

**UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS  
EM CRESCIMENTO CRIADOS EM CONDIÇÕES DE BAIXO  
DESAFIO SANITÁRIO**

**JANA EUCLYDES DREWS**

**VILA VELHA - ES**  
**JULHO/2014**

**UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS  
EM CRESCIMENTO CRIADOS EM CONDIÇÕES DE BAIXO  
DESAFIO SANITÁRIO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Vila Velha, como pré-  
requisito do Programa de Pós-  
graduação em Ciência Animal, para  
a obtenção do grau de Mestre em  
Ciência Animal.

**JANA EUCLYDES DREWS**

**VILA VELHA - ES**  
**JULHO/2014**

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

D776e Drews, Jana Euclides.

Exigência de fósforo disponível para suínos em crescimento criados em condições de baixo desafio sanitário / Jana Euclides Drews. – 2014.

36 f.: il.

Orientador: Douglas Haese.

Dissertação (mestrado em Ciência Animal) - Universidade Vila Velha, 2014.

Inclui bibliografias.

1. Suíno – Alimentos e rações. 2. Fósforo na nutrição animal. 3. Enzima. I. Haese, Douglas. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 636.4084

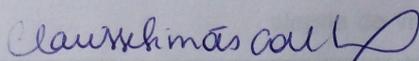
JANA EUCLYDES DREWS

**EXIGÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS  
EM CRESCIMENTO CRIADOS EM CONDIÇÕES DE BAIXO  
DESAFIO SANITÁRIO**

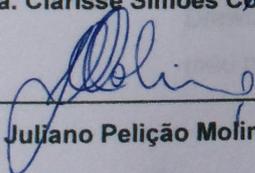
Dissertação apresentada à  
Universidade Vila Velha,  
como pré-requisito do  
Programa de Pós-graduação  
em Ciência Animal, para a  
obtenção do grau de Mestre  
em Ciência Animal.

Aprovado em 28 de julho de 2014

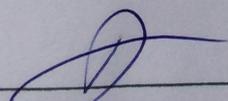
Banca Examinadora:



**Dra. Clarisse Simões Coelho – UVV**



**Dr. Juliano Pelicão Molino – UNESC**



**Dr. Douglas Haese – UVV  
(Orientador)**

Ao maior príncipe, aquele que me deu a alegria de viver, amor, paz, felicidade e hoje representa tudo pra mim, meu filhote, Freud Drews, que hoje se tornou o meu anjo e o meu protetor. Te amarei para SEMPRE.

***Dedico***

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela vida, pela oportunidade de estudar, Agradeço por sempre estar comigo, nos momentos de alegria e nos momentos de desespero.

Aos meus pais, por todo amor e paciência que tiveram comigo durante esses dois anos.

Ao professor e orientador Douglas Haese, pela oportunidade, apoio, convivência, conhecimento, dedicação e paciência durante todo esse tempo.

Às minhas amigas, Luciana Paulino Meletti Brum, Luciana Medeiros Simonetti, Mariana Cruz Rossoni e Clarissa Rangel Simões

Ao Estêvão por estar sempre ao meu lado, seja nos momentos felizes ou tristes, além de todo amor, parceria e amizade.

Aos meus filhotes, Freud Drews (in memoriam), Paris Drews e Flake Drews, meus amores que não nasceram de mim, mas certamente nasceram para mim.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>4</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1 ÍNDICES BRASILEIROS NA SUINOCULTURA .....	5
2.2 ENZIMA FITASE .....	6
2.3 MECANISMO DE AÇÃO .....	7
2.4 EFEITOS EM AVES E SUÍNOS .....	8
2.5 POLUIÇÃO AMBIENTAL .....	10
2.6 REDUÇÃO DA POLUIÇÃO AMBIENTAL .....	10
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>12</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>13</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>

## RESUMO

DREWS, E. Jana, MSc., Universidade Vila Velha – ES, Julho de 2014. **Exigência de fósforo disponível para suínos em crescimento criados em condições de baixo desafio sanitário.**

Orientador: Douglas Haese.

A suinocultura brasileira passou por diversas mudanças tecnológicas, a fim de melhorar a produção suína, estudos são realizados a procura de ingredientes que possam ser adicionados às rações a fim de melhorar as características zootécnicas dos suínos. Quantidades consideráveis de alguns nutrientes na ração não são utilizados e não são absorvidos pelos suínos. O fósforo é um mineral que está presente na ração dos animais, porém cerca de apenas 30% deste mineral é disponibilizado para monogástricos. Com isso, tem-se utilizado enzimas exógenas, como a fitase. Esta, melhora a absorção de outros nutrientes, melhorar a excreção fecal de fósforo e conseqüentemente diminui a poluição ambiental através dos dejetos. O presente estudo foi realizado para avaliar a exigência de fósforo disponível para suínos em crescimento criados em condições de baixo desafio sanitário. Foram utilizados 64 suínos mestiços de linhagem genética Agroceres PIC<sup>®</sup>, e os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, oito repetições e dois animais (um macho e uma fêmea) por unidade experimental. As rações experimentais, foram elaboradas à base de milho e de farelo de soja e suplementadas com aminoácidos industriais. Houve diferença significativa para a conversão alimentar ( $P < 0,01$ ), sendo o nível estimado em 0,302% de fósforo disponível. A inclusão da enzima fitase, independente do seu nível e concentração, proporcionou uma melhora no desempenho zootécnico dos suínos.

**Palavras-chave:** suíno, enzima fitase, fósforo, conversão alimentar.

## ABSTRACT

DREWS, E. Jana, MSc., Universidade Vila Velha – ES, July de 2014.

**Requirement available for growing pigs reared in conditions of low health challenge match.**

Advisor: Douglas Haese.

The Brazilian pig underwent several changes in technology in order to improve the production swine, studies are conducted in search of ingredients which may be added to the feed in order to improve the characteristics of swine husbandry. Considerable quantities of some nutrients in the diet are not used and are not absorbed by the pigs. Phosphorus is a mineral that is present in animal feed, however only about 30% of the mineral is available to monogastric animals. Thus, it has been used exogenous enzymes such as phytase. This improves the absorption of other nutrients to improve the fecal excretion of phosphorus and consequently reduces the environmental pollution through waste. The present study was conducted to evaluate the available phosphorus requirements for growing pigs reared in conditions of low health challenge. 64 crossbred pigs bloodline Agroceres PIC ® were used, and treatments were distributed in a completely randomized design with four treatments and eight replicates two animals (one male and one female) per experimental unit. Experimental diets were prepared based on corn and soybean meal and supplemented with industrial amino acids. There was a significant difference in feed conversion ( $P < 0.01$ ), being estimated at 0.302% available phosphorus level. The inclusion of phytase, regardless of their level and concentration, provided an improvement on the performance of pigs.

**Keywords:** swine, phytase, phosphorus, feed conversion.

# **CAPÍTULO I**

## **REVISÃO DE LITERATURA**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura brasileira passou por mudanças tecnológicas, isto é, com o avanço da cadeia do agronegócio, essa atividade teve um crescimento nos últimos anos, isso porque a demanda por carne suína tem aumentado a cada dia mundialmente, com isso os produtores têm se aprimorado às normas e legislações vigentes, buscando melhoria nas vendas interna e externa.

A fim de melhorar a produção suína, tornando-a mais eficiente e com menor custo, estudos são realizados a procura de ingredientes que possam ser adicionados às rações a fim de melhorar as características zootécnicas dos suínos, sem comprometer o produto final.

A adição de enzimas na nutrição animal tem se tornado cada vez mais comum no Brasil, por proporcionar benefícios para o animal e ao meio ambiente. Na suinocultura, enzimas como a fitase fazem parte da composição dos produtos de diversas empresas que fabricam rações. Dentre suas vantagens, estão a redução do custo de formulação, além de melhoria no desempenho animal e redução da capacidade poluente dos dejetos animais. (SANTOS, 2009).

A fitase é hoje utilizada mundialmente em dietas para animais não ruminantes, principalmente aves e suínos. Dari (2004) cita que mais da metade dos frangos de corte criados no Brasil recebem ração com adição desta enzima. Bedford (2000) e Nagashiro (2007) citam que as principais razões para a inclusão dessa enzima nas rações são o aumento no valor nutritivo das matérias primas, redução no custo da dieta e redução da contaminação ambiental. (MACHADO et al., 2010).

Os dejetos de suínos, ricos em fósforo e nitrogênio, se depositados no ambiente, podem resultar em uma série de transtornos. O fósforo, ao atingir as fontes de água, propicia o crescimento e desenvolvimento de plantas aquáticas, aumentando a competição entre esses vegetais e os animais aquáticos pela demanda em oxigênio, processo conhecido como eutrofização (MERTEN & MINELLA, 2002). Desta forma, a adição da fitase acarreta na redução do nível de fósforo total na ração, da excreção de fósforo nas fezes e redução da poluição ambiental (MOREIRA et al., 2013).

O processo de desinfecção é uma ferramenta indispensável no programa de biossegurança na suinocultura. Desta forma, prepara as instalações para recebimento de um novo lote de suínos e faz com que ocorra diminuição de

infecções. As principais falhas nas limpeza e desinfecção são: remoção incompleta dos dejetos antes dos procedimentos de limpeza, mão de obra desqualificada, uso inadequado de produtos, lavagem insuficiente com quantidade e pressão de água inadequada, falta de desinfecção de paredes, teto e áreas externas da granja. Portanto, para se ter um baixo desafio sanitário é de extrema necessidade que se faça a limpeza correta do galpão, conhecendo os produtos utilizados, bem como seu modo de ação (AMARAL et al., 2006).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a exigência de fósforo disponível para suínos em crescimento criados em condições de baixo desafio sanitário.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Índices brasileiros na suinocultura**

A criação de suínos ganha destaque como uma atividade de importância no cenário econômico e social. Atualmente, a suinocultura brasileira encontra-se em quarto lugar no *ranking* de produção e exportação mundial da carne suína. Alguns elementos como sanidade, nutrição, bom manejo da granja, produção integrada e, principalmente, aprimoramento gerencial dos produtores, contribuíram para aumentar a oferta interna e colocar o País em destaque no cenário mundial (MAPA, 2014).

A busca excessiva pelo aumento da produtividade na suinocultura, têm levado a ocorrência de mudanças nos planos nutricionais para formulação das dietas para as diferentes fases de criação, causando reflexo sobre o retorno financeiro do produtor e sobre o desempenho dos animais. Novos estudos têm sido realizados para melhorar a eficiência da utilização dos alimentos, alinhados a disponibilidade dos nutrientes nas formulações das dietas, suprimindo as necessidades nutricionais dos animais (RODRIGUES et al., 2011).

A produção industrial de aves e suínos sofreu enormes avanços nos últimos anos, assumindo caráter de importância fundamental para a economia brasileira. Isso devido ao aumento do conhecimento do valor nutricional dos ingredientes das rações e das exigências nutricionais dos animais nas diferentes fases produtivas, bem como em melhorias de manejo e ambiência (ROSTAGNO et al., 2007).

As exigências nutricionais dos animais devem ser adequadamente ajustadas, evitando assim o excesso de nutrientes nas dietas que são eliminados através das fezes e urina, podendo contaminar o solo e as reservas de água quando em níveis elevados (ROSTAGNO et al., 2007). Dessa forma, é preciso que as pesquisas na área da nutrição animal levem em consideração fatores que possam interferir nos resultados dos experimentos, tais como: genética animal, ambiente e manejo, de modo a aumentar a confiabilidade dos resultados, melhorando assim o conhecimento das metodologias usadas na avaliação dos alimentos e na determinação das exigências nutricionais de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2007).

## **2.2 Enzima fitase**

Os suínos são animais monogástricos que se alimentam exclusivamente de rações ricas em nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, sendo assim, seus dejetos são eliminados com alta concentração desses nutrientes (OLIVEIRA et al., 2005; MOREIRA et al., 2009). Há várias alternativas capazes de amenizar esta situação, como manejo adequado de dejetos, uso de dietas balanceadas corretamente e uso de enzimas capazes de melhorar a digestibilidade dos nutrientes (SANTOS et al., 2008).

Quantidades consideráveis de alguns nutrientes na ração não são utilizados e não são absorvidos pelos suínos. Entre outros fatores, a disponibilidade de nutrientes pode ser influenciada pela formação de complexos naturais destes agentes. Este é particularmente o caso de cereais, sementes de oleaginosas e legumes que contêm fitatos. Este é um complexo orgânico de armazenagem de fósforo nas plantas (CAMPESTRINI et al., 2005).

A fitase é uma fosfatase que hidrolisa um ou mais grupos de fosfato do fitato, produzida por muitas espécies de bactérias, fungos e leveduras e é capaz de eliminar as propriedades antinutricionais do fitato (CAMPESTRINI et al., 2005).

A fitase está sendo usada por vários anos para melhorar o aproveitamento do fósforo, possibilitando assim a diminuição da inclusão de fósforo inorgânico, reduzindo então o custo das rações (KIEFER et al., 2012). Altera o fluxo biológico e pode interferir na absorção de outros nutrientes, como o cálcio, zinco e cobre, desta forma, a excreção desses minerais nas fezes diminui em até 20% (AO et al., 2007).

Outros benefícios que a fitase promove são: aumento da utilização do amido, da proteína e dos elementos minerais. redução do nível de fósforo total na ração, da excreção deste nas fezes, conseqüentemente redução da poluição ambiental, melhora no desempenho zootécnico do animal e torna a produção animal uma atividade mais sustentável. Pois reduz o desperdício das fontes de fósforo inorgânico não renováveis (FIREMAN & FIREMAN, 1998).

### **2.3 Mecanismo de ação**

A maior parte do fósforo (P) contido nos ingredientes de origem vegetal, sendo principais componentes das rações de suínos está na forma de fitato. Por isso, considera-se que apenas 30% do P dos vegetais seja disponível para não-ruminantes (FIALHO et al., 2002).

A medida que o bolo alimentar prossegue pelo trato gastrointestinal e ocorre o aumento do pH (principalmente a partir do duodeno onde ocorre a liberação do suco pancreático) o ácido fítico queela minerais, proteínas (SELLE et al, 2006a) e enzimas, como a amilase, formando o fitato. Este, por sua vez, impede que componentes importantes para o desenvolvimento dos animais se unam ao bolo alimentar, desta forma, sendo excretados através das fezes. Além de reduzir a disponibilidade do fósforo, o fitato aumenta a secreção de muco no intestino, o que interfere nos sistemas de absorção de nutrientes pelos suínos (DESHPANDE & CHERYAN, 1984).

O modo de ação da enzima fitase resulta no mecanismo de transferência do grupo fosfato do substrato para a enzima e da enzima para a água. O fitato a ser hidrolisado produz cinco classes de produtos intermediários (mio-inositol penta-, tetra-, tri-, bi- e monofosfato), liberando então, o fosfato inorgânico juntamente com o nutriente preso a sua estrutura para possível absorção (FIREMAN & FIREMAN, 1998). A ação da fitase inicia com a hidrólise do fosfato na posição 3, seguida de hidrólise nas posições 4, 5, 6 e depois na posição 1, enquanto o sexto grupo fosfato (na posição 2) não é hidrolisado pela fitase (CAMPESTRINI et al., 2005).

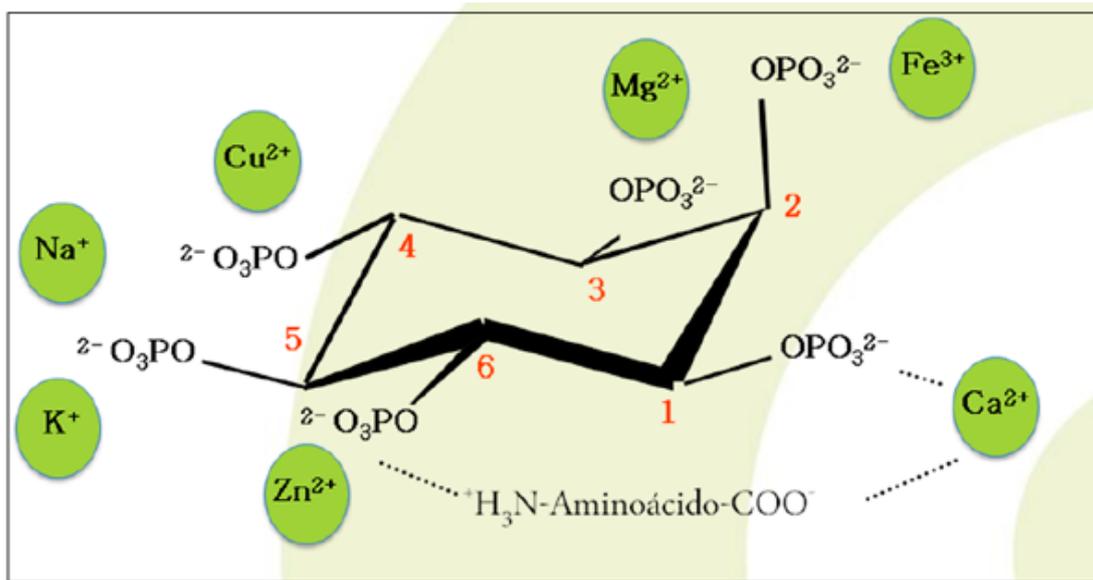


Figura I. Estrutura do fitato, formando complexos com nutrientes da dieta.

Fonte: <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/artigos/fitase-smizyme-t1129/141-p0.htm>

A absorção de fósforo é mais acentuada no duodeno, por difusão ativa e passiva, na forma de fosfato inorgânico  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . As enzimas adicionadas nos alimentos secos são ativadas no sistema gastrointestinal quando misturadas aos fluidos digestivos e sob temperatura do organismo. Sua ação máxima ocorre no estômago e no duodeno (CAMPESTRINI et al., 2005).

A fitase então, permite que nutrientes inorgânicos, ou seja, aqueles que o animal têm dificuldade em absorver e gasta energia para eliminar do organismo, sejam fornecidos em menor quantidade, auxiliando na digestão dos alimentos. Além disso, impede que o fósforo vegetal seja excretado nas fezes sem ser aproveitado pelo organismo (OLIVEIRA, 2012).

## 2.4 Efeitos em aves e suínos

Nas rações para aves e suínos são utilizados alimentos como farelo de soja, farelo de trigo e farelo de arroz, porém, estes apresentam o fator antinutricional fitato, dentre outros fatores antinutricionais, que reduzem o aproveitamento dos nutrientes, interferindo no processo digestivo (MACHADO et al., 2010).

A utilização de enzimas exógenas na alimentação desses animais é importante para a hidrólise desses fatores antinutricionais, favorecendo o melhor

aproveitamento dos nutrientes. Mas também, para redução da viscosidade da digesta (GRAHAM, 1996).

Desta forma, haverá maior disponibilidade dos nutrientes que serão liberados pela adição da enzima exógena, além da redução do efeito antinutricional, melhorando então o desenvolvimento zootécnico desses animais. (MACHADO et al., 2010).

Trabalhos científicos têm mostrado respostas positivas quanto à digestibilidade dos nutrientes e desempenho de aves e suínos quando suplementados com enzimas exógenas.

Em suínos, Fireman & Fireman (1998) verificaram um aumento significativo no ganho de peso médio diário, melhora da conversão alimentar e melhora da digestibilidade aparente do fósforo.

De acordo com Lüdke et. al. (2000), os suínos obtiveram melhor desempenho linear devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes quando adicionados à ração níveis entre 220 e 508 FTU/kg.

A adição 1200 FTU/g de fitase na ração de suínos pode reduzir ou eliminar a adição de fósforo inorgânico nas rações, de acordo com resultados de ganho de peso diário e eficiência alimentar. Além disso, houve redução de fósforo fecal em até 50% (MOREIRA et al., 2003). Moreira et al. (2004) observaram que a fitase teve interferência no fluxo biológico do fósforo no sistema gastrointestinal para os ossos e no refluxo dos compartimentos ósseos e tecidos moles para o sistema gastrointestinal de suínos.

Foi observado em suínos que, níveis crescentes de fitase nas rações diminuíram a quantidade de fezes excretadas (FIREMAN & FIREMAN, 1998). Silva et al. (2005) observaram que a enzima fitase diminui de forma linear a excreção de manganês, porém, não houve alteração na excreção de zinco e magnésio nas fezes dos suínos.

Machinsky et al. (2010) concluíram que a adição de fitase em 500 FTU/kg na ração de suínos com 24 kg de peso vivo melhora a retenção de fósforo, conseqüentemente, reduzindo a excreção fecal e urinária deste. Porém Cromwell et al. (1995), concluíram que a adição de fitase à ração com baixo nível de fósforo, aumentou a absorção deste, mas não houve redução na excreção.

Em aves, Costa et al. (2007), observaram resultados superiores quanto ao desempenho dos animais nos tratamentos com adição da fitase do que às rações sem a enzima.

## **2.5 Poluição ambiental**

Atualmente, os nutricionistas de animais monogástricos estão atentos às necessidades de aumentar a produtividade, diminuir os custos de produção e proteger o meio ambiente de elementos contaminantes (SANTOS, 2009).

Os dejetos de suínos, ricos em fósforo e nitrogênio, quando depositados no ambiente, podem resultar em uma série de transtornos. O fósforo, ao atingir as fontes de água, leva ao crescimento e desenvolvimento de plantas aquáticas, aumentando a competição entre estas e os animais aquáticos pela demanda em oxigênio, processo conhecido como eutrofização (MERTEN & MINELLA, 2002). A lixiviação de solos com alta concentração de fósforo pode acelerar a eutrofização também, causando então a mortalidade de peixes (SHARPLEY, 1999)

O nitrogênio pode ser transformado em nitrato e ser lixiviado para o lençol freático. A toxicidade dos nitratos é principalmente devido à sua redução a nitrito, sendo o maior efeito biológico dos nitritos em humanos é o seu envolvimento na oxidação da hemoglobina (Hb), a metaglobina (metHb), que pode provocar a meta-hemoglobinemia severa em recém-nascidos e adultos (WHO, 2004).

A utilização da enzima fitase em rações é uma realidade na suinocultura brasileira e mundial, devido não somente aos benefícios econômicos, fisiológicos (como redução da ação do fator antinutricional), mas também aos benefícios ambientais, como a redução de excreção de nutrientes, evitando assim, a contaminação de fontes de água e dos lençóis freáticos (RODRIGUES et al., 2007).

## **2.6 Redução da poluição ambiental**

A desinfecção é uma ferramenta indispensável no programa de biossegurança e em todas as fases da produção. Tem como objetivo diminuir o índice de infecções dentro da granja, desta forma, deixando o local propício para o recebimento de novos lotes (AMARAL et al., 2006).

As doenças se estabelecem quando é verificado grande presença de agentes patogênicos, ultrapassando os limites da resistência do animal. Desta forma, num ambiente com alto desafio sanitário, os animais não apresentam resistência e adoecem com frequência, causando perdas diretas ou indiretas como:

desuniformidade do lote, perda de peso e gastos com medicamentos. Já os animais em ambientes com baixo desafio sanitário e com boa resistência (nutrição adequada e imunizados com vacinas adequadas) têm melhor desempenho e menor ocorrência de doenças, gerando, desse modo, melhores resultados (CARRARO et al., 2011).

Devem ser utilizados produtos de comprovada eficácia, adequados às características próprias de cada instalação e equipamentos, mão-de-obra qualificada, treinada e conhecedora da necessidade de uma perfeita atuação nas atividades de limpeza e desinfecção, e ainda, o conhecimento dos agentes etiológicos instalados na propriedade. Um exemplo de produtos de eficácia comprovada são os compostos de amônia quaternária, estes têm ação bactericida, fungicida, esporocida e atuam sobre alguns vírus (CARRARO et al., 2011).

A realização rotineira de um processo de higienização detalhado é a condição indispensável para a manutenção de um alto nível de saúde da granja, pois através da redução da carga microbiana nas instalações, equipamentos e conseqüentemente no sistema de produção, seguramente se reduzirá o risco de ocorrência de doenças.

## **CAPÍTULO II**

**EXIGENCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO  
CRIADOS EM CONDIÇÕES DE BAIXO DESAFIO SANITÁRIO.**

## RESUMO

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os níveis de fósforo disponível em rações para suínos em crescimento selecionados para deposição de carne e criados em condições de baixo desafio sanitário. Foram utilizados 64 suínos mestiços (32 machos castrados e 32 fêmeas), híbridos comerciais, com peso médio inicial de  $23,306 \pm 2,456$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro tratamentos, oito repetições e dois animais (um macho e uma fêmea) por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma ração basal e de outras três rações, obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico em substituição ao inerte, resultando em quatro rações com 0,100; 0,180; 0,260; 0,340% de fósforo disponível. Os níveis de fósforo disponível influenciaram de forma quadrática o ganho de peso diário, consumo de ração e a conversão alimentar, que aumentaram até o nível estimado de 0,331; 0,330 e 0,302% de fósforo disponível. Os níveis de fósforo disponível influenciaram de forma linear crescente os teores de cinzas e fósforo no metacarpo dos animais e de forma decrescente o valor bioquímico da fosfatase alcalina. Em ambientes de baixo desafio sanitário os níveis de fósforo disponível de 0,331 e 0,302%, correspondentes a consumos diários de 5,73 e 5,18 g/dia, proporcionaram, respectivamente, os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar em suínos de alto potencial

**Palavras-chave:** desafio, exigência, mineral, sistema imune

## ABSTRACT

This study was carried out to determine the available phosphorus levels in diets for growing swine selected for meat deposition and reared in conditions of low sanitary challenge. Sixty-four crossbred swine (32 castrated males and 32 females), with an initial average weight of  $23.306 \pm 2.456$  kg were distributed in block design with four treatments, eight replicates of two animals (one male and one female) per experimental unit. Treatments consisted of basal diet and three other diets obtained by supplementing the basal diet with inorganic phosphate to replace inert, resulting in four diets with 0.100; 0.180; 0.260; 0.340% available phosphorus. The available phosphorus levels ratio influenced quadratically the daily weight gain, feed intake and feed conversion, which increased up to the level of 0.331; 0.330 and 0.302% available phosphorus. The levels of available phosphorus also influenced the content of ash and phosphorus in the bone and value of alkaline phosphatase. The available phosphorus requirements for pigs of 55 to 90 days, kept in a conditions low health challenge, for the best results of daily weight gain and feed conversion are 0.331 and 0.302%, corresponding to the estimated daily available phosphorus intakes of 5.73 and 5.18 g/day, respectively, for swine of high genetic potential.

**Key words:** challenge, requirement, mineral, immune system

## INTRODUÇÃO

O fósforo é um mineral essencial para a formação e manutenção das estruturas ósseas do organismo e, também, desempenha um grande número de funções no organismo. De acordo com UNDERWOOD & SUTTLE (1999), o fósforo é encontrado em grande concentração nos tecidos ósseos e, juntamente, com o cálcio formam a hidroxiapatita, que por sua vez é o maior constituinte do esqueleto. A parte do fósforo que não está ligada a função estrutural está contida em moléculas de alto valor biológico, tais como DNA, RNA, ATP, fosfolipídios e proteína fosforiladas.

Segundo CORREA et al., (2006) os suínos melhorados geneticamente possuem como principais características um alto desempenho e rendimento de carcaça, principalmente, proporcionado pela alta taxa de deposição de proteínas. HITMEIER et al. (2006) relataram, que, quando o consumo de fósforo é baixo, os animais de menor potencial genético para deposição de carne priorizam a deposição de fósforo nos ossos em detrimento a deposição muscular; enquanto animais de alto potencial genético priorizam o desenvolvimento muscular.

Atualmente os efeitos do melhoramento genético e de outros fatores como temperatura, estado fisiológico e a idade, sobre a exigência de fósforo são bem compreendidos entre os nutricionistas; entretanto existem poucos estudos relatados na literatura sobre a necessidade de fósforo e a sua relação com o sistema imunológico. Porém sabe-se que a condição sanitária onde os animais são criados influencia o desempenho e, conseqüentemente, a sua exigência nutricional. Segundo KEGLEY et al. (2001) a exigência de fósforo para ótima resposta imune pode ser maior do que para máximo crescimento, uma vez que agentes estressores podem alterar o metabolismo do fósforo. ASLAM (1995) relatou que frangos com deficiência de fósforo tiveram sua a resposta imune prejudicada.

Assim, o objetivo desse estudo foi de avaliar os efeitos dos níveis de fósforo disponível em rações de suínos de alto potencial genético, dos 55 aos 90 dias de idade, criados em condições de baixo desafio sanitário.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado no Setor de Suinocultura do Centro de Tecnologia Animal - CTA, localizado no distrito de Paraju, município de Domingos Martins – ES.

Foram utilizados 64 suínos mestiços (32 machos castrados e 32 fêmeas) de linhagem genética Agroceres PIC<sup>®</sup>, com peso inicial médio de  $23,306 \pm 2,456$  kg. Os suínos foram alojados em baias individuais, medindo 1,90 x 2,90 m (5,51 m<sup>2</sup>), piso de concreto, 2,50 m de pé direito, cobertura com telha de amianto e providas de comedouros em concreto pré-moldados e bebedouros tipo chupeta.

Para reduzir o desafio sanitário no galpão experimental, foi realizada limpeza prévia das baias com água corrente e detergente, utilização de vassoura de fogo, desinfecção com amônia quartenária e aplicação de cal virgem. O galpão ficou em vazío sanitário por 45 dias, e antes de iniciar o experimento todo o processo de limpeza e desinfecção foi repetido. Durante o período experimental as baias foram limpadas diariamente através do recolhimento das fezes e lavadas com água corrente, e após a limpeza era aplicada solução de amônia quartenária.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro tratamentos, oito repetições e dois animais (um macho e uma fêmea) por unidade experimental.

As rações experimentais (Tabela 1), foram elaboradas à base de milho e de farelo de soja e suplementadas com aminoácidos industriais, para atender as exigências nutricionais dos suínos na fase de crescimento, segundo ROSTAGNO et al. (2011), exceto fósforo disponível. Os tratamentos consistiram de uma ração basal

e de outras três rações, obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico em substituição ao inerte, resultando em quatro rações com 0,100; 0,180; 0,260; 0,340% de fósforo disponível.

A água e as rações experimentais foram fornecidas à vontade aos animais. As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente e os animais, pesados no início e no final do período experimental, que durou 35 dias, para determinação do consumo de ração diário, ganho de peso diário e da conversão alimentar.

No último dia do experimento foram coletadas amostras de sangue para análises bioquímicas de cálcio (Ca), fósforo (P) e fosfatase alcalina (FA) de seis animais por tratamento. As amostras foram colhidas através da punção da veia cefálica, com o auxílio de seringas de 3,0 mL, agulha 25 mm x 8 mm, e tubos estéreis sem anticoagulante. Após a coleta as amostras foram centrifugadas a 1000 rpm durante 15 minutos, para obtenção do soro sanguíneo. As leituras da concentração de Ca, P e FA no soro foram realizadas em analisador bioquímico semi automático BIO 200 F da marca Bioplus.

Para avaliação da atividade do sistema imunológico dos animais foram coletadas amostras de sangue, aos 55 e 90 dias de idade, de oito animais por repetição. Os procedimentos foram os mesmos das coletas para análises bioquímicas. A contagem dos leucócitos foi realizada com auxílio de um contador manual e, posteriormente, realizada a contagem diferencial e avaliação dos elementos figurados do sangue por meio do esfregaço sanguíneo em microscópio óptico com aumento de 1000 vezes (WEISS & WARDROP, 2010).

No final do período experimental, após jejum de 12 horas, cinco animais por tratamento, com peso mais próximo da média, foram abatidos para coleta da pata anterior direita. O abate foi realizado de forma humanitária com a insensibilização

através de choque elétrico de alta voltagem e baixa amperagem atrás das orelhas do animal (fossas temporais). A sangria foi realizada após a insensibilização em no máximo 30 segundos por meio de seccionamento dos grandes vasos ou punção diretamente no coração.

As patas coletadas foram colocadas em recipiente de alumínio contendo água e fervidas, por 25 minutos, visando o amolecimento da pele e da carne que envolve os ossos para a retirada do terceiro osso metacarpiano. O metacarpo de cada animal abatido foi mantido em estufa ventilada a 65°C durante 72 horas e, então, submetidos à quebra. Depois de quebrados, os ossos foram desengordurados em extrator Soxhlet e levados novamente a estufa ventilada a 105°C durante 24 horas e, em seguida, foram triturados em moinho de bola. A determinação dos teores de cinzas nos ossos (CO) e fósforo (P), foi realizado no CBO análises laboratoriais, em Campinas, São Paulo, segundo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os procedimentos para análise de variância e regressão, contidos no programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 8.0. As características de desempenho e as análises bioquímicas foram interpretadas por meio de análise de variância ao nível de 5% de probabilidade. As estimativas dos níveis de fósforo disponível foram determinadas por meio de modelos de regressão linear ou quadrático, conforme o melhor ajustamento dos dados para cada variável. Os valores de leucograma foram avaliados entre o momento inicial e final através do teste t-Student.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos níveis de fósforo disponível sobre o ganho de peso diário (GPD) dos animais (Tabela 2), que aumentou até o nível estimado de 0,331% de fósforo disponível, correspondendo ao consumo de 5,73 g/dia de fósforo (Figura 1; Figura A). Este resultado diverge do obtido por SARAIVA et al. (2011), que, avaliando a exigência de fósforo disponível em fêmeas dos 30 aos 60 kg, relataram uma exigência de 0,372% de fósforo disponível. Já AROUCA et al. (2009) utilizando machos castrados encontraram uma exigência de 0,420%. Resultado superior ao obtido neste estudo para GPD, também, foi observado por EKPE et al. (2002), onde o melhor GPD ocorreu com o nível estimado de 0,350% de Pd.

A conversão alimentar foi influenciada de forma quadrática ( $P < 0,01$ ) pelos tratamentos, melhorando até o nível estimado de 0,302% de fósforo disponível (Figura 1; Figura B), correspondendo ao consumo estimado de 5,18 g/dia de fósforo. Já SARAIVA et al. (2009) e AROUCA et al. (2009), recomendam para melhor conversão alimentar um consumo diário de 7,36 e 9,11 g/dia de fósforo disponível.

Tomando como referência dois estudos recentes (AROUCA et al., 2009 e SARAIVA et al., 2011) com animais de alto potencial genético dos 30 aos 60 kg, pode-se constatar que a exigência de fósforo disponível para ganho de peso determinada nestes estudos foi superior em 11,0 e 21,2%, respectivamente, do encontrado no presente trabalho. Essas divergências de resultados podem estar relacionadas, entre outros fatores, às diferenças no potencial genético, estado fisiológico, na idade ou na taxa de crescimento dos suínos (EKPE et al., 2002). Além desses fatores devemos considerar o estado imunológico dos animais, pois animais expostos a desafios sanitários possuem maior exigência de fósforo. STAHLY & COOK (1997) em um experimento para quantificar o efeito dos níveis de exposição de suínos, dos 6 aos 27 kg, a antígenos (desafio moderado ou alto), determinaram

que animais submetidos a esses desafios sanitários tem sua exigência aumentada. De forma semelhante, KEGLEY et al. (2001) relataram que a exigência de fósforo para ótima resposta imune pode ser maior do que para o máximo crescimento. Segundo KIERSZTEJN et al. (1992) a redução dos níveis de fósforo prejudica a habilidade fagocítica dos leucócitos polimorfonucleares (neutrófilos, eosinófilos e basófilos), no qual tem sido atribuída a baixa quantidade de ATP e o aumento da concentração do Ca intracelular.

A correta determinação dos níveis de fósforo disponível, com base no desafio proporcionado durante a criação, é fundamental para o ótimo desempenho dos animais. ROSTAGNO et al. (2011) recomendam para suínos de alto potencial genético (machos castrados e fêmeas), dos 30 aos 50 kg, o nível de 0,322% de fósforo disponível, correspondente ao consumo de 6,04 g/dia. Essa exigência é semelhante a obtida no presente estudo para melhor ganho de peso, que foi de 0,331% de fósforo disponível, correspondendo a um consumo de 5,73 g/dia.

A determinação da exigência de fósforo disponível do presente estudo foi realizada com animais que não foram desafiados imunologicamente. Este fato pode ser confirmado pela contagem dos leucócitos, assim como a diferenciação dos elementos figurados do sangue: neutrófilos, basófilos, leucócitos e linfócitos (Tabela 2). Os resultados demonstraram que os animais no início e no final do experimento não sofreram alterações nos parâmetros avaliados, ficando dentro dos valores de referência (VR) indicados por WEISS & WARDROP (2010). Os resultados do presente estudo sugerem que, além da importância sobre a saúde do rebanho, a limpeza e a desinfecção dos galpões, realizadas de forma correta, podem interferir na exigência do fósforo. Se considerarmos os diversos fatores envolvidos na inclusão de fontes inorgânicas de fósforo nas rações, tais como: custo, poluição

ambiental e disponibilidade, a redução na necessidade desse mineral para ativação do sistema imune impacta em menor inclusão de fontes inorgânica.

O consumo diário de ração (CDR) apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) em função dos níveis de fósforo disponível (Tabela 2), que aumentou até o nível estimado de 0,330% (Figura 1; Figura C). ALEBRANTE et al. (2011), também, verificaram variação quadrática do consumo de ração em decorrência da variação dos níveis de fósforo disponível (0,107 a 0,642%). De forma semelhante, Arouca et al. (2009) observaram efeito quadrático dos níveis de fósforo disponível sobre o consumo de ração, que aumentou até o nível de 0,430%. Já SARAIVA et al. (2009), avaliando níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético dos 30 aos 60 kg, não observaram efeito sobre o consumo de ração.

De acordo com os resultados de consumo de ração verificados neste estudo, pode-se observar que níveis baixo de fósforo na ração no período de 55 a 90 dias de idade comprometem o consumo voluntário de alimento. Segundo BÜNZEN et al. (2012) a variação de consumo com o aumento dos níveis de fósforo é um indicativo de que os suínos são sensíveis a níveis inadequados de fósforo na ração, uma vez que a deficiência ou mesmo ao excesso de fósforo afetaram negativamente o consumo de alimento.

Observou-se efeito ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos sobre o consumo de fósforo disponível, que aumentou de forma linear segundo a equação  $\hat{Y} = -0,612522 + 19,1723x$  ( $R^2 = 0,98$ ), como resultado aumento do consumo da ração e dos níveis crescentes do fósforo.

Os níveis de fósforo disponível influenciaram ( $P < 0,01$ ) de forma linear crescente os teores de cinzas ósseas e fósforo no metacarpo dos animais, segundo as equações:  $\hat{Y} = 62,2424 - 1,08232x$  ( $R^2 = 0,73$ ) e  $\hat{Y} = 10,2291 + 0,075577x$  ( $R^2 = 0,81$ ) (Tabela 2). De forma semelhante, Saraiva et al. (2009) observaram efeito

linear crescente do teor de cinzas ósseas e fósforo nos ossos de suínos dos 30 aos 60 kg com o aumento dos níveis de Pd. Suínos na fase de crescimento priorizam o desenvolvimento dos músculos e dos ossos (SHIELDS et al., 1983), porém as exigências para máxima mineralização óssea é superior à exigência para máximo ganho de peso (KETAREN et al., 1993). Essas considerações estão de acordo com o observado no presente estudo, uma vez que os níveis estudados não foram suficientes para maximizar estes parâmetros.

Houve efeito linear decrescente e crescente ( $P < 0,01$ ) dos valores bioquímicos da FA e do P, respectivamente, com o aumento dos níveis de fósforo disponível nas rações, de acordo com as equações:  $\hat{Y} = 217,921 - 306,896x$  ( $R^2 = 0,90$ ) e  $\hat{Y} = 6,28750 + 7,70833x$  ( $R^2 = 0,95$ ) (Tabela 2). Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre o valor de cálcio sérico.

EKPE et al. (2002) avaliando a exigência de fósforo em suínos na fase de crescimento, também, encontraram uma relação inversa entre o aumento dos níveis de P sérico e a redução da atividade da enzima. A FA é uma enzima envolvida nos processos de formação e manutenção óssea; e o fósforo é o segundo mineral mais abundante no organismo. De acordo com AROUCA et al. (2009) o nível sérico de fósforo pode ser usada como um indicador do estado desse mineral no organismo. Entretanto, neste estudo, não foi possível correlacionar o nível de fósforo sérico com os valores determinados para ótimo desempenho, uma vez que o P sérico não atingiu um platô.

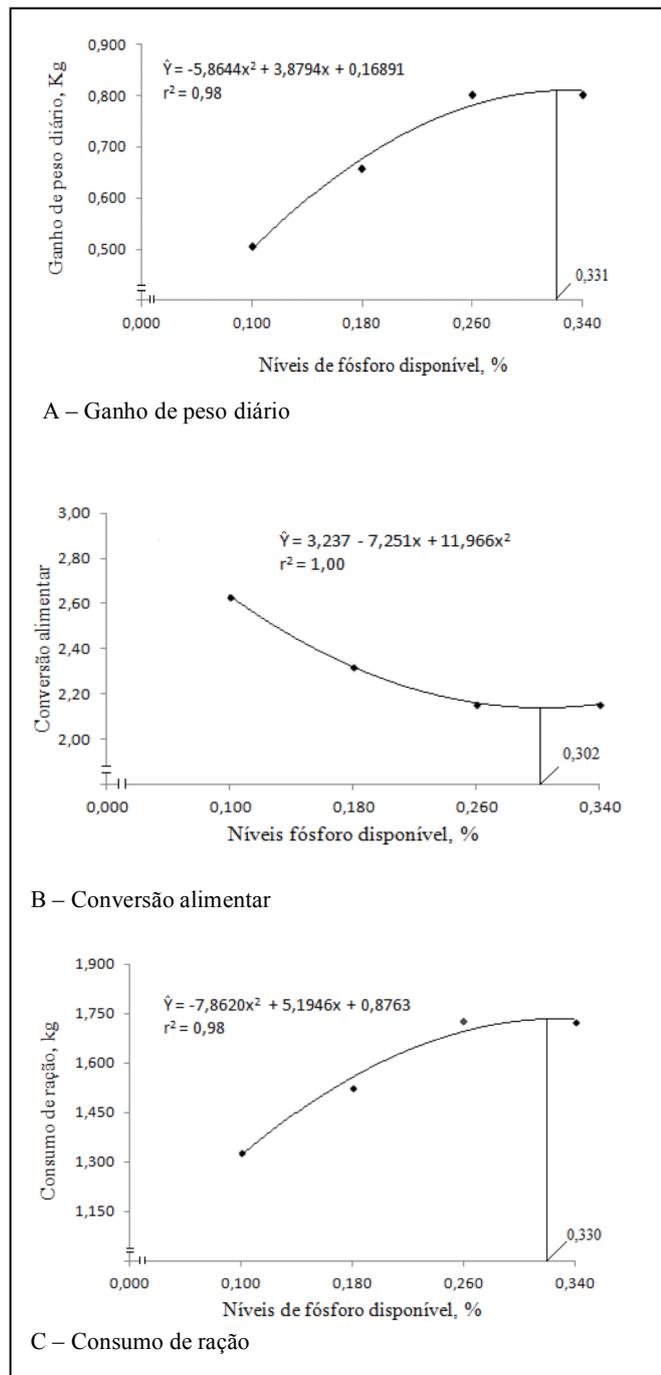


Figura1 – Parâmetros de desempenho de suínos dos 55 aos 90 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo disponível.

Tabela 1 - Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético no período de 55 a 90 dias de idade

Ingrediente	Nível de fósforo disponível, %			
	0,100	0,180	0,260	0,340
Milho	73,700	73,700	73,700	73,700
Farelo de Soja	22,600	22,600	22,600	22,600
Óleo de Soja	0,400	0,400	0,400	0,400
Calcário Calcítico	1,600	1,325	1,050	0,770
Fosfato Bicálcico	0,000	0,425	0,875	1,325
Sal	0,400	0,400	0,400	0,400
Lisina HCl 78%	0,285	0,285	0,285	0,285
DL-Metionina 98%	0,060	0,060	0,060	0,060
Treonina 98%	0,070	0,070	0,070	0,070
Cloreto de Colina 60%	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Mineral <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Sulfato de Colistina 50%	0,008	0,008	0,008	0,008
Enramicina 8%	0,006	0,006	0,006	0,006
Inerte (Caulin)	0,621	0,471	0,296	0,126
Composição nutricional calculada				
Energia metabolizável, kcal/kg	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta, %	16,660	16,660	16,660	16,660
Lisina Digestível, %	0,940	0,940	0,940	0,940
Metionina+Cistina Digestível, %	0,560	0,560	0,560	0,560
Treonina Digestível, %	0,610	0,610	0,610	0,610
Triptofano Digestível, %	0,170	0,170	0,170	0,170
Arginina Digestível, %	1,000	1,000	1,000	1,000
Sódio, %	0,180	0,180	0,180	0,180
Cálcio, %	0,700	0,700	0,700	0,700
Cálcio analisado, %	0,683	0,686	0,688	0,689
Fósforo total, %	0,310	0,380	0,460	0,540
Fósforo analisado, %	0,302	0,372	0,450	0,531
Fósforo disponível, %	0,100	0,180	0,260	0,340

<sup>1</sup>Conteúdo/Kg: Niacina 13.000 mg; vitamina A 2.666.000 UI; vitamina B2 1.600 mg; biotina 16,56 mg; colina 120.000 mg; ácido fólico 266 mg; vitamina B12 11.000 µg; vitamina K 2.666 mg; ácido pantotênico 7.000 mg; vitamina E 10.000 mg; vitamina D3 1.000.000 UI; vitamina B6 666 mg; antioxidante 2.160 mg; veículo q.s.p. 1.000 g.

<sup>2</sup>Conteúdo/Kg: Selênio 130 mg; manganês 40.020 mg; cobre 15.000 mg; ferro 24.930 mg; cobalto 168 mg; iodo 1.416,8 mg; zinco 74.971 mg; veículo q.s.p. 1.000 g.

Tabela 2. Influência dos níveis de fósforo em rações de suínos, dos 55 aos 90 dias de idade, sobre desempenho, teores de fósforo e cinzas no metacarpo e parâmetros bioquímicos

Variável	Nível de fósforo disponível, %								Valor P	CV,%
	0,100		0,180		0,260		0,340			
Peso médio inicial (kg)	23,29	± 2,36	23,22	± 2,44	23,21	± 2,52	23,11	± 2,77	NS	5,90
Ganho de peso diário(kg/dia) <sup>1</sup>	0,505	± 0,03	0,657	± 0,06	0,801	± 0,05	0,803	± 0,07	0,001	8,35
Conversão alimentar <sup>1</sup>	2,63	± 0,16	2,33	± 0,09	2,16	± 0,08	2,16	± 0,15	0,002	5,40
Consumo diário de ração (kg/dia) <sup>1</sup>	1,33	± 0,11	1,53	± 0,14	1,73	± 0,11	1,72	± 0,07	0,019	7,21
Consumo de Pd (g/dia) <sup>2</sup>	1,32	± 0,12	2,75	± 0,25	4,49	± 0,30	5,86	± 0,24	0,001	6,58
Parâmetros ósseos										
Cinzas (%) <sup>2</sup>	57,71	± 2,43	58,69	± 2,99	61,32	± 1,02	60,44	± 2,38	0,033	3,90
Fósforo (%) <sup>2</sup>	9,91	± 0,47	10,14	± 0,44	10,95	± 0,15	10,82	± 0,43	0,001	3,76
Bioquímico										
FA, UI/L <sup>2</sup>	197,23	± 106,08	149,85	± 32,89	133,78	± 35,70	120,75	± 36,26	0,040	40,61
Ca, mg/dL	11,16	± 1,10	10,85	± 0,69	10,3	± 0,83	10,12	± 0,27	0,274	16,59
P, mg/dL <sup>2</sup>	6,98	± 0,71	7,63	± 0,82	8,6	± 0,33	8,83	± 0,31	0,009	7,42
Leucograma										
Leucócitos, /µl	55 dias		90 dias		VR				0,969	11,9
	14135	±1681	15155	±1823	11000	a	20000			
Distribuição, %										
Neutrófilos	36,22	±5,13	38,44	±6,15	28	a	47	0,548	15,0	
Linfócitos	54,57	±6,41	56,83	±6,15	39	a	62	0,886	14,4	
Monócitos	3,96	±0,77	4,48	±0,59	2	a	10	0,134	19,4	
Basófilos	0,87	±0,40	0,61	±0,50	0	a	2	0,127	52,3	

<sup>1</sup>Efeito quadrático; <sup>2</sup> Efeito linear; NS – Não significativo; CV - Coeficiente de Variação; VR

– Valor de referência (WEISS & WARDROP, 2010).

## **CONCLUSÃO**

Em ambientes de baixo desafio sanitário os níveis de fósforo disponível de 0,331 e 0,302%, correspondentes a consumos diários de 5,73 e 5,18 g/dia, proporcionam, respectivamente, os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar em suínos de alto potencial genético.

## REFERÊNCIAS

ALEBRANTE, L. et al. Available phosphorus levels in diets for pigs with high genetic potential for lean meat deposition kept in thermoneutral environment from 15 to 30 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.2, p.323-330, 2011.

AMARAL, A. L. do. et al. (Coord.). Boas práticas de produção de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves Circular Técnica, v.50, 2006.

AO, T. et al., Effects of organic zinc and phytase supplementation in a maize-soybean meal diet on the performance and tissue zinc content of broiler chicks. *British Poultry Science*, v.48, p. 690-695, 2007.

AROUCA, C. L. C. et al. Exigência de fósforo disponível para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra, dos 30 aos 60 kg. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.5, p.1094-1103, 2009.

ASLAM, S. M. Immune functions in broiler chicks as influenced by dietary phosphorus and vitamin D. North Carolina State University, Raleigh, 1995.

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.

BÜNZEN, S. et al. Níveis de fósforo digestível para suínos em fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.2, p.320-325, 2012.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. da.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, nº6, p.259-272, Novembro/Dezembro, 2005.

CARRARO, B. Z; DALLANORA, D; COSER, F.B. et al. Manual Brasileiro de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos. Brasília, DF: ABCS, MAPA, 2011.

CORREA, J. A.; FAUCITANO, L.; LAFOREST, J. P. et al. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science*, v.72, p.91-99, 2006.

COSTA, F. G. P. et al. Efeito da enzima fitase na rações de frangos de corte durante as fases pré-inicial e inicial. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, p.865-870, 2007.

CROMWELL, G.L. et al. Efficacy of low-activity microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. *Journal of Animal Science*, v.73, p.449-456, 1995;

DARI, R. L. A utilização de fitase na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2004 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos. Anais... Campinas: FACTA. p. 128-143, 2004.

DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.. Effects of phytic acid, divalent cations, and their interactions on  $\alpha$ -amylase activity. *Journal of Food Science*. v.49, p.516-524, 1984.

EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. *Journal of Animal Science*, v.82, p.541-549, 2002.

FIALHO, E. T. et al. Redução da poluição ambiental por dejetos suínos: aspectos nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES. Campinas. Anais... CBNA, p.63-88. 2002.

FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. *Ciência Rural*, v.28, n.1, p. 173-178, 1998.

GRAHAM, H. Mode of action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains. In: SIMPOSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, Campinas. Anais... Campinas: CBNA, p.60-69, 1996.

HITTEMEIER, L. J.; GRAPES, L.; LENSING, R. L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. *Journal of Nutrition Biochemistry*, v.17, p.385-395, 2006.

KEGLEY, E. B.; SPEARS, J. W.; AUMAN, S. K. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, v.79, p.413-419, 2001.

KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pig. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. *British Journal of Nutrition*, v.70, p.249-268, 1993.

KIEFER, Charles et al. Digestibilidade de dietas suplementadas com fitase para suínos sob diferentes ambientes térmicos. *Ciência Rural*, v.42, n.8, p. 1483-1489, 2012.

KIERSZTEJN, M. I. et al. On the mechanisms of impaired phagocytosis in phosphate depletion. ***Journal of the American Society of Nephrology***, v.2, n.10, p.1484–1489, 1992.

LÜDKE, M. C. M. M. et al. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.1402-1413, 2000.

MACHADO, L. C.; GERALDO, A.; SANTOS, T. A. dos. Valorização de Dietas Para Aves e Suínos a Partir da Inclusão de Fitase. III Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - campus Bambuí. III Jornada Científica. 2010.

MACHINSKY, T. G. et al. Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cá. *Ciência Rural*, v.40, 2010.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>. Acesso em 07 de julho de 2014.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v.3, p.33-38, 2002.

MOREIRA, J. A. et al., Fluxo biológico do fósforo no metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo fitase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p.2066-2075, 2004.

MOREIRA, J. A.; SILVA, A. D. L. da.; MOTA, L. C. et al. Partição do P excretado nas fezes e urina de suínos em fase de crescimento, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de enzima fitase. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.14, n.3, p.518-526 Julho/Setembro, 2013.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; TEIXEIRA, A.O. et al. Fisiologia digestiva de suínos alimentados com rações contendo diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.676-678, 2009.

NAGASHIRO C. Enzimas na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2007 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos. Anais... Campinas: FACTA. p. 309-327, 2007.

OLIVEIRA, L. A. G. de; Fitase em rações secas e úmidas para suínos em crescimento e terminação, 2012

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A. F. et al. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.866-874, 2005.

RODRIGUES, P. B. et al. Manejo da dieta para reduzir o impacto ambiental da excreção de nutrientes na avicultura. In: VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui Regiões. Belo Horizonte, MG, 2007.

RODRIGUES, V. V.; CANTARELLI, V. S.; AMARAL, N. O., et al. Nutrient reduction in rations with phytase for growing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 2, p. 370-376, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; BUNZEN, S.; SAKOMURA, N. S., et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, suplemento especial, p. 295-304, 2007.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011.

SANTOS, S.P.; NUNES, R.C.; LOPES, E.L. et al. Retirada do suplemento micromineral-vitamínico, redução de fósforo inorgânico e adição de fitase em rações de suínos na fase de terminação. *Ciência Animal Brasileira*, v.9, p.663-671, 2008.

SANTOS, T.T. Utilização de fitase na suinocultura. *Revista Suinocultura Industrial da Gessulli Agribusiness*, v. 221, p.32-38, 2009.

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, F. R. M. et al. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg genetically selected for meat deposition. *Revista Brasileira de Zootenia*, v.38, p.307-313, 2009.

SARAIVA, A. et al. Available phosphorus levels in diets for 30 to 60 kg female pigs selected for meat deposition by maintaining calcium and available phosphorus ratio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.3, p.587-592, 2011.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L.; et al. Influence of dietary phytate and exogenous phytase on amino acid digestibility in poultry: a review. *The Journal of Poultry Science*, v.43, p.89-103, 2006a;

SHARPLEY, A. Agricultural phosphorus, water quality and poultry production, are they compatible? *Poultry Science*, v.78, p.660-673, 1999;

SHIELDS JUNIOR, R. G. et al. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *Journal of Animal Science*, v. 57, n.1, p. 43-54, 1983.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 235p, 2002.

SILVA, H. O. et al. Efeito da fitase sobre a excreção e teor de minerais nos ossos de suínos na fase de crescimento. *Agropecuária Técnica*, v.26, p.54-59, 2005.

STAHLY, T. S.; COOK, D. R. Dietary available phosphorus needs of pigs from 13 to 70 pounds body weight. ISU Swine report research. Iowa State University Extension, 1997.

UNDERWOOD, E.J., SUTTLE, N.F. *The mineral nutrition of livestock*. 3.ed. New York: CABI Publishing, 598p, 1999.

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

WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. *Schalm's Veterinary Hematology*. 6ed. Iowa: Willey Blackwell, 2010.

WHO - World Health Organization. Rolling revision of the WHO guidelines for drinking-water quality, Draft for review and comments. Nitrates and Nitrites in drinking-water. Genebra, 2004. Disponível em:  
[www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/en/nitratesfull.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/nitratesfull.pdf). Acesso em 06 de julho de 2014.