, ao final do experimento (42 dias), em função do aumento do nível de fósforo e diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta, para suínos machos castrados e fêmeas (54-86 kg). Ao contrário dos demais resultados, Nimmo et al. (1980) não

0,38 %

$$\hat{Y} = 4,91503 + 18,2595 X - 23,9151 X^2$$

$$R^2 = 0,86$$

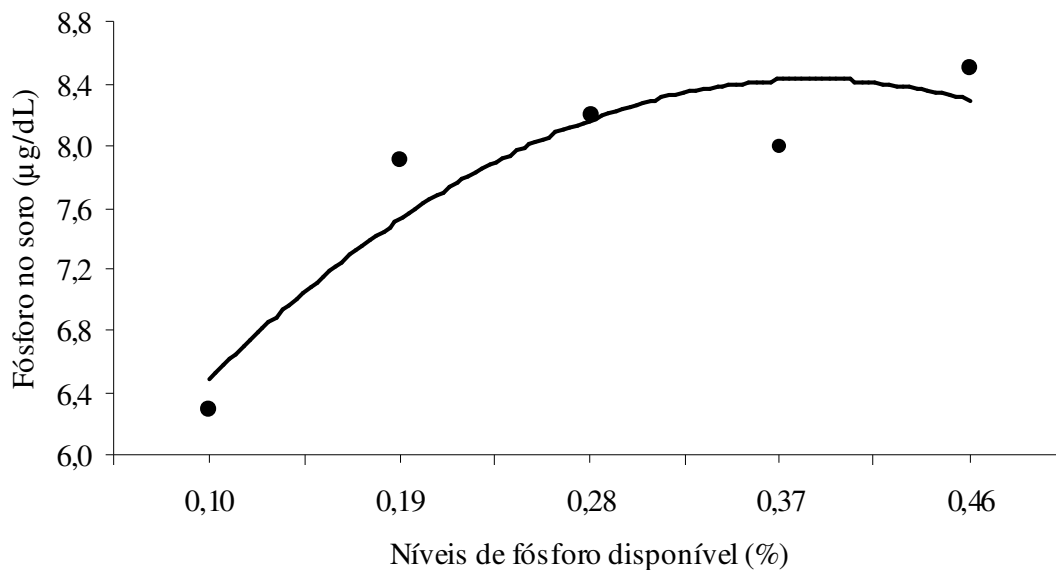


Figura 4 - Fósforo no soro ao final do experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

observaram efeito dos níveis de Ca e P da dieta sobre os valores de P no soro, para varrões de dois grupos genéticos, dos 21 aos 100 kg de peso.

Os valores de P no soro obtidos nesse trabalho decresceram com o avançar do período experimental (7,98 µg/dL aos 21 dias e 7,78 µg/dL ao final do experimento), semelhante ao relatado por Nimmo et al. (1981), quando o Pi sérico diminuiu de acordo com o avanço do período experimental.

A exigência estimada de fósforo disponível que proporcionou os maiores valores de Pi no soro aos 21 dias (0,35 %) foi semelhante ao valor estimado para melhores resultados de GPD (0,35 %), enquanto o valor estimado para Pi no soro ao final do experimento foi de 0,38 %, indicando que o nível exigido para maximizar o Pi sérico é maior do que o exigido para máximo desempenho.

A determinação dos valores de P no soro mostrou-se um parâmetro confiável para se estimar a exigência de fósforo na fase de terminação, em função do comportamento quadrático desta variável, além do alto valor de R^2 (0,86) ao final do experimento, indicando uma boa adequabilidade do modelo entre os níveis dietéticos de Pd e os valores de P no soro. Também Ekpe et al. (2002) sugerem os valores de P no plasma como possível parâmetro para determinação da exigência de fósforo, uma vez que o P no plasma aumenta quadraticamente, resultando numa exigência similar à exigência baseada nos valores de fósforo retido.

3.3. Avaliações *in vivo*

Os resultados de espessura de toucinho (ET), profundidade de lombo (PL), porcentagem de carne magra (PCM) e taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD) encontram-se na Tab. 4.

Tabela 4 - Espessura de toucinho no ponto P₁ (ET-P₁), espessura de toucinho no ponto P₂ (ET-P₂), profundidade de lombo (PL), porcentagem de carne magra (PCM) e taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD), obtidas *in vivo*, de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,10	0,19	0,28	0,37	0,46	
ET-P ₁ (mm)	16,42	16,38	15,00	17,10	17,17	19,86
ET-P ₂ (mm) *	12,33	12,63	11,50	12,70	12,58	14,24
Profundidade de Lombo (mm) ¹	42,67	44,38	47,90	47,00	46,42	10,40
Porcentagem de Carne Magra (%)	52,73	52,96	54,21	52,82	52,73	4,40
TDCMD (g/dia) ²	421	474	536	492	477	15,20

* Valores ajustados pela mesma variável medida no início do experimento.

^{1 e 2} Efeito quadrático (P=0,086) e (P<0,01), respectivamente

Não houve efeito dos tratamentos (P>0,10) sobre a espessura de toucinho (ET-P₁ e ET-P₂) medidas *in vivo* através de ultra-som. Da mesma maneira, Traylor et al. (2005) não verificaram efeito dos níveis ou da fonte de fósforo, fosfato bicálcico ou farinha de carne e ossos, sobre a espessura de toucinho média (ET) obtida por ultra-som em tempo real, de suínos mestiços machos castrados e fêmeas, medida aos 105 kg.

Observou-se efeito quadrático (P=0,086) dos níveis de Pd da ração sobre a profundidade de lombo (PL) obtida *in vivo* por ultra-som (Fig. 5), a qual aumentou até o nível de 0,35 % de Pd (0,109 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo de 9,89 g/dia de Pd. Traylor et al. (2005) não verificaram efeito dos níveis ou da fonte de fósforo sobre a PL média ou sobre a área de olho de lombo (AOL), obtidas por ultra-som em tempo real, ao avaliarem suínos mestiços machos castrados e fêmeas, entre 45-78 kg e 78-110 kg.

Não foi observado efeito dos níveis de Pd da dieta (P>0,10) sobre a porcentagem de carne magra (PCM) medida *in vivo* através de ultra-

0,35 %

$$\hat{Y} = 37,8597 + 53,9281 X - 76,7684 X^2$$

$$R^2 = 0,89$$

0,38 %

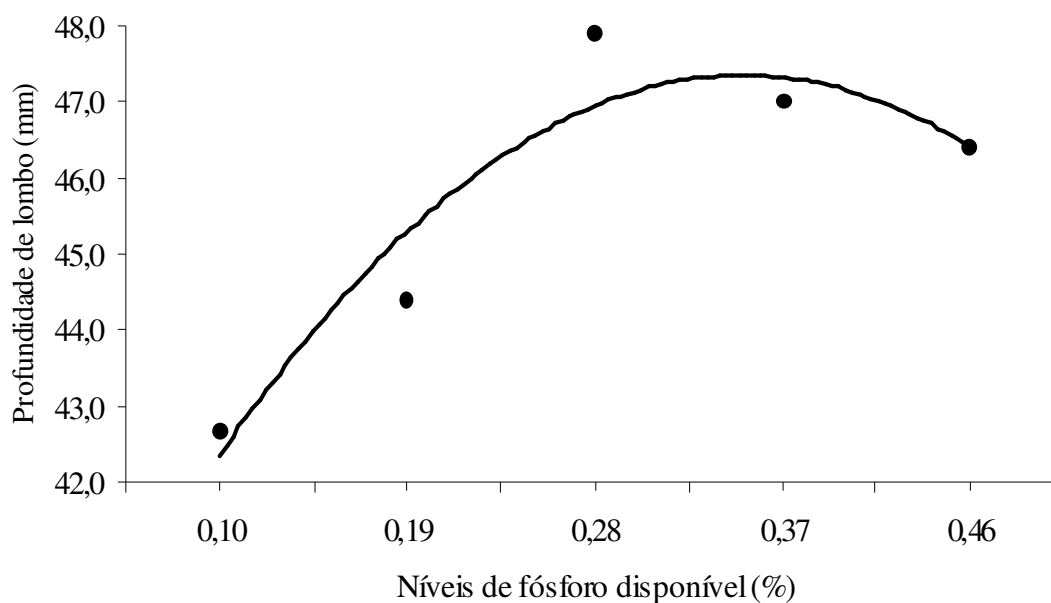


Figura 5 – Profundidade de lombo de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

som. Resultado semelhante foi obtido por Traylor et al. (2005) os quais também não verificaram efeito dos tratamentos sobre a porcentagem de carne magra estimada por equação, de suínos mestiços, medida aos 105 kg.

O valor médio de PCM (53,09 %) obtido nesse estudo foi superior ao resultado encontrado por O'Quinn et al. (1997), que verificaram 49,7 % de PCM e Traylor et al. (2005), que observaram valor médio de PCM de 52,7 %.

Verificou-se efeito quadrático (P<0,01) dos tratamentos sobre a TDCMD (Fig. 6), a qual aumentou até o nível de 0,31 % de Pd (0,097 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo de 8,79 g/dia de Pd. Entretanto, Traylor et al. (2005) ao avaliarem suínos mestiços machos castrados e fêmeas, dos 45 aos 78 kg e dos 78 aos 110 kg, não observaram efeito dos tratamentos sobre o ganho diário de carne

magra da carcaça, obtido através de equação de predição.

O valor médio de TDCMD obtido nesse trabalho (460 g/dia) está acima daqueles observados por O'Quinn et al. (1997) e Traylor et al. (2005), que foram respectivamente, de 317 e 316 g/dia. Esse valor obtido também está acima do valor de 350 g/d preconizado pelo Nutrient... (1998) para suínos com alta taxa de crescimento de tecido magro, dos 20 aos 120 kg.

Segundo Stahly et al. (2000), a quantidade de fósforo acumulada no organismo é dependente do tipo de tecido corporal depositado. Tecidos protéicos (músculos) e ossos contêm significantes quantidades de fósforo, enquanto tecidos adiposos possuem estoques mínimos de fósforo. Assim, a quantidade de fósforo disponível necessária para manter o crescimento corporal é diretamente proporcional ao aumento do conteúdo corporal dos tecidos protéicos em relação aos tecidos adiposos, indicando uma maior exigência de fósforo de animais selecionados geneticamente para alta deposição de carne magra na carcaça em relação aos grupos genéticos inferiores.

3.4. Avaliações das características de carcaça

Os resultados de rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho no frigorífico (ET-Frig), profundidade de lombo **0,31 %**

$$\hat{Y} = 0,312812 + 1,30138 X - 2,08071 X^2$$

$$R^2 = 0,86$$

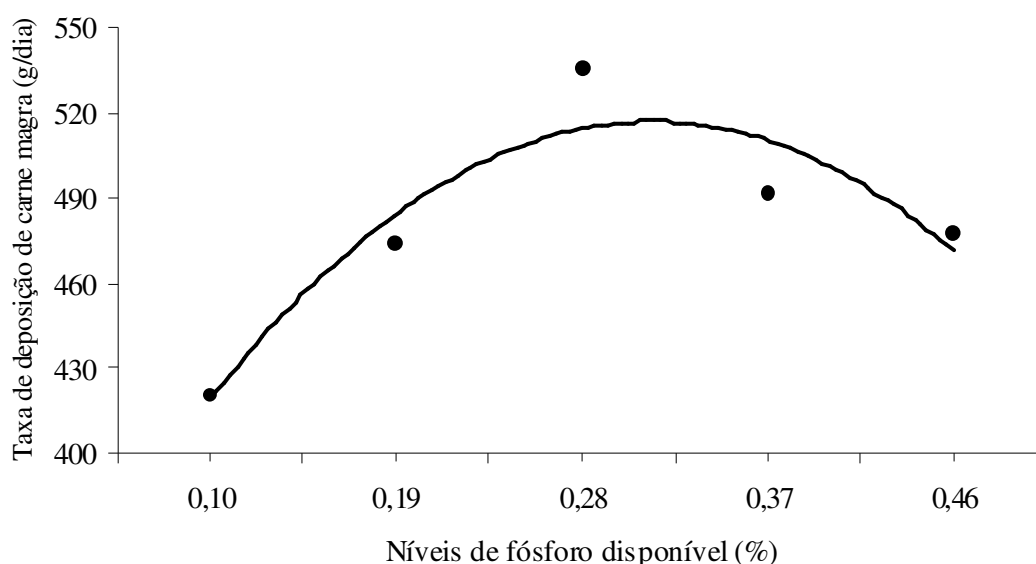


Figura 6 – Taxa de deposição de carne magra diária de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

no frigorífico (PL-Frig), quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra no frigorífico (% CM-Frig) encontram-se na Tab. 5.

Não foi observado efeito ($P > 0,10$) dos níveis de Pd da dieta sobre o rendimento de carcaça (RC), semelhante ao observado por Stockland e Blaylock (1973), ao avaliarem efeitos de níveis de Ca e P para suínos puros, Yorkshire, machos castrados e fêmeas, dos 45 aos 91 kg.

Os níveis de fósforo da dieta não afetaram ($P > 0,10$) a espessura de toucinho (ET) medida no frigorífico. Do mesmo modo, Stockland e Blaylock (1973) não observaram efeito dos tratamentos sobre a ET média, obtida no frigorífico. Ketaren et al. (1993) também não verificaram efeito dos níveis de fósforo sobre a ET medida no P₂, de suínos puros, Large White, machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 90 kg, assim como O'Quinn et al. (1997), não observaram efeito dos tratamentos sobre a ET, na 10ª e na última costela, de suínos híbridos machos castrados e fêmeas, de 80 a 118 kg.

Por outro lado, Weeden et al. (1993) não relataram efeito dos níveis de fósforo sobre a

Tabela 5 – Rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho no frigorífico (ET-Frig), profundidade de lombo no frigorífico (PL-Frig), quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra no frigorífico (PCM-Frig) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,10	0,19	0,28	0,37	0,46	
Rendimento de carcaça (%)	72,34	71,36	74,21	72,44	73,18	3,19
ET-Frig (mm)	13,96	13,54	14,00	14,36	13,64	14,19
Profundidade de Lombo-Frig (mm)	53,24	52,51	57,44	59,33	53,40	9,64
Quantidade de Carne Magra (Kg) ¹	36,72	37,82	40,23	38,36	38,83	5,06
Porcentagem de Carne Magra (%)	55,48	55,63	56,12	56,18	55,70	2,74

¹ Efeito quadrático (P<0,05)

ET média, de fêmeas suínas híbridas, dos 58 aos 106 kg. De semelhante modo, Carter e Cromwell (1998) não verificaram efeito dos níveis de fósforo sobre a ET medida na altura da 10ª costela e ET média, ao trabalharem com suínos machos castrados e fêmeas de 72 a 114 kg. Cromwell et al. (1970) relataram maiores valores de ET no menor nível de fósforo da dieta, em ambos os níveis de Ca, para suínos machos castrados, Yorkshire puros, dos 18 aos 93 kg.

Não se observou efeito (P>0,10) dos níveis de fósforo da dieta sobre a PL-Frig. Stockland e Blaylock (1973) e O'Quinn et al. (1997) não observaram efeito dos tratamentos sobre a AOL dos animais. Por outro lado, Cromwell et al. (1970) verificaram aumento da AOL em razão do aumento do nível de fósforo da ração, dos 18 aos 93 kg. Weeden et al. (1993) e Carter e Cromwell (1998) não observaram efeito dos níveis de fósforo da dieta sobre a AOL.

Houve efeito quadrático (P<0,05) dos tratamentos sobre a QCM (Fig. 7), a qual aumentou até o nível estimado de 0,33 % de Pd (0,103 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo de 9,39 g/dia de Pd. Esta observação ratifica o relato de Wiseman et al. (2007), os quais afirmam que suínos de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça possuem maior conteúdo de tecido magro e ósseo quando comparados aos de baixo potencial genético, o que pode justificar sua maior exigência de Pd.

0,33 %

$$\hat{Y} = 34,0149 + 31,7416 X - 47,5371 X^2$$

$$R^2 = 0,67$$

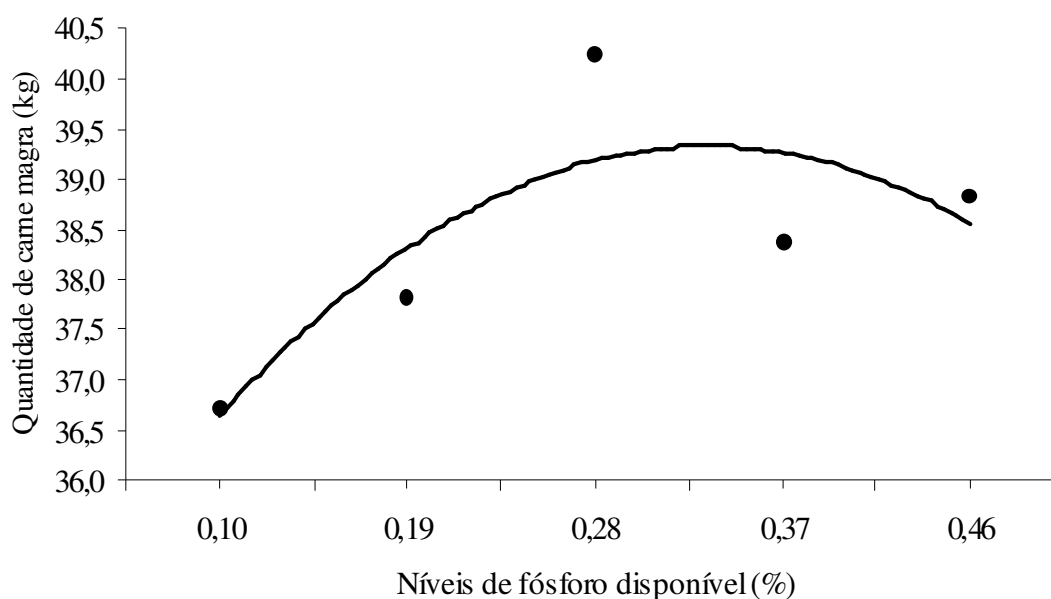


Figura 7 – Quantidade de carne magra obtida no frigorífico de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 60 aos 95 kg

O'Quinn et al. (1997) não observaram efeito dos níveis de Pd da dieta sobre o ganho diário em carne magra, de suínos de 80 a 118 kg, alimentados com rações à base de sorgo e farelo de soja.

De acordo com Stahly (2007), a concentração ótima de Pd na dieta de suínos, em um determinado peso, parece ser aquela a qual maximiza a taxa e eficiência de deposição de tecido protéico, mas mantém o estoque corporal de fósforo nos ossos. Uma ingestão insuficiente de fósforo na dieta retarda o ganho de peso corporal, diminui a eficiência de utilização dos alimentos e aumenta o conteúdo corporal de tecidos pobres em fósforo (tecido adiposo, por exemplo). Ao receber quantidade insuficiente de fósforo na dieta, suínos com alta capacidade para deposição de carne magra na carcaça irão mobilizar o estoque corporal de fósforo dos ossos e, até certo ponto, dos músculos, embora não o suficiente para um ótimo desempenho.

No presente trabalho foi observado aumento nos valores de TDCMD, PL-Frig., QCM e PL (ultra-som), em virtude do aumento dos níveis de Pd da dieta. Levando em consideração que os valores de exigência estimados para maximizar estas variáveis foram, respectivamente, 0,31; 0,31; 0,33 e 0,35 % de Pd, níveis dietéticos entre 0,31 e 0,35 % possivelmente promovem uma alteração na composição do ganho de peso, de modo que animais alimentados com estes níveis de Pd apresentam maior deposição de tecido muscular em detrimento à deposição de gordura. Esta hipótese se baseia nos resultados verificados por Cromwell et al. (1970) que, trabalhando com suínos de 18 a 93 kg, concluíram que os animais alimentados com níveis sub-ótimos de fósforo, além de apresentarem menor ganho de peso e eficiência alimentar apresentaram significativamente maior deposição de gordura, menor AOL e menor rendimento de lombo e pernil quando comparados aos que consumiram rações com níveis mais elevados de fósforo.

Os tratamentos não afetaram ($P>0,10$) a PCM medida no frigorífico, semelhante ao verificado por O'Quinn et al. (1997), que não observaram efeito dos níveis de Pd da dieta sobre a PCM de suínos híbridos na fase de terminação tardia.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que suínos machos castrados híbridos comerciais selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça exigem 0,33 % de Pd na ração (0,103 %/Mcal de EM), dos 60 aos 95 kg, o que corresponde a um consumo estimado de 9,38 g de Pd/dia, para melhores resultados de CA e QCM.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES-PIC. Especificações nutricionais Agrocere-Pic. 2007. 6 p.

BOWERS Jr., G. N.; McCOMB, R. B. A continuous spectrophotometric method for measuring the activity of serum alkaline phosphatase. *Clin. Chem.*, v. 12, n. 2, p. 70-89, 1966.

BOYD, R. D.; HALL, D. Y.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 57, n. 2, p. 396-401, 1983.

CARTER, S. D.; CROMWELL, G. L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: II. Carcass characteristics, tissue accretion rates, and chemical composition of the ham. *J. Anim. Sci.*, v. 76, p. 596-605, 1998.

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 dez. 2007.

CROMWELL, G. L.; HAYS, V. W.; CHANEY, C. H. et al. Effects of dietary phosphorus and calcium level on performance, bone mineralization, and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.*, v. 30, n. 4, p. 519-55, 1970.

EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 82, n. 4, p. 541-549, 2002.

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. *J. Anim. Sci.*, v. 72, p. 1761-1770, 1994.

GOMES, P. C. *Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em alguns alimentos para suínos de diferentes idades*. 1988. 163 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HAHN, J. D.; BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 773-784, 1995.

HASTAD, C. W.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Anim. Sci.*, v. 82, p. 2945-2952, 2004.
HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Minerais. In: DUKES, H. H.; SWENSON, M. J.; REECE, W. O. (Ed.). *Dukes – Fisiologia dos animais domésticos*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 471.

JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. *Liv. Prod. Sci.*, v. 31, p. 75-94, 1992.

KESSLER, A. M. O significado da conversão alimentar para suínos em crescimento: sua relevância para modelagem e características de carcaça. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Internet, 2001. *Anais...* Internet: EMBRAPA-CNPSA, 2001. s.n. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/> Acessado em 10/12/2002.

KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; WHITE, E. et al. Phosphorus studies in pigs. 1. Available phosphorus requirements of grower/finisher. *Brit. J. Nut.*, v. 70, p. 249-268, 1993.

KOCH, M. E.; MAHAN, D. C. Biological characteristics for assessing low phosphorus intake in finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 62, p. 163-172, 1986.

KORNEGAY, E. T.; THOMAS, H. R. Phosphorus in swine. II. Influence of dietary calcium and phosphorus levels and growth rate on serum minerals, soundness scores and bone development in barrows, gilts and boars. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 5, p. 1049-1059, 1981.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Response of different genetic lines of boars to varying levels of dietary calcium and phosphorus. *J. Anim. Sci.*, v. 51, n. 1, p. 112-120, 1980.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on performance, blood and bone parameters of swine. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 6, p. 1330-1342, 1981.

NUTRIENT requirements of swine. 10ª ed. Washington: National Academy of Sciences, 1998. 189 p.

O'QUINN, P. R.; KNABE, D. A.; GREGG, E. J. Digestible phosphorus needs of terminal-cross growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 1308-1318, 1997.

REINHART, G. A.; MAHAN, D. C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 63, n. 4, p. 457-466, 1986.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.

SANTOS, L. M. M. *Influência da idade sobre os níveis séricos de cálcio, fósforo inorgânico, fosfatase alcalina, transaminases glutâmica, oxalacética e pirúvica em suínos*. 1983. 26 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SISTEMA para análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 2007. (Versão 9.1)

STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L.; TERHUNE, D. Responses of high, medium and low lean growth

genotypes to dietary amino acid regimen. *J. Anim. Sci.*, v. 69, supplement 1, p. 364, 1991. (Abstr.).

STAHLY, T. S.; LUTZ, T. R.; CLAYTON, R. D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University, *Swine Research Report*. 2000. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>>. Acessado em: 26 out. 2007.

STAHLY, T. S. Nutrient needs for high lean pigs. *Manitoba agriculture, food and rural initiatives*. 2007. Disponível em: <<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html>>. Acessado em: 15/11/2007.

STOCKLAND, W. L.; BLAYLOCK, L. G. Influence of dietary calcium and phosphorus levels on the performance and bone characteristics of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 37, n. 4, p. 906-912, 1973.

TRAYLOR, S. L.; CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 83, p. 1054-1061, 2005.

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

WEEDEN, T. L.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D. et al. The interrelationship of porcine somatotropin administration and dietary phosphorus on growth performance and bone properties in developing gilts. *J. Anim. Sci.*, v. 71, p. 2683-2692, 1993.

WISEMAN, T. G.; MAHAN, D. C.; PETERS, J. C. et al. Tissue weights and body composition of two genetic lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. *J. Anim. Sci.*, v. 85, p. 1825-1835, 2007.

CAPÍTULO 5

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS SELECIONADOS GENETICAMENTE PARA DEPOSIÇÃO DE CARNE MAGRA NA CARÇAÇA, DOS 95 AOS 120 KG

1. INTRODUÇÃO

As exigências de fósforo para suínos, nos diversos trabalhos de pesquisa, geralmente têm sido estabelecidas por meio da avaliação de desempenho dos animais, através da máxima taxa de crescimento e eficiência alimentar, não considerando parâmetros como a mineralização dos ossos,

resistência à quebra (Nutrient... 1998), teor de fósforo inorgânico no soro e atividades de enzimas envolvidas na formação do tecido ósseo, como a fosfatase alcalina. Uma vez que o fósforo está envolvido em funções metabólicas vitais no organismo animal, torna-se necessário que esteja em nível adequado nas dietas, atendendo à exigência do animal, para que se observe um crescimento rápido e eficiente, assim como um adequado desenvolvimento dos ossos e dentes.

A ração é responsável pela maior parte dos custos na produção de suínos. A formulação de rações utilizando proporções adequadas de nutrientes tem reduzido estes custos, além de melhorar a eficiência de ganho de peso e a conversão alimentar, o que pode ser conseguido acertando-se os níveis de fósforo das rações de acordo com as exigências nutricionais de fósforo dos animais, nas diferentes fases de criação. A melhoria da genética suína e das condições ambientais, associadas à formulação de dietas apropriadas usando ingredientes de alta qualidade e um ajuste adequado de comedouros, de modo a diminuir o desperdício, podem reduzir a excreção de nutrientes para o ambiente (Nutrient... 1998). Diante disso, os produtores comerciais deveriam se interessar pelo potencial de crescimento magro de seus suínos, pois animais com altas taxas de crescimento magro são mais eficientes em converter ração em ganho de peso vivo e de tecido magro (Schinckel, 2001).

Segundo Bikker e Bosch (1996) existem várias razões para se desenvolver estratégias de alimentação que garantam ótima utilização dos alimentos para a produção de carne magra: aumento na demanda dos consumidores por carne magra de alta qualidade; a produção de tecido magro, em sua maioria constituído de proteína e água, é mais eficiente que a produção de gordura pelo animal, podendo reduzir os custos de alimentação e, conseqüentemente, da produção de suínos; e, em países ou áreas com alta densidade animal, o aumento da eficiência alimentar contribui para a redução das perdas de nutrientes para o ambiente. De acordo com o Nutrient... (1998), as exigências nutricionais não são as mesmas para todos os suínos, mas variam conforme grupo genético, sexo, idade, temperatura, saúde, densidade populacional, entre outros fatores. Segundo Hendricks e Moughan (1993), suínos com diferentes potenciais genéticos para deposição de carne magra na carcaça possuem diferentes exigências de minerais. Deste modo, animais de grupos genéticos superiores para deposição de tecido magro podem ter as suas exigências de fósforo aumentadas, em função das variações nas proporções entre as quantidades de tecido mole em relação ao tecido esquelético. Assim sendo, esse experimento foi realizado com o objetivo de se determinar a exigência de fósforo disponível para suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 95 aos 120 kg.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e Instalações

O trabalho foi conduzido no galpão experimental do setor de suinocultura da granja de suínos da EPAMIG, localizado na Fazenda Experimental Vale do Piranga, no município de Oratórios, MG, durante os meses de novembro de 2007 a janeiro de 2008. Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e paredes de alvenaria, providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros pendulares tipo chupeta e dispunham de uma área de 1,87 m²/animal, sendo localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto e coberto com telhas de fibra amianto. Utilizou-se um termohigrômetro digital, colocado no interior do galpão, o qual possuía sensores a um metro de altura e na altura dos animais, para registro diário da temperatura e umidade durante todo o período experimental.

2.2. Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 80 suínos machos castrados híbridos comerciais (Agroceres-Pic), selecionados geneticamente para elevada porcentagem de carne magra na carcaça, com peso inicial de 94,05 ± 1,05 kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (níveis de fósforo disponível), oito repetições e dois animais por unidade experimental (baia). Os blocos foram formados no tempo e na distribuição dos animais, dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos animais. Os animais foram identificados individualmente por meio de brincos nas orelhas para acompanhamento individual durante o experimento e durante o abate no frigorífico.

2.3. Dietas e manejo alimentar

As rações experimentais foram produzidas a partir de uma ração base (T₁), sem adição de fosfato bicálcico, composta de milho e farelo de soja, suplementada com minerais, vitaminas e aminoácidos,

contendo 13,961 % de proteína bruta, 3237 kcal/kg de energia metabolizável e 0,092 % de fósforo disponível (Pd), formulada de modo a atender as recomendações nutricionais mínimas sugeridas por Rostagno et al. (2005), exceto para o Pd. As rações correspondentes aos tratamentos experimentais caracterizavam-se pela suplementação da dieta base com quatro níveis de fosfato bicálcico (0,35; 0,695; 1,040; e 1,386 %), em substituição ao caulim e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com 0,092; 0,156; 0,220; 0,284 e 0,348 % de Pd (Tab. 1), todas isoprotéicas, isoenergéticas e isocalóricas. A água e as rações foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

2.4. Desempenho

Foram feitas pesagens periódicas das rações fornecidas e das sobras das rações experimentais, enquanto os animais foram pesados, individualmente, no início, aos 21 dias e ao final do experimento, ao atingirem o peso final de $118,96 \pm 4,32$ kg, quando foi determinado o ganho de peso diário (GPD), a conversão alimentar (CA), o consumo de ração diário (CRD) e o consumo de fósforo disponível diário (CFD).

2.5. Parâmetros sanguíneos

Aos 21 dias de experimento, todos os animais foram submetidos a um jejum alimentar por 12 horas, seguido de uma hora de arraçoamento à vontade. Logo após, foram submetidos a um novo jejum alimentar e hídrico por quatro horas, quando foram então, sangrados por punção do plexo venoso orbitário, ao atingirem o peso de $112,34 \pm 4,79$ kg aos 21 dias. Após a coleta, o sangue ficou em repouso por uma hora, para coagulação e retração do coágulo, sendo centrifugado em seguida a 3500 rpm, por 10 minutos, para separação do soro, o qual foi remetido refrigerado ao Laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG, para análise da atividade da fosfatase alcalina (AFAS) e fósforo no soro.

As análises foram realizadas por meio de “kits” de determinação de AFAS e fósforo no soro do laboratório Synermed®, em aparelho da marca “Cobas Mira”, o qual é dotado de um espectrofotômetro. A análise da AFAS foi realizada através do método enzimático UV (AMP-IFCC), para determinação quantitativa da Fosfatase alcalina. O método Synermed® para determinação da atividade da fosfatase alcalina utiliza o p-nitrofenilfosfato como substrato e mede a reação cineticamente a 405 nm. O p-nitrofenilfosfato é hidrolisado a fim de formar p-nitrofenol e fosfato, na presença de íons magnésio e fosfatase alcalina, em um tampão AMP de 2-amino-2-metil-1-propanol. A taxa de

Tabela 1-Composição percentual das rações experimentais para suínos dos 95 aos 120 kg

Ingrediente	Nível de fósforo disponível na ração (%)				
	0,092	0,156	0,220	0,284	0,348
Milho grão	80,750	80,750	80,750	80,750	80,750
Farelo de soja	15,080	15,080	15,080	15,080	15,080
Óleo de soja	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Fosfato bicálcico	---	0,350	0,695	1,040	1,386
Calcário calcítico	0,980	0,752	0,530	0,305	0,084
Caulim (inerte)	1,360	1,238	1,115	0,995	0,870
Sal comum	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix vitamínico final ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico 1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Antibiótico 2	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
L-Lisina HCl - 78,4%	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Valor nutricional calculado (% na matéria natural)					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3237	3237	3237	3237	3237
Proteína bruta (%)	13,961	13,961	13,961	13,961	13,961
Lisina dig. (%)	0,753	0,753	0,753	0,753	0,753
Met + Cis dig. (%)	0,484	0,484	0,484	0,484	0,484
Treonina dig. (%)	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575
Sódio (%)	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169

Cálcio (%)	0,453	0,453	0,453	0,453	0,453
Fósforo total (%)	0,276	0,341	0,405	0,469	0,533
Fósforo disponível (%)	0,0917	0,156	0,220	0,284	0,348

¹ Níveis de garantia (por kg do produto): ácido fólico: 112 mg; ácido pantotênico: 2.244,5 mg; biotina: 5 mg; niacina: 5.385 mg; piridoxina: 168 mg; ractopamina: 1.666,666 mg; riboflavina: 897,60 mg; selênio: 101 mg; tiamina: 168 mg; vitamina A: 1.178.000 UI; vitamina B₁₂: 6.565 mcg; vitamina D₃: 303.000 UI; vitamina E: 1.346,50 mg; vitamina K₃: 673 mg.

² Níveis de garantia (por kg do produto): cálcio: 98.800 mg; cobalto: 185 mg; cobre: 15.750 mg; ferro: 26.250 mg; iodo: 1.470 mg; manganês: 41.850 mg; zinco: 77.999 mg.

aparecimento de p-nitrofenol, medida em espectrofotômetro, é diretamente proporcional à atividade da fosfatase alcalina presente na amostra original. As medidas cinéticas da fosfatase alcalina que utilizam o p-nitrofenilfosfato como substrato foram descritas por Bowers e McComb (1966).

O fósforo foi medido através do método IR colorimétrico/catalizado (fosfomolibdato/PVP), para determinação quantitativa de fósforo, o mais amplamente divulgado para este ensaio. No método Synermed[®] é usada a polivinilpirrolidona (PVP) para catalisar a reação do fósforo com o molibdato. A PVP catalisa a formação do polímero de molibdato, que reage com o fósforo para formar um complexo fosfomolibdato. Este complexo fosfomolibdato é reduzido, em uma segunda etapa, para formar um cromóforo azul forte que absorve intensamente o infravermelho, o qual pode ser quantificado espectrofotometricamente entre 600 e 700 nm.

2.6. Avaliações *in vivo*

No primeiro e no último dia do período experimental, após a pesagem dos animais, foram tomadas medidas ultra-sônicas *in vivo* para algumas das características de carcaça, utilizando-se um equipamento portátil de ultra-som (PigLog-105[®], v. 3.1). As medidas foram tomadas como descrito a seguir:

- Os animais foram contidos na gaiola de pesagem e para efetuarmos a tomada das medidas ultra-sônicas os pontos de leitura do aparelho foram obtidos do lado esquerdo do animal:
 - Ponto P₁: medido a 6,0 cm da linha dorso-lombar e a 6,5 cm da última costela na direção caudal. Neste ponto obteve-se a medida de espessura de toucinho ET-P₁.
 - Ponto P₂: medido a 6,0 cm da linha dorso-lombar e a 6,5 cm da última costela na direção cranial. Neste ponto obteve-se a medida de profundidade de lombo (PL) e a medida de espessura de toucinho ET-P₂.
 - Porcentagem de carne magra (%): os preditores utilizados pelo aparelho para estimar o rendimento de carne magra foram a espessura de toucinho (no ponto P₁) e a profundidade de lombo (PL). A partir dos valores de leitura obtidos determinou-se, através de equação, a porcentagem de carne magra do animal.
 - Taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD): calculada dividindo-se a diferença entre a porcentagem de carne magra estimada no último dia e a porcentagem de carne magra no primeiro dia pelo número de dias em experimento.

2.7. Procedimentos de abate

Ao final do experimento, os animais foram submetidos a um jejum alimentar por 15 horas, quando foram pesados, atingindo o peso de 118,96 ± 5,42 kg, quando foram, então, encaminhados para o abate em frigorífico. Após um total aproximado de 21 h de jejum os animais foram atordoados, abatidos, depilados, eviscerados e submetidos à avaliação das características de carcaça de acordo com os procedimentos do frigorífico.

2.8. Avaliações das características de carcaça

Na linha de abate, as carcaças foram individualmente avaliadas com o auxílio de uma pistola tipificadora Stork-SKF (modelo S-87), utilizando o sistema informatizado "Fat-o-Meater Fom". A pistola foi introduzida na altura da 3ª vértebra torácica, transpassando a camada de toucinho e o músculo *longissimus dorsi*. Foram obtidos os dados de peso da carcaça quente, rendimento de carcaça espessura de toucinho, profundidade do músculo *longissimus dorsi* (lombo), porcentagem de carne magra e quilogramas de carne magra na carcaça.

2.9. Análises estatísticas

Os dados de desempenho, parâmetros sanguíneos, medidas ultra-sônicas *in vivo* e características de carcaça foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico computacional SAEG (Sistema... 2007). Com base nos resultados, estimou-se a exigência de Pd utilizando os modelos de regressão linear e ou quadrático, de acordo com o melhor ajuste obtido para cada variável e levando-se em consideração o comportamento biológico de cada animal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias mínimas e máximas verificadas no período, no interior do galpão, foram, respectivamente, $20,23 \pm 1,75$ e $32,48 \pm 2,52^\circ\text{C}$, a um metro de altura e $21,32 \pm 1,74$ e $29,51 \pm 3,49^\circ\text{C}$, na altura dos animais. Os valores médios mínimos e máximos de umidade relativa foram de $37,38 \pm 10,79$ e $79,00 \pm 5,86$. Segundo Coffey et al. (2000), para suínos dos 68 kg ao abate a zona ideal de conforto térmico situa-se entre $10,0$ e $23,9^\circ\text{C}$ e, desse modo, pode-se inferir que os animais foram, provavelmente, submetidos a um estresse por calor durante o período experimental, o que pode ter comprometido o desempenho obtido.

3.1. Desempenho dos animais

Os resultados de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível encontram-se na Tab. 2.

Verificou-se efeito quadrático ($P = 0,066$) dos níveis de Pd da ração sobre o GPD (Fig. 1), o qual aumentou até o nível estimado de $0,21\%$ de Pd ($0,064\%$ /Mcal de EM), o que corresponde ao consumo diário de $6,05\text{ g}$ de Pd. Stahly et al. (2000), ao avaliarem níveis de Pd entre $0,082$ e $0,297\%$, relataram aumentos linear e quadrático dos níveis de Pd sobre o GPD de suínos com alto potencial de deposição de carne magra, dos 92 aos 119 kg.

Tabela 2 - Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar e consumo de fósforo diário de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,092	0,156	0,220	0,284	0,348	
Ganho de peso diário (g) ¹	944	1001	1045	951	925	12,33
Consumo de ração diário (g)	2858	2960	2941	2866	3003	10,75
Conversão alimentar (g/g) ²	3,0	2,97	2,82	3,04	3,26	7,21
	5					
Consumo de FD (g/dia) ³	2,62	4,61	6,47	8,10	10,40	13,10

¹ e ² Efeito quadrático ($P=0,066$) e ($P<0,01$), respectivamente

³Efeito linear ($P<0,01$)

Carter e Cromwell (1998a) relataram efeito linear dos níveis de Pd da dieta ($0,07$ a $0,81\%$) sobre o GPD de suínos mestiços, machos castrados, dos 72 aos 114 kg. Entretanto, O'Quinn et al. (1997) não verificaram efeito dos tratamentos sobre o GPD de suínos híbridos, machos castrados e fêmeas, dos 80 aos 118 kg. Do mesmo modo, Hastad et al. (2004), trabalhando com leitoas híbridas criadas em ambiente comercial, dos 88 aos 109 kg, não observaram efeito dos níveis de Pd, entre $0,05$ e $0,23\%$, sobre o GPD dos animais.

0,21 %

$$\hat{Y} = 0,791954 + 2,18305 X - 5,27982 X^2$$

$$R^2 = 0,77$$

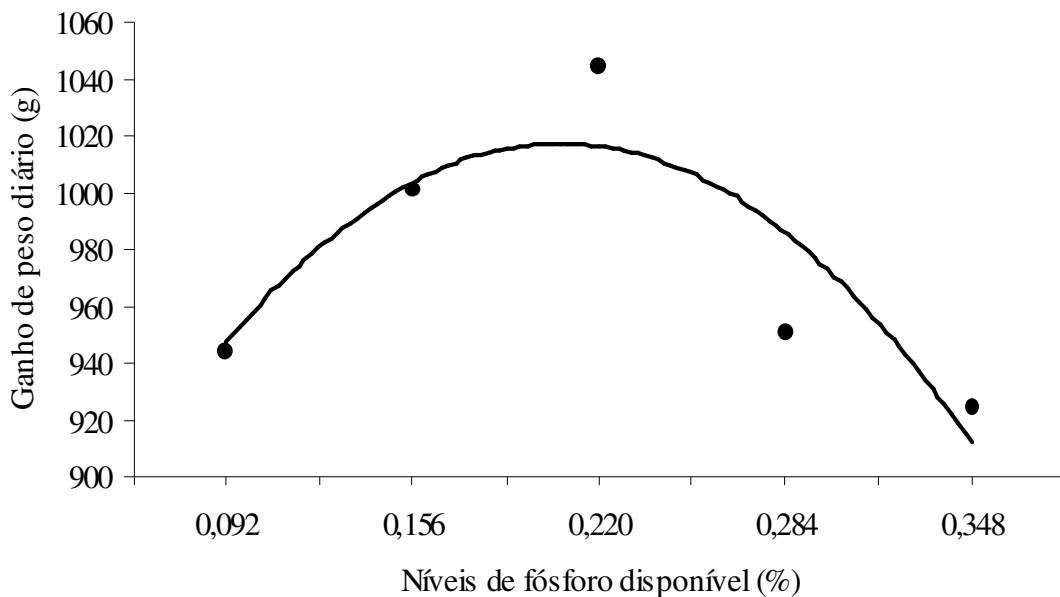


Figura 1 - Ganho de peso diário de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

O GPD médio obtido neste estudo (973 g/dia) está acima dos valores observados por O'Quinn et al. (1997), Stahly et al. (2000) e Hastad et al. (2004), que foram respectivamente, 813, 846 e 724 g/dia. Este valor é inferior ao valor de 1028 g/d, obtido por Carter e Cromwell (1998a), para machos castrados em terminação tardia (72-114 kg).

Não foi observado efeito ($P>0,10$) dos níveis de Pd da dieta sobre o CRD dos animais, concordando com os trabalhos de O'Quinn et al. (1997), Carter e Cromwell (1998a) e Hastad et al. (2004), os quais não observaram efeito dos tratamentos sobre o CRD dos animais. Stahly et al. (2000) relataram efeitos linear e quadrático dos níveis de Pd sobre o CRD, na fase de terminação tardia (92-119 kg).

O CRD médio obtido nesse trabalho (2926 g/dia) é inferior ao valor de 2999 g/dia, obtido por Stahly et al. (2000) e ao valor de 3100 g/d sugerido por Rostagno et al. (2005), para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (100-120 kg), assim como aos valores de 3020 e 3514 g/dia obtidos por O'Quinn et al. (1997), dos 80 aos 118 kg e Carter e Cromwell (1998a), dos 72 aos 114 kg. Contudo, Hastad et al. (2004) relataram valor inferior ao obtido nesse trabalho, que foi de 2126 g/dia, para fêmeas entre 88 e 109 kg, criadas em ambiente comercial. Os resultados observados no presente estudo indicam que o estresse térmico ao qual os animais foram submetidos durante a condução do experimento, possivelmente, comprometeu o apetite ou potencial de consumo voluntário de alimento dos suínos machos castrados, na fase de terminação tardia, uma vez que o consumo médio de ração verificado neste estudo foi inferior ao observado por diversos autores e ao sugerido por Rostagno et al. (2005). De acordo com Ekpe et al. (2002), as diferenças nas exigências de fósforo entre os diversos estudos podem ser atribuídas às diferenças nos ingredientes das dietas, fatores genéticos, estado fisiológico, idade ou taxa de crescimento dos suínos. Temperatura ambiente, densidade populacional e incidência de doenças também podem alterar a ingestão de alimento e o potencial de crescimento em carne magra e, conseqüentemente, a quantidade de fósforo exigida pelos animais, além do sexo, critério de resposta, sistema de alimentação e método estatístico usado para estimar a exigência.

Observou-se efeito quadrático ($P<0,01$) dos níveis de Pd sobre a CA (Fig. 2). Houve melhora até o nível estimado de 0,20 % (0,061 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo estimado de 5,98 g/dia de Pd. Resultados semelhantes foram relatados por Stahly et al. (2000), os quais observaram aumento quadrático da eficiência alimentar em função dos tratamentos e por O'Quinn et al. (1997), que verificaram efeito quadrático dos tratamentos sobre a eficiência alimentar, ao avaliarem níveis de Pd entre 0,10 e 0,19 %, em rações à base de sorgo e soja para suínos híbridos em terminação tardia. Hastad et al. (2004) não observaram efeito dos tratamentos sobre a eficiência alimentar. Carter e Cromwell

(1998a) relataram efeito linear dos níveis de Pd da dieta sobre a eficiência alimentar.

O nível de Pd (0,20 %) obtido nesse estudo é 33,3 % superior ao preconizado pelo Nutrient... (1998) para suínos machos castrados de 80 a 120 kg (0,15 % de Pd). Esse nível de Pd, que proporcionou os melhores resultados de conversão alimentar, também é superior aos valores encontrados por Stahly et al. (2000) e Hastad et al. (2004), que estimaram em 0,16 % e 0,19 % a exigência de Pd para suínos de ambos os sexos e para fêmeas, respectivamente. Da mesma maneira, o nível de Pd obtido nesse trabalho é 18,4 % inferior ao sugerido por Rostagno et al. (2005), que é de 0,245 % para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, dos 100 aos 120 kg e 4,76 % inferior ao nível recomendado pela Agrocerec-Pic (2007) para machos castrados, para ótima deposição de carne magra, dos 95 aos 118 kg, que é de 0,21 % de Pd.

O valor de exigência expresso em gramas de Pd obtido nesse trabalho (5,98 g/dia) é superior aos resultados obtidos por Stahly et al. (2000) e Hastad et al. (2004) que foram, respectivamente, 4,1 e 4,07 g/d. Esse valor é 29,7 % superior ao preconizado pelo Nutrient... (1998), que é de 4,61 g/d e 21,3 % inferior ao sugerido por Rostagno et al. (2005), que é de 7,60 g/d de Pd, indicando que as exigências de nutrientes deveriam ser expressas na base de gramas ingeridas por dia para otimizar o desempenho e a qualidade de carcaça. De acordo com Kessler

0,20 %

$$\hat{Y} = 3,54854 - 6,75523 X + 17,0941 X^2$$

$$R^2 = 0,90$$

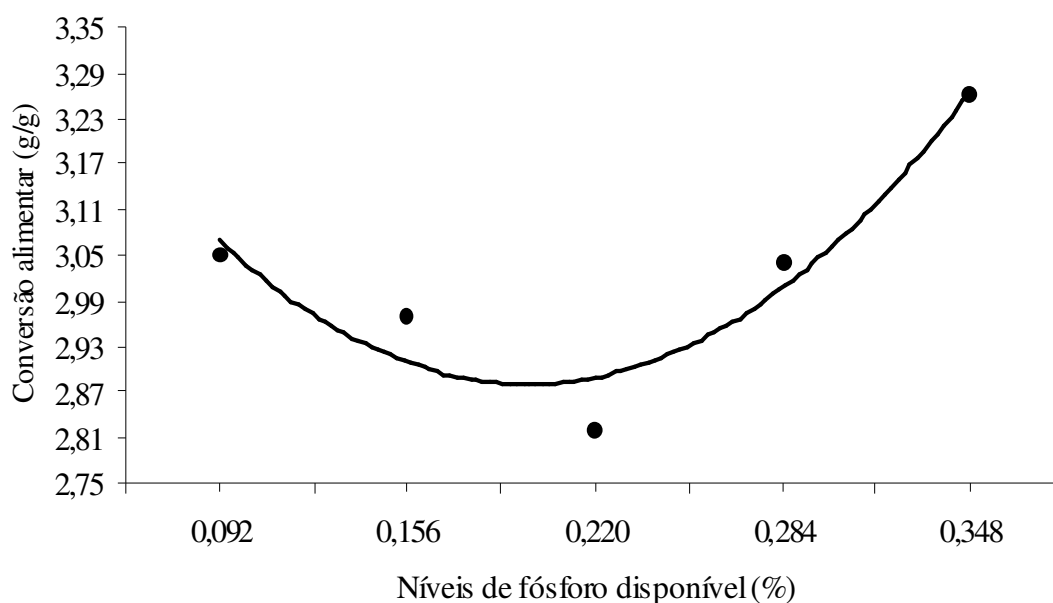


Figura 2 - Conversão alimentar de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

(2001), a conversão alimentar é altamente correlacionada com variáveis que representam o ganho de tecido magro e por isso, persiste como medida de desempenho, sendo usada como a principal referência para avaliar a eficiência de sistemas de produção de suínos.

A relação Ca:P disponível obtida no presente estudo correspondeu a 2,29:1 no nível de fósforo que proporcionou o melhor resultado de conversão alimentar. Este valor é inferior ao valor de 3:1 sugerido pelo Nutrient... (1998). No entanto, este valor é superior ao valor de 2:1 obtido por Stahly et al. (2000) e ao valor de 1,85:1 preconizado por Rostagno et al. (2005).

O CFD elevou-se de modo linear ($P < 0,01$) com o aumento dos níveis de Pd da ração ($\hat{Y} = 0,0987888 + 29,7390 X$; $R^2 = 1,00$). Como não foi observado aumento do CRD em função dos níveis de Pd, pode-se inferir que o aumento do consumo de Pd ocorreu em função do aumento dos níveis de Pd da ração. Esse resultado ratifica os relatos de Stahly et al. (2000), que observaram efeito linear dos tratamentos

sobre a ingestão diária de fósforo disponível de suínos, dos 92 aos 119 kg e de Hastad et al. (2004), que verificaram efeito linear sobre o consumo de Pd de leitoas criadas em ambiente comercial, dos 88 aos 109 kg.

3.2. Parâmetros sanguíneos

Os resultados de atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias de experimento encontram-se na Tab. 3.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre o valor da AFAS aos 21 dias de experimento (Fig. 3), a qual melhorou até o nível de 0,26 % de Pd (0,080 %/Mcal de EM), correspondendo a um consumo de 7,63 g/d de Pd.

Koch e Mahan (1986), ao avaliarem os efeitos de diferentes relações Ca:P e efeitos de baixos níveis de P na dieta de suínos, dos 65 aos 95 kg, observaram um declínio linear da AFAS aos 21 dias, em função do aumento de fósforo da dieta. Ao final do experimento (35 dias), os mesmos autores também verificaram um declínio linear da AFAS, em virtude do aumento de fósforo da dieta. Nimmo et al. (1980) observaram um decréscimo da AFAS em razão do aumento dos níveis de Ca e P da dieta, para varrões de dois grupos genéticos, dos 21 aos 100 kg de peso.

Tabela 3 – Atividade da Fosfatase Alcalina no soro (AFAS) e fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,092	0,156	0,220	0,284	0,348	
AFAS - 21 dias (U/L) ¹	159	135	126	118	133	30,48
Fósforo no soro - 21 dias (µg/dL) ²	7,99	9,10	9,53	9,36	9,53	6,59

¹ e ² Efeito quadrático ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente

Entretanto, Nimmo et al. (1981) não observaram efeito dos níveis de cálcio e fósforo da dieta sobre a AFAS de leitoas mestiças, dos 7 aos 93 kg.

0,26 %

$$\hat{Y} = 211,772 - 697,619 X + 1342,32 X^2$$

$$R^2 = 0,97$$

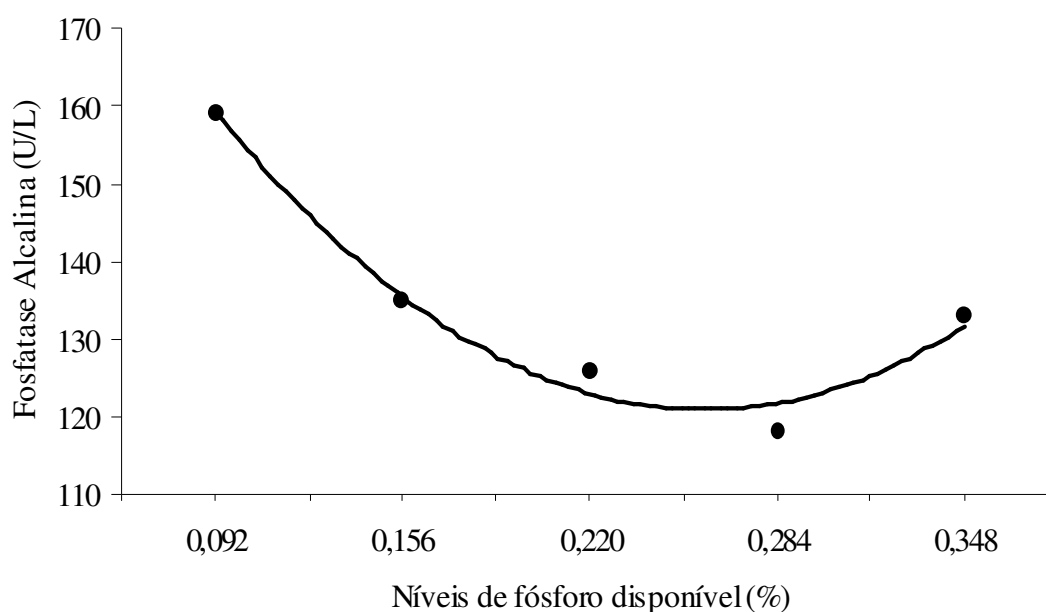


Figura 3 - Atividade da Fosfatase Alcalina no soro aos 21 dias de experimento de acordo

com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

A exigência estimada de fósforo disponível que proporcionou os maiores valores de AFAS aos 21 dias de experimento (0,26 %) foi superior ao valor estimado para melhores resultados de CA (0,20 %), indicando que o nível exigido para maximizar a AFAS é maior do que o exigido para máximo desempenho, na fase de terminação tardia. De acordo com Furtado (1991), a AFAS pode ser influenciada por vários fatores, tornando-a um parâmetro de difícil controle, entre animais e dentro dos mesmos. Durante um momento de estresse, por exemplo, a fosfatase alcalina originária do fígado pode variar repentinamente. Com relação à idade, a maioria dos trabalhos de pesquisa tem observado que a AFAS decresce à medida que o animal completa sua fase de crescimento. Santos (1983) relata que os valores desta enzima foram altos nos animais jovens, sendo que os mesmos foram decrescendo com significância estatística de modo inversamente proporcional à idade.

Segundo Koch e Mahan (1986), a AFAS declinou com o aumento do fósforo da dieta nos suínos em terminação, mas a magnitude do declínio foi menor do que nos suínos em crescimento, e os valores foram confundidos pela relação Ca:P. O declínio na AFAS das fases inicial e crescimento para a fase de terminação é indiscutivelmente um reflexo do declínio do crescimento ósseo e da atividade dos osteoblastos com o aumento da idade. Por causa das diferenças relativamente menores nos valores da AFAS com o aumento do fósforo da dieta e a possível interferência da relação Ca:P, evidencia-se que a fosfatase alcalina sérica não seria de grande utilidade para avaliar os efeitos do fósforo da dieta em suínos mais velhos, podendo ser útil para suínos jovens, enquanto as taxas de crescimento ósseo e a atividade osteoblástica óssea são elevadas (Koch e Mahan, 1986). Entretanto, de maneira contrária, no presente estudo os valores de AFAS mostraram-se um parâmetro confiável para se estimar a exigência de fósforo de suínos, na fase de terminação tardia, visto que, além do comportamento quadrático desta variável, o alto valor de R^2 (0,97) obtido aos 21 dias de experimento indica uma forte relação entre os níveis dietéticos de Pd e os valores de AFAS, nesta fase de criação.

Os níveis de Pd da ração afetaram quadraticamente ($P < 0,01$) os valores de fósforo inorgânico no soro aos 21 dias de experimento (Fig. 4), os quais aumentaram até o nível ótimo de 0,27 % (0,084 %/Mcal de EM), correspondendo ao consumo diário estimado de 8,01 g de Pd. Koch e Mahan (1986) observaram aumento linear do fósforo inorgânico no soro, aos 21 dias de experimento, em razão do aumento dos níveis de fósforo e diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta, para suínos entre 65 e 95 kg. Ao final do experimento (35 dias), os mesmos autores observaram um aumento linear do Pi no soro, em função do aumento dos níveis de fósforo e uma diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta.

0,27 %

$$\hat{Y} = 6,21945 + 24,8077 X - 45,5014 X^2$$

$$R^2 = 0,93$$

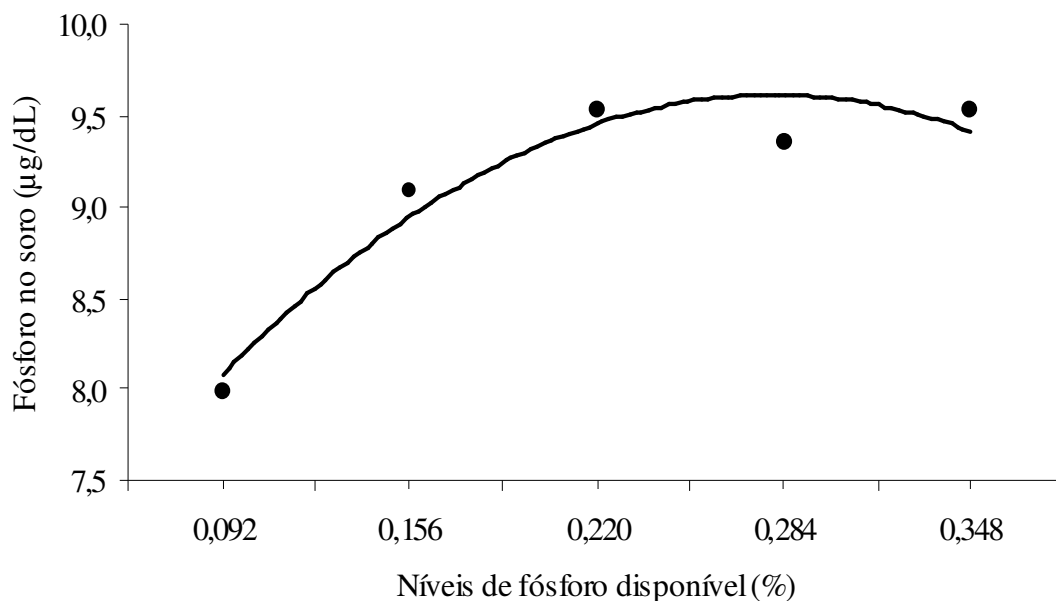


Figura 4 - Fósforo no soro aos 21 dias de experimento de acordo com o nível de fósforo disponível da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

Nimmo et al. (1981) observaram aumento do Pi no soro em função do aumento dos níveis de cálcio e fósforo da dieta. Kornegay e Thomas (1981) observaram um aumento no nível sérico de Pi em razão do aumento do P da dieta, bem como nível maior de Pi no soro nos animais com taxa de crescimento rápido em comparação com os animais com taxa de crescimento mais lento, ao avaliarem diferentes níveis de Ca e P e taxas de crescimento de machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 107 kg. Do mesmo modo, Reinhart e Mahan (1986) também observaram aumento linear do Pi soro, ao final do experimento (42 dias), em função do aumento do nível de fósforo e diminuição linear em função do aumento da relação Ca:P da dieta, para suínos machos castrados e fêmeas, dos 54 aos 86 kg. Ao contrário dos demais trabalhos, Nimmo et al. (1980) não observaram efeito dos níveis de Ca e P da dieta sobre os valores de Pi no soro, para varrões de dois grupos genéticos, dos 21 aos 100 kg de peso.

A exigência estimada de fósforo disponível que proporcionou os maiores valores de Pi no soro aos 21 dias (0,27 %) foi superior ao valor estimado para melhores resultados de CA (0,20 %), indicando que o nível exigido para maximizar o Pi sérico é maior do que o exigido para máximo desempenho. A determinação dos valores de Pi no soro mostrou-se um parâmetro confiável para se estimar a exigência de Pd na fase de terminação tardia, em virtude do comportamento quadrático desta variável, aliado ao alto valor de R^2 (0,93) obtido aos 21 dias de experimento, indicando uma forte relação entre os níveis dietéticos de Pd e os valores de Pi no soro. Do mesmo modo, Ekpe et al. (2002) também sugerem os valores de Pi no plasma como possível parâmetro para determinação da exigência de fósforo, uma vez que o mesmo aumenta quadraticamente no plasma em razão do aumento do fósforo dietético, resultando numa exigência similar à exigência baseada nos valores de fósforo retido.

3.3. Avaliações *in vivo*

Os resultados de espessura de toucinho, profundidade de lombo, porcentagem de carne magra e taxa de deposição de carne magra diária encontram-se na Tab. 4.

Tabela 4 - Espessura de toucinho no ponto P₁ (ET-P₁), espessura de toucinho no ponto P₂ (ET-P₂), profundidade de lombo (PL), porcentagem de carne magra (PCM) e taxa de deposição de carne magra diária (TDCMD), obtidas *in vivo*, de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,092	0,156	0,220	0,284	0,348	

ET-P ₁ (mm)	16,27	17,21	16,50	15,46	17,07	18,52
ET-P ₂ (mm) *	12,67	12,71	13,00	12,54	14,07	13,94
Profundidade de Lombo (mm)	49,67	49,43	52,75	50,69	48,93	9,71
Porcentagem de Carne Magra (%) *	53,67	53,05	53,89	54,28	53,13	3,05
TDCMD (g/dia)	433	450	492	478	448	21,98

* Valores ajustados pelas mesmas variáveis medidas no início do experimento.

Os níveis de fósforo da dieta não afetaram ($P>0,10$) a espessura de toucinho (ET-P₁ e ET-P₂) e a profundidade de lombo (PL), medidas *in vivo* através de ultra-som, a porcentagem de carne magra (PCM) e a TDCMD. Resultados semelhantes foram obtidos por Traylor et al. (2005), que ao avaliarem suínos mestiços machos castrados e fêmeas, dos 45 aos 78 kg e dos 78 aos 110 kg, também não verificaram efeito dos níveis ou da fonte de fósforo, fosfato bicálcico ou farinha de carne e ossos, sobre a espessura de toucinho média (ET), a PL média ou sobre a área de olho de lombo (AOL), obtidas por ultra-som em tempo real, sobre a porcentagem de carne magra estimada por equação ou sobre o ganho diário de carne magra da carcaça, obtido através de equação, medidos aos 105 kg de peso vivo.

O valor médio de PCM (53,6 %) obtido nesse estudo foi superior ao resultado encontrado por O'Quinn et al. (1997), que verificaram 49,7 % de PCM e Traylor et al. (2005), que observaram valor médio de PCM de 52,7 %.

O valor médio de TDCMD obtido nesse trabalho (460 g/dia) está acima daqueles observados por O'Quinn et al. (1997) e Traylor et al. (2005), que foram respectivamente, de 317 e 316 g/dia. Esse valor obtido também está acima do valor de 350 g/d preconizado pelo Nutrient... (1998) para suínos com alta taxa de crescimento de tecido magro, dos 20 aos 120 kg.

De acordo com Stahly et al. (2007), o fósforo é o principal componente dos tecidos protéicos, sendo um nutriente essencial para a síntese de proteína corporal, ocupando papel de destaque no metabolismo de energia (através do ATP), na síntese dos ácidos nucleicos e como componente dos fosfolipídeos da membrana celular. Quando comparada à do tecido adiposo, a concentração de fósforo no tecido muscular é significativamente elevada. Com isso, os incrementos verificados nas exigências de Pd de suínos com elevado potencial genético para deposição de carne na carcaça são consequência do aumento na demanda do fósforo exigido para síntese de proteína muscular.

3.4. Avaliações das características de carcaça

Os resultados de rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho no frigorífico (ET-Frig), profundidade de lombo no frigorífico (PL-Frig), quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra no frigorífico (PCM-Frig) encontram-se na Tab. 5.

Não se observou efeito ($P>0,10$) dos níveis de fósforo da dieta sobre o rendimento de carcaça (RC), semelhante ao observado por Stockland e Blaylock (1973), ao avaliarem efeitos de níveis de Ca e P para suínos puros, Yorkshire, machos castrados e fêmeas, dos 45 aos 91 kg.

Tabela 5 – Rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho no frigorífico (ET-Frig), profundidade de lombo no frigorífico (PL-Frig), quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra no frigorífico (PCM-Frig) de acordo com o nível de fósforo da dieta de suínos dos 95 aos 120 kg

Característica	Nível de fósforo disponível da ração (%)					CV (%)
	0,092	0,156	0,220	0,284	0,348	
Rendimento de carcaça (%)	73,06	73,69	74,46	73,52	74,20	4,43
ET-Frig (mm)	14,33	14,52	15,78	14,03	15,89	2,13
Profundidade de Lombo-Frig (mm)	61,03	59,97	62,23	58,77	61,94	20,20
Quantidade de Carne Magra (Kg)	47,57	48,10	48,75	47,99	47,95	8,29
Porcentagem de Carne Magra (%)	56,48	56,18	55,72	56,31	55,59	5,26

Os níveis de Pd da dieta não afetaram ($P>0,10$) a espessura de toucinho (ET) medida no frigorífico. Da mesma maneira, Stockland e Blaylock (1973) não observaram efeito dos tratamentos sobre a ET média,

obtida no frigorífico. Ketaren et al. (1993) também não observaram efeito dos níveis de fósforo sobre a ET medida no P₂, de suínos puros, Large White, machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 90 kg, assim como O'Quinn et al. (1997), não observaram efeito dos tratamentos sobre a ET, na 10ª e na última costela, de suínos híbridos machos castrados e fêmeas, de 80 a 118 kg. Por outro lado, Weeden et al. (1993) não observaram efeito dos níveis de fósforo sobre a ET média, de fêmeas suínas híbridas, dos 58 aos 106 kg. De maneira semelhante, Carter e Cromwell (1998) não verificaram efeito dos níveis de fósforo sobre a ET medida na altura da 10ª costela e ET média, ao trabalharem com suínos machos castrados e fêmeas de 72 a 114 kg. Cromwell et al. (1970) relataram maiores valores de ET no menor nível de fósforo da dieta, em ambos os níveis de Ca, para suínos machos castrados, Yorkshire puros, dos 18 aos 93 kg.

Não houve efeito ($P>0,10$) dos níveis de Pd da ração sobre a PL-Frig. Cromwell et al. (1970) verificaram aumento da AOL em razão do aumento do nível de fósforo da ração, dos 18 aos 93 kg. Weeden et al. (1993) e Carter e Cromwell (1998) não observaram efeito dos níveis de fósforo da dieta sobre a AOL, verificando, contudo, aumento da AOL em virtude da administração de somatotropina. Por outro lado, Stockland e Blaylock (1973) e O'Quinn et al. (1997) não observaram efeito dos tratamentos sobre a AOL dos animais.

Os tratamentos não exerceram efeito ($P>0,10$) sobre a QCM, obtida no frigorífico. O'Quinn et al. (1997) não observaram efeito dos níveis de Pd da dieta sobre o ganho diário em carne magra, de suínos de 80 a 118 kg, alimentados com rações à base de sorgo e farelo de soja.

De acordo com Stahly (2007), a concentração ótima de Pd na dieta de suínos, em um determinado peso, parece ser aquela a qual maximiza a taxa e eficiência de deposição de tecido protéico, mas mantém o estoque corporal de fósforo nos ossos. Uma ingestão inadequada de fósforo na dieta retarda o ganho de peso corporal, diminui a eficiência de utilização dos alimentos e aumenta o conteúdo corporal de tecidos pobres em fósforo (tecido adiposo, por exemplo). Ao receber quantidades inadequadas de fósforo na dieta, suínos com alta capacidade para deposição de carne magra na carcaça irão mobilizar o estoque corporal de fósforo dos ossos e, até certo ponto, dos músculos, embora não o suficiente para um ótimo desempenho.

Não foi verificado efeito dos tratamentos ($P>0,10$) sobre a PCM-Frig, semelhante ao verificado por O'Quinn et al. (1997), que não observaram efeito dos níveis de Pd da dieta sobre a PCM de suínos híbridos na fase de terminação tardia.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que suínos machos castrados híbridos comerciais selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 95 aos 120 kg, exigem 0,20 % de Pd (0,061 %/Mcal de EM), o que corresponde a um consumo estimado de 5,98 g/dia de Pd, para melhores resultados de CA.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES-PIC. Especificações nutricionais Agrocere-Pic. 2007. 6 p.

BOWERS Jr., G. N.; McCOMB, R. B. A continuous spectrophotometric method for measuring the activity of serum alkaline phosphatase. *Clin. Chem.*, v. 12, n. 2, p. 70-89, 1966.

BIKKER, P.; BOSH, M. Nutrient requirements of pigs with high genetic potential for lean gain. In: Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos, 1, 1996, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1996. p. 223-239.

CARTER, S. D.; CROMWELL, G. L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: I. Performance and bone characteristics. *J. Anim. Sci.*, v. 76, p. 584-595, 1998a.

CARTER, S. D.; CROMWELL, G. L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: II. Carcass characteristics, tissue accretion rates, and chemical composition of the ham. *J. Anim. Sci.*, v. 76, p. 596-605, 1998b.

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 dez. 2007.

EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 82, n. 4, p. 541-549, 2002.

FURTADO, M. A. O. *Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos*. 1991. 61 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

HASTAD, C. W.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Anim. Sci.*, v. 82, p. 2945-2952, 2004.

HENDRICKS, W. H.; MOUGHAN, P. J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. *Liv. Prod. Sci.*, v. 33, n. 1, p. 161-170, 1993.

KESSLER, A. M. O significado da conversão alimentar para suínos em crescimento: sua relevância para modelagem e características de carcaça. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Internet, 2001. *Anais...* Internet: EMBRAPA-CNPSA, 2001. s.n. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/> Acessado em 10/12/2002.

KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; WHITE, E. et al. Phosphorus studies in pigs. 1. Available phosphorus requirements of grower/finisher. *Brit. J. Nut.*, v. 70, p. 249-268, 1993.

KOCH, M. E.; MAHAN, D. C. Biological characteristics for assessing low phosphorus intake in finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 62, p. 163-172, 1986.

KORNEGAY, E. T.; THOMAS, H. R. Phosphorus in swine. II. Influence of dietary calcium and phosphorus levels and growth rate on serum minerals, soundness scores and bone development in barrows, gilts and boars. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 5, p. 1049-1059, 1981.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Response of different genetic lines of boars to varying levels of dietary calcium and phosphorus. *J. Anim. Sci.*, v. 51, n. 1, p. 112-120, 1980.

NIMMO, R. D.; PEO Jr., E. R.; MOSER, B. D. et al. Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on performance, blood and bone parameters of swine. *J. Anim. Sci.*, v. 52, n. 6, p. 1330-1342, 1981.

NUTRIENT requirements of swine. 10^a ed. Washington: National Academy of Sciences, 1998. 189 p.

O'QUINN, P. R.; KNABE, D. A.; GREGG, E. J. Digestible phosphorus needs of terminal-cross growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 1308-1318, 1997.

REINHART, G. A.; MAHAN, D. C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 63, n. 4, p. 457-466, 1986.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2^a ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186 p.

SANTOS, L. M. M. *Influência da idade sobre os níveis séricos de cálcio, fósforo inorgânico, fosfatase alcalina, transaminases glutâmica, oxalacética e pirúvica em suínos*. 1983. 26 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SCHINCKEL, A. P. Fatores que afetam o crescimento de tecido magro de suínos. In: Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína, 2, 2001, Internet, 2001. *Anais...* Internet: EMBRAPA-CNPSA, 2001. s.n. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/> Acessado em 13/12/2001. SISTEMA para análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 2007. (Versão 9.1)

STAHLY, T. S.; LUTZ, T. R.; CLAYTON, R. D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs

fed from 9 to 119 kg body weight. ASR-L655. Iowa State University, *Swine Research Report*. 2000. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>>. Acessado em: 26 out. 2007.

STAHLY, T. S. Nutrient needs for high lean pigs. *Manitoba agriculture, food and rural initiatives*. 2007. Disponível em: <<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html>>. Acessado em: 15/11/2007.

STOCKLAND, W. L.; BLAYLOCK, L. G. Influence of dietary calcium and phosphorus levels on the performance and bone characteristics of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.*, v. 37, n. 4, p. 906-912, 1973.

TRAYLOR, S. L.; CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 83, p. 1054-1061, 2005.

CONCLUSÕES GERAIS

Foram realizados quatro experimentos com os objetivos de se determinar as exigências de fósforo disponível para suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 15 aos 120 kg. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que:

- Suínos híbridos comerciais, machos castrados e fêmeas, de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça exigem, dos 15 aos 30 kg, 0,57 % de Pd na ração (0,177 %/Mcal de EM), o que corresponde ao consumo diário de 8,22 g de Pd, para proporcionar melhores resultados de CA e ROQ-DI.
- Suínos machos castrados híbridos comerciais selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg, exigem 0,39 % de Pd (0,121 %/Mcal de EM), correspondendo a um consumo estimado de 9,11 g/dia de fósforo, para melhores resultados de CA.
- Suínos machos castrados híbridos comerciais selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça exigem 0,33 % de Pd (0,103 %/Mcal de EM), dos 60 aos 95 kg, o que corresponde a um consumo estimado de 9,38 g de Pd/dia, para melhores resultados de CA e QCM.
- Suínos machos castrados híbridos comerciais selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 95 aos 120 kg, exigem 0,20 % de Pd (0,061 %/Mcal de EM), o que corresponde a um consumo diário estimado de 5,98 g de Pd, para melhores resultados de CA.