

ALINE NANTES SÉLOS

**PLANOS NUTRICIONAIS COM REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO
DISPONÍVEL E CÁLCIO EM RAÇÕES CONTENDO FITASE PARA LEITÕES
DESMAMADOS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S464p
2014

Sélos, Aline Nantes, 1989-
Planos nutricionais com redução dos níveis de fósforo disponível e cálcio em rações contendo fitase para leitões desmamados / Aline Nantes Sélos. – Viçosa, MG, 2014.
viii, 44f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Juarez Lopes Donzele.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Nutrição animal. 2. Mineral na nutrição animal.
3. Fósforo na nutrição animal. 4. Cálcio na nutrição animal.
5. Suíno. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.085

ALINE NANTES SÉLOS

**PLANOS NUTRICIONAIS COM REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO
DISPONÍVEL E CÁLCIO EM RAÇÕES CONTENDO FITASE PARA LEITÕES
DESMAMADOS**

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

APROVADA: 21 de agosto de 2014.

Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele
(Coorientadora)

Alysson Saraiva
(Coorientador)

Luciana Navajas Rennó

Francisco Carlos de Oliveira Silva

Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

A minha avó, Leonor Sperber Sélos (in memoriam)

Dedico

Happiness hit her like a train on a track
Coming towards her stuck still no turning back
She hid around corners and she hid under beds
She killed it with kisses and from it she fled
With every bubble she sank with her drink
And washed it away down the kitchen sink

The dog days are over
The dog days are done
The horses are coming
So you better run

Run fast for your mother, run fast for your father
Run for your children, for your sisters and brothers
Leave all your love and your longing behind
You cant carry it with you if you want to survive

The dog days are over
The dog days are done
Can't you hear the horses?
'Cause here they come

And I never wanted anything from you
Except everything you had
and what was left after that too, oh
Happiness hit her like a bullet in the head
Struck from a great height
by someone who should know better than that

The dog days are over
The dog days are done
Can't you hear the horses?
'Cause here they come

The dog days are over
The dog days are done
The horses are coming
So you better run

Dog Days Are Over – Florence and The Machine

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me ajudar e estar ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus pais, Carlos e Rosimairé, pelo amor, carinho e paciência.

Aos meus irmãos, Karine e Samuel, com os quais pude crescer e aprender.

Ao meu namorado Thiago, pela ajuda em todas as etapas deste trabalho. Por ser meu companheiro e ombro amigo em qualquer situação.

A todos os meus familiares, primos, tios, avós, por todo apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Juarez Lopes Donzele, por ter aceitado me orientar e pela confiança em mim depositada.

À professora Luciana Navajas Rennó, pela ajuda nas análises sanguíneas.

Aos professores e pesquisadores, Alysson Saraiva, Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele, Luciana Navajas Rennó e Francisco Carlos de Oliveira Silva, pelos ensinamentos ao longo do curso, por terem aceitado fazer parte da minha banca examinadora, contribuindo com valiosas sugestões.

Aos funcionários do setor de suinocultura do departamento de Zootecnia da UFV, em especial ao José Alberto (Dedeco), por todo apoio fornecido.

Aos estudantes Leonardo, Rodrigo, Amanda, Ruy e Melissa, pela ajuda na condução do experimento.

Aos colegas da pós-graduação Diego, Matheus e Jessica pelo auxílio na montagem do experimento. Ao Evandro pela ajuda na elaboração do projeto. Ao Eric pelas sugestões na redação deste trabalho.

Ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

À empresa DSM nutritional products, pela contribuição na execução desse trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho devo externar o meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

ALINE NANTES SÉLOS, filha de Carlos SperberSélos e Rosimaire Nantes Sélos, nascida em 27 de abril de 1989, natural de Conceição de Ipanema, Minas Gerais.

Em 2007, iniciou curso de graduação em Medicina Veterinária na Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (UNIVIÇOSA), em Viçosa, Minas Gerais. Em 2008 efetuou transferência para a Universidade Federal de Viçosa, onde concluiu o curso em novembro de 2012.

Em novembro de 2012 ingressou no mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, tendo como área de concentração Nutrição e Produção de Monogástricos, sob a orientação do Professor Juarez Lopes Donzele.

SUMÁRIO

Resumo	vii
Abstract.....	viii
1. Introdução Geral.....	1
2. Revisão de Literatura.....	2
2.1 Fósforo na nutrição de suínos	2
2.2 Fitato nos alimentos	3
2.3 Fitase exógena.....	4
2.4 Fitase na nutrição de suínos	5
2.5 Interação fitato e cálcio	7
2.6 Fósforo sérico.....	8
2.7 Fosfatase alcalina sérica.....	9
3. Referências Bibliográficas.....	11

CAPÍTULO I

PLANOS NUTRICIONAIS COM REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL E CÁLCIO EM RAÇÕES CONTENDO FITASE PARA LEITÕES DESMAMADOS

Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução	20
Material e métodos.....	21
Resultados e discussão.....	27
Conclusão.....	39
Referências Bibliográficas	40

RESUMO

SÉLOS, Aline Nantes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2014. **Planos nutricionais com redução dos níveis de fósforo disponível e cálcio em rações contendo fitase para leitões desmamados.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Alysson Saraiva.

Objetivando-se avaliar planos nutricionais com diferentes níveis de cálcio (Ca) e fósforo disponível (Pd) em rações contendo fitase, 168 leitões, machos castrados e fêmeas, com peso corporal inicial de $8,11 \pm 0,61$ kg foram desmamados aos 28 dias de idade e distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, conforme o peso corporal, em sete tratamentos, com oito repetições e três animais por unidade experimental. Os tratamentos foram planos nutricionais (PN), sendo um controle sem fitase e os demais com níveis (%) decrescentes de Pd e Ca com 2.000 FTU de fitase, conforme segue: PN1: (Pd: 0,435-0,385-0,315; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN2: (Pd: 0,370-0,320-0,250; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN3: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN4: (Pd: 0,435-0,385-0,315; Ca: 0,690-0,665-0,608); PN5: (Pd: 0,370-0,320-0,250; Ca: 0,690-0,665-0,608); PN6: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,690-0,665-0,608). O ganho de peso e o consumo de ração diários dos 28 aos 35 dias foram maiores para o PN3, PN5 e PN6 em comparação ao plano controle. Dos 28 aos 49 dias, o ganho de peso diário proporcionado pelo PN6 foi maior em comparação ao controle. O ganho de peso diário foi menor no PN6 em comparação ao PN1, dos 28 aos 63 dias. Os tratamentos PN1, PN2, PN4, PN5 proporcionaram maior mineralização óssea comparados ao controle. O PN1 resultou em maior mineralização óssea que o PN3, PN5 e PN6. O PN3 proporcionou menor mineralização óssea que os PN1, PN2 e PN4. O PN5 resultou em menor Ca ósseo comparado ao PN1. Com exceção do PN3, todos os tratamentos resultaram em P ósseo maior em relação ao controle, mas o PN3 resultou em P ósseo menor que o PN1. O PN4, PN5 e PN6 resultaram em menor relação cálcio:fósforo ósseo em relação ao controle. O P sérico foi menor no PN3 e PN6 em relação ao tratamento controle. Dentre os tratamentos contendo fitase, o PN3 resultou em menor P sérico que o PN1, PN4, e PN5; e o PN6 em menor P sérico que o PN5. Conclui-se que o PN6, correspondente a 0,305-0,255-0,185 de Pd, 0,690-0,665-0,608 de Ca e 2000 FTU/kg de fitase, apesar de proporcionar menor taxa de crescimento em relação ao PN5, resulta em desempenho satisfatório de leitões dos 28 aos 63 dias de idade.

ABSTRACT

SÉLOS, Aline Nantes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August 2014. **Feeding programs with reduced levels of available phosphorus and calcium on rations containing phytase for weanling piglets.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-advisers: Rita Flavia Miranda de Oliveira Donzele and Alysson Saraiva.

Aiming to evaluate feeding programs (FP) with different levels of calcium (Ca) and available phosphorus (aP) on rations containing phytase for piglets, one hundred sixty-eight barrows and females weighing 8.11 ± 0.61 kg were weaned at 28 days and blocked according to initial body weight. Inside each block, piglets were randomly distributed to one of seven feeding programs with eight replicates and three piglets per experimental unit. The treatments consisted of control FP without phytase and six with decreasing levels (%) of aP and calcium (Ca) with the addition of phytase (2,000 FTU/kg), as follows: FP1: (aP: 0.435-0.385-0.315; Ca: 0.850-0.825-0.768); FP2: (aP: 0.370-0.320-0.250; Ca: 0.850-0.825-0.768); FP3: (aP: 0.305-0.255-0.185; Ca: 0.850-0.825-0.768); FP4: (aP: 0.435-0.385-0.315; Ca: 0.690-0.665-0.608); FP5: (aP: 0.370-0.320-0.250; Ca: 0.690-0.665-0.608); FP6: (aP: 0.305-0.255-0.185; Ca: 0.690-0.665-0.608). The FP3, FP5 and FP6 resulted in higher average daily gain and feed intake in comparison to control, from 28 to 35 days. Only FP6 resulted in higher average daily gain in comparison to control, from 28 to 49 days. The FP6 resulted in lower average daily gain when compared to FP1, from 28 to 63 days. The FP1, FP2, FP4 and FP5 provided greater bone mineralization when compared to control. The FP1 resulted in greater bone mineralization than FP3, FP5 and FP6. The FP3 resulted in less bone mineralization than FP1, FP2 and FP4. Bone Ca was lower on FP5 when compared to FP1. With the exception of the FP3, phosphorus (P) of the bone was higher on all treatments when compared to control, however, the FP3 treatment resulted in less bone P than FP1. The FP4, FP5 and FP6 resulted in lower bone Ca:P ratio when compared to control. The serum P concentrations were lower in FP3 and FP6 in comparison to control. Considering only treatments containing exogenous phytase, the FP3 resulted in lower serum P than FP1, FP4, FP5; and FP6 resulted in lower serum P in comparison to FP5 as well. In conclusion, the FP6 results in satisfactory performance of pigs from 28 to 63 days of age although providing lower growth rate when compared to FP5.

1. Introdução Geral

Com a crescente conscientização da população acerca dos impactos dos sistemas de produção animal no meio ambiente, a produção de suínos, tradicionalmente focada na maximização do desempenho com pouca ou nenhuma consideração na questão ambiental, encontra-se inserida em um novo cenário, especialmente em países ou regiões que apresentam elevada densidade animal.

Nesse novo cenário tornou-se necessária a busca por soluções a fim de reduzir o aporte de contaminantes nos dejetos desses animais. Dentre os contaminantes mais comuns, o fósforo merece destaque, pois em uma dieta a base de milho e farelo de soja, aproximadamente 2/3 deste componente encontra-se indisponível para os animais (Simonset al., 1990; Bedford&Partridge, 2001). Essa indisponibilidade é devido à baixa eficiência dos animais monogástricos em aproveitar as moléculas de fitato, particularmente animais jovens, pois necessitam de meios para utilizar esse composto (Bedford, 2000; Cowiesonet al., 2011; Letourneau-Montminy et al., 2011).

A suplementação com fitase, objetivando melhorar a disponibilidade de P em ingredientes vegetais que contêm altos níveis de fitato, está se tornando cada vez mais comum (Selle&Ravindran, 2008). A fim de atender a regulamentação ambiental e manter os custos de produção satisfatórios, atualmente baixas concentrações de P são utilizadas em dietas para monogástricos, o que pode afetar o desenvolvimento do esqueleto em leitões desmamados já que o P desempenha função importante na formação e mineralização óssea. Nesse contexto, justifica-se o aumento na concentração de fitase em dietas para leitões desmamados, pois qualquer aumento na disponibilidade de P pode ser particularmente benéfico para o desenvolvimento do esqueleto (Varleyet al., 2011).

Vale ressaltar, ainda, que níveis elevados de Ca e altas relações Ca:P reduzem a eficiência da fitase exógena devido a formação do complexo fitato-Ca, composto insolúvel, que se precipita no intestino (Selle et al., 2009; Lei et al., 1994).

Dessa forma, o presente estudo foi proposto para avaliar planos nutricionais de diferentes níveis de fósforo disponível e de cálcio, em rações contendo fitase, no desempenho, parâmetros ósseos e concentração de fósforo e fosfatase alcalina no soro de suínos de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, dos 28 aos 63 dias de idade.

2. Revisão de Literatura

2.1 Fósforo na nutrição de suínos

O fósforo é um mineral importante para o desenvolvimento ósseo, constituindo aproximadamente 80% desse tecido. Esse mineral é também um dos mais onerosos em uma dieta para suínos, após a proteína e a energia. Portanto, a redução na concentração do fósforo dietético fornecido sem que a saúde ou produtividade seja comprometida caracteriza-se uma questão essencial para os sistemas de produção sustentável (Létourneau-Montminy et al., 2011).

A deficiência de fósforo pode causar raquitismo, atraso do crescimento, além de outras deformidades esqueléticas (Sethiet et al., 2008). Os ossos, além de serem componentes estruturais do corpo, são grandes depósitos utilizados para suprir a necessidade circulante de elementos químicos, sofrendo constante remodelagem e renovação (Vargas Jr. et al., 2003). O restante do P no organismo animal está amplamente distribuído nos tecidos moles do corpo, principalmente nas hemácias, no tecido muscular e nervoso, tendo função vital em muitos processos metabólicos (Lemos, 2006).

O fósforo presente nas rações de suínos pode ser proveniente de alimentos de origem vegetal, fontes de origem animal ou fontes de origem rochosa (Saraiva, 2011), sendo que a maior parte das dietas para monogástricos no Brasil são compostas por ingredientes de origem vegetal, principalmente milho e farelo de soja (Simonset et al., 1990; Lüdke et al., 2000; Angel et al., 2002).

Embora os teores de fósforo nos vegetais sejam baixos, quando comparados aos ingredientes de origem animal, o seu alto nível de inclusão nas formulações torna importante sua contribuição no aporte final de fósforo na ração (Cardoso Jr., 2008). Segundo Cromwell et al. (1993), Seynaeve et al. (2000) e Angel et al. (2002), há fósforo suficiente presente nos ingredientes vegetais (milho e farelo de soja) para atender as exigências de suínos, caso uma quantidade significativa do fósforo fítico seja disponibilizada. Esse conteúdo de fósforo fítico, devido a sua baixa disponibilidade para animais monogástricos, resulta em elevada excreção deste mineral, o que constitui um problema ambiental (Matsui, 2002).

Em função da presença deste fator anti-nutricional, torna-se necessária a suplementação com fontes dietéticas de P inorgânico ou a utilização de alimentos com

altas concentrações deste mineral, como as farinhas de carne e ossos, a fim de atender as exigências nutricionais de P destes animais. Contudo, o aumento dos custos destas fontes inorgânicas e a proibição, em alguns países, da inclusão das farinhas de carne e ossos na nutrição de monogástricos tem motivado os produtores a reduzir suas incorporações em dietas de suínos (Selle&Ravindran, 2008; Alexander et al., 2010).

Uma vez que as exigências nutricionais são variáveis, tal suplementação acaba por elevar os teores de fósforo, ficando acima do exigido pelos animais e comprometendo a remodelagem óssea (Bedford, 2000; Angel et al., 2002; Selle&Ravindran, 2008). Com isso, a combinação de excedentes alimentares e perdas endógenas de P, juntamente com a má utilização do fitato, culminam em concentrações excessivas de P nos dejetos, agravando a questão ambiental (Lüdkeet al., 2000; Selle&Ravindran, 2008).

Suínos em crescimento retêm 36% do P contido na dieta, enquanto que 55% é perdido nas fezes e 9% na urina. A excreção fecal de P é atribuída à sua baixa disponibilidade, por estar ligado ao fitato, enquanto as perdas urinárias estão relacionadas às altas concentrações deste mineral nas dietas (Selle&Ravindran, 2008).

Esse acúmulo de P nos solos e o comprometimento da qualidade da água por meio das perdas de P para cursos de água, devido ao escoamento superficial ou lixiviação, são grandes desafios da indústria suinícola (Angel et al., 2002). Além disso, as reservas mundiais de fosfato não são renováveis e seu esgotamento poderia levar a uma crise no fornecimento de P (Letourneau-Montminy et al., 2010).

Na tentativa de solucionar essas duas questões ambientais, estratégias foram desenvolvidas no intuito de limitar a superalimentação e a excreção de P na suinocultura. Entre essas estratégias, a introdução de fitases exógenas em ração para suínos é reconhecida como um meio confiável de aumentar a disponibilidade de P no fitato e, assim, reduzir a necessidade de P inorgânico suplementar (Matsui, 2002; Selle&Ravindran, 2008; Letourneau-Montminy et al., 2010).

2.2 Fitatos em alimentos

O fitato é um componente ubíquo de todos os ingredientes de origem vegetal. Nessas matérias primas, cerca de 2/3 do fósforo presente encontram-se na forma de fitato, os sais de ácido fítico (Simonset al., 1990; Bedford&Partridge, 2001). No

entanto, o componente P do fitato (282 g kg^{-1}) é apenas parcialmente disponível para suínos devido à atividade de fitase endógena gerada pela mucosa do intestino delgado ser insuficiente para desfosforilar este composto de forma eficaz (Selle&Ravindran, 2008).

Na literatura, três terminologias são utilizadas para descrever o substrato da enzima fitase: fitato, fitina e ácido fítico. O termo mais comumente usado, o fitato, refere-se ao sal misto de ácido fítico, um composto de seis resíduos de ácido ortofosfórico que se encontram ligados ao inositol (mio-inositol (1,2,3,4,5,6) hexafosfato; IP6). O termo, fitina, refere-se especificamente ao complexo depositado de IP6 com magnésio, potássio e cálcio, tal como ocorre em plantas, enquanto o ácido fítico é a forma livre de IP6 (Selle&Ravindran, 2007).

O Fitato é um composto de ocorrência natural, formado durante o processo de maturação de sementes e grãos de cereais (Maga et al., 1982) e compreende de 1 a 5% do peso em cereais, legumes, sementes oleaginosas e nozes (Vats et al., 2004), apresentando massa molecular de 660 g mol^{-1} e fórmula molecular, $\text{C}_6\text{H}_{18}\text{O}_{24}\text{P}_6$ (Daneluti et al., 2012). Constitui a forma com que os vegetais armazenam o fósforo (Cowieson et al., 2011; Daneluti et al., 2012), contendo aproximadamente 28,2% desse elemento (Tejedor et al., 2001), e sua concentração varia em função da espécie, da idade e do estágio de maturação do cultivar, do clima, da disponibilidade de água, do grau de processamento e da quantidade de fósforo presente solo (Cardoso Jr., 2008).

Adicionalmente, o fitato é considerado um fator anti-nutricional para a maioria dos animais e não representa uma boa fonte de fósforo para monogástricos, particularmente para animais jovens, pois necessitam de meios para utilizar este composto (Bedford, 2000; Cowieson et al., 2011; Letourneau-Montminy et al., 2011).

Nesse sentido, o fósforo tem sido um dos minerais mais suplementados nas dietas para suínos porque sua digestibilidade para monogástricos é baixa, sendo predominantemente excretado (Stalder et al., 2004; Seynaeve et al., 2000).

2.3 Fitase exógena

A fitase presente no trato gastrointestinal dos animais pode ser originada de diferentes fontes: 1) Fitase presente nos ingredientes da dieta, 2) Fontes exógenas de fitase microbiana adicionadas à dieta, 3) Fitase produzida pela microflora contida no

trato gastrointestinal, e 4) Fitase ligada à mucosa intestinal (Angel et al., 2002; Selle&Ravindran, 2008).

A Fitase exógena foi inicialmente introduzida no mercado em 1991, no entanto, na época atraiu pouco interesse (Selle&Ravindran, 2008). No entanto, constitui-se de uma alternativa viável para aumentar a biodisponibilidade de fósforo, catalisando a hidrólise do ácido fítico a mio-inositol e fosfatos inorgânicos por meio de uma série de intermediários mio-inositol fosfato, eliminando suas características anti-nutricionais (Angel et al., 2002; Selle&Ravindran, 2008; Adeola et al., 2011) e assim, reduzindo a necessidade de inclusão de fósforo inorgânico à dieta (Stalder et al., 2004).

As fitases de relevância nutricional são divididas em 2 subclasses dependendo de qual fosfato do núcleo mio-inositol iniciam a catálise (3- ou 6-fitase). Essas fitases, quando adicionadas a dieta, são capazes de hidrolisar a ligação éster entre o carbono 3 (no caso de 3-fitases) ou carbono 6 (no caso de 6-fitases) e o grupo fosfato associado, liberando-o para o animal (Adeola et al., 2011). Sua atividade é expressa em FTU (unidade de fitase ativa), definida como a quantidade da enzima necessária para liberar 1 μmol de fosfato inorgânico/minuto em 0,015 mol/L de sódio fitato a temperatura de 37°C e pH 5,5 (Cromwell et al., 1995; Augspurger et al., 2009).

A inclusão dessas enzimas traz inúmeros benefícios, no entanto, esses dependem de diversos fatores, como as matérias-primas utilizadas, a fonte da fitase, a idade dos animais, o conteúdo de cálcio da dieta, fósforo e vitamina D, e o nível de atividade de fitase presente nos ingredientes utilizados (Fireman&Fireman, 1998; Bedford, 2000).

2.4 Fitase na nutrição de suínos

A adição da enzima fitase às rações de suínos tem sido realizada para melhorar a disponibilidade e o aproveitamento do fósforo, nitrogênio e outros minerais por meio da desestruturação do fitato presente nos grãos de cereais como soja e milho, principais componentes das rações (Ludke et al., 2002).

Esse aumento na disponibilidade de fósforo pode ser constatado em trabalhos como os de Cromwell et al. (1993 e 1995), que ao utilizar dietas a base de milho e farelo de soja para suínos na fase de crescimento e terminação sem suplementação de P, conseguiram por meio da suplementação com fitase, igualar o desempenho ao de animais suplementados com P inorgânico, a fim de atender suas exigências nutricionais.

Adicionalmente, a suplementação das dietas com fitase reduziu a quantidade de P presente nos dejetos desses animais.

De maneira semelhante, Shelton et al. (2004), verificaram que a adição de fitase anulou os efeitos negativos de dietas com reduzidos níveis de cálcio e fósforo disponível.

Ainda, Cromwell et al. (1995) constataram que nas dietas deficientes em P, a adição de 830 unidade de fitase/kg aumentou a biodisponibilidade do P em aproximadamente 24%.

Trabalhando com suínos de desempenho regular para deposição de carne na carcaça, do desmame à terminação, Han et al. (1997), demonstraram o potencial de substituição da adição de fósforo inorgânico pela fitase microbiana.

Jongbloed (2008) relatou que com a suplementação de 500 a 1000 unidades de fitase microbiana por kg de ração, o incremento na quantidade de P digestível pode chegar a 50% do requerimento de suínos em crescimento. De maneira geral, esse mesmo autor relatou que com o uso de 500 FTU/kg de ração, aproximadamente, 0,8g de P disponível/kg é gerado, o que é equivalente a 1,0g de P proveniente do fosfato monocálcico ou 1,23g de P do fosfato bicálcico.

Adicionalmente, a utilização de altos níveis de fitase tem se mostrado uma oportunidade considerável para agregar valor. Seus efeitos sobre o desempenho podem ser significativamente aumentados, no entanto, os mecanismos pelos quais isso acontece ainda são desconhecidos. Segundo Cowieson et al. (2011), a utilização de altos níveis de fitase tem implicação positiva não apenas sobre o desempenho animal, mas também para mineralização óssea.

Varley et al. (2011), ao trabalhar com leitões desmamados de 8 aos 33 kg fornecendo dietas contendo 2,2gPd/kg suplementadas com níveis crescente de fitase (0, 500, 1000 and 1500 FTU/kg), verificaram melhora na digestibilidade de Ca e P, da conversão alimentar e na mineralização óssea aos 33 kg. No entanto, não foi determinada a concentração máxima efetiva de fitase necessária para maximizar os fatores acima mencionados durante a fase de desmame (8 a 33 kg de peso corporal) porque o platô não foi alcançado.

2.5 Interação fitato e cálcio

As exigências de Ca e P podem ser alcançadas pela inclusão de calcário, fontes inorgânicas de cálcio e fósforo como o fosfato bicálcico, e, quando permitido, farinhas de carne e ossos. No entanto, uma porção considerável de P está presente nos ingredientes de origem vegetal, mas, em sua maioria, na forma de fitato-P, composto apenas parcialmente disponível para animais monogástricos (Selleet al., 2009).

Níveis elevados de Ca e relações Ca:P mais amplas reduzem a eficiência da fitase exógena devido a formação do complexo fitato-Ca, composto insolúvel, que precipita-se no intestino (Lei et al., 1994). Sendo assim, conhecer o local de formação desse complexo insolúvel é de fundamental importância na eficácia das fitases exógenas. Alguns autores sugerem que sua formação acontece no intestino delgado e, portanto, fitase exógenas microbianas são principalmente ativas no estômago de suínos onde o pH ácido aumenta a solubilidade do substrato e o fitato é mais suscetível à degradação (Campbell & Bedford, 1992; Pagano et al., 2007). Consequentemente, os complexos fitato-Ca não serão formados até que a digesta alcance o intestino delgado, não comprometerá a atividade da fitase exógena no estômago e, assim, aumenta-se a disponibilidade do Ca e do P ligado ao fitato (Selleet al., 2009).

Liu et al. (2000) relataram que com o aumento da relação Ca:P de 1,0 para 1,5:1 houve uma redução na absorção ileal de P de 4,5 para 2,2 g/dia em suínos submetidos a dietas com baixas concentrações de P e suplementadas com fitase.

De maneira semelhante, Brady et al. (2002), reduzindo a relação Ca:P de 1,85 para 1,15:1 verificaram melhora do desempenho geral em suínos na fase de crescimento e terminação.

Trabalhando com frangos de corte, Driver et al. (2005), afirmaram que grande parte das publicações a respeito da eficácia da fitase e diferentes relações Ca:P é controversa. Segundo estes autores, esta eficácia é representada por uma relação complexa entre o Ca dietético, P total e a concentração de fitato-P. Além disso, as reações do Ca com o P inorgânico podem levar a precipitação de ortofosfato de cálcio (Selle et al., 2009).

Adicionalmente, o fosfato bicálcico, fonte predominante de Ca na dieta de suínos, é conhecido por apresentar uma alta capacidade de ligação ácida (Lawloret al., 2005) e, como resultado, se liga a mais ácido elevando, assim, o pH na porção proximal

do intestino. Desse modo, o fornecimento de Ca, na forma de calcário, tenderá a aumentar o pH da digesta ao longo do intestino (Selle et al., 2009).

Trabalhando com frangos de corte, Shafey et al. (1991), verificaram que a adição de calcário a dieta promoveu um aumento do pH no papo e no íleo, principal local de degradação do fitato pela enzima fitase exógena. O fitato é solúvel em pH baixo (menor que 3,5) e sua insolubilidade máxima ocorre em pH variando de 4 a 7 e, assim, qualquer fator que altere o pH do intestino irá alterar a eficácia das fitases e pode afetar fitases diferentes de formas distintas (Angel et al., 2002; Selle & Ravindran, 2007). Portanto, na busca por fitases comercialmente disponíveis, é imprescindível conhecer o seu pH ótimo a fim de determinar o local onde essa irá atuar ao longo do trato gastrointestinal (Angel et al., 2002).

Vale ressaltar que a fitase promoveu aumento na mineralização óssea de frangos de corte após redução do pH induzida por ácido glutâmico (Murai et al., 2001). Ainda, a elevação do pH pode promover aumento na formação de complexos mineral-fitato, incluindo fitato-Ca que reduz a susceptibilidade do fitato à hidrólise (Maenz et al., 1999).

2.6 Fósforo sérico

O fósforo corresponde a cerca de 1% do peso corporal, é um elemento vital e merece atenção na formulação de suplementos e rações. Do fósforo corporal total, até 85 % constitui o esqueleto. Em relação ao fósforo plasmático, 66 % do 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 por meio da reabsorção (Arouca, 2008).

Quando o fosfato total 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 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 mg/dL de fósforo inorgânico (Pi).

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 (Arouca, 2008).

No soro sanguíneo, o fósforo existe em ambas as formas, inorgânica e orgânica, sendo essa última como constituinte dos fosfolípidos. Em relação ao fósforo inorgânico, em torno de 10 % desse 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, fosfolípidos 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).

2.7 Fosfatase alcalina sérica

A atividade da fosfatase alcalina no soro (ou plasma) tem sido uma variável utilizada em experimentos delineados para determinar a adequação dos níveis de fósforo e/ou cálcio da ração. No entanto, a fosfatase alcalina total contida no soro sanguíneo é a somatória de pelo menos cinco isoenzimas que provêm do osso, do fígado, do intestino, dos rins e da placenta durante a gestação, tornando difícil distinguir qual delas seria responsável pela elevação da fosfatase alcalina total. Em condições normais, as duas formas predominantes na circulação, mais de 90% do total, são a óssea e a hepática, em quantidades equivalentes. Outra forma circulante, em concentrações significativas, é a forma intestinal, que representa menos que 5 % do total (Martins et al., 2006).

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 reabsorção óssea pelos osteoclastos. Simultaneamente, há uma necessidade de recomposição das regiões absorvidas do osso, promovendo um aumento progressivo da atividade dos osteoblastos. Os osteoblastos em atividade secretam grande quantidade de fosfatase alcalina que segundo Guyton & Hall (1997), parece atuar aumentando a concentração de fósforo inorgânico 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.

Dessa forma, a fosfatase alcalina óssea é um marcador bioquímico do turnover ósseo mais confiável que a fosfatase alcalina total (Ureña et al., 1996), apresentando elevação de seus níveis no soro durante a fase de crescimento, após fraturas ósseas, em doenças que provoquem destruição óssea e nos casos de deficiência de Ca ou P na dieta.

3. Referências Bibliográficas

ABELSON, P.H. A potential phosphate crisis. **Science**, v.283, p.2015, 1999.

ADEOLA, O.; COWIESON, A.J. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**.v.89. p.3189-3218, 2011.

ALEXANDER, L.S.; QU, A.; CUTLER, S.A.; WAHAJAN, A.; ROTHSCHILD, M.F.; CAU, W.; DEKKERS, J.C.; STAHL, C.H. A calcitonin receptor (CALCR) single nucleotide polymorphism is associated with growth performance and bone integrity in response to dietary phosphorus deficiency. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1009-1016, 2010.

ANGEL, R.; TAMIM, N.M.; APPLGATE, T.J.; DHANDU, A.S.; ELLESTAD, L.E. Phytic Acid Chemistry: Influence on Phytin-Phosphorus Availability and Phytase Efficacy. **The JournalAppliedPoultryResearch**, v.11, p.471-480, 2002.

AROUCA, C.L.C. **Exigências de fósforo disponível para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne em diferentes fases de crescimento, dos 15 aos 120 kg.** 2008. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. MG.

AUGSPURGERA, N.R.; SPENCERA, J.D.; WEBELA, D.M.; WOLTERB, B.F.; TORRANCE, T.S. An Escherichia coli-derived phytase can fully replace inorganic phosphorus in maize–soybean meal diets for growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.154, p.254-259, 2009.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.

BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition.** NY: CABI Publishing, 2001. 406p.

- BRADY, S.M.; CALLAN, J.J.; COWAN, D.; MCGRANE, M.; O'DOHERTY, J.V. Effect of phytase inclusion and calcium/phosphorus ratio on the performance and nutrient retention of grower–finisher pigs fed barley/wheat/soya bean meal-based diets. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p.1780-1790,2002.
- CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.449-466, 1992.
- CARDOSO JR, A. **Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte na fase de oito a 35 dias de idade**. 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Lavras: Universidade Federal de Lavras. MG.
- COWIESON, A.J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M.R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, v.67, p.225-236, 2011.
- CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S.; COFFEY, R.D.; MONEGUE, H.J.; RANDOLPH, J.H. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1831-1840, 1993.
- CROMWELL, G.L.; COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; MONEGUE, H.J.; RANDOLPH, J.H. Efficacy of a Recombinant-Derived Phytase in Improving the Bioavailability of Phosphorus in Corn-Soybean Meal Diets for Pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2000-2008, 1995.
- DANELUTI, A.L.M.; MATOS, J.R. Estudo do comportamento térmico do ácido fítico. In: VIII Congresso Brasileiro e III Congresso Pan-Americano de Análise Térmica e Calorimetria, 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Análise Térmica e Calorimetria, 2012.

- DANTAS, W.M.F. **Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes níveis de fósforo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. MG.
- DRIVER, J.P.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I.; EDWARDS, H.M. Effects of calcium and nonphytate phosphorus concentrations on phytase efficacy in broiler chicks. **Poultry Science**, v.84, p.1406-1417, 2005.
- FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, p.173-178, 1998.
- 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.
- GUYTON, A. C; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 1014 p.
- HAN, Y.M.; YANG, F.; ZHOU, A.G.; MILLER, E.R.; KU, P.K.; HOGBERG, M.G.; LEI, X.G. Supplemental phytases of microbial and cereal sources improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1017-1025, 1997.
- JENDZA, J.A.; DILGER, R.N.; ADEDOKUM, S.A.; SANDS, J.S.; ADEOLA, O. Escherichia coli phytase improves growth performance of starter, grower, and finisher pigs fed phosphorus-deficient diets. **Journal of Animal Science**, v.83, p. 1882-1889, 2005.
- JONGBLOED, A.W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.215-229, 2008.

- LAWLOR, P.G.; LYNCH, P.B.; CAFFREY, P.J.; O'REILLY, J.J.; O'CONNELL, M.K. Measurements of the acid-binding capacity of ingredients used in pig diets. **Irish Veterinary Journal**, v.58, p.447-452, 2005.
- LEI, X.G.; KU, P.K.; MILLER, E.R.; YOKOYAMA, M.T.; ULLREY, D.E. Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn–soybean meal diets of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.139-143, 1994.
- LEMOS, G.C. **Desempenho de bovinos Nelore suplementados com fontes alternativas de fósforo**. 2006. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Araçatuba, SP, 2006.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M.P.; NARCY, A.; MAGNIN, M.; SAUVANT, D.; BERNIER, J.F.; POMAR, C.; JONDREVILLE, C. Effect of reduced dietary calcium concentration and phytase supplementation on calcium and phosphorus utilization in weanling pigs with modified mineral status. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1706-1717, 2010.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M.P.; NARCY, A.; LESCOAT, P.; MAGNIN, M.; BERNIER, J.F.; SAUVANT, D.; JONDREVILLE, C.; POMAR, C. Modeling the fate of dietary phosphorus in the digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3596-3611, 2011.
- LIU, J.; BOLLINGER, D.W.; LEDOUX, D.R.; VEUM, T.L. Effects of dietary calcium:phosphorus ratios on apparent absorption of calcium and phosphorus in the small intestine, cecum, and colon of pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p.106-109, 2000.
- LÜDKE, M.C.M.M.; LÓPES, J.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito da Fitase em Dietas com ou sem Fosfato Inorgânico para Suínos em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.485-494, 2000.

- LUDKE, M.C.M.M.; LÓPES, J.; LUDKE, J.V. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (i) impacto ambiental. **Ciência Rural**, v.32, p.97-102, 2002.
- MAGA, J.A. Phytate: Its Chemistry, Occurrence, Food Interactions, Nutritional Significance, and Methods of Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, p.1-9, 1982.
- MARTINS, S.A.; ROCHA, F.D.; MELLO, A. F. **Fostasealcalinaóssea**, 2006. Disponível em <http://www.fisioweb.com.br/portal/>. Acesso em 02/01/2013.
- MATSUI, T. Relationship between mineral availabilities and dietary phytate in animals. **Animal Science Journal**, v.73, p.21-28, 2002.
- PAGANO, A.R.; RONEKER, K.R.; LEI, X.G. Distribution of supplemental Escherichia coli AppA2 phytase activity in digesta of various gastrointestinal segments of young pigs. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1444-1452, 2007.
- POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4th ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1995. 615 p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2011.
- SARAIVA, A. **Fósforo disponível em rações para suínos selecionados para deposição de carne dos 30 aos 95 kg**. 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. MG.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, p.1-41, 2007.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livestock Science**, v.113, p.99-122, 2008.

- SELLE, P.H.; COWIESON, A.J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, v.124, p.126-141, 2009.
- SETHI, P.K.; MCMURTRY, J.P.; PESTI, G.M.; EDWARDS JR, H.M.; AGGREY, S.E. Physiological Responses to Divergent Selection for Phytate Phosphorus Bioavailability in a Randombred Chicken Population. **Poultry Science**, v.87,p.2512-2516, 2008.
- SEYNAEVE, M.; JANSSENS, G.; HESTA, M.; VAN NEVEL, C.; DE WILDE, R.O. Effects of dietary Ca/P ratio, P level and microbial phytase supplementation on nutrient digestibilities in growing pigs: breakdown of phytic acid, partition of P and phytase activity along the intestinal tract. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.83, p.193-204, 2000.
- SHAFEY, T.M.; MCDONALD, M.W.; DINGLE, J.G. Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium, and zinc from the intestinal contents of meat chickens. **British Poultry Science**, v.32, p.185-194, 1991.
- SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; LeMIEUX, F.M.; BIDNER, T.D.; PAGE, T.G. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2630-2639, 2004.
- SIMONS, P.C.; VERSTEEGH, H.A.; JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A.; SLUMP, P.; BOS, K.D.; WOLTERS, M.G.; BEUDEKER, R.F.; VERSCHOOR, G.J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v.64, p.525-540, 1990.
- STALDER, K.J.; POWERS, W.J.; BURKETT, J.L.; PIERCE, J.L. Reducing the environmental impact of swine production through nutritional means. In:

Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 20th Annual Symposium, 2004. Disponível em: <http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2006/20063209962.pdf> Acessado em: 20/06/2012.

TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.; ROSTAGNO, H.S.; VIEITES, F.M. Efeito da Adição da Enzima Fitase sobre o Desempenho e a Digestibilidade Ileal de Nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 802-808, 2001.

UREÑA, P.; HRUBY, M.; FERREIRA, A.; ANQ, K.S.; DE VERNEJOU, M.C. Plasma total versus bone alkaline phosphatase as markers of bone turnover in hemodialysis patients. **Journal of the American Society of Nephrology**, v.7, p.506-512, 1996.

VARGAS JR., J.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; CUPERTINNO, E.S.; CARVALHO, D.C.O.; NASCIMENTO, A.H. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1919-1926, 2003.

VARLEY, P.F.; FLYNN, B.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. Effect of phytase level in a low phosphorus diet on performance and bone development in weaner pigs and the subsequent effect on finisher pig bone development. **Livestock Science**, v.138, p.152-158, 2011.

VATS, P.; BANERJEE, U.C. Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositol hexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. **Enzyme and Microbial Technology**, v.35, p.3-14, 2004.

YI, Z.; KORNEGAY, E.T. Sites of phytase activity in the gastrointestinal of young pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.61, p.361-368, 1996.

CAPÍTULO I

PLANOS NUTRICIONAIS COM REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL E CÁLCIO EM RAÇÕES CONTENDO FITASE PARA LEITÕES DESMAMADOS

RESUMO: Objetivando-se avaliar planos nutricionais (PN) com diferentes níveis de cálcio (Ca) e fósforo disponível (Pd) em rações contendo fitase, 168 leitões, machos castrados e fêmeas, com peso inicial de $8,11 \pm 0,61$ kg, foram desmamados aos 28 dias de idade e distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, de acordo com o peso corporal, em sete tratamentos, com oito repetições e três animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por planos nutricionais, sendo um controle sem fitase e os demais com níveis (%) decrescentes de Pd e Ca contendo 2.000 FTU de fitase, conforme segue: PN1: (Pd:0,435-0,385-0,315; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN2: (Pd:0,370-0,320-0,250; Ca:0,850-0,825-0,768); PN3: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN4: (Pd: 0,435-0,385-0,315; Ca:0,690-0,665-0,608); PN5: (Pd: 0,370-0,320-0,250; Ca:0,690-0,665-0,608); PN6: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,690-0,665-0,608). O ganho de peso diário e o consumo de ração diário, no período de 28 aos 35 dias, foram maiores para os tratamentos PN3, PN5 e PN6 em comparação ao tratamento controle. No período de 28 aos 49 dias, o ganho de peso diário foi maior apenas no tratamento PN6 em comparação ao controle. Os tratamentos PN1, PN2, PN4, PN5 proporcionaram maior mineralização óssea em relação ao controle. O tratamento PN1 resultou em maior mineralização óssea que o PN3, PN5 e PN6. Com exceção do tratamento PN3, o fósforo (P) ósseo foi maior para todos os tratamentos em relação ao controle, mas dentre os tratamentos contendo fitase, o PN3 resultou em P ósseo menor que o PN1. Os tratamentos PN4, PN5 e PN6 resultaram em menor relação cálcio:fósforo ósseo em relação ao controle. O P sérico foi menor nos tratamentos PN3 e PN6 em relação ao tratamento controle. Dentre os tratamentos contendo fitase, o PN3 resultou em menor P sérico que o PN1, PN4, e PN5; e o PN6 em menor P sérico que o PN5. Conclui-se que o plano nutricional PN6, correspondente a 0,305-0,255-0,185% de Pd, 0,690-0,665-0,608% de Ca e 2000 FTU/kg de fitase, apesar proporcionar menor taxa de crescimento em relação ao PN5, resulta em desempenho satisfatório de leitões dos 28 aos 63 dias de idade.

Palavras-chave: creche, desempenho, mineralização óssea, parâmetros sanguíneos

FEEDING PROGRAMS WITH REDUCED LEVELS OF AVAILABLE PHOSPHORUS AND CALCIUM ON RATIONS CONTAINING PHYTASE FOR WEANLING PIGLETS

ABSTRACT: Aiming to evaluate feeding programs (FP) with different levels of calcium (Ca) and available phosphorus (aP) on rations containing phytase for piglets, one hundred sixty-eight barrows and females weighing 8.11 ± 0.61 kg were weaned at 28 days and blocked according to initial body weight. Inside each block, piglets were randomly distributed to one of seven feeding programs with eight replicates and three piglets per experimental unit. The treatments consisted of a control FP without phytase and the other with decreasing levels (%) of aP and Ca with the addition of phytase (2,000 FTU/kg), as follows: FP1: (aP: 0.435-0.385-0.315; Ca: 0.850-0.825-0.768); FP2: (aP: 0.370-0.320-0.250; Ca: 0.850-0.825-0.768); FP3: (aP: 0.305-0.255-0.185; Ca: 0.850-0.825-0.768); FP4: (aP: 0.435-0.385-0.315; Ca: 0.690-0.665-0.608); FP5: (aP: 0.370-0.320-0.250; Ca: 0.690-0.665-0.608); FP6: (aP: 0.305-0.255-0.185; Ca: 0.690-0.665-0.608). Average daily gain and feed intake were higher on FP3, FP5 and FP6 treatments in comparison to control treatment, from 28 to 35 days. Only average daily gain on FP6 was higher in comparison to control, from 28 to 49 days. The FP1, FP2, FP4 and FP5 provided greater bone mineralization when compared to control. The FP1 resulted in greater bone mineralization than FP3, FP5 and FP6. With the exception of the FP3, phosphorus (P) of the bone was higher on all treatments when compared to control. However, when treatments containing phytase were compared one another, the FP3 treatment resulted in less bone P than FP1. The FP4, FP5 and FP6 resulted in lower bone Ca:P ratio when compared to control. The serum P concentrations were lower in FP3 and FP6 in comparison to control. Considering only treatments containing exogenous phytase, the FP3 resulted in lower serum P than FP1, FP4, FP5; and FP6 resulted in lower serum P in comparison to FP5 as well. The FP6 treatment, corresponding to 0,305-0,255-0,185 of aP; 0,690-0,665-0,608 of Ca and phytase (2000 FTU/kg), results in satisfactory performance of pigs from 28 to 63 days of age although providing lower growth rate when compared to FP5. In conclusion, the FP6, corresponding to 0,305-0,255-0,185% of aP; 0,690-0,665-0,608% of Ca and phytase (2000 FTU/kg), results in satisfactory performance of pigs from 28 to 63 days of age although providing lower growth rate when compared to FP5.

Key Words: blood metabolites, bone mineralization, nursery, performance

Introdução

O fósforo (P) é um importante mineral no metabolismo e formação óssea de suínos e também um dos nutrientes mais onerosos da ração. Portanto, a redução na concentração do P dietético fornecido sem que a saúde ou produtividade seja comprometida é essencial em sistemas de produção sustentáveis (Létourneau-Montminy et al., 2011). Por outro lado, a deficiência desse mineral pode causar raquitismo e outras deformidades esqueléticas (Sethiet al., 2008). Os ossos podem suprir a necessidade circulante de minerais, sofrendo constante renovação (Vargas Jr. et al., 2003).

O fitato é um componente ubíquo de todos os ingredientes de origem vegetal. Nas matérias primas para fabricação de ração, cerca de 2/3 do fósforo presente encontram-se na forma de fitato, os sais de ácido fítico (Simonset al., 1990; Bedford&Partridge, 2001). Adicionalmente, tem sido considerado como fator anti-nutricional para a maioria dos animais e não sendo uma boa fonte de fósforo para monogástricos, principalmente para animais jovens, pois carecem de meios para utilizar esse composto (Bedford, 2000; Cowiesonet al., 2011; Letourneau-Montminy et al., 2011).

A adição da enzima fitase às rações para suínos visa melhorar a disponibilidade e o aproveitamento do fósforo, nitrogênio e outros minerais por meio da desestruturação do fitato presente nos grãos de cereais como soja e milho, principais componentes das rações (Ludkeet al., 2002).

A suplementação com fitase em rações está se tornando cada vez mais comum para melhorar a disponibilidade de fósforo, e minimizar os efeitos negativos de rações com reduzidos níveis de cálcio e fósforo disponível (Shelton et al., 2004). No entanto, níveis elevados de cálcio e altas relações Ca:Preduzem a eficiência da fitase devido a formação do complexo fitato-Ca, composto insolúvel, que precipita-se no intestino (Selle, 2009).

Melhoria na digestibilidade do P e Ca e na CA bem como na mineralização óssea de suínos de 8 a 33 kg consumindo rações com 2,2 g de Pd/kg foram verificados por Varley et al. (2011). Entretanto, não foi determinada a concentração efetiva de fitase para maximizar o desempenho, digestibilidade dos minerais e mineralização óssea para leitões recém-desmamados.

Dessa forma, objetivou-se avaliar planos nutricionais com redução dos níveis de fósforo disponível em rações suplementadas com fitase e diferentes níveis de cálcio no desempenho, variáveis ósseas e séricas de leitões dos 28 aos 63 dias de idade.

Material e métodos

Todos os procedimentos adotados nessa pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa, processo número 45/2013, estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal, estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

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

Foram utilizados 168 leitões, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, com alto potencial genético para deposição de carne, desmamados aos 28 dias de idade com peso médio inicial de $8,11 \pm 0,61$ kg, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, de acordo com o peso, em sete tratamentos (planos nutricionais) elaborados com níveis decrescentes de cálcio e fósforo disponível conforme descrição a seguir (Tabela 1).

Tabela 1– Níveis de fósforo disponível e de cálcio utilizados nos planos nutricionais

Tratamento		Dias			Fitase
		28 – 35	36 - 49	50 - 63	
Controle	Pd	0,500	0,450	0,380	-
	Ca	0,850	0,825	0,768	
PN1	Pd	0,435	0,385	0,315	2.000 FTU
	Ca	0,850	0,825	0,768	
PN2	Pd	0,370	0,320	0,250	2.000 FTU
	Ca	0,850	0,825	0,768	
PN3	Pd	0,305	0,255	0,185	2.000 FTU
	Ca	0,850	0,825	0,768	
PN4	Pd	0,435	0,385	0,315	2.000 FTU
	Ca	0,690	0,665	0,608	
PN5	Pd	0,370	0,320	0,250	2.000 FTU
	Ca	0,690	0,665	0,608	
PN6	Pd	0,305	0,255	0,185	2.000 FTU
	Ca	0,690	0,665	0,608	

Pd: Fósforo disponível (%), Ca: Cálcio (%).

Os planos nutricionais PN1, PN2 e PN3 continham os mesmos níveis de cálcio que o controle. Os planos nutricionais PN4, PN5 e PN6 continham os mesmos níveis de fósforo disponível que os tratamentos PN1, PN2 e PN3, mas com menores níveis de cálcio. Todos os planos nutricionais, com exceção do controle, continham 2.000 FTU de fitase exógena de origem fúngica, expressa em *Aspergillus oryzae* (RONOZYME HiPhos, DSM Nutritional Products). Para cada plano nutricional foram feitas oito repetições, sendo que cada unidade experimental era constituída por três animais. As rações experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais de leitões de alto potencial genético, com desempenho superior, dos 7 aos 30kg, conforme Rostagno et al. (2011) para todos os nutrientes, exceto fósforo disponível e cálcio (Tabelas 2 e 3).

As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. As condições ambientais no interior da creche climatizada foram registradas diariamente por termômetros de mínima e máxima (às 17h), de globo negro, de bulbo seco e de bulbo úmido (às 7, 12 e 17h). Os valores registrados foram convertidos posteriormente no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) (Buffington et al., 1981).

Os animais foram pesados no início do experimento (28 dias de idade), aos 35 e 49 dias, e no final do período experimental, aos 63 dias, para determinação do ganho de peso diário (GPD). O consumo de ração diário (CRD) foi calculado pela diferença entre o total de ração fornecido e as sobras de ração dos comedouros e pisos das gaiolas nos diferentes períodos. A conversão alimentar (CA) foi calculada com base no CRD e no GPD.

No 63º dia todos os animais foram submetidos a jejum alimentar por 12 horas, seguido por 1 hora de arraçoamento à vontade. Em seguida, foram novamente submetidos a jejum alimentar e hídrico por 4 horas, para coleta de sangue por punção do plexo venoso orbitário. Após a coleta, o sangue foi mantido em repouso por aproximadamente uma hora, para coagulação e retração do coágulo, e em seguida centrifugado a 3.500 rpm por 10 minutos para separação do soro, armazenado em freezer a -20°C e remetido refrigerado ao Laboratório de Reprodução do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa para quantificação da fosfatase alcalina óssea e total, e concentração de fósforo e cálcio séricos.

As análises de fosfatase alcalina óssea foram realizadas em sistema de imunoenensaio, Access® 2, da BeckmanCoulter, utilizando-se kits de determinação de fosfatase alcalina óssea (Ostase®), também da BeckmanCoulter.

As análises de fosfatase alcalina total, fósforo e cálcio foram realizadas em analisador bioquímico da marca Mindray, modelo: BS200E, utilizando-se kits de determinação da Bioclin. O método para a quantificação da fosfatase alcalina mede a reação cineticamente, onde a fosfatase alcalina hidrolisa o p-nitrofenilfosfato, que é incolor, produzindo fosfato e p-nitrofenol, em pH 9,0. A velocidade de aparição do ânion p-nitrofenolato (amarelo), a 405 nm, é proporcional à atividade enzimática da amostra. A dietanolamina, além de regular o pH da reação, intervém ativamente na mesma, atuando como receptor de fosfato liberado pela enzima. A quantificação do fósforo foi realizada utilizando-se metodologia ultravioleta de ponto final, onde o fósforo inorgânico reage em meio ácido com o molibdato formando fosfomolibdato, cuja intensidade de cor desenvolvida é proporcional à concentração de fósforo presente na amostra, que é lida espectrofotometricamente entre 334 e 360 nm. A metodologia para a determinação do cálcio foi a colorimétrica de ponto final. O cálcio reage com o arsenazo III em meio ácido formando o complexo de coloração azul, cuja intensidade é proporcional à concentração de cálcio na amostra. A absorbância do produto da reação foi medida nos comprimentos de onda entre 600 e 680 nm.

Ao final do período experimental, após o procedimento de coleta de sangue, os animais receberam alimentação e água a vontade e, após jejum alimentar de 12 horas, os animais foram novamente pesados e um animal de cada unidade experimental, com peso corporal mais próximo da média da baía ($\pm 10\%$), foi insensibilizado e abatido por sangramento para coleta da pata anterior direita, sendo também efetuada a pesagem da carcaça. As patas coletadas foram congeladas (-20°C) para subsequente análise das características ósseas. O terceiro osso metacarpiano foi extraído e seco a 65°C em estufa ventilada por 72 h. Depois de secos, foram desengordurados em extrator Soxhlet utilizando éter de petróleo. Depois de desengordurados, os ossos foram levados novamente à estufa a 105°C por um período de 24 h e, em seguida, triturados em moinho de bola. Os metacarpos desengordurados foram incinerados em mufla a 600°C por 8 h. A análise de fósforo das amostras incineradas, dos ingredientes e das rações foi feita em triplicata, por método colorimétrico (método 3.4.11; AOAC, 2000) e a de cálcio por espectrometria de absorção atômica (método 4.8.03; AOAC, 2000). A quantidade de cálcio e fósforo foi expressa em grama por quilograma de matéria óssea seca.

Todos os dados foram analisados considerando delineamento em blocos casualizados, utilizando o procedimento para modelos lineares generalizados (procGLM) do programa estatístico SAS 9.4 (SAS, Inst., Inc., Cary, NC), licenciado para Universidade Federal de Viçosa. Inicialmente, para os dados da primeira semana foi feita análise considerando fatorial 2x3 (dois níveis de cálcio e três de fósforo disponível). As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste Tukey, excluindo-se o tratamento controle. O teste de Dunnett foi aplicado para comparar os tratamentos que continham fitase exógena com o controle. A gaiola foi considerada como unidade experimental e o valor de probabilidade foi considerado significativo quando menor que 0,05.

Tabela 2 – Composição percentual das rações basais utilizadas nas diferentes fases

Ingrediente	Dias		
	28 - 35	36 - 49	50 - 63
Milho Grão	46,420	50,690	64,665
Soja Farelo, 45%	20,000	32,761	30,583
Soja Micronizada	14,549	-	-
Óleo de Soja	0,205	3,246	0,981
Soro de leite em Pó ¹	11,112	6,944	-
Plasma Sanguíneo	2,500	2,000	-
L-Glutamina e L-ÁcidoGlutâmico livres	0,800	0,600	-
Óxido de Zinco	0,340	-	-
Premix Vitamínico ²	0,300	0,300	0,300
Premix Mineral ³	0,200	0,200	0,200
Sal comum	0,276	0,258	0,456
L-Lisina HCl	0,377	0,297	0,256
DL-Metionina	0,185	0,134	0,071
L-Treonina	0,161	0,096	0,048
L-Valina	0,062	-	-
L-Triptofano	0,012	-	-
Promotor de crescimento ⁴	0,075	0,075	0,075
BHT	0,010	0,010	0,010
Composição nutricional calculada ⁵			
Energia Met. Suíno Mcal/kg	3,400	3,375	3,230
Proteína, %	22,00	21,41	19,24
Sódio	0,280	0,230	0,200
Lisina Digestível, %	1,450	1,330	1,093
Met. + Cist. Digestível, %	0,812	0,745	0,612
Treonina Digestível, %	0,914	0,838	0,689
Valina Digestível, %	1,001	-	-
Triptofano Digestível, %	0,261	-	-
Lactose, %	8,000	5,000	-

¹ Lactose = 71,5%

² Conteúdo/kg de produto: ácido fólico (3,000 mg); ácido pantotênico (10 g); biotina (200 mg); niacina (30 g); selênio (300 mg); vitamina A (10.000.000 UI); vitamina B12 (30.000 mg); vitamina D3 (2.000.000 UI); vitamina E (50.000 UI); vitamina K3 (2.000 mg); vitamina B1 (2.000 mg); vitamina B2 (6.000 mg); vitamina B6

(3.000mg); B.H.T. (5.000 mg)

3 Conteúdo/kg de produto: cobalto (1.000 mg); cobre (10.000 mg); ferro (100.000 mg); iodo (1.500 mg); manganês (40.000 mg); zinco (100.000 mg)

4 Melhorador de eficiência alimentar. Princípio ativo: Sulfato de colistina 12% (7,5g / kg de ração)

5 Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011).

Tabela – 3Inclusão de fontes de cálcio, fósforo, fitase microbiana e composição química das rações utilizadas nos planos nutricionais

	Plano nutricional Controle			Plano nutricional 1			Plano nutricional 2			Plano nutricional 3		
	Fase (dias)			Fase (dias)			Fase (dias)			Fase (dias)		
	28 - 35	36 - 49	50 - 63	28 - 35	36 - 49	50 - 63	28 - 35	36 - 49	50 - 63	28 - 35	36 - 49	50 - 63
Ingredientes												
Fosfato Bicálcico	1,692	1,568	1,480	1,341	1,216	1,129	0,990	0,865	0,778	0,638	0,514	0,426
Calcário	0,679	0,776	0,829	0,907	1,005	1,057	1,135	1,233	1,286	1,364	1,461	1,514
Inerte ¹	0,045	0,045	0,046	0,148	0,148	0,149	0,271	0,271	0,271	0,394	0,394	0,395
Fitase ²	-	-	-	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição ³ , %												
Cálcio	0,850	0,825	0,768	0,850	0,825	0,768	0,850	0,825	0,768	0,850	0,825	0,768
Fósforo Disponível	0,500	0,450	0,380	0,435	0,385	0,315	0,370	0,320	0,250	0,305	0,255	0,185
Fósforo Total	0,705	0,658	0,607	0,640	0,593	0,542	0,575	0,528	0,477	0,510	0,463	0,412
Relação Ca: Pd	1,70	1,83	2,02	1,95	2,14	2,44	2,30	2,58	3,07	2,79	3,24	4,15
Composição ⁴ , %												
Cálcio	0,908	0,858	0,788	0,908	0,858	0,788	0,908	0,858	0,788	0,908	0,858	0,788
Fósforo Disponível	0,528	0,466	0,385	0,449	0,403	0,323	0,382	0,324	0,255	0,334	0,262	0,188
Fósforo Total	0,744	0,682	0,615	0,660	0,620	0,556	0,593	0,534	0,486	0,559	0,476	0,419
Relação Ca: Pd	1,72	1,84	2,05	2,02	2,13	2,44	2,38	2,65	3,09	2,72	3,27	4,19

¹Areia²10.000 FTU/kg de produto³Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011)⁴Composição nutricional determinada.

Tabela – 3 continuação...

	Plano nutricional 4			Plano nutricional 5			Plano nutricional 6		
	Fase (dias)			Fase (dias)			Fase (dias)		
	28 - 35	36 - 49	50 - 63	28 - 35	36 - 49	50 - 63	28 - 35	36 - 49	50 - 63
Ingredientes									
Fosfato Bicálcico	1,341	1,216	1,129	0,990	0,865	0,778	0,638	0,514	0,426
Calcário	0,482	0,580	0,633	0,710	0,808	0,862	0,939	1,036	1,090
Inerte ¹	0,573	0,573	0,574	0,696	0,696	0,695	0,819	0,819	0,819
Fitase ²	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição ³ , %									
Cálcio	0,690	0,665	0,608	0,690	0,665	0,608	0,690	0,665	0,608
Fósforo Disponível	0,435	0,385	0,315	0,370	0,320	0,250	0,305	0,255	0,185
Fósforo Total	0,640	0,593	0,542	0,575	0,528	0,477	0,510	0,463	0,412
Relação Ca: Pd	1,59	1,73	1,93	1,87	2,08	2,43	2,26	2,61	3,29
Composição ⁴ , %									
Cálcio	0,704	0,696	0,612	0,704	0,696	0,612	0,704	0,696	0,612
Fósforo Disponível	0,448	0,395	0,305	0,387	0,330	0,250	0,323	0,268	0,196
Fósforo Total	0,659	0,608	0,524	0,602	0,545	0,477	0,540	0,487	0,436
Relação Ca: Pd	1,57	1,76	2,01	1,82	2,11	2,45	2,18	2,59	3,13

¹Areia²10.000 FTU/kg de produto³Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011)⁴Composição nutricional determinada.

Resultados e Discussão

A temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental mantiveram-se em $27,6 \pm 2,21^{\circ}\text{C}$ e $66 \pm 7,2\%$, respectivamente, sendo a temperatura máxima $29,9^{\circ}\text{C}$ e a mínima $25,3^{\circ}\text{C}$ e o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), calculado no período experimental, de $76,9 \pm 1,3$. Considerando o relato de Alebrante et al. (2011), que caracterizaram o ITGU de $74,3 \pm 1,79$ como o de conforto térmico para suínos de 15 a 30kg, pode-se inferir que nesse estudo os animais foram mantidos em ambiente de termoneutralidade.

Não foi encontrada interação Ca x Pd significativa na primeira semana do experimento. Não se observou efeito ($P > 0,05$) dos planos nutricionais no ganho de peso diário (GPD) ao se comparar os animais alimentados com as rações contendo inclusão de fitase, nos períodos de 28 a 35, e de 28 a 49 dias, independente do nível de fósforo disponível (Pd) e de cálcio das rações (Tabela 4). De modo semelhante, Braña et al. (2006), em estudo avaliando níveis de fitase (250, 500, 750, 1000 e 10000 FTU/kg) em rações variando de 0,17 a 0,32% de Pd e de 0,65 a 0,70% de Ca, para leitões de 8,2 a 19,3kg, também não observaram efeito significativo dos planos nutricionais na taxa de crescimento dos animais.

No período de 28 a 63 dias, verificou-se efeito ($P < 0,05$) dos planos nutricionais no GPD dos leitões, sendo que as rações correspondentes ao PN1 (0,435; 0,385 e 0,315% de Pd e 0,850; 0,825 e 0,768% de cálcio, para os períodos de 28 a 35, 36 a 49 e 50 a 63 dias, respectivamente) resultaram em maiores ($P < 0,05$) valores de GPD em relação ao proporcionado pelo PN6 (0,305; 0,255; 0,185% Pd e 0,690; 0,665; 0,608% de cálcio durante, respectivamente, 28 a 35, 36 a 49, e 50 a 63 dias de idade), não diferindo ($P > 0,05$) dos resultados obtidos com os demais planos nutricionais que apresentaram valores intermediários que não variaram entre si e não diferiram do PN6 (Tabela 4).

Considerando que os animais do PN6 receberam rações com os mesmos níveis de Pd que os do PN3, em relação ao PN1, o menor GPD desses animais, em relação ao PN1, seria um indicativo de que a redução dos níveis de Ca nas rações do PN6 foi o que comprometeu o crescimento dos animais.

Com esse resultado ficou evidenciado que a diminuição do nível de Ca não influenciou a eficiência da ação da fitase em rações com baixos níveis de Pd, conforme relatado por Létourneau-Montminyet al. (2011).

Esses resultados contrastam com os de Létourneau-Montminyet al. (2010), que avaliando rações suplementadas com fitase (960 FTU/kg) e deficientes em Ca e P para leitões a partir dos 28 dias de idade, encontraram maior GPD para rações com baixo nível de Ca comparadas às de alto nível de Ca (1,06%).

A divergência entre os resultados dos estudos pode estar relacionada, entre outros fatores, aos níveis de Ca empregados, que, no estudo de Létourneau-Montminyet al. (2010), foram maiores, tanto nas rações de alto como nas de baixo cálcio (1,06 e 0,67%, respectivamente), que os utilizados nos planos nutricionais de baixo Ca do presente trabalho.

Foi constatada diferença ($P < 0,05$) entre os planos nutricionais para o GPD dos suínos aos 35 dias de idade ao comparar o plano nutricional controle (níveis de Pd e Ca para máximo crescimento, segundo Rostagno et al. (2011) e sem a inclusão de fitase) com os demais planos nutricionais, (Tabela 4). O plano nutricional controle proporcionou maior GPD ($P < 0,05$) em relação ao observado nos animais que receberam as rações com os níveis mais baixos de Pd (correspondentes ao PN3) e ao GPD proporcionado pelos planos com os menores níveis de Pd e baixo nível de Ca (PN5 e PN6). Conforme relatado por alguns autores (Bedford, 2000; Cowieson et al., 2011; Létourneau-Montminy et al., 2011; Woyengo et al., 2012) o fitato não representa uma boa fonte de fósforo para não ruminantes, particularmente para animais jovens, pois carecem de meios para utilizar esse composto. Além disso, o ácido fítico reduz o transporte ativo de íons no jejuno, prejudicando também a absorção de nutrientes como o Ca.

No período de 28 a 49 dias, verificou-se variação ($P < 0,05$) para o GPD apenas quando se comparou o plano nutricional controle com o PN6 (Tabela 4). A redução do nível de fósforo e o baixo nível de Ca das rações (0,305-0,255% de Pd e 0,690-0,665% de Ca para as fases de 28 a 35 e 36 a 49 dias), correspondentes ao PN6, podem ter comprometido o crescimento dos animais. Dessa forma, pode-se constatar que o nível de Ca não atendeu as exigências para máximo crescimento dos leitões.

Ao avaliar o período de 28 a 63 dias, não foi observada diferença ($P > 0,05$) ao comparar o GPD dos suínos alimentados com as rações do plano nutricional controle com o GPD proporcionado pelos demais planos nutricionais (Tabela 4). Efeitos positivos

da inclusão da fitase em rações com baixos níveis de Ca e Pd no GPD de suínos em crescimento e terminação (22 a 109kg) foram relatados por Shelton et al. (2004). Dessa forma, pode-se inferir que os efeitos positivos da adição da fitase ocorrem independente da fase de crescimento do animal.

O padrão de resposta do GPD dos suínos em função dos níveis de Pd, de Ca e da inclusão de fitase, nos diferentes períodos de desenvolvimento (28 a 35; 28 a 49 e 28 a 63 dias de idade) podem estar relacionados a eventos que ocorrem com o aumento da idade dos animais, como o aumento da atividade da fitase endógena, maturidade do trato gastrointestinal e redução da taxa de passagem do alimento o que favorece a atividade enzimática (Bertol & Ludke, 1999).

O consumo de ração diário (CRD) dos suínos recebendo com os planos nutricionais contendo fitase exógena, não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos níveis de Pd ou pela redução do nível de Ca das rações, independente da fase de criação (Tabela 4). De forma similar, Columbus et al. (2010), ao avaliarem rações com inclusão de fitase variando de 62,5 a 125 FTU/kg com 0,30 a 0,45% de Pd, e 0,40 a 0,82% de Ca para leitões pesando de 7 a 22 kg, também não encontraram variação na ingestão voluntária dos animais.

O CRD dos suínos no período de 28 a 35 dias de idade, de forma semelhante ao GPD, variou ($P < 0,05$) ao comparar o plano nutricional controle com os demais planos nutricionais (Tabela 4). Assim, verificou-se que os animais que receberam as rações com 0,850% de Ca e 0,305% de Pd (PN3) e as rações contendo 0,690% de Ca e 0,370% de Pd (PN5) e 0,305% de Pd (PN6) apresentaram os menores valores de CRD em relação ao plano nutricional controle (0,850% de Ca e 500% de Pd).

Underwood & Suttle, (2001), relataram que rações deficientes em Pd causam perda de apetite em suínos, prejudicando o consumo e o ganho de peso, o que pode ter ocorrido nesse período. Nesse sentido, pode-se inferir que o padrão de resposta obtido para o GPD reflete, provavelmente, o efeito dos planos nutricionais no CRD, uma vez que os planos nutricionais que proporcionaram os maiores valores de consumo de alimento e, conseqüentemente, a maior ingestão de nutrientes, também resultaram em maior taxa de crescimento dos animais.

Tabela 4 – Desempenho de leitões dos 28 aos 63 dias, alimentados com diferentes planos nutricionais variando o nível de cálcio e fósforo disponível, com adição de fitase

Variável	Plano Nutricional							EPM	P-valor ¹	P-valor ²
	Controle	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6			
	28 aos 35 dias									
PI (kg)	8,144	8,154	8,129	8,072	8,117	8,105	8,078	0,025	NS	NS
GPD (g/dia)	450,1	415,8	379,0	344,5 *	396,2	358,6 *	335,7 *	19,61	NS	<0,01
CRD (g/dia)	475,2	447,8	425,6	394,5 *	431,6	400,8 *	397,6 *	15,49	NS	<0,01
CA	1,06	1,09	1,12	1,14	1,12	1,12	1,20	0,037	NS	NS
	28 aos 49 dias									
GPD (g/dia)	582,8	582,5	530,3	527,3	533,2	543,2	512,0*	18,64	NS	<0,05
CRD (g/dia)	753,0	728,8	679,5	679,6	691,1	701,5	668,2	22,86	NS	NS
CA	1,29	1,25	1,28	1,28	1,29	1,29	1,30	0,015	NS	NS
	28 aos 63 dias									
PF (kg)	31,405	32,286	30,393	30,090	29,954	30,589	29,452	0,703	NS	NS
GPD (g/dia)	664,5	693,3 A	636,0 AB	629,1 AB	623,8 AB	642,2 AB	610,7 B	18,41	<0,05	NS
CRD (g/dia)	978,0	989,5	921,6	926,1	926,1	944,3	897,5	26,75	NS	NS
CA	1,47	1,43	1,45	1,47	1,48	1,47	1,47	0,016	NS	NS
PJ (kg)	31,015	31,632	29,591	29,453	29,638	29,615	29,491	0,739	NS	NS
PC (kg)	23,180	23,987	22,272	22,577	22,300	22,005	21,977	0,663	NS	NS

Plano Nutricional: Controle (Pd:0,500-0,450-0,380; Ca:0,850-0,825-0,768); PN1: (Pd:0,435-0,385-0,315; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN2: (Pd:0,370-0,320-0,250; Ca:0,850-0,825-0,768); PN3: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN4: (Pd: 0,435-0,385-0,315; Ca:0,690-0,665-0,608); PN5: (Pd: 0,370-0,320-0,250; Ca:0,690-0,665-0,608); PN6: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,690-0,665-0,608); fitase (2000 FTU) incluída em todos os planos nutricionais, exceto o controle

GPD: ganho de peso diário, CRD: consumo de ração diário, CA: conversão alimentar, PI: peso inicial, PF: peso final, PJ: peso em jejum, PC: peso de carcaça

Médias seguidas de * na mesma linha diferem do plano nutricional controle pelo teste de Dunnett (P<0,05), Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05), EPM: erro padrão das médias, ¹P-valor para o teste Tukey, ²P-valor para o teste Dunnett

NS: Não Significativo.

No entanto, o CRD nos períodos de 28 a 49 e de 28 a 63 dias, não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) quando se comparou o plano nutricional controle com os planos nutricionais com fitase exógena e redução do nível de Pd, independente do nível de Ca (Tabela 4). Com esse padrão de resposta de consumo de ração dos animais, fica evidenciado que a inclusão de fitase pode variar em função da idade dos animais.

Com relação à conversão alimentar (CA), não foi constatado efeito ($P > 0,05$) dos planos nutricionais com inclusão de fitase, independente do nível de Ca e da idade dos suínos (Tabela 4). Da mesma forma, a CA também não diferiu ($P > 0,05$) ao comparar a resposta do plano nutricional controle com os planos nutricionais que apresentavam rações com a adição de fitase, nos períodos de 28 a 35, 28 a 49 e de 28 a 63 dias de idade dos animais. Os resultados obtidos para CA confirmam a proposição anterior de que a variação no GPD dos suínos na fase de 28 a 35 dias ocorreu em função das diferenças no CRD e não por uma melhora na eficiência de utilização dos nutrientes da ração. Resposta semelhante foi encontrada por Columbus et al. (2010) ao avaliarem rações com inclusão de fitase variando de 62,5 a 125 FTU/kg com 0,30 a 0,45% de Pd, e 0,40 a 0,82% de Ca para leitões de 7 a 22 kg. A variação da CA pode estar relacionada ao nível de fitase avaliado, pois Braña et al. (2006), em estudo avaliando níveis de fitase (250, 500, 750, 1.000 e 10.000 FTU/kg) em rações variando de 0,17 a 0,32% de Pd e 0,65 a 0,70% de Ca, para leitões de 8 kg, observaram melhor CA para o tratamento contendo 10000 FTU/kg. De forma similar, Zeng et al. (2014), avaliando níveis de fitase (0, 500, 1.000 e 20.000 FTU/kg) em rações para suínos desmamados aos 28 dias, encontraram efeito linear positivo do nível de fitase na CA.

Além do aspecto da dosagem de fitase anteriormente citada, outro fator que pode interferir na CA é o status nutricional anterior do leitão. Nesse sentido, Létourneau-Montminy et al. (2010), avaliando leitões de 8,02 a 19,3 kg previamente alimentados com rações com Ca e Pd baixo (0,67 e 0,43%) e alto (1,42 e 0,80%) por 10 dias e depois com rações de alto (1,02%) e baixo (0,69%) Ca, com ou sem fitase exógena (1000 FTU/kg), observaram que os animais recebendo previamente rações com Ca e Pd baixos apresentaram melhor CA no tratamento de baixo Ca comparado ao de alto Ca. Para animais que receberam rações com Ca e Pd altos, pior CA foi observada no

tratamento de baixo Ca, comparado ao de alto Ca. Dessa forma, estes autores também encontraram melhor CA com a inclusão da fitase.

Não foi observada variação ($P > 0,05$) para peso final (PF), cuja média foi de 30,595 kg, e para peso de carcaça (PC), cuja média foi de 22,61 kg, dos suínos ao final do período de 28 a 63 dias de idade ao avaliar os animais alimentados com os planos nutricionais contendo rações com a inclusão de fitase, independente da redução do nível de Ca e do nível de Pd (Tabela 4).

O PF e o PC também não variaram ($P > 0,05$) quando se comparou os suínos que receberam as rações correspondentes ao plano nutricional controle com os animais que foram alimentados com os demais planos nutricionais (Tabela 4). Com esses resultados pode-se inferir que o peso de carcaça de suínos abatidos com 63 dias de idade é pouco influenciado pela inclusão de fitase ou pelos níveis de Pd e Ca das rações. Resposta semelhante foi encontrada por Columbus et al. (2010), que ao avaliarem rações com inclusão de fitase variando de 62,5 a 125 FTU/kg com 0,30 a 0,45% de Pd, e 0,40 a 0,82% de Ca para leitões de 7 a 22 kg, não influenciaram o peso corporal. Corroborando esses resultados, Varley et al. (2011a), conduzindo experimento avaliando rações com fitase de atividade alta (575 a 585 FTU/kg) e baixa (75 a 85 FTU/kg) para suínos de 11 a 30 kg, seguidos de ração com níveis adequados de Ca e Pd dos 30 aos 100 kg, não verificaram efeito de tratamento para PC. Da mesma forma, Varley et al. (2011b), conduzindo experimento com leitões de 8 a 33 kg para avaliar níveis de 0, 500, 1000 e 1500 FTU/kg de fitase em rações contendo 2,2 g/kg de Pd, seguido de ração com Pd adequado dos 33 aos 100 kg, não encontraram efeito de tratamento para PC.

De acordo com o relatado, observou-se que os animais apresentaram crescimento compensatório. Esse fato pode estar relacionado à maior eficiência de absorção de Ca e P em animais previamente alimentados com rações contendo menores níveis desses nutrientes (Létourneau-Montminy et al., 2010).

Os planos nutricionais influenciaram ($P < 0,01$) a matéria mineral óssea (MM), sendo essa menor para os animais que receberam o plano nutricional controle, com média igual a 478 g/kg, em comparação aos que receberam os planos nutricionais PN1, PN2, PN4 e PN5 (Tabela 5). As médias obtidas nesse estudo foram maiores que as

encontradas por Varleyet al. (2011a), de 357,6 g/kg para leitões de 30 kg recebendo ração basal sem adição de fitase. Os resultados do presente trabalho também diferem dos obtidos por Brañaet al. (2006), que avaliaram o efeito de rações deficientes em Pd e suplementadas ou não com fitase para leitões a partir de 8 kg, não observaram diferença na MM óssea na fíbula para os tratamentos com superdosagem de fitase (1000 e 10000 FTU/kg). Entretanto, os mesmo autores observaram maiores valores de MM na fíbula para os tratamentos com superdosagem de fitase (1000 e 10000 FTU/kg) em relação ao tratamento com Pd adequado, ao abaterem os animais com 54 kg de peso corporal. Esse resultado pode ser explicado pela maior biodisponibilidade do fósforo ocorrida tanto no trabalho de Brañaet al. (2006) quanto no presente experimento.

O aumento da mineralização óssea ocorrido nos planos nutricionais contendo fitase em relação ao controle pode ser explicado pela atividade da fitase utilizada (2000 FTU), que foi eficiente em liberar Ca e Pd da ração.

Houve efeito de plano nutricional ($P < 0,01$) ao serem comparados aqueles com inclusão de fitase, onde a MM reduziu no plano nutricional PN3 em relação aos planos PN1, PN2 e PN4 (Tabela 5). Esse resultado está de acordo com o encontrado por Varleyet al. (2011a), que, avaliaram rações com fitase de atividade alta (575 a 585 FTU/kg) e baixa (75 a 85 FTU/kg) para suínos de 11 a 30 kg, não observaram efeito de fitase na mineralização óssea, mas encontraram maior mineralização óssea em leitões que consumiram rações com níveis alto (6,4 Pd/kg) e médio (5,5 Pd/kg) de Pd comparadas à de nível baixo (4,5 Pd/kg).

Não houve efeito de plano nutricional ($P > 0,05$) para deposição de Ca no osso ao serem comparados os planos nutricionais contendo fitase exógena e diferentes níveis de Ca e Pd com o controle (Tabela 5).

Entretanto, houve menor ($P < 0,01$) deposição de Ca no osso para o plano nutricional PN5 em comparação ao plano nutricional PN1 (Tabela 5). Resposta semelhante foi obtida por Varleyet al. (2011a), conduzindo experimento avaliando rações com fitase de atividade alta (575 a 585 FTU/kg) e baixa (75 a 85 FTU/kg) para suínos de 11 a 30 kg, que observaram maior deposição de Ca no osso de leitões alimentados com rações contendo maior nível de Pd. O plano nutricional PN5 continha menores níveis de

Pd(0,370-0,320-0,250) em relação ao plano PN1 (0,435-0,385-0,315), o que explica o resultado obtido no presente estudo.

Os planos nutricionais influenciaram ($P < 0,01$) o fósforo no osso (P), sendo valores maiores encontrados para os planos nutricionais contendo diferentes níveis de Pd e Ca e adição de fitase, exceto o PN3, em comparação ao plano nutricional controle (Tabela 5). Esse resultado corrobora o efeito encontrado para a MM, e pode também ser explicado pela provável maior biodisponibilidade do fósforo proporcionado pela utilização da fitase exógena.

Ao comparar apenas os planos nutricionais contendo fitase exógena, observou-se menor ($P < 0,01$) P no osso para o plano nutricional PN3 em relação ao PN1, seguindo o mesmo padrão de resposta obtido para a MM (Tabela 5).

A relação Ca:P no osso não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos planos nutricionais ao serem comparados somente os que continham fitase exógena (Tabela 5). Porém, quando esses foram comparados com o controle, menor ($P < 0,01$) relação Ca:P foi obtida para os planos PN4, PN5 e PN6. Esse resultado está relacionado aos menores níveis de Ca utilizados nos planos PN4, PN5 e PN6.

Pode-se afirmar que a adição de fitasenas rações foi suficiente para manter a integridade óssea dos animais que receberam os planos nutricionais com menores níveis de Ca e Pd avaliados.

Tabela 5 – Parâmetros ósseos de leitões alimentados com diferentes planos nutricionais variando o nível de cálcio e fósforo disponível, com ou sem adição de fitase

Variável	Plano Nutricional							EPM	P-valor ¹	P-valor ²
	Controle	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6			
MM (g/kg)	478	506 A*	495 AB*	482 C	497 AB*	493 BC*	489 BC	2,9	<0,01	<0,01
Ca (g/kg)	181	187 A	181 AB	176 AB	178 AB	172 B	179 AB	3,0	<0,05	NS
P (g/kg)	74	79 A*	78 AB*	75 B	78 AB*	78 AB*	77 AB*	0,7	<0,01	<0,01
Ca:P	2,45	2,33	2,33	2,34	2,29 *	2,19 *	2,31 *	0,03	NS	<0,01

Plano Nutricional: Controle (Pd:0,500-0,450-0,380; Ca:0,850-0,825-0,768); PN1: (Pd:0,435-0,385-0,315;Ca: 0,850-0,825-0,768); PN2: (Pd:0,370-0,320-0,250; Ca:0,850-0,825-0,768); PN3: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN4: (Pd: 0,435-0,385-0,315; Ca:0,690-0,665-0,608); PN5: (Pd: 0,370-0,320-0,250; Ca:0,690-0,665-0,608); PN6: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,690-0,665-0,608); fitase (2000 FTU) incluída em todos os planos nutricionais, exceto o controle

MM: matéria mineral; Ca: cálcio; P: fósforo; Ca:P: relação Cálcio/Fósforo

Médias seguidas de * na mesma linha diferem do plano nutricional controle pelo teste de Dunnett (P<0,05), Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05), EPM: erro padrão das médias, ¹P-valor para o teste Tukey, ²P-valor para o teste Dunnett

NS: Não Significativo.

Os planos nutricionais não influenciaram ($P>0,05$) a atividade da fosfatase alcalina sérica (FA) tanto na comparação dos planos contendo fitase exógena quanto na comparação desses com o plano nutricional controle (Tabela 6). A FA, secretada por osteoblastos, tem sua atividade aumentada no caso de déficit de fósforo circulante para mineralização óssea (Boyd et al., 1983). Dessa forma, pode-se inferir que não houve déficit de fósforo sérico para prejudicar a mineralização óssea. Por outro lado, Doige et al. (1975), relataram que a atividade sérica da fosfatase alcalina apresenta pouco valor no diagnóstico de deficiência de Ca ou P em suínos, visto que as alterações ósseas necessitam ser de grande intensidade, como ocorre nas fraturas e displasia fibrosa.

Não foi observado efeito de plano nutricional ($P>0,05$) no Ca sérico na comparação daqueles contendo fitase exógena e na comparação dos mesmos com o controle (Tabela 6). Létourneau-Montminy et al. (2010), avaliando leitões com 11,5 kg, previamente alimentados com rações com baixo (0,67 e 0,43%) e alto (1,42 e 0,80%) níveis de Ca e Pd, respectivamente, por 10 dias sem uso de fitase, observaram aumento de 10% no Ca sérico para os animais que receberam rações de baixo Ca e Pd. Esses autores relataram que animais recebendo rações deficientes em Ca e Pd apresentaram maior variação do P sérico em comparação ao Ca sérico. Vários estudos confirmaram esse fenômeno (Mahan, 1982; Koch et al., 1984; Reinhart e Mahan, 1986).

Houve efeito de plano nutricional ($P<0,01$) no P sérico ao serem comparados os planos nutricionais contendo fitase exógena. Maiores médias foram obtidas para os planos nutricionais PN1, PN2 e PN4, PN5 em comparação aos planos nutricionais PN3 e PN6 (Tabela 6). Esse resultado pode ser explicado pelos níveis de Pd, que foram maiores nos planos nutricionais PN1, PN2 e PN4, PN5 em relação aos PN3 e PN6. Efeito semelhante foi obtido por Létourneau-Montminy et al. (2010) que avaliando leitões com 11,5 kg, previamente alimentados com rações com Ca e Pd baixo (0,67 e 0,43%) e alto (1,42 e 0,80%) por 10 dias sem uso de fitase exógena, obtiveram média 6,07 e 6,99 mg/dL de P sérico, respectivamente.

Na comparação dos planos nutricionais contendo fitase exógena com o controle, houve efeito ($P<0,01$) no P sérico, sendo os planos PN3 e PN6 menores que o plano nutricional controle (Tabela 6). Esse resultado também pode ser explicado pelo menor nível de Pd nos planos nutricionais PN3 e PN6 em relação ao plano nutricional controle.

Quando há consumo insuficiente de fósforo, seus níveis basais para reações fisiológicas normais são mantidos por meio da retirada de fósforo dos ossos. Os ossos esponjosos: costela, vertebras e esterno são afetados primariamente, e em seguida, os

compactos: úmero, fêmur, tibia e metacarpo (Underwood, 1968). A concentração do fósforo sérico total sob condições normais, na maioria das espécies, varia de 6 a 9 mg/dL (Pond et al., 1995). A média do presente estudo foi de 8,9 mg/dL, estando de acordo com o limite de 9 mg/dL.

Não ocorreu efeito de plano nutricional ($P > 0,05$) na fosfatase alcalina óssea sérica (FAO) tanto na comparação feita nos planos nutricionais contendo fitase exógena quanto ao comparar esses com o plano nutricional controle (Tabela 6). A fosfatase alcalina óssea é um excelente marcador da atividade osteoblástica e do turnover ósseo, constituindo um indicador de distúrbio nesse tecido. Seus níveis no soro durante a fase de crescimento, após fraturas ósseas, em doenças que provoquem destruição óssea e nos casos de deficiência de Ca ou P na ração, são maiores (Ureña et al., 1995).

Tabela 6 – Parâmetros séricos de leitões alimentados com diferentes planos nutricionais, alimentados com diferentes planos nutricionais variando o nível de cálcio e fósforo disponível, com ou sem adição de fitase

Variável	Plano Nutricional							EPM	P-valor ¹	P-valor ²
	Controle	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6			
Ca (mg/dL)	10,3	10,3	10,3	10,4	10,1	10,3	10,4	0,08	NS	NS
P (mg/dL)	9,2	9,1 AB	8,9 ABC	8,3 C*	9,0 AB	9,3 A	8,5 BC*	0,15	<0,01	<0,01
FA (U/L)	181	203	213	215	191	217	208	10,2	NS	NS
FAO (ng/dL)	19,23	21,28	22,89	20,97	21,52	23,36	22,19	2,03	NS	NS

Plano Nutricional: Controle (Pd:0,500-0,450-0,380; Ca:0,850-0,825-0,768); PN1: (Pd:0,435-0,385-0,315;Ca: 0,850-0,825-0,768); PN2: (Pd:0,370-0,320-0,250; Ca:0,850-0,825-0,768); PN3: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,850-0,825-0,768); PN4: (Pd: 0,435-0,385-0,315; Ca:0,690-0,665-0,608); PN5: (Pd: 0,370-0,320-0,250; Ca:0,690-0,665-0,608); PN6: (Pd: 0,305-0,255-0,185; Ca: 0,690-0,665-0,608); fitase (2000 FTU) incluída em todos os planos nutricionais, exceto o controle

FA: fosfatase alcalina; Ca: cálcio; P: fósforo; FAO: fosfatase alcalina óssea

Médias seguidas de * na mesma linha diferem do plano nutricional controle pelo teste de Dunnett (P<0,05), Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05), EPM: erro padrão das médias, ¹P-valor para o teste Tukey, ²P-valor para o teste Dunnett

NS: Não Significativo.

Conclusão

O plano nutricional PN5, correspondente a 0,370-0,320-0,250% de fósforo disponível e 0,690-0,665-0,608% de cálcio, com adição de fitase(2.000 FTU/kg), atende as exigências nutricionais leitões dos 28 aos 63 dias de idade. O plano nutricional PN6, correspondente a 0,305-0,255-0,185% de fósforo disponível e 0,690-0,665-0,608% de cálcio com adição de fitase(2.000 FTU/kg) resulta em menor ganho de peso diário e concentração de fósforo sérico em comparação aos demais planos nutricionais avaliados, contudo, sem prejudicar o peso corporal final, a conversão alimentar e o peso de carcaça de leitões dos 28 aos 63 dias de idade.

Referências Bibliográficas

- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; SARAIVA, A.; GUIMARÃES, S.E.F.; FERREIRA, A.S. Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra mantidos em ambiente de termoneutro dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.323-330, 2011.
- AOAC. **Official methods of analysis**. Assoc. 17th ed. Off. Anal. Chem., Arlington, VA. 2000.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.
- BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition**. NY: CABI Publishing, 2001. 406p.
- BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. Determinação dos valores de energia e do balanço de nitrogênio de alguns alimentos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1279-1287, 1999.
- BOYD, R. D.; HALL, D.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. **Journal of Animal Science**, v.57, p.396-401, 1983.
- BRAÑA, D. V.; ELLIS, M.; CASTAÑEDA, E. O.; SANDS, J. S.; BAKER, D. H. Effect of a novel phytase on growth performance, bone ash, and mineral digestibility in nursery and grower-finisher pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1839-1849, 2006.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.

- COLUMBUS, D.; NIVEN, S. J.; ZHU, C. L.; LANGE, C. F. M. Phosphorus utilization in starter pigs fed high-moisture corn-based liquid diets steeped with phytase. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3964-3976, 2010.
- COWIESON, A.J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M.R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, v. 67. p.225-236, 2011.
- DOIGE, C. E.; OWEN, B. D.; MILLS, J. H. L. Influence of calcium and phosphorus on growth and skeletal development of growing swine. **Canadian Journal of Animal Science**, v.55, p.147-164, 1975.
- KOCH, M. E.; MAHAN, D. C.; CORLEY, J. R. An evaluation of various biological characteristics in assessing low phosphorus intake in weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1546-1556, 1984.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P.; NARCY, A.; MAQNIN, M.; SAUVANT, D.; BERNIER, J.F.; POMAR, C.; JONDREVILLE, C. Effect of reduced dietary calcium concentration and phytase supplementation on calcium and phosphorus utilization in weanling pigs with modified mineral status. **Journal of Animal Science**, v.88, p. 1706-1717, 2010.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M.P.; NARCY, A.; LESCOAT, P.; MAGNIN, M.; BERNIER, J.F.; SAUVANT, D.; JONDREVILLE, C.; POMAR, C. Modeling the fate of dietary phosphorus in the digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3596-3611, 2011.
- LUDKE, M.C.M.M.; LÓPES, J.; LUDKE, J.V. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (i) impacto ambiental. **Ciência Rural**, v.32, p.97-102, 2002.
- MAHAN, D. C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.54, p.559-564, 1982.

- POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4th ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1995. 615p.
- REINHART, G. A.; MAHAN, D. C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.457-466, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2011. 290p.
- SETHI, P.K.; MCMURTRY, J.P.; PESTI, G.M.; EDWARDS JR, H.M.; AGGREY, S.E. Physiological Responses to Divergent Selection for Phytate Phosphorus Bioavailability in a Randombred Chicken Population. **Poultry Science**, v.87, p.2512-2516, 2008.
- SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; LeMIEUX, F.M.; BIDNER, T.D.; PAGE, T.G. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p. 2630-2639, 2004.
- SIMONS, P.C.; VERSTEEGH, H.A.; JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A.; SLUMP, P.; BOS, K.D.; WOLTERS, M.G.; BEUDEKER, R.F.; VERSCHOOR, G.J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64. p. 525-540. 1990.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N. **The mineral nutrition of livestock**. 3rd edition. NY: CABI Publishing, 1999. 598p.
- UNDERWOOD, E. J. **Los minerales en la alimentación Del ganado**. Zaragoza, Acribia, 1968, 320p.

- UREÑA, P.; HRUBY, M.; FERREIRA, A.; ANQ, K.S.; DE VERNEJOL, M.C. Plasma total versus bone alkaline phosphatase as markers of bone turnover in hemodialysis patients. **Journal of the American Society of Nephrology**, v.7, p.506-512, 1996.
- VARGAS JR., J.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; CUPERTINNO, E.S.; CARVALHO, D.C.O.; NASCIMENTO, A.H. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1919-1926, 2003. (Supl. 2).
- VARLEY, P. F.; SWEENEY, T.; RYAN, M. T.; O'DOHERTY, J. V. The effect of phosphorus restriction during the weaner-grower phase on compensatory growth, serum osteocalcin and bone mineralization in gilts. **Livestock Science**, v.135, p.282-288, 2010.
- VARLEY, P. F.; CALLAN, J. J.; O'DOHERTY, J. V. Effect of dietary phosphorus and calcium level and phytase addition on performance, bone parameters, apparent nutrient digestibility, mineral and nitrogen utilization of weaner pigs and the subsequent effect on finisher pig bone parameters. **Animal Feed Science and Technology**, v.165, p.201-209, 2011a.
- VARLEY, P.F.; FLYNN, B.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. Effect of phytase level in a low phosphorus diet on performance and bone development in weaner pigs and the subsequent effect on finisher pig bone development. **Livestock Science**, v.138, p.152-158, 2011b.
- WOYENGO, T. A.; WEIHRAUCH, D.; NYACHOTI, C. M. Effect of dietary phytic acid on performance and nutrient uptake in the small intestine of piglets. **Journal of Animal Science**, v.90, p.543-549, 2012.
- ZENG, Z. K.; WANG, D.; PIAO, X. S.; LI, P.F.; ZHANG, H.Y.; SHI, C.X.; YU, S.K. Effects of adding super dose phytase to the phosphorus-deficient diets of young pigs

on growth performance, bone quality, minerals and amino acids digestibilities.
Asian Australasian Journal of Animal Science, v.27, p.237-246, 2014.