

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO DE LEVEDURAS
SPRAY-DRY NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE
INICIAL (15-30 kg)**

**Autor: Lina Maria Peñuela Sierra
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira**

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal.”

**MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril – 2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO DE LEVEDURAS
SPRAY-DRY NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE
INICIAL (15-30 kg)**

**Autor: Lina Maria Peñuela Sierra
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira**

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal.”

**MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril – 2009**

“Daqui a alguns anos estará mais arrependido pelas coisas que não fez do que pelas que fez.

Solte as amarras! Afaste-se do porto seguro! Agarre o vento em suas velas! Explore! Sonhe!

Descubra!”

Mark Twain

A Deus e á Virgem Maria,

Pela vida, pelo acompanhamento sempre seguro e por nunca me deixarem sozinha nos momentos bons e difíceis de minha vida.

Aos meus pais,

Valério Peñuela Caicedo e Maria Helena Sierra Navarro,

Pela maravilhosa vida que me deram, pela confiança, o apoio e o infinito amor que sempre me motivou a estar aqui... Vocês são minha inspiração

Ao meu irmão,

Juan Carlos Peñuela Sierra pela força, o amor e o apoio brindado

A minha cidade Ibagué – Tolima e meu amado país Colômbia,

Porque sinto imenso orgulho da minha terra

Ao meu namorado,

Roman David Castañeda Serrano,

por sempre me acompanhar, apoiar e brindar a confiança e o amor que me faz cada dia mais feliz

E dedicação especialíssima à minha filha,

Valeria Castañeda Peñuela,

Que ainda no meu ventre já é o meu maior tesouro e o mais importante na minha vida, e agradeço todos os dias a Deus pela tua chegada, que só me traz felicidade e motivação para ser cada vez mais uma pessoa melhor

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Virgem Maria, por me guiar, acompanhar e fortalecer em todos os momentos e pelo imenso presente de ter colocado pessoas maravilhosas na minha vida;

Aos meus amados pais Valério Peñuela e Maria Helena Sierra por sempre me motivarem e fazer tudo e por oferecer o melhor, e pelo infinito amor que sempre expressaram;

Aos meus familiares, pelo amor, pelo apoio e pela união que faz eu sentir a maior saudade e vontade de estar perto;

Ao meu namorado Roman David Castañeda pela paciência e ajuda infinita que sempre me brinda;

Ao Prof. Ivan Moreira, pela confiança e pela excelente orientação oferecida em todo este tempo e pela amizade, que sei, ficará para a vida inteira;

À Universidade Estadual de Maringá e à Fazenda Experimental de Iguatemi, por me dar a possibilidade de realizar este trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e seus professores, pelos ensinamentos que permanecerão comigo, por toda a vida;

Aos professores Antonio Cláudio Furlan, Elias Nunes Martins pelo auxílio no trabalho e nas análises estatísticas;

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

À empresa BIOVALE pela doação das leveduras;

À Sabrina Marcantonio Coneglian por ter sempre sido uma amiga incondicional, porque embora sendo outro país, outro idioma, sempre falamos a mesma linguagem;

Ao professor Ivanor Nunes do Prado, pela amizade sincera, apoio e ótimos conselhos;

À, Angela Poveda Parra, Gisele Castellini, Liliane Piano, Juliana Toledo, Paulo Levi, Thaline Pachelli, Maicon Massan, Clodoaldo Filho, Sergio Canizales pela amizade, companheirismo e ajuda sem as quais não seria possível a realização deste trabalho;

Ao Fábio Mourinho, Diovani Paiano, Paulo Levi, Gisele Castellini, Liliane Piano, por ter ajudado desde o primeiro dia que cheguei e ainda sem conseguir comunicar direito, acudiram e ofereceram sempre um apoio contínuo;

Aos funcionários da Secretaria do PPZ, aos funcionários da FEI e aos funcionários do Laboratório (Denílson, Rose, João, Cleusa e Creuza);

Aos queridos amigos que compartilham todas as etapas de minha vida, em especial, Adriana Castillo Lasso, Maribel Velandia e Olga Barreto.

E a todos que me ajudaram na realização desta meta em minha vida!!!

BIOGRAFIA

LINA MARIA PEÑUELA SIERRA, filha de Valerio Peñuela Caicedo e Maria Helena Sierra Navarro, nasceu na cidade Ibagué, Departamento de Tolima, Colômbia, no dia 04 de dezembro de 1983.

Em Dezembro de 2000, concluiu estudos secundários, no colégio Santa Teresa de Jesus, na cidade de Ibagué departamento de Tolima.

Em Dezembro de 2006 concluiu o curso de graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia pela Universidad del Tolima, Ibagué - Colômbia.

Em Março de 2007, iniciou-se no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Não Ruminantes.

No dia 17 de abril de 2009, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da Dissertação de Mestrado.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1. O Mineral Fósforo.....	02
1.1. O fósforo na alimentação de suínos.....	03
1.2. Fontes de fósforo na alimentação de suínos.....	03
1.3. Biodisponibilidade do fósforo.....	04
1.4. Absorção do fósforo.....	04
2. Levedura.....	05
2.1. Composição química da levedura.....	06
2.2. Levedura na nutrição de suínos.....	06
3. Literatura citada.....	07
II - OBJETIVOS.....	11
III – BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO DE LEVEDURAS <i>SPRAY-DRY</i> NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE INICIAL (15-30 kg).....	12
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução.....	14
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	22
Conclusões.....	30
Literatura Citada.....	31

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
III – BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO DE LEVEDURAS <i>SPRAY-DRY</i> NA	
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE INICIAL (15-30 kg)	16
TABELA 1 – Composição química dos alimentos usados nas dietas experimentais	16
TABELA 2 – Composição centesimal das dietas experimentais	17
TABELA 3 – Composição centesimal da ração de baixo fósforo... ..	18
TABELA 4 – Composição centesimal das rações experimentais.....	20
TABELA 5 – Valores médios do balanço de fósforo e dos Coeficientes de Digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas dietas e nos alimentos.....	23
TABELA 6 – Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira e biodisponibilidade relativa do fósforo dos alimentos.....	24
TABELA 7 – Efeito do nível e consumo de fósforo sobre o desempenho, % cinza no osso (%CO), % fósforo no osso (%PO).....	25
TABELA 8 – Valores de biodisponibilidade relativa de fósforo do FB, LEV35 e LEV40, usando a curva padrão, através das variáveis de desempenho, cinza e fósforo no osso	26
TABELA 9 – Valores de biodisponibilidade relativa de fósforo do FB, LEV35 e LEV40, usando <i>Slope Ratio</i> (regressão linear simples), utilizando as variáveis de desempenho, cinza e fósforo no osso.....	28
TABELA 10 – Valores de biodisponibilidade relativa do fósforo do FB, LEV35 e LEV40, usando <i>Slope Ratio</i> (regressão linear múltipla), utilizando as variáveis de desempenho, cinza e fósforo no osso.....	29

TABELA 11 – Valores de biodisponibilidade relativa do fósforo da LEV35 e LEV40, obtidos por meio das diferentes metodologias usadas.....	29
---	----

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos para determinar a biodisponibilidade do fósforo de duas leveduras secas por *spray-dry*, LEV35 = Cana-de-açúcar e LEV40 = Cana-de-açúcar+cervejaria, para suínos na fase inicial, comparando diferentes metodologias: Coeficiente de Digestibilidade Aparente-CDAP e Verdadeira-CDVP do fósforo, Método da Relação dos Coeficientes de Regressão ou *Slope Ratio* e o Método da Curva Padrão. No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 30 leitões mestiços, com $22,69 \pm 4,24$ kg PV, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Determinaram-se os coeficientes de digestibilidade das leveduras, uma ração referência e uma ração com baixo conteúdo de fósforo total (0,06%) para estimativa das perdas de fósforo endógeno. Os valores médios de CDAP e CDVP, encontrados foram 62,68% e 64,15% para a LEV35 e 77,01% e 79,33% para a LEV40. Os CDAP e CDVP para a LEV40 foram maiores ($P < 0,05$) que os valores da LEV35. No Experimento II foi conduzido um ensaio de crescimento, utilizando 56 leitões mestiços, metade de cada sexo, com peso inicial de $15,11 \pm 3,43$ kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos, quatro repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal sem suplementação de P e a mesma com suplementação de dois níveis de P (0,053 e 0,105) provenientes do fosfato bicálcico (FB), LEV35 e LEV40. Para biodisponibilidade relativa do fósforo foi observada diferença ($P < 0,05$) entre as duas leveduras, obtendo o valor médio de 50,21% para a LEV35 e 88,69% para a LEV40, o que corresponde a 0,26% e 0,38% de fósforo disponível respectivamente.

Palavras-chaves: Curva padrão, digestibilidade aparente e verdadeira, levedura de cana-de-açúcar, levedura de cervejaria, slope ratio.

ABSTRACT

Two experiments were carried out to determine the bioavailability of phosphorus in two spray dried yeast (sugar cane yeast- SCYSD and mixed sugar cane + brewer's yeast- BYSD), in starting pigs fed, compared different methods: true (CDTP) and apparent (CDAP) digestibility coefficients of phosphorus, the method of regression coefficient or slope ratio method and the standard curve. In the first experiment total digestibility assays were carried out with 30 barrow pigs, with initial weight of 22.69 ± 4.24 kg allotted in a completely randomized design. There were determined the yeast coefficients of digestibility, a reference diet and a diet with low content of total phosphorus (0.06%) to estimate endogenous losses of phosphorus. The average values of CDAP and CDVP were 62.68 and 64.15% for SCYSD and 77.01 and 79.33% for BYSD. The CDAP and CDVP for BYSD were higher ($P < 0.05$) than the values of SCYSD. In the experiment II was conducted a test of growth, using 56 pigs (barrow and gilts), with initial weighing of 15.11 ± 3.43 kg allotted in a completely randomized design, with seven treatments, four replications and two pigs per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet without supplementation with P and supplementation of two levels of P (0.053 and 0.105%) from dicalcium phosphate (DP), SCYSD and BYSD. For relative bioavailability of phosphorus a difference was observed ($P < 0.05$) between the two yeasts, obtaining the average value of 50.21% for SCYSD and 88.69% for BYSD, which corresponds to 0.26% and 0.38% available phosphorus respectively.

Keywords: apparent and true digestibility, brewer's yeast, slope ratio, standard curve, sugar cane yeast.

I – INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura brasileira vem crescendo cada dia mais com a implementação de novas tecnologias e com avanços no manejo da nutrição, sendo uma parte indispensável do agronegócio nacional. Economicamente a nutrição representa aproximadamente 75% do custo total da produção suinícola (Lima, 1983; Moreira et al., 2002), aspecto que demanda muita atenção por parte dos profissionais e produtores, uma vez que para ter uma produção rentável, é preciso estudos e alternativas de alimentação para tentar baixar essas taxas e ter uma produção viável.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de álcool derivado da cana-de-açúcar (CONAB, 2007) e sendo a levedura uns dos resíduos obtidos no processamento de cana-de-açúcar tendo grande importância na alimentação humana e animal. Diversos trabalhos têm comprovado que a levedura é uma importante fonte proteica, podendo ser utilizada em diferentes níveis de suplementação na nutrição de suínos (Moreira et al., 1998; Moreira et al., 2002; Araujo et al., 2006).

Além da levedura ser uma importante fonte proteica, possui um elevado conteúdo de matéria mineral, variando de 4% a 14%, sendo rica em potássio e fósforo, principalmente, como consequência de tampões, sais e outros aditivos incorporados ao substrato para melhorar o rendimento e reduzir o tempo de fermentação, dentro do processo para a obtenção do álcool (Fialho et al., 1985). De acordo com isso é interessante fazer avaliações do fósforo da levedura, por ser uns dos minerais mais onerosos e de maior interesse nutricional na ração. Por outro lado, os nutricionistas procuram ter o conhecimento da biodisponibilidade de nutrientes de cada um dos ingredientes da ração para balancear técnica e economicamente as rações para suínos, nas diferentes etapas do ciclo de produção (Teixeira et al., 2004).

Entretanto, as rações dos animais não ruminantes no Brasil são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal, geralmente grãos de cereais, os quais possuem mais da metade do fósforo em forma de fitato com biodisponibilidade variando entre 18% e 60% (Peeler, 1977; Cromwel, 1979; Corley et al., 1980). Segundo Cabrera et al. (2002), o fósforo é um dos ingredientes mais oneroso da ração, o terceiro mais caro, depois da energia e a proteína na nutrição de suínos, por isso requer atenção especial.

Por outro lado, além da importância econômica, o fósforo gera grande interesse nas pesquisas, por ter um forte impacto ambiental e exigir dos produtores a diminuição da poluição, sendo então necessário que os nutricionistas procurem alternativas para aumentar a biodisponibilidade deste mineral, e assim, diminuir sua eliminação pelas fezes.

1. O Mineral Fósforo

O fósforo foi isolado pela primeira vez na Alemanha, por Brandt, em 1669, que coletou urina de seres humanos e reportou a presença deste elemento na mesma. Em 1769, na Suécia, Gahn, descreve que o fósforo é essencial na composição dos ossos e, em 1771, na Alemanha, Scheele encontrou grande quantidade de fósforo nas cinzas.

O cálcio e o fósforo estão relacionados no metabolismo orgânico, especialmente na formação dos ossos. Constituem mais de 70% da cinza corporal, sendo 99% cálcio e 80% do fósforo estão presentes principalmente nos ossos (Bertechini, 2006).

Inúmeras funções podem ser atribuídas ao fósforo, entre elas, a formação da estrutura óssea, participação na formação de membranas celulares, utilização e transferência de energia na forma de ATP, entre outros (Lehninger, 2006).

Também participa na composição de ácidos nucleicos (DNA e RNA), essenciais para o crescimento e diferenciação nuclear, atua na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico na utilização e transferência de energia nas formas de adenosina mono, di e tri-fosfato e na formação de fosfolípidios, tendo como consequência a participação no transporte de ácidos graxos, absorção e deposição de gorduras, formação de proteínas, além de influenciar o apetite e a eficiência alimentar (Runho et al., 2001).

Sendo este mineral fundamental na alimentação animal, é indispensável buscar fontes de fósforo com baixos níveis de fitatos, ou com alta disponibilidade, conseguindo assim aproveitar melhor um dos ingredientes mais custosos e poluentes da ração.

1.1. O fósforo na alimentação de suínos

O fósforo, normalmente, é adicionado às rações dos não ruminantes, representando de 1,0% a 1,5% das despesas totais com alimentação dos suínos (Figueiredo et al., 2001).

Segundo Lehninger, (2006), a maioria do fósforo nos grãos de cereais está na forma do complexo orgânico fitato. Devido ao grupo ortofosfato do fitato ser altamente ionizado, este complexo com uma variedade de cátions (Ca, Fe, Zn, Mn, etc) e grupo amina de alguns aminoácidos básicos. Esse complexo caracteriza o fitato como um fator antinutricional porque diminui a disponibilidade de minerais e proteínas (O'dell & Debolland, 1976).

Os suínos por serem animais não ruminantes têm maior dificuldade em utilizar o fósforo dos grãos em comparação com os animais ruminantes, visto que os não ruminantes não conseguem desdobrar o fitato, presente na maioria dos alimentos de origem vegetal, pela falta de enzimas, especificamente a fitase. Para os ruminantes, o fósforo é essencial ao metabolismo e desenvolvimento da flora e fauna do rúmen (Breves & Schroder, 1991), e são as bactérias que produzem as enzimas (Fitases) tornando assim o fósforo dos grãos disponível, e os ruminantes podem utilizar de 70% a 80% do fósforo dos alimentos de origem vegetal.

1.2. Fontes de fósforo na alimentação de suínos

Diversas fontes de fósforo têm sido utilizadas ao longo dos últimos anos, visando sempre melhorar o aspecto econômico e ambiental, uma das fontes mais utilizada, na alimentação de animais não ruminantes tem sido o fosfato bicálcico, o qual tem uma disponibilidade de 100% em comparação com outras fontes.

O fosfato bicálcico e a farinha de ossos constituem as principais fontes de fósforo, tradicionalmente utilizadas na nutrição de suínos. A farinha de ossos foi o primeiro produto utilizado como fonte de fósforo, porém, seu emprego é restrito, principalmente, em função de sua composição variável, problemas de contaminação por micro-organismos e a oferta limitada (Lopes & Tomich, 2001). O fosfato bicálcico é um produto de excelente qualidade, mas de custo muito elevado, sobrecarregando ainda mais o preço das rações, representa cerca de 70% do custo de um animal terminado.

O fosfato bicálcico é fabricado a partir da rocha fosfática (Cardoso, 1991). Inicialmente, a rocha bruta é extraída da mina, passada por um processo de

beneficiamento e então a rocha fosfática é tratada com ácido sulfúrico, resultando numa mistura de ácido fosfórico e sulfato de cálcio (gesso). O fosfato bicálcico é obtido adicionando o calcário ao ácido fosfórico (Butolo, 2002).

1.3. Biodisponibilidade do fósforo

O fósforo, normalmente adicionado às rações dos não ruminantes, representa um custo considerável na ração. Portanto, o conhecimento do seu valor biológico nos ingredientes é de fundamental importância para a formulação de dietas que possam fornecer quantidades adequadas deste nutriente (Figueirêdo et al., 2001).

A concentração de fósforo em um alimento tem pouco significado nutricional, a não ser que seja acompanhada de informações sobre sua digestibilidade ou biodisponibilidade.

A biodisponibilidade do fósforo é expressa em porcentagem e indica o quanto o elemento é efetivamente destinado a uma função biológica, comparado a um fosfato padrão, ao qual se atribui 100% de disponibilidade relativa e sua variação em alimentos vegetais depende de fatores como o tipo de dieta adotada, nível de vitamina D, relação cálcio e fósforo, duração do período experimental, tamanho da partícula da ração e escolha do fosfato utilizado como padrão (Nelson et al., 1990).

Nenhum composto fosfatado apresenta o fósforo completamente disponível, assim supõe-se que a biodisponibilidade varia entre as diversas fontes de fósforo e que essas diferenças podem ser medidas para comparação das fontes de fósforo no suplemento mineral (Velo, 1991).

A biodisponibilidade relativa do fósforo das fontes pode ser avaliada *in vitro* e *in vivo*. Os métodos *in vivo* que envolvem um ensaio de crescimento ou desempenho têm sido os métodos da relação dos coeficientes de regressão (*Slope Ratio*) e da curva padrão. A absorção do fósforo também pode ser determinada em ensaios de metabolismo, destacando-se a técnica de diluição com radioisótopos (Sakomura & Rostagno, 2007).

1.4. Absorção do fósforo

Segundo Pizzolante (2000) o animal pode ingerir o fósforo em duas formas, uma é a forma inorgânica como mono, di ou trifosfatos, ou na forma orgânica como fitatos, fosfolípidos ou fosfoproteínas, sendo absorvido no intestino delgado dos não ruminantes na forma de ortofosfato (PO₄) por difusão simples seguindo gradiente de

concentração ou transporte ativo na dependência de vitamina D e sódio. O intestino delgado superior é considerado o local principal de absorção de fósforo, mas pouco é conhecido sobre os locais exatos, os mecanismos e o seu controle (Breves & Schröder, 1991).

Alguns dos fatores que afetam a absorção e o aproveitamento do fósforo são pH e viscosidade intestinal, excesso de cálcio dietético, nível de vitamina D, forma de fornecimento do fósforo (inorgânico ou orgânico), presença de minerais como ferro, alumínio, magnésio, manganês, idade do animal (Waldroup, 1989; Bertechini, 2006)

De acordo com Cassis (1984), no controle do metabolismo do fósforo participam fatores hormonais e não hormonais, entre os primeiros tem-se três hormônios principais: a vitamina D, paratormônio (PTH), e a calcitonina, os quais fazem sua função seletiva em três órgãos osso, intestino e rins.

O osso serve como reservatório de Ca e P, portanto, permite que saiam minerais quando seus níveis séricos estão baixos. O intestino permite a absorção de Ca e P; os rins regulam os níveis séricos destes minerais aumentando ou diminuindo a excreção renal destes elementos. A vitamina D facilita a absorção de Ca e P no intestino, favorece a atividade do osso aumentando a reabsorção e mineralização e nos rins aumenta a reabsorção tubular de Ca e P. A PTH eleva os níveis de Ca e diminui os de P, no osso extraindo Ca e P e no rim excretando P e reabsorvendo Ca. A calcitonina favorece a entrada de Ca e P ao osso e favorece a excreção renal destes dois elementos (Cassis, 1984).

2. Levedura

O Brasil sendo o maior produtor mundial de álcool de cana-de-açúcar pode reaproveitar subprodutos desta produção como acontece com a levedura (de recuperação e de cultura), que depois de seca resulta no subproduto “levedura seca de cana-de-açúcar”, a qual tem grande disponibilidade no mercado em algumas regiões do Brasil (Butolo, 1996). Ao mesmo tempo a indústria de cerveja no Brasil cresce significativamente, disponibilizando a “levedura de cervejaria”. A primeira possui teor de proteína bruta (36,75%) inferior à segunda (42,60%) (Rostagno et al., 2005).

Na atualidade, segundo Poveda (2009), o mercado disponibiliza uma nova levedura, produzida a partir da mistura destes dois subprodutos, possuindo nível proteico intermediário (40%).

A levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) é um produto da fermentação alcoólica da cana-de-açúcar e das indústrias cervejeiras. São empregados no Brasil diferentes métodos de secagem de leveduras, como o método dos rolos rotativos e *spray dried*. O primeiro consiste na centrifugação da vinhaça após a destilação do vinho que posteriormente é desidratada através dos rolos rotativos, no qual a temperatura pode atingir mais de 200 °C. O método *spray dried* consiste em conduzir o material até uma câmara quente onde este é aspergido, resultando na secagem pela entrada de ar quente. Neste o tempo de exposição e a temperatura atingida é menor em relação ao método anterior, o que resulta num produto final de melhor qualidade (Furuya et al., 2000).

2.1. Composição química da levedura

Os produtos de levedura apresentam elevado teor de proteína (30% a 45%), são ricos em vitaminas do complexo B (B1, B2, B5, B6, niacina), ácido fólico e biotina, em minerais, em macro e microelementos, principalmente selênio e fibra dietética, representados por carboidratos da parede celular, como mananas e glicanas (Yamada et al., 2003).

Diversos fatores podem interferir na composição química das leveduras secas de recuperação (*Saccharomyces* spp.), obtidas de destilarias de álcool de cana-de-açúcar. Elas têm apresentado valores entre 27% e 31% de proteína bruta na base da matéria natural, são consideradas boas fontes de lisina, o que as tornam interessantes na combinação com grãos de cereais, especialmente o milho, que é pobre neste aminoácido.

Quanto a fração inorgânica, as leveduras possuem elevado conteúdo de matéria mineral, variando de 4% a 14% (Lima, 1983; Fialho et al., 1985). Alguns autores relataram que as leveduras são ricas em fósforo, principalmente como consequência de tampões, sais e outros aditivos incorporados ao substrato para melhorar o rendimento ou reduzir o tempo de fermentação (Miyada, 1990).

2.2. Levedura na nutrição de suínos

As leveduras pertencem ao grupo de micro-organismos utilizados como fonte de proteína unicelular e vitaminas (Yoursi, 1982; Moreira, 1984), consideradas importantes suplementos proteicos dos cereais, em virtude do alto conteúdo de lisina.

A levedura tem sido usada na alimentação humana e animal para diversas finalidades, sendo que as espécies de leveduras mais utilizadas na produção de levedura

alimentar são a *Torulopsis utilis* (*Candida utilis*), *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces fragilis* (Miyada, 1990).

A levedura seca tem sido objeto de muitos testes zootécnicos, na busca de obter a otimização de sua utilização na ração e seus efeitos na dieta do animal (Halász & Lásztity, 1991).

Os estudos da levedura na nutrição de suínos têm focado na substituição do farelo de soja por níveis crescentes da levedura (*Saccharomyces* spp.), para avaliar parâmetros de desempenho, ganho diário de peso, conversão alimentar em animais em crescimento e terminação, e outras variáveis analisadas são morfologia intestinal, altura dos vilos, desenvolvimento dos órgãos digestores e a atividade das enzimas digestivas pancreáticas de leitões.

Além da levedura ser uma fonte proteica, tem conteúdo de fósforo significativo. Segundo Rostagno (2005) o valor de fósforo total para a levedura de álcool é de 0,82% e para a levedura de cerveja 0,78%. Todavia poucos estudos têm sido realizados para determinar a digestibilidade e biodisponibilidade do fósforo, destas leveduras.

Atualmente os únicos que têm reportado dados mais aprofundados acerca da levedura são Bunzen et al. (2008), estes determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAP) e verdadeira (CDVP) do fósforo de 11 alimentos de origem vegetal utilizados na alimentação de suínos, entre os quais se encontra a levedura desidratada de cana-de-açúcar. Os autores observaram valores de CDAP e CDVP de 56,84 e 66,56%, respectivamente, para a levedura desidratada de cana-de-açúcar, utilizando suínos em crescimento e terminação.

3. Literatura citada

- ARAUJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; LOPES, E.L. et al. Utilização da levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1576-1581, 2006.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Ed. UFLA, Lavras, MG, 2006, 303p.
- BREVES, G.; SCHRODER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; LOPES, D.C.; et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1236-1242, 2008.

- BUTOLO, J. E. Uso de biomassa de levedura na alimentação animal: propriedades, custo relativo a outras formas de nutrientes. **In:** Workshop Produção de biomassa de levedura: utilização em alimentação humana e animal. Campinas, 1996. Resumos. Campinas: ITAL, p. 79-80, 1996.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002.430 p.
- CABRERA, M.C.; DEL PUERTO, M.; RAMOS, A.; et al. Evaluación de la biodisponibilidad del fósforo orgánico e inorgánico a través de la solubilidad in vitro y utilización in vivo. **Agrociencia**, v.6, n.1, p.69-78, 2002.
- CARDOSO, J.L.A. Produção, processamento e perspectiva do fosfato na alimentação animal. In: MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL., 6., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1991. p.35-52.
- CASSIS, H.C.; Metabolismo del Calcio y del Fósforo. **Revision**, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. 1984.
- CONAB. Cana-de-açúcar Safra 2008 (Terceiro levantamento). Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3lev-cana.pdf>. Acessado: 20/03/2009
- CORLEY, J.R.; BAKER, D.H.; EASTER, R.A. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **Journal of Animal Science**, v.50, n.2, p.286-292, 1980.
- CROMWELL, G.L. Availability of phosphorus in feedstuffs for swine. **Proc. Distiller Feed. Res. Conf**, v.34, n.40, p.40-50, 1979.
- FIALHO, E.T.; ALBINO, L. F. T.; BLUME, E. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.1419-1431, 1985.
- FIGUEIRÊDO, A.V.; VITTI, D.M.; LOPES, J.B. et al. Disponibilidade Biológica do Fósforo de Fontes Fosfatadas Determinada por Intermédio da Técnica de Diluição Isotópica. II. Suínos em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.52, p.1514-1520, 2001.
- FURUYA, W.M.; SERON, S.; VARGAS, L.; et al. Níveis de levedura desidratada “spray dried” na dietas de alevinos revertidos de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p.699-704, 2000.
- HALÁSZ, A.; LÁSZTITY, R. Use of yeast biomass in food production. Boca Raton : CRC Press, 1991. 312p.
- LEHNINGER, Albert L.; Princípios de bioquímica. 4 ed: São Paulo. Sarvier, 2006.
- LIMA, G.J.M.M. **Uso da levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) de destilaria de álcool da cana-de-açúcar na alimentação de suínos em gestação e lactação**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1983. 139p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1983.

- LOPES, H.O.S.; TOMICH, T.R. Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: **A produção animal na visão dos brasileiros**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba:FEALQ, p.927. 2001.
- MIYADA, V. S. A levedura na alimentação de suínos. In: SBZ. (Org.). *Novas Tecnologias de Produção Animal*. Piracicaba: FEALQ, p.211-238, 1990.
- MOREIRA, J. R. A. **Uso da levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) de destilária de álcool de cana-de-açúcar em rações isocalóricas para suínos em crescimento e acabamento**. Piracicaba, 1984, 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1984
- MOREIRA, I.; ANDREOTTI, F.L.; FURLAN, A.C. et al. Viabilidade da Utilização da Levedura de Recuperação (*Saccharomyces* spp.), Seca pelo Método *Spray-Dry*, na Alimentação de Leitões em Fase de Creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p. 319-324, 1998.
- MOREIRA, J.A.; MIYADA, V.S.; MENTEN, J.F. et al. Uso da Levedura Seca por “*Spray-Dry*” como Fonte de Proteína para Suínos em Crescimento e Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.962-969, 2002.
- NELSON, T. S.; KIRBY, L. K.; JOHNSON, Z. B. The relative biological value of feed phosphates for chick. **Poultry Science**, v.69, p.113-118, 1990.
- O'DELL, B.L.; DeBOLAND, A. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oilseeds meals, **Journal Agricol Food Chemichal**, Washington, v.24, n.4, p.804-808, 1976.
- PEELER, H.T. Biological of nutrient in feeds: availability of major mineral ions. **Journal of Animal Science**, v.57, n.3, p.695-712, 1977.
- PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte**. Viçosa: Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- POVEDA, P.A. **Levedura *spray-dry* (álcool e cervejaria) na alimentação de suínos**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009. 54p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2009.
- ROSTAGNO H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p
- RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. Exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.1, p.187-196.2001.
- SAKOMURA, N.K; ROSTAGNO, H,S. **Métodos de Pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal : Funep, 283 p. 2007.

- VELOSO, J.A.F. Perspectivas de uso dos fosfatos de rocha nacionais na alimentação animal. Belo Horizonte: Escola de Veterinaria da UFMG, 1991. 50 p.
- TEIXEIRA, A.; LOPES, D.C.; LOPES, J.B. et al. Determinação da Biodisponibilidade do Fósforo de Diferentes Fontes pela Técnica de Diluição Isotópica, em Suínos em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1231-1237, 2004.
- WALDROUP, P. W. Phosphorus in broiler nutrition. In: SYMPOSIUM ON FEED PHOSPHATES IN MONOGASTRIC NUTRITION, Texas, 1989, **Anais**.
- YAMADA, E.A.; ALVIM, I.D.; SANTUCCI, M.C. et al. Composição centesimal e valor proteico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. **Revista de Nutrição**, v.16, p.423-432, 2003.
- YUORSI, R.F. Single cell protein: its potential use for animal and human nutrition. **Review Animal Production**, v.18, n.2 p.49-67, 1982.

II - OBJETIVOS

A pesquisa foi conduzida com os objetivos de avaliar a biodisponibilidade do fósforo de duas leveduras (*Saccharomyces sp*), LEV35 = Cana-de-açúcar e LEV40 = Cana-de-açúcar+cervejaria, secas por *spray-dry*, para suínos na fase inicial (15 e 30 kg de peso vivo) e comparar diferentes metodologias para determinação da biodisponibilidade do fósforo (Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo, método da relação dos coeficientes de regressão ou *slope ratio* e o método da curva padrão).

III - Biodisponibilidade de fósforo de leveduras *spray-dry* na alimentação de suínos na fase inicial (15-30 kg)

Resumo: Foram conduzidos dois experimentos para determinar a biodisponibilidade do fósforo de duas leveduras secas por *spray-dry*, LEV35 = Cana-de-açúcar e LEV40 = Cana-de-açúcar+cervejaria, para suínos na fase inicial, comparando diferentes metodologias: Coeficiente de Digestibilidade Aparente-CDAP e Verdadeira-CDVP do fósforo, Método da Relação dos Coeficientes de Regressão ou *Slope Ratio* e o Método da Curva Padrão. No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 30 leitões mestiços, com $22,69 \pm 4,24$ kg PV, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Determinaram-se os coeficientes de digestibilidade das leveduras, uma ração referência e uma ração com baixo conteúdo de fósforo total (0,06%) para estimativa das perdas de fósforo endógeno. Os valores médios de CDAP e CDVP, encontrados foram 62,68% e 64,15% para a LEV35 e 77,01% e 79,33% para a LEV40. Os CDAP e CDVP para a LEV40 foram maiores ($P < 0,05$) que os valores da LEV35. No Experimento II foi conduzido um ensaio de crescimento, utilizando 56 leitões mestiços, metade de cada sexo, com peso inicial de $15,11 \pm 3,43$ kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos, quatro repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal sem suplementação de P e a mesma com suplementação de dois níveis de P (0,053 e 0,105) provenientes do fosfato bicálcico (FB), LEV35 e LEV40. Para biodisponibilidade relativa do fósforo foi observada diferença ($P < 0,05$) entre as duas leveduras, obtendo o valor médio de 50,21% para a LEV35 e 88,69% para a LEV40, o que corresponde a 0,26% e 0,38% de fósforo disponível respectivamente.

Palavras-chaves: Curva padrão, digestibilidade aparente e verdadeira, levedura de cana-de-açúcar, levedura de cervejaria, slope ratio.

III. Bioavailability of phosphorus of *spray-dry* yeast in the diet of pigs in the initial phase (15-30 kg)

Abstract: Two experiments were carried out to determine the bioavailability of phosphorus in two spray dried yeast (sugar cane yeast- SCYSD and mixed sugar cane + brewer's yeast- BYSD), in starting pigs, comparing different methods: true (CDTP) and apparent (CDAP) digestibility coefficients of phosphorus, the method of regression coefficient or slope ratio method and the standard curve. In the first experiment total digestibility assays were carried out with 30 barrow pigs, with initial weight of 22.69 ± 4.24 kg allotted in a completely randomized design. There were determined the yeast coefficients of digestibility, a reference diet and a diet with low content of total phosphorus (0.06%) for estimation of endogenous losses of phosphorus. The average values of CDAP and CDVP were 62.68 and 64.15% for SCYSD and 77.01 and 79.33% for BYSD. The CDAP and CDVP for BYSD were higher ($P < 0.05$) than the values of SCYSD. In the experiment II was conducted a test of growth, using 56 pigs (barrow and gilts), with initial weight of 15.11 ± 3.43 kg allotted in a completely randomized design, with seven treatments, four replications and two pigs per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet without P supplementation and with supplementation of two levels of P (0.053 and 0.105%) from dicalcium phosphate (DP), SCYSD and BYSD. For relative bioavailability of phosphorus difference was observed ($P < 0.05$) between the two yeasts, obtaining the average value of 50.21% for SCYSD and 88.69% for BYSD, which corresponds to 0.26% and 0.38% available phosphorus respectively.

Keywords: apparent and true digestibility, brewer's yeast, slope ratio, standard curve, sugar cane yeast.

Introdução

Muitos produtos e subprodutos agroindustriais tornaram-se disponíveis no mercado de rações; alguns deles são boas fontes de nutrientes para os seres humanos e animais domésticos (Moreira et al., 1998).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de álcool derivado da cana-de-açúcar (CONAB, 2007) e a levedura sendo uns dos resíduos obtidos no processamento de cana-de-açúcar tornou-se de grande importância na alimentação humana e animal. Ao mesmo tempo a indústria de cerveja no Brasil cresce significativamente, disponibilizando a “levedura de cervejaria”. A primeira possui teor de proteína bruta (36,75%) inferior à segunda (42,60%) (Rostagno et al., 2005). Na atualidade segundo Poveda (2009), o mercado disponibiliza uma nova levedura, produzida a partir da mistura destes dois subprodutos (levedura de cana de açúcar+cervejaria), que possui nível proteico intermediário (40%).

A levedura tem sido usada na alimentação humana e animal para diversas finalidades, sendo as espécies de leveduras mais utilizadas na produção de levedura alimentar, a *Torulopsis utilis* (*Candida utilis*), *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces fragilis* (Miyada, 1990). Diversos trabalhos têm comprovado que a levedura é uma importante fonte proteica, podendo ser utilizadas em diferentes níveis de suplementação na nutrição de suínos (Moreira et al., 1998; Moreira et al., 2002; Araujo et al., 2006). Por outro lado, a levedura possui elevado conteúdo de matéria mineral, variando de 4% a 14%, sendo ricas em potássio e fósforo, principalmente, como consequência de tampões, sais e outros aditivos incorporados ao substrato para melhorar o rendimento e reduzir o tempo de fermentação, dentro do processo para a obtenção do álcool (Fialho et al., 1985). Segundo Rostagno (2005) os valores de fósforo total para a levedura de álcool e levedura de cerveja são 0,82% e 0,78% respectivamente.

Desde anos atrás, os nutricionistas procuram ter informações sobre a biodisponibilidade de nutrientes de cada um dos ingredientes da ração para balancear técnica e economicamente rações para suínos nas diferentes etapas do ciclo de produção (Teixeira et al., 2004). Entretanto, como as pesquisas sobre o fósforo da levedura são escassas, é importante fazer estas avaliações, por ser uns dos minerais mais caros e de maior interesse nutricional dentro da ração. Atualmente os únicos que têm reportado dados mais aprofundados acerca do teor de fósforo da levedura são Bunzen et al. (2008), estes determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAP) e verdadeira (CDVP) do fósforo de 11 alimentos de origem vegetal utilizados na

alimentação de suínos, entre os quais se encontra a levedura desidratada de cana-de-açúcar. Os autores observaram valores médios de 56,84% e 66,56% para a levedura desidratada de cana-de-açúcar, utilizando suínos em crescimento e terminação, respectivamente.

As rações dos animais não ruminantes no Brasil são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal, geralmente grãos de cereais, os quais possuem mais da metade do fósforo em forma de fitato com biodisponibilidade variando entre 18% e 60% (Peeler, 1977; Cromwel, 1979; Corley et al., 1980). Segundo Cabrera et al. (2002), o fósforo é um dos ingredientes mais onerosos da ração, o terceiro mais caro, depois da energia e a proteína na nutrição de suínos, por isso requer atenção especial.

O forte impacto ambiental que o fósforo gera é outro fator de importância, portanto tem se exigido dos produtores diminuir a poluição por causa dos dejetos dos suínos onde logicamente tem um grande peso o fósforo, por tal razão os pesquisadores procuram novas alternativas para aumentar a biodisponibilidade deste mineral e assim diminuir sua eliminação pelas fezes.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a biodisponibilidade do fósforo das leveduras secas por *spray-dry* (cana-de-açúcar- LEV35 e levedura mista- LEV40), por meio de estudo de digestibilidade e desempenho para suínos na fase inicial (15-30 kg).

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W, a uma altitude de 564 metros).

Foram conduzidos dois experimentos, um de digestibilidade total (Experimento 1) e um de desempenho (Experimento 2) na fase inicial. Foram avaliadas duas leveduras secas por *spray-dry* (LEV35 = levedura de cana-de-açúcar e LEV40 = levedura mista), cuja composição química encontra-se na Tabela 1, junto com os demais alimentos utilizados.

TABELA 1 – Composição química (matéria natural)¹ dos alimentos usados nas dietas experimentais

Alimentos	Composição química dos alimentos			
	MS (%)	PB (%)	Fósforo (%)	Cálcio (%)
Milho	86,96	8,26	0,19	0,04
Farelo de Soja	88,48	45,30	0,50	0,24
Levedura 35	94,52	33,62	0,52	0,04
Levedura 40	92,94	37,59	0,43	0,14
Fosfato bicálcico	91,67	-	17,0	22,0

¹Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UEM

Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade total

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade total, durante o período de março a abril de 2008, no qual foram utilizados 30 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $22,69 \pm 4,24$ kg de peso vivo inicial e foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968) em sala com ambiente controlado.

Do total dos animais, 24 foram alimentados com as rações experimentais. Os tratamentos utilizados foram: Basal = fornecendo 0,26% de P total; FB = fosfato bicálcico (0,618%); LEV35 = levedura de cana-de-açúcar (20,19%); LEV40 = levedura mista (cana-de-açúcar + cervejaria) (24,42%).

Inicialmente foi formulada a ração basal, à base de milho, farelo de soja, amido, óleo de soja, calcário, sal comum, aminoácidos sintéticos, suplemento vitamínico e mineral, contendo 0,26% de P total, de modo a atender as exigências segundo Rostagno (2005), exceto para fósforo. Posteriormente foram formuladas as outras três rações (FB, LEV35 e LEV40), nas quais cada alimento forneceu 0,105% de P à dieta basal (Tabela 2).

TABELA 2- Composição centesimal das dietas experimentais

Ingredientes	Dietas			
	Basal	FB	LEV35	LEV40
Milho	37,42	37,42	37,42	37,42
Farelo de soja	33,92	33,92	33,92	33,92
Amido	24,95	24,33	4,756	0,526
Calcário	1,646	1,646	1,646	1,646
Fosfato bicálcico	-	0,618	-	-
Levedura 35	-	-	20,19	-
Levedura 40	-	-	-	24,42
Suplemento vitaminas + minerais ¹	0,500	0,500	0,500	0,500
Óleo de soja	1,000	1,000	1,000	1,000
Leucomag 30%	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Lisina HCl, 99%	0,078	0,078	0,078	0,078
DL- Metionina, 99%	0,040	0,040	0,040	0,040
Total	100	100	100	100
Composição calculada				
Cálcio %	0,725	0,861	0,733	0,759
Fósforo total %	0,262	0,367	0,367	0,367
Lisina total, %	1,025	1,025	1,584	1,689
Proteína bruta %	18,46	18,46	25,22	27,64

¹ Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial, composição por kg do produto: Vit A, 50.000 UI; Vit D3, 10.000 UI; Vit E, 160mg; Vit K3, 12mg; Vit B1, 12mg; Vit B2, 20mg, Vit B6, 12mg; Vit B12, 100mcg; Ac. Fólico, 2,4mg; Ac. Nicotínico, 140mg; Ac. Pantotênico, 88mg; Biotina, 0,4mg; Colina, 1,248g; Ferro, 800mg; Cobre, 800mg; Cobalto, 3,2mg; Manganês, 220mg; Zinco, 11.150mg; Selênio, 1,2mg; Iodo, 7,2mg.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições por tratamento. O ensaio de digestibilidade teve duração de 18 dias, sendo treze dias de adaptação e cinco dias de coleta total de fezes.

Para determinar as perdas de fósforo endógeno, excretado nas fezes, utilizou-se seis suínos, recebendo ração (Tabela 3) com baixo conteúdo de fósforo (0,06%).

A quantidade de ração fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico ($Kg^{0,75}$). A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, as 8:00h e 15:00 h com adição de 2,5 mL de água por g de ração.

TABELA 3- Composição centesimal da ração de baixo fósforo

Ingredientes	Quantidade %
Amido de milho	40,06
Açúcar	40,27
Óleo de soja	4,000
Casca de arroz	3,000
Proteína isolada de soja	10,00
L-Lisina HCl, 99%	0,250
DL- Metionina, 99%	0,100
Calcário	1,850
Sal comum	0,400
Suplemento vitaminas + minerais ¹	0,070
Total	100,00
Composição Calculada	
Proteína Bruta %	7,00
Fósforo total %	0,06
Cálcio total %	0,78

¹ Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial, composição por kg do produto: Vit A, 50.000 UI; Vit D3, 10.000 UI; Vit E, 160mg; Vit K3, 12mg; Vit B1, 12mg; Vit B2, 20mg, Vit B6, 12mg; Vit B12, 100mcg; Ac. Fólico, 2,4mg; Ac. Nicotínico, 140mg; Ac. Pantotênico, 88mg; Biotina, 0,4mg; Colina, 1,248g; Ferro, 800mg; Cobre, 800mg; Cobalto, 3,2mg; Manganês, 220mg; Zinco, 11.150mg; Selênio, 1,2mg; Iodo, 7,2mg.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, utilizando 2% de Fe₂O₃ como marcador fecal para indicar o início e final das coletas. Foram coletadas amostras de fezes uma vez por dia, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em congelador a -18°C. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho tipo faca (peneira de 1 mm) para a realização de análises laboratoriais.

As análises dos teores de matéria seca, cinza e fósforo, foram realizadas no laboratório de análises de alimentos e nutrição animal da Universidade Estadual de Maringá – UEM, de acordo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2006).

Foi determinado o consumo de matéria seca (kg/dia), consumo de fósforo total (g/d), consumo de fósforo da ração basal e das fontes avaliadas (g/d), fósforo fornecido pela fonte e pela ração basal (%), fósforo na ração e nas fezes (%), excreção de fósforo (g) e fósforo excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo teor de fósforo (fósforo endógeno, g), sendo os dados obtidos utilizados nas fórmulas descritas por Sakomura & Rostagno (2007) para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo.

Coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (CDAP) e Coeficiente de digestibilidade verdadeira do fósforo (CDVP), segundo Sakomura & Rostagno (2007):

$$\text{CDAP} = \frac{\text{P total ingerido} - \text{P total excretado}}{\text{P total ingerido}}$$

$$\text{CDVP} = \frac{\text{P total ingerido} - (\text{P total excretado} - \text{P endógeno})}{\text{P total ingerido}}$$

Os dados obtidos foram submetidos á análise de variância seguida de teste de medias (Newman Keuls) utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Experimento 2: Ensaio de Biodisponibilidade de Fósforo (Ensaio de crescimento)

Foram utilizados 56 leitões mestiços de linhagem comercial, sendo 28 machos castrados e 28 fêmeas, com peso inicial de $15,11 \pm 3,43$ kg e final $29,72 \pm 6,81$ kg. O ensaio de crescimento foi realizado no período de outubro a dezembro de 2008. As temperaturas mínimas registradas no período experimental foram de $19,06 \pm 2,2^\circ\text{C}$; $17,56 \pm 3,5^\circ\text{C}$ e $14,35 \pm 5,0^\circ\text{C}$ e máxima de $29,3 \pm 5,6^\circ\text{C}$; $27,4 \pm 2,3^\circ\text{C}$ e $23,7 \pm 5,0^\circ\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental pela manhã foram $82,4 \pm 18,4\%$; $87,9 \pm 2,1\%$ e $80,9 \pm 6,63\%$, e pela tarde $58,3 \pm 17,8\%$; $63,0 \pm 14,8\%$ e $57,0 \pm 12,1\%$.

Foram alojados dois animais por baia em galpão de creche em alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dispostos em três salas, cada uma possuindo dez baias, divididas por corredor central. As baias ($1,32 \text{ m}^2$) eram do tipo “suspenso” com piso de plástico parcialmente ripado, com comedouros semiautomático frontal e bebedouro tipo chupeta na parte posterior. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Foi formulada uma dieta basal (Tabela 4) para atender as exigências de todos os nutrientes, segundo Rostagno (2005), com exceção do P.

Os sete tratamentos utilizados (Tabela 4) foram: BASAL = Sem suplemento de fósforo, contendo 0,26% de P total; FB = Dieta basal com 0,053% de P proveniente de fosfato bicálcico; FB = Dieta basal com 0,105% de P proveniente de fosfato bicálcico; LEV35 = Dieta basal com 0,053% de P proveniente da LEV35; LEV35 = Dieta basal com 0,105% de P proveniente da LEV35; LEV40 = Dieta basal com 0,053% de P proveniente da LEV40; LEV40 = Dieta basal com 0,105% de P proveniente da LEV40.

TABELA 4 - Composição centesimal das rações experimentais

Tratamento:	1	2	3	4	5	6	7
Fonte P:	Basal	FB ¹		LEV35 ²		LEV40 ³	
P total, %:	0,26	0,32	0,37	0,32	0,37	0,32	0,37
P adição %:	0	0,05	0,11	0,05	0,11	0,05	0,11
Ingredientes							
Milho	37,42	37,42	37,42	37,42	37,42	37,42	37,42
Farelo de soja	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92	33,92
Calcário	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650
Amido	24,82	24,51	24,20	14,63	4,63	12,50	0,400
Fosfato bicálcico	0,120	0,430	0,740	0,120	0,120	0,120	0,120
Levedura 35	-	-	-	10,19	20,19	-	-
Levedura 40	-	-	-	-	-	12,32	24,42
Óleo de soja	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Lisina HCl, 99%	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
DL- Metionina, 99%	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Vitaminas + Minerais ⁴	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Leucomag 30%	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total	100	100	100	100	100	100	100
Composição Calculada							
Cálcio %	0,756	0,825	0,893	0,761	0,765	0,774	0,791
Fósforo total %	0,261	0,315	0,367	0,315	0,367	0,315	0,367
Lisina total %	1,025	1,025	1,025	1,307	1,584	1,360	1,689
Proteína bruta %	18,69	18,69	18,69	22,06	25,37	23,26	27,74

¹FB = Fosfato bicálcico; ²LEV35 = Levedura seca de cana-de-açúcar; ³LEV40 = Levedura seca de cana-de-açúcar+cervejaria; ⁴Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial, composição por kg do produto: Vit A, 50.000 UI; Vit D3, 10.000 UI; Vit E, 160mg; Vit K3, 12mg; Vit B1, 12mg; Vit B2, 20mg; Vit B6, 12mg; Vit B12, 100mcg; Ac. Fólico, 2,4mg; Ac. Nicotínico, 140mg; Ac. Pantotênico, 88mg; Biotina, 0,4mg; Colina, 1,248g; Ferro, 800mg; Cobre, 800mg; Cobalto, 3,2mg; Manganês, 220mg; Zinco, 11.150mg; Selênio, 1,2mg; Iodo, 7,2mg.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos, quatro repetições e dois suínos por unidade experimental.

Os animais foram pesados no início e no final de cada fase do experimento, quando foi computado o consumo de ração. Com estes dados foi calculado o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA).

No último dia do ensaio de crescimento foi realizado o procedimento da caudectomia descrito por Lüdke et al. (2000). Os ossos vertebrais coccigeos foram isolados da pele e músculos, foram desengordurados, secos em estufa ventilada a 80°C, colocados na mufla a 600°C durante 4 horas e depois analisados para determinar os teores de cinza e P nos ossos. As análises químicas foram realizadas de acordo com os métodos descritos por Silva & Queiroz (2006).

Os dados obtidos foram submetidos á anaálise de variância seguida de teste de medias (Newman Keuls) utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Foi avaliada a biodisponibilidade do fósforo das LEV35 e LEV40 por meio de dois métodos (A: método da curva padrão e B: método do *Slope Ratio*) descritos por Sakomura & Rostagno (2007).

Método A – Método da Curva Padrão

Seguindo a metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007), nas análises de dados foi elaborada uma Reta Padrão, onde a equação de regressão linear foi determinada com base nos dados de consumo do P proveniente da dieta padrão (X) e as variáveis dependentes (CDR, GDP, CA, Cinza e P no osso) (Y).

A Reta Padrão ($Y = a + bx$) obtida foi usada para estimar a biodisponibilidade para uma determinada resposta, a partir do valor (Y) do parâmetro medido da fonte teste (LEV35 e LEV40). Foi também calculada a quantidade correspondente de nutriente da fonte padrão (FB). A relação entre os dois valores (LEV 35 ou LEV 40 com o FB) forneceu a biodisponibilidade comparativa do nutriente na respectiva fonte teste (LEV35 ou LEV40).

Método B: *Slope Ratio*

Os dados foram ajustados por dois modelos matemáticos, que são:

1. Elaboração de equações de regressão linear simples para o FB que foi a fonte padrão ($Y = a + b_p X_p$) e para as leveduras que foram as fontes testadas ($Y = a + b_t X_t$), sendo Y (CDR, GDP, CA, cinza e P no osso) e X (consumo de P).
2. Elaboração de equações de regressão linear múltipla, que foram determinadas, considerando-se o consumo de P da basal (X_b) e do FB (X_p), LEV35 (X_{t1}) e LEV40 (X_{t2}) e as respostas segundo o modelo: $Y = a + b_b X_b + b_p X_p + b_t X_t$

A biodisponibilidade relativa do P (BDP) foi calculada pela relação dos coeficientes de regressão (b), considerando-se o b do padrão (FB) equivalente a 100%:
 $BDP = b_t / b_p \times 100$.

Resultados e Discussão

Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade

Os dados obtidos no experimento de digestibilidade e valores médios do balanço de P e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo das rações e das LEV35 e LEV40 estão na Tabela 5. Estes dados foram utilizados para calcular os valores de CDAP, CDVP e a BDP, apresentados na Tabela 6. Este procedimento foi feito baseado na afirmação de Cromwell (1979) de que a digestibilidade aparente de fósforo é bastante utilizada para estimar a biodisponibilidade de P nos alimentos, embora tenha um valor limitado, a não ser que os dados estejam corrigidos para excreção endógena de fósforo nas fezes.

Os valores médios obtidos para o CDAP e CDVP da LEV40 foram superiores ($P < 0,05$) aos observados para a LEV35 (Tabela 6), sugerindo que a composição da parede celular da levedura de cana-de-açúcar (mananoproteínas e glucanos) pode comprometer a eficiência de utilização dos nutrientes (Butolo, 1997).

Os menores valores observados do CDAP (62,68%) e CDVP (64,15%) para a LEV35 são semelhantes aos valores observados por Bünzen et al. (2008), os quais trabalhando com levedura desidratada de cana-de-açúcar (LEV35) apresentaram valores para o CDAP de 61,22 e 55,42%, e CDVP de 69,07 e 65,30% para suínos em crescimento e terminação, respectivamente.

Entre os dois alimentos estudados foi observada pouca variação nos valores médios de CDAP e CDVP. Sauvant et al. (2003) relatam que o baixo conteúdo de fósforo fítico nas leveduras pode explicar os altos coeficientes de digestibilidade do fósforo.

O valor de CDVP para a LEV35 (64,15%) observado neste experimento é semelhante ao reportado por Rostagno et al. (2005) para o mesmo tipo de levedura, os quais apresentam valor de 66,45%. Esta pequena diferença nos coeficientes de digestibilidade deste subproduto pode ser explicada pelas variações nos parâmetros de processamento na produção da levedura uma vez que pode influenciar na disponibilidade dos nutrientes (Moreira et al., 1999; Zanutto et al., 1999).

TABELA 5 - Valores médios do balanço de fósforo e dos Coeficientes de Digestibilidade (CD) Aparente e Verdadeira de fósforo nas dietas e nas fontes¹

Ítems	Dietas ²			
	Basal (B)	B+FB	B+LEV35	B+LEV40
Consumo de matéria seca, g	5409	4868	4819	4810
Consumo P total, g	14,42	18,40	19,90	18,52
Consumo P basal, g	14,42	13,70	15,12	15,07
Consumo P alimento, g	-	4,700	4,786	3,454
Excreção P, g	4,831	5,689	6,856	5,846
P endógeno excretado, g	0,737	0,737	0,737	0,737
P Ração, %	0,267	0,378	0,413	0,385
CD aparente P ração, %	66,39	69,08	65,55	68,41
Consumo P digestível aparente total, g	-	12,71	13,04	12,67
Consumo P digestível aparente basal, g	-	9,100	10,04	10,01
Consumo P digestível aparente alimento, g	-	3,616	3,011	2,660
CD aparente P alimento, %	-	76,93	62,68	77,01
CD verdadeira P ração, %	70,82	73,09	69,25	72,41
Consumo P digestível verdadeiro total, g	-	13,45	13,78	13,41
Consumo P digestível verdadeiro basal, g	-	9,702	10,71	10,67
Consumo P digestível verdadeiro alimento, g	-	3,748	3,070	2,740
CD verdadeira P alimento, %	-	79,75	64,15	79,33

¹Valores obtidos, considerando a metodologia de coleta total de fezes e a fase inicial

²B FB = Fosfato bicálcico; LEV35 = Levedura 35; LEV40 = Levedura 40; P = fósforo; CD = Coeficiente de digestibilidade

TABELA 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDAP) e verdadeira (CDVP) e biodisponibilidade relativa de fósforo (BDP) nas fontes

Fonte de fósforo	CDAP		CDVP	
	Coleta total (%)	BDP (%)	Coleta total (%)	BDP (%)
FB ¹	76,81 ^a	100	79,79 ^a	100
LEV35	62,68 ^b	81,60	64,15 ^b	80,40
LEV40	77,01 ^a	100,26	79,33 ^a	99,42
CV (%) ²	8,59		9,55	

Médias com letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Newman Keuls

¹Foi atribuído ao fosfato bicálcico o valor de 100% de biodisponibilidade de fósforo; ²Coeficiente de variação

As diferenças observadas para os coeficientes de digestibilidade das leveduras secas por *spray-dry* LEV35 e LEV40 (Tabela 6), em que os coeficientes da LEV40 são superiores aos da LEV35, podem ser explicadas pelo descrito por Yamada et al. (2003) que afirmam que a digestibilidade da proteína das células íntegras de cervejaria é superior às células da levedura provenientes de destilaria de álcool, porque a parede celular das células da levedura de destilaria de álcool tornam-se mais espessas e mais resistentes às enzimas digestivas, dificultando a proteólise enzimática nas células íntegras, além de outros fatores como diferentes cepas e o metabolismo do animal que pode ter alguma influência. Por outro lado segundo Pansu et al. (1993) fatores inerentes à fonte, como o origem do mineral, estrutura físico química, assim como a superfície exposta da partícula e os tratamentos tecnológicos podem aumentar ou diminuir a digestibilidade e biodisponibilidade de um mineral fazendo variar a quantidade excretada nas fezes.

Outros trabalhos têm reportados valores de BDP de fontes orgânicas e inorgânicas de fósforo utilizando a metodologia de CDAP. Cabrera et al. (2002) concluíram que o modelo utilizado por eles (CDAP) foi adequado para detectar a qualidade nutricional das fontes de fósforo em relação a uma fonte padrão.

O CDVP também é considerado importante para obter valores de BDP já que segundo Shen et al. (2002) devem ser consideradas as perdas endógenas de fósforo que ocorrem por meio do muco, de células de descamação e de enzimas para determinação dos coeficientes de digestibilidade do fósforo, pois estes componentes representam uma via importante de excreção deste mineral e as perdas endógenas são mais expressivas em ingredientes com baixo teor de fósforo. Esses autores sugeriram ainda que o valore

de fósforo digestível aparente de alimentos, por exemplo, o milho, pode subestimar em aproximadamente 35% a verdadeira utilização do fósforo.

Experimento 2: Biodisponibilidade de fósforo

Não houve diferença ($P>0,05$) no GDP entre as rações suplementadas com dois níveis (0,053 e 0,105) de fósforo das fontes testadas (FB, LEV35 e LEV40) (Tabela 7). Esses dados são diferentes dos reportados por Cortelazzi (2006), que mostram aumento de 3,82% no ganho de peso em aves alimentadas com as rações suplementadas com 0,16% de P (0,56% P total), em relação as que consumiram dietas suplementadas com 0,08% de P (0,48% P total), independentemente da fonte de P avaliada.

TABELA 7 - Efeito do nível e consumo de fósforo sobre o desempenho (CDR, GDP, CA), % cinza no osso (% CO), % fósforo no osso (% PO)

TRT ¹	Dieta	Adição de P %	Consumo de P (g/d)		Variáveis				
			P da basal	P da fonte	CDR, kg/dia	GDP, kg/dia	CA	CO %	PO %
1	Basal	0	2,50	-	0,955	0,365 ^b	2,65 ^a	38,26 ^c	5,43 ^c
2	FB	0,053	3,16	0,639	1,206	0,507 ^a	2,40 ^{ab}	42,10 ^{abc}	6,70 ^{ab}
3		0,105	2,94	1,182	1,125	0,497 ^a	2,26 ^{ab}	47,26 ^a	7,21 ^a
4	LEV35	0,053	2,80	0,567	1,069	0,439 ^{ab}	2,47 ^{ab}	40,64 ^{bc}	6,06 ^{bc}
5		0,105	2,82	1,131	1,076	0,484 ^{ab}	2,22 ^{ab}	39,02 ^c	6,40 ^{abc}
6	LEV40	0,053	2,94	0,595	1,123	0,478 ^{ab}	2,35 ^{ab}	41,64 ^{abc}	6,37 ^{abc}
7		0,105	2,82	1,132	1,077	0,515 ^a	2,10 ^b	45,11 ^{ab}	6,96 ^{ab}
CV (%)					9,55	10,84	10,54	5,77	6,27

Média com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P<0,05$), pelo teste de Newman Keuls.

¹Tratamento

Para a CA não houve diferença ($P>0,05$) entre os alimentos estudados. Com relação ao % CO observou-se diferença ($P<0,05$) entre o nível 0,105% da LEV40 frente ao mesmo nível da LEV35, sendo que sempre os piores resultados observados no % de CO foram os da LEV35. Os resultados da variável % PO não foram diferentes ($P>0,05$) para a LEV35 e a LEV40.

Grandes diferenças foram observadas entre os coeficientes de biodisponibilidade das LEV35 e LEV40 utilizando as variáveis GDP e CA comparadas às variáveis % CO e % PO nas metodologias usadas para determinar a biodisponibilidade de P das leveduras (Tabelas 8, 9 e 10). As variáveis do desempenho foram mais altas para os níveis mais altos de P em função de que as dietas experimentais não foram isoproteicas, o que pode ter influenciado nas respostas já que o nível de lisina total das dietas foi mais

alto quando foi adicionada a levedura (T1: 1,025 %Lis; T2: 1,025 %Lis; T3: 1,025 %Lis; T4: 1,307 %Lis; T5: 1,584%Lis; T6: 1,360%Lis; T7: 1,689%Lis).

Em estudos de biodisponibilidade, segundo Amerman et al. (1963) as variáveis GDP, CA, CO, fósforo e fosfatase alcalina no soro, são úteis para avaliar fontes de fósforo. Entretanto os resultados deste experimento (Tabela 7) sugerem que em estudos onde as dietas experimentais não são isoproteicas e isocalóricas, as variáveis de desempenho não foram confiáveis, mostrando-se mais sensíveis às variáveis de medição de P e cinza no osso. Este comportamento está de acordo com Queiroz (2008), o qual afirma que, a variável cinza óssea apresenta maior sensibilidade de resposta quando se faz comparações entre as fontes de P.

Discrepâncias encontradas entre as variáveis de desempenho e as variáveis de mineralização óssea, indicam que, provavelmente, há uma diferença na intensidade metabólica entre os tecidos brandos e o tecido ósseo, de tal forma que os animais alimentados com alimentos de menor biodisponibilidade de fósforo na dieta, seguem crescendo a uma velocidade similar aos alimentados com fontes de maior biodisponibilidade, a expensas de uma menor mineralização do tecido ósseo (Franseuie et al., 2004)

Para a confecção da curva padrão (Tabela 8) foi utilizado o fosfato bicálcico (FB) como fonte padrão conforme Sakomura & Rostagno (2007) diferente do fosfato monocálcico adotado por Queiroz et al. (2008), mesmo assim, tanto no primeiro caso como no segundo foi observado que as variáveis de desempenho não são sensíveis para determinar a biodisponibilidade do P.

TABELA 8 - Valores de biodisponibilidade relativa de fósforo do FB, LEV35 e LEV40, usando a curva padrão, através das variáveis de desempenho, cinza no osso e fósforo no osso

Variáveis Dependentes	Biodisponibilidade Relativa do fósforo (%)		
	Fontes de fósforo		
	FB ¹	LEV35 ²	LEV40 ³
Ganho de peso (g/dia) ⁴	100	78,03	115,07
Conversão alimentar ⁵	100	93,57	147,67
Cinza no osso (%) ⁶	100	37,74	82,82
Fósforo no osso (%) ⁷	100	55,62	88,86

¹Foi atribuído ao fosfato bicálcico valor de 100% de biodisponibilidade de fósforo; ²LEV35 = Levedura seca de cana-de-açúcar; ³LEV40 = Levedura seca de cana de açúcar+cervejaria

Equações de regressão para a fonte padrão (FB):

⁴ GDP = 0,383786 + 0,119174x¹; (r² = 0,46);

⁵ CA = 2,6299 - 0,317796x¹; (r² = 0,45);

⁶ CO = 37,9375 + 7,58246x¹; (r² = 0,70);

⁷ PO = 5,5583 + 1,46441x¹; (r² = 0,69).

A BDP para as leveduras, utilizando ganho de peso, foi de 88,65% para a LEV35 e 113,18 para a LEV40, e utilizando cinzas ósseas os valores foram de 13,59% e 79,08% para a LEV35 e a LEV40 respectivamente (Tabela 9). Comportamento similar foi observado por Fernandes et al. (1999) que trabalhando com frangos e a metodologia do *slope ratio* (regressão linear simples), encontraram valores de BDP de 100,6 e 107,6% (utilizando ganho de peso) e 88,3 e 93,2% (utilizando cinzas ósseas), para fosfatos agrícolas e fosfatos usados na alimentação animal respectivamente. De forma semelhante Spencer et al. (2000) avaliaram a biodisponibilidade media de fósforo de um milho normal e outro geneticamente modificado baixo em fitato, por meio de dois métodos, o *slope ratio* (regressão linear simples) e uma metodologia *in vitro*. Utilizando a primeira metodologia, observaram valores de 62% e 9% para os dois milhos respectivamente, enquanto na segunda metodologia observaram valores de 57% e 11% para os dois milhos.

Também utilizando a metodologia do *slope ratio* (regressão linear simples) para avaliar a BDP de fosfatos de rocha, Souza et al. (2009) afirmam que esta é uma metodologia muito utilizada até o presente, sendo confiável para avaliar biodisponibilidade de fósforo de diversos alimentos. Assim pode-se afirmar que a metodologia do *slope ratio* (regressão linear simples) é utilizada rotineiramente para avaliar valores de BDP em alimentos.

Os valores similares da BDP, para cada uma das leveduras, obtidos por meio dos dois modelos matemáticos na metodologia *slope ratio* regressão linear simples e múltipla, foram semelhantes aos obtidos por Traylor et al. (2005). Estes autores avaliaram a biodisponibilidade de fósforo da farinha de carne e osso, tendo como fonte padrão o fosfato monossódico, pelo método do *slope ratio*, obtendo valores de 87% de biodisponibilidade com equações de regressão linear múltipla e 95% com equações de regressão linear simples.

Independente da metodologia utilizada, foram obtidos maiores valores de BDP das leveduras considerando as variáveis de desempenho comparadas às variáveis do osso. Estas respostas são semelhantes aos valores obtidos por Lima et al. (1997) que avaliando a BDP de fontes inorgânicas, para frangos e utilizando a técnica do *slope ratio* com equações de regressão linear simples observaram maiores valores de BDP das fontes de fósforo considerando a variável ganho de peso em comparação com as variáveis cinza no osso e resistência a quebra do osso. Os autores informam que essas

diferenças podem ser explicadas pela forma química na qual o fósforo se encontra nas fontes estudadas.

TABELA 9 - Valores de biodisponibilidade relativa de fósforo do FB, LEV35 e LEV40, usando *slope ratio* (Regressão linear Simples), utilizando as variáveis de desempenho, cinza no osso e fósforo no osso

Variáveis Dependentes	Biodisponibilidade Relativa do fósforo (%)		
	Fontes de fósforo		
	FB ¹	LEV35 ²	LEV40 ³
Ganho de peso (g/dia) ⁴	100	88,65	113,18
Conversão alimentar ⁵	100	103,5	150,78
Cinza no osso (%) ⁶	100	13,59	79,08
Fósforo no osso (%) ⁷	100	61,36	91,78

¹Foi atribuído ao fosfato bicálcico valor de 100% de biodisponibilidade de fósforo; ²LEV35 = Levedura seca de cana-de-açúcar; ³LEV40 = Levedura seca de cana de açúcar+cervejaria

Equações de regressão para a fonte padrão (FB):

$$^4 \text{GDP} = 0,383786 + 0,119174x^1; \quad (r^2 = 0,46);$$

$$^5 \text{CA} = 2,6299 - 0,317796x^1; \quad (r^2 = 0,45);$$

$$^6 \text{CO} = 37,9375 + 7,58246x^1; \quad (r^2 = 0,70);$$

$$^7 \text{PO} = 5,5583 + 1,46441x^1; \quad (r^2 = 0,69).$$

Equações de regressão para a LEV35%:

$$^4 \text{GDP} = 0,369447 + 0,105658x^2; \quad (r^2 = 0,50);$$

$$^5 \text{CA} = 2,63186 - 0,328923x^2; \quad (r^2 = 0,27);$$

$$^6 \text{CO} = 38,7229 + 1,03042x^2; \quad (r^2 = 0,03);$$

$$^7 \text{PO} = 5,45398 + 0,898609x^2; \quad (r^2 = 0,61).$$

Equações de regressão para a LEV40%:

$$^4 \text{GDP} = 0,374745 + 0,134885x^3; \quad (r^2 = 0,63);$$

$$^5 \text{CA} = 2,6439 - 0,479195x^3; \quad (r^2 = 0,64);$$

$$^6 \text{CO} = 38,2172 + 5,99646x^3; \quad (r^2 = 0,74);$$

$$^7 \text{PO} = 5,47991 + 1,34418x^3; \quad (r^2 = 0,72).$$

em que:

X¹ = consumo de fósforo do fosfato bicálcico

X² = consumo de fósforo da LEV35

X³ = consumo de fósforo da LEV40

Qualquer que seja a metodologia considerada (Tabelas 8, 9 e 10) os valores de biodisponibilidade relativo de P para a LEV40 são maiores em comparação a LEV35, o que pode ser explicado pela composição da parede celular, a qual tem influência sobre a eficiência de utilização dos nutrientes (Butolo, 1997).

Os valores médios de BDP obtidos por meio das equações de regressão linear múltipla e considerando as variáveis de ossos (Tabela 10) foram 36,29% e 84,1% respectivamente. Este procedimento é semelhante ao trabalho de Gomes et al. (1989) que avaliando a biodisponibilidade de fosfatos de rocha para suínos na fase inicial obtiveram equações por meio de regressão linear múltipla, considerando o fosfato bicálcico 100% disponível e calculando a biodisponibilidade de P dos fosfatos de Araxá e Patos de Minas, pela relação dos coeficientes de regressão. Também utilizando vários modelos como os utilizados no presente experimento Sands et al. (2001) estudaram

milho com e sem fitase e estimaram a biodisponibilidade relativa do fósforo com regressão linear simples e regressão linear múltipla utilizando como padrão o fosfato monossódico.

TABELA 10 - Valores de biodisponibilidade relativa de fósforo do FB, LEV35 e LEV40, usando *Slope Ratio* (Regressão linear múltipla), utilizando as variáveis de desempenho, cinza no osso e fósforo no osso

Variáveis Dependentes	Biodisponibilidade Relativa do fósforo (%)		
	Fontes de fósforo		
	FB ¹	LEV35 ²	LEV40 ³
Ganho de peso (g/dia) ⁴	100	90,37	137,9
Conversão alimentar ⁵	100	93,64	132,5
Cinza no osso (%) ⁶	100	19,38	82,0
Fósforo no osso (%) ⁷	100	53,20	86,2

¹Foi atribuído ao fosfato bicálcico valor de 100% de biodisponibilidade de fósforo; ²LEV35 = Levedura seca de cana-de-açúcar; ³LEV40 = Levedura seca de cana-de-açúcar+cervejaria

$${}^4Y = 0,0751965 + 0,119391x^1 + 0,065089x^2 + 0,0588246x^3 + 0,0897585x^4; \quad (r^2 = 0,70);$$

$${}^5Y = 2,17118 + 0,167214x^1 - 0,366953x^2 - 0,343603x^3 - 0,486369x^4; \quad (r^2 = 0,38);$$

$${}^6Y = 37,68 + 0,253193x^1 + 7,06971x^2 + 1,37017x^3 + 5,79742x^4; \quad (r^2 = 0,63);$$

$${}^7Y = 5,39976 + 0,0676685x^1 + 1,41736x^2 + 0,754077x^3 + 1,22181x^4; \quad (r^2 = 0,68).$$

em que:

X¹ = consumo de fósforo da dieta basal

X² = consumo de fósforo do fosfato bicálcico

X³ = consumo de fósforo da LEV35

X⁴ = consumo de fósforo da LEV40

Em função da fragilidade das respostas das variáveis de desempenho, foi decidido utilizar as variáveis de ossos para estimar a BDP das duas leveduras.

Calculando os valores médios das BDP obtidas com três metodologias (coeficiente de digestibilidade verdadeira, a da curva padrão e a do *slope ratio*: regressão linear simples e múltipla), foi obtido o valor médio de 50,21% para a LEV35 e de 88,69% para a LEV40 (Tabela 11).

TABELA 11 - Valores de biodisponibilidade relativa do fósforo da LEV35 e LEV40, obtidos por meio das diferentes metodologias usadas

Alimento	Biodisponibilidade Relativa do fósforo (%)				
	CDVP	Curva Padrão	<i>Slope Ratio</i>		Media
			Linear	Múltipla	
LEV35	80,40	46,68	37,48	36,29	50,21
LEV40	99,42	85,84	85,43	84,1	88,69

A baixa biodisponibilidade de fósforo da LEV35 pode ser atribuída à resistência da parede celular à ação das enzimas digestivas, uma vez que as leveduras provenientes de destilaria de álcool tornam mais espessas, dificultando a proteólise (Yamada et al., 2003).

Apesar de não haver dados comparáveis na literatura quanto à biodisponibilidade do fósforo das leveduras, Sauvant et al. (2003) afirmam que o conteúdo de fósforo fítico presente na levedura corresponde a apenas 10% do conteúdo de fósforo total, portanto, há uma grande percentagem de fósforo deste alimento que pode ser disponível para os animais.

O valor de fósforo disponível, para a LEV35 e LEV40 é 0,26% e 0,38% respectivamente. O único valor de P disponível na literatura brasileira para leveduras é o indicado nas Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005). Entretanto, os valores indicados são resultado da multiplicação do teor de fósforo total pelo coeficiente genérico 0,33 utilizado para alimentos de origem vegetal, e não obtidos em experimentos específicos de biodisponibilidade.

Conclusões

Os coeficientes de digestibilidade e a biodisponibilidade relativa do fósforo da levedura seca de cana-de-açúcar+cervejaria (LEV40) são melhores que os da levedura seca de cana-de-açúcar (LEV35) para suínos na fase inicial.

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro das leveduras são 62,68 e 64,15% para a LEV35; 77,01 e 79,33%, para a LEV40, respectivamente.

O valor da biodisponibilidade do fósforo da LEV35 é 50,21% e da LEV40 é 88,69%, o que corresponde a 0,26% e 0,38% de fósforo disponível, respectivamente.

Literatura Citada

- AMMERMAN, C.B.; ARRINGTON, L. R.; MCCALL, J. T.; et al. Inorganic Phosphorus Utilization by Swine as Measured by the Isotope Technique. **Journal of Animal Science**, v.22, p.890-893, 1963.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; LOPES, E.L.; et al. Utilização da levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1576-1581, 2006.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; LOPES, D.C.; et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1236-1242, 2008.
- BUTOLO, E. A. F.; NOBRE, P. T. C.; BUTOLO, J. E. Determinação do valor energético e nutritivo da levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) para frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO'97 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1997, Campinas. **Trabalhos...** Campinas, SP: FACTA/WSPA-BR, p.11, 1997.
- CABRERA, M.C.; DEL PUERTO, M.; RAMOS, A.; et al. Evaluación de la biodisponibilidad del fósforo orgánico e inorgánico a través de la solubilidad in vitro y utilización in vivo. **Agrociencia**, v.6, n.1, p.69-78, 2002.
- CONAB. Cana-de-açúcar Safra 2008 (Terceiro levantamento). Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3lev-cana.pdf>. Acessado: 20/03/2009
- CORLEY, J.R.; BAKER, D.H.; EASTER, R.A. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **Journal of Animal Science**, v.50, n.2, p.286-292, 1980.
- CORTELAZZI, C.Q.L. **Fósforo disponível para frangos de corte em fosfatos para alimentação animal**. 2006. 62 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CROMWELL, G.L. Availability of phosphorus in feedstuffs for swine. **Proc. Distiller Feed. Res. Conf**, v.34, n.40, p.40-50, 1979.
- FERNANDES, J.I.; LIMA, F.R.; MENDONÇA JUNIOR, C.X.; et al. Relative bioavailability of phosphorus in feed and agricultural phosphates for poultry. **Poultry Science**, v.78, p.1729-1736, 1999.
- FIALHO, E.T.; ALBINO, L. F. T.; BLUME, E. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.1419-1431, 1985.
- FRANSEUÏE, D.; CHICCO, C. F.; GODOY, S.; et al. Fuentes de fósforo en la alimentación de cerdos. 1.: crecimiento y mineralización ósea. **Revista Científica**, Maracaibo, v.14, n.2, p.107-114, 2004.

- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; PEREIRA, J.A.; et al. Exigência de fósforo total e disponível e sua disponibilidade em fosfatos de rochas para suínos na fase inicial (13 a 37 Kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.18, n.1, 1989.
- LIMA, F. R.; MENDOÇA, JR.; ALVAREZ, J. C.; et al. Biological evaluations of commercial dicalcium phosphates as sources of available phosphorus for broiler chicks. **Poultry Science**, v.76, p.1707-1713, 1997.
- LUDKE, M.M.; LOPES, J.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito da Fitase em Dietas com ou sem Fosfato Inorgânico para Suínos em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.485-494, 2000.
- MIYADA, V. S. A levedura na alimentação de suínos. In: SBZ. (Org.). *Novas Tecnologias de Produção Animal*. Piracicaba: FEALQ, p.211-238, 1990.
- MOREIRA, I.; ANDREOTTI, F.L.; FURLAN, A.C. et al. Viabilidade da Utilização da Levedura de Recuperação (*Saccharomyces* spp.), Seca pelo Método *Spray-Dry*, na Alimentação de Leitões em Fase de Creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.319-324, 1998.
- MOREIRA, I.; ZANUTTO, C.A.; FURLAN, A.C.; Utilização de levedura de recuperação (*Saccharomyces* sp.) seca por “*spray-dry*”, em rações fareladas ou peletizadas para leitões na fase inicial. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.711-716, 1999.
- MOREIRA, J.A.; MIYADA, V.S.; MENTEN, J.F. et al. Uso da Levedura Seca por “*Spray-Dry*” como Fonte de Proteína para Suínos em Crescimento e Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p. 962-969, 2002.
- PANSU, D.; DUFFUS, C.; BELLATON, C.; et al. Solubility and intestinal transit time limit calcium absorption in rats. **Journal of Nutrition**, v.123, p.1396-1404, 1993.
- PEELER, H.T. Biological of nutrient in feeds: availability of major mimeral íons. **Journal of Animal Science**, v.57, n.3, p.695-712, 1977.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5. p.1303-1309, 1968.
- POVEDA, P.A. **Levedura *spray-dry* (álcool e cervejaria) na alimentação de suínos**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009. 54p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2009.
- QUEIROZ, L.S.B.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B. et al. Utilização de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.10, p.1421-1427, 2008.
- ROSTAGNO H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p
- SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Universidade Federal de Visoça – UFV: 2000.

- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal : Funep, 283 p. 2007.
- SANDS, J.S.; RAGLAND, D.; BAXTER, C. et al. Phosphorus bioavailability, growth performance, and nutrient balance in pigs fed high available phosphorus corn and phytase. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2134–2142, 2001.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. **Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero**. Paris: Institute National de la Recherche Agronomique, 2003. p.212. (versão espanhola).
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A. et al. Use of the regression analysis technique to determine the true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output associated with corn in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v.132, p.1199-1206, 2002.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, p. 235, 2006.
- SOUZA, L.W.; MORETTI, A.; TUCCI, F.M.; et al. Phosphorus availability of rock phosphates as compared with feed-grade phosphates for swine. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.90-98, 2009.
- SPENCER, J.D.; ALLE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **Journal of Animal Science**, n.78, p.675-681, 2000.
- TEIXEIRA, A.; LOPES, D.C.; LOPES, J.B. et al. Determinação da Biodisponibilidade do Fósforo de Diferentes Fontes pela Técnica de Diluição Isotópica, em Suínos em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1231-1237, 2004.
- TRAYLOR, S.L.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1054–1061, 2005.
- YAMADA, E.A.; ALVIM, I.D.; SANTUCCI, M.C.C.; et al. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. **Revista de Nutrição**, v.16, p.423-432, 2003.
- ZANUTTO, C.A.; MOREIRA, I., FURLAN, A.C. Utilização de levedura de recuperação (*Saccharomyces* sp.) seca por “*spray-dry*” ou por rolo rotativo na alimentação de leitões na fase inicial. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.705-710, 1999.