

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA ADIÇÃO DO ÁCIDO BUTÍRICO E DA FITASE NA
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM SUÍNOS NA FASE CRESCIMENTO**

TAIANE GOLFETTO MACHINSKY
Zootecnista/UNIOESTE

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Maio 2008

A Deus,

por sempre me abençoar, por conceder-me força e coragem e por permitir que eu viva com grande felicidade na companhia de meus familiares e amigos.

Aos meus pais, Wilson V. Machinsky e Leoni G. Machinsky, pelo exemplo de vida, pelo espírito incansável de trabalho e pela formação de meu caráter.

Aos meus irmãos, Willian e Tainara, a eles dedico este trabalho, como sinal de amor e carinho que nos une.

Ao Eleandro,

por partilhar, com muito companheirismo, de todos os bons e maus momentos, acreditando em minha pessoa; por apoiar e dedicar-me carinho e amor, de forma incondicional, dedico e agradeço de coração.

Em especial ao meu filho Renan Machinsky Rizzo, por ser motivo maior do meu viver.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na pessoa de todos os seus funcionários, em especial do Departamento de Pós-Graduação em Zootecnia.

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

Ao meu orientador, Alexandre de Mello Kessler, agradecimentos pela orientação e ensinamentos. Acreditando no meu trabalho, conduziu-me a maiores reflexões e desta forma enriqueceu-me. Minha especial admiração e gratidão.

A todos os professores que participaram desta jornada, sempre solícitos, porque sem eles não haveria enriquecedoras idéias. Meus sinceros agradecimentos.

Aos membros da banca avaliadora pelo apressado e sugestões.

Aos meus queridos colegas da pós-graduação e aos estagiários e bolsistas de iniciação científica, pelos momentos de convívio, risos, trocas e afetos. Com muita saudade obrigada.

À Eleandro Aparecido Rizzo e aos meus pais, por todo amor, carinho, amizade, apoio e incentivo, sempre!

A Deus por ter me iluminado em mais uma jornada e, finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, me ajudaram a chegar até aqui. Muito obrigada!

EFEITO DA ADIÇÃO DO ÁCIDO BUTÍRICO E DA FITASE NA DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM SUÍNOS NA FASE CRESCIMENTO¹

Autora: Taiane Golfetto Machinsky

Orientador: Prof. Alexandre de Mello Kessler

RESUMO

A baixa disponibilidade das fontes minerais, entre eles o cálcio e o fósforo, são um dos atuais problemas enfrentados na suinocultura, pois além de seus custos adicionais com a suplementação nas rações, uma parte significativa destes minerais é eliminada com as fezes, acirrando ainda mais os efeitos de poluição. Para amenizar estes efeitos, algumas estratégias nutricionais são apontadas como a suplementação de ácidos orgânicos e enzimas. A utilização de ácido butírico e fitase na alimentação de suínos pode proporcionar diversos efeitos no trato digestório, entre os quais aumentar a digestibilidade dos minerais. Neste trabalho foi testada a inclusão do butirato de sódio 84% (0 ou 0,3%) e da fitase exógena de origem bacteriana *Escherichia coli* (0 ou 500 FTU/kg) em dietas com dois níveis de cálcio (0,5 ou 0,72%) cujo objetivo foi avaliar a retenção aparente de cálcio e fósforo, além do desempenho e metabolizabilidade dos demais nutrientes em suínos na fase crescimento. Foram utilizados 32 suínos, machos, castrados, de linhagem comercial, com peso inicial de 25 kg. Utilizou-se um esquema fatorial 2X2x2 em um delineamento completamente casualizado, com 4 repetições. As variáveis analisadas foram consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, digestibilidade total aparente da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), cinzas (CDCz), a metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), o coeficiente de retenção de nitrogênio (CRN) e o balanço de cálcio e fósforo. Para os resultados de desempenho, observou-se que os níveis de cálcio influenciaram o consumo de ração. Já o ganho de peso foi afetado pelos níveis de cálcio e fitase. No entanto, não houve diferença significativa para a conversão alimentar. Para a digestibilidade dos nutrientes observou-se apenas que o CDPB foi maior quando houve a inclusão de ácido butírico na dieta. Para o balanço de minerais, verificou-se que os níveis de cálcio influenciaram o balanço de cálcio e fósforo, onde o menor nível proporcionou maior digestibilidade e retenção destes minerais. O conteúdo de cálcio também interferiu na excreção de fósforo pela urina, que foi maior quando seus níveis eram menores. A presença de fitase melhorou a digestibilidade e retenção do cálcio e fósforo, reduzindo suas perdas nas fezes complexados ao fitato. Os resultados encontrados permitem concluir que os níveis de cálcio da dieta interferiram no balanço de cálcio e fósforo em suínos na fase crescimento e que a adição da fitase melhorou suas retenções. Já a adição do ácido butírico contribuiu para melhorar a digestibilidade da proteína bruta.

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (118p.). Maio de 2008.

EFFECT OF THE ADDITION OF BUTYRIC ACID AND PHYTASE IN THE DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS IN GROWING PIGS¹

Author: Taiane Golfetto Machinsky

Adviser: Prof. Alexandre de Mello Kessler

ABSTRACT

The low availability of mineral sources, including calcium and phosphorus, are one of the current problems in pig nutrition, as well as its additional costs with the dietary supplement, a significant proportion of these minerals is eliminated with the faeces, with further effects on environmental pollution. To mitigate these effects, the nutritional supplementation of organic acids and enzymes are some strategies proposed. The use of butyric acid and phytase in feed for pigs may provide different effects in digestive tract, including enhancement the digestibility of mineral. This work tested the inclusion of sodium butyrate 84% (0 or 0.3%) and *Escherichia coli* phytase (0 or 500 FTU / kg) in diets with two calcium levels (0.5 or 0.72%) with the purpose of evaluating the calcium and phosphorus apparent retention, beyond performance and nutrients metabolizability in growing pigs. In this study were used 32 male castrated commercial pigs, with initial weight of 25 kg. Experimental diets were assigned in a 2X2x2 factorial arrange in a completely randomized design, with 4 repetitions. The responses evaluated were feed intake, weight gain, feed conversion, dry matter, crude protein, energy, ash apparent total tract digestibility (ATTD), energy metabolizability, nitrogen retention coefficient, calcium and phosphorus balance. For the results of animal performance, it was observed that calcium levels influenced the feed intake, and calcium and phytase levels affected the weight gain. However, there was no significant difference in feed conversion. Digestibility of nutrients was unaffected by treatments, except for a slight increase in crude protein ATTD with the inclusion of butyric acid in the diet. For Ca and P balance, it was found that calcium levels influenced the calcium and phosphorus balance, where the lowest level provided higher digestibility and retention. The calcium content also interfered in the urine excretion of phosphorus, which was higher with the lower calcium level. The addition of phytase improved calcium and phosphorus digestibility and retention, reducing its loss in faeces. The results show that the calcium levels in the diet interfered in the calcium and phosphorus balance in growing pigs and that the addition of phytase improved their retention and this triggers a possibility of formulating diets with lower calcium levels.

¹ Master of Science Dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (118p.). May, 2008.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| CAPÍTULO I | |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 2 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | |
| 2.1 Ácidos orgânicos..... | 5 |
| 2.1.1 Características do ácido butírico..... | 7 |
| 2.1.2 Absorção de metabolismo dos ácidos orgânicos..... | 10 |
| 2.1.3 Ácidos orgânicos na alimentação animal..... | 12 |
| 2.1.4 Modo de ação..... | 13 |
| 2.1.5 Fatores que contribuem com a variabilidade das respostas com ácidos orgânicos..... | 17 |
| 2.2 Fitato e fitase: Conseqüências na utilização dos nutrientes em suínos..... | 19 |
| 2.2.1 Características e ação do fitato sobre o metabolismo dos nutrientes em suínos..... | 19 |
| 2.2.2 Características e ação da enzima fitase no metabolismo de nutrientes em suínos..... | 22 |
| 2.2.3 Fatores que contribuem para a variabilidade das respostas com fitases..... | 26 |
| 2.3 Aspectos funcionais do cálcio..... | 29 |
| 2.3.1 Absorção intestinal do cálcio..... | 30 |
| 2.3.1.1 Transporte paracelular..... | 31 |
| 2.3.1.2 Transporte transcelular..... | 34 |
| 2.3.2 Excreção renal de cálcio..... | 36 |
| 3. HIPÓTESES E OBJETIVOS..... | 38 |
| CAPÍTULO II | |
| Efeito da adição do ácido butírico e da fitase na digestibilidade de nutrientes em suínos na fase crescimento | |
| Resumo..... | 41 |
| Abstract..... | 42 |
| Introdução..... | 43 |
| Material e Métodos..... | 46 |
| Resultados e discussão..... | 51 |
| Conclusões..... | 68 |
| Literatura citada..... | 69 |
| CAPITULO III | |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 73 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 75 |
| 6. APÊNDICES..... | 85 |
| 7. VITA..... | 118 |

LISTA DE TABELAS

| | Páginas |
|--|---------|
| 1.Fórmulas, características físicas e químicas de ácidos orgânicos utilizados como acidificantes em dietas para suínos..... | 6 |
| 2.Descrição das dietas experimentais..... | 48 |
| 3.Composição percentual dos tratamentos experimentais..... | 49 |
| 4.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de suínos na fase crescimento..... | 54 |
| 5.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a digestibilidade da matéria seca, energia bruta e cinzas e metabolizabilidade da energia bruta de suínos na fase crescimento..... | 56 |
| 6.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a digestibilidade da proteína bruta, retenção de nitrogênio e percentagem de nitrogênio excretado na urina de suínos na fase crescimento..... | 58 |
| 7.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o consumo e digestibilidade de cálcio de suínos na fase crescimento..... | 59 |
| 8.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a retenção e percentagem de cálcio excretado na urina de suínos na fase crescimento..... | 62 |
| 9.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o consumo e digestibilidade do fósforo de suínos na fase crescimento..... | 64 |
| 10.Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a retenção e percentagem de fósforo excretado na urina de suínos na fase crescimento..... | 65 |
| 11.Efeito do período experimental sobre as variáveis de desempenho e digestibilidade dos nutrientes em suínos na fase crescimento..... | 67 |

LISTA DE ABREVIÇÕES E SÍMBOLOS

| | |
|---|--|
| 1,25-DHC..... | 1,25-dihidroxicolecalciferol |
| AA's..... | Aminoácidos |
| AB..... | Ácido butírico |
| AGCC..... | Ácidos graxos de cadeia curta |
| AOAC..... | Association of Official Agricultural Chemists |
| Ca..... | Cálcio |
| Ca ²⁺ | Íon cálcio |
| CA..... | Conversão alimentar |
| CaC..... | Cálcio consumido |
| CaFz..... | Cálcio excretado nas fezes |
| CaRT..... | Retenção de cálcio |
| CaU..... | Cálcio excretado na urina |
| CDCa..... | Coeficiente de digestibilidade do cálcio |
| CDCZ..... | Coeficiente de digestibilidade das cinzas |
| CDEB..... | Coeficiente de digestibilidade da energia bruta |
| CDMS..... | Coeficiente de digestibilidade da matéria seca |
| CDP..... | Coeficiente de digestibilidade do fósforo |
| CDPB..... | Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta |
| CMEB..... | Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta |
| CR..... | Consumo de ração |
| CRCa..... | Coeficiente de retenção do cálcio |
| CRN..... | Coeficiente de retenção de nitrogênio |
| CRP..... | Coeficiente de retenção do fósforo |
| CV..... | Coeficiente de variação |
| CZ..... | Cinzas |
| F..... | Fitase |
| Fe ₂ O ₃ | Óxido de ferro |
| GP..... | Ganho de peso |
| H ⁺ | Íon hidrogênio |
| H ₂ SO ₄ ⁻ | Ácido sulfúrico |
| IP6..... | Fitato |
| meq..... | Miliequivalentes |
| MO..... | Matéria orgânica |
| MS..... | Matéria seca |
| N..... | Nitrogênio |
| Na ⁺ | Íon sódio |
| P..... | Fósforo |
| PB..... | Proteína bruta |
| PC..... | Fósforo consumido |
| PFz..... | Fósforo excretado nas fezes |
| pH..... | Potencial de hidrogênio iônico |
| pKa..... | Constante de dissociação |
| PRT..... | Retenção de fósforo |
| PTH..... | Paratormônio |
| PU..... | Fósforo excretado na urina |
| TGI..... | Trato gastrointestinal |
| TRPV 5/TRPV6..... | Canais epiteliais de cálcio |

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A intensificação do sistema de produção de suínos tem proporcionado aumentos de desempenho e melhora na produtividade. Para esta evolução, as dietas devem acompanhar esta tendência tornando-se cada vez mais complexas, buscando alternativas que proporcionem uma melhor digestibilidade dos nutrientes. Por outro lado, o uso de antibióticos para este fim vem sofrendo restrições por parcela dos consumidores e pela redução da eficiência frente ao aparecimento de cepas resistentes de microrganismo patogênicos. De acordo com Ricke (2003) o efeito primário dos antibióticos como promotores de crescimento é agir como antimicrobiano, de maneira que todos os efeitos benéficos observados na performance e na digestibilidade possam ser explicados pelos seus efeitos na microflora.

Entre os candidatos à substituição dos antibióticos estão os ácidos orgânicos, pois tal como os antibióticos, estes aditivos também possuem atividades antimicrobianas específicas, no entanto, pH dependentes. De acordo com Dibner & Buttin (2002), estes aditivos também podem aumentar a digestibilidade dos nutrientes através da redução da competição microbiana com o hospedeiro, por redução de incidências de infecções subclínicas, por secreção de mediadores imunes ou por redução da produção de amônia e outros metabólitos depressores de crescimento. Além destas características comuns aos antibióticos, os ácidos orgânicos possuem outros atributos

adicionais que lhes são particulares e que incluem a redução do pH da digesta, aumento na secreção pancreática e efeitos tróficos na mucosa do trato gastrointestinal (Partanen e Mroz, 1999), demonstrando que seus efeitos vão além da sua atividade antimicrobiana apenas.

Sabe-se que um dos atuais entraves na suinocultura está relacionado com a digestibilidade de minerais, principalmente cálcio e fósforo, que possuem baixo aproveitamento pelos animais em função da sua ligação com o ácido fítico levando a necessidade de suplementá-los com fontes inorgânicas e determinar o teor de cálcio e fósforo nas dietas acima da exigência do animal (Lecznieski et al., 2006). Com isso, o fósforo fítico e o cálcio ligado ao fitato, por ser de baixa digestibilidade, juntamente com o excesso de minerais inorgânicos são eliminados nas fezes dos animais, aumentando os efeitos de poluição ambiental.

Neste sentido, estratégias como a suplementação de enzimas, dentre elas as fitases exógenas de origem microbiana, são sugeridas como alternativas de grande potencial, com importantes implicações no aproveitamento destes nutrientes pelos animais. Entretanto, Urbano et al. (2000) ressalta que quem estuda a resposta à inclusão de fitase, observa que esta não é particularmente consistente, e existem muitos fatores que podem influenciar sua ação na degradação do fitato, dentre eles, o elevado pH intestinal ou até mesmo outros desafios como concentrações significativas de minerais de origem dietética e endógena. Para minimizar estes efeitos tem sido sugerido o uso de acidificantes, pois estes promovem um ambiente propício à atividade enzimática via redução do pH luminal, além de outros benefícios que foram citados anteriormente.

Entre os ácidos graxos de cadeia curta, o ácido butírico tem grande potencial dentro deste contexto, devido a sua característica multifuncional. Além de acidificante e antimicrobiano, o ácido butírico é fonte energética preferencial para as células intestinais, também age sobre o crescimento e integridade da mucosa, atuando positivamente sobre a atividade microbiana luminal, favorecendo os microrganismos benéficos e controlando os patogênicos, contribuindo com uma melhor absorção dos minerais e demais nutrientes e, conseqüentemente obtendo melhores resultados de desempenho e menores taxas de excreção (Kessler, 2005).

Este aumento da disponibilidade dos minerais nas dietas através da utilização de fitase e ácidos orgânicos possibilitaria substituir em partes ou totalmente a utilização de cálcio e fósforo inorgânico, disponibilizando um amplo espaço na formulação ocupado pela inclusão destes minerais e que poderia ser então ocupado com energia, proteína ou outro aditivo que auxilie na produção animal, além de minimizar os efeitos de poluição ambiental provocado pelo excesso de minerais nas fezes.

No entanto, os resultados observados na literatura com ácidos orgânicos são muito variáveis e ainda permanece incerto o seu efeito quando adicionado individual ou simultaneamente com a fitase na digestibilidade dos minerais e qual o mecanismo envolvido com absorção destes nutrientes pelo tecido epitelial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos estão amplamente distribuídos na natureza como constituintes naturais de plantas, tecidos animais e também podem ser formados como resultado da fermentação dos carboidratos por microrganismos no intestino grosso, e outros no metabolismo intermediário (Foegeding & Busta, 1991). Algumas características dos ácidos orgânicos mais utilizados na nutrição suína se encontram na Tabela 01. Muitos deles estão disponíveis como sais de sódio, potássio ou cálcio, que se comparados aos ácidos livres, têm a vantagem de serem geralmente inodoros e mais fáceis de se manejar no processo de fabricação da ração, devido a sua forma sólida e menos volátil, além de serem menos corrosivos (Roth, 2000); outro aspecto é o fato de terem menor efeito negativo sobre o consumo, quando empregados em doses elevadas (Partanen & Mroz, 1999).

Como grupo químico, segundo Foegeding & Busta (1991), os ácidos orgânicos são considerados como sendo qualquer substância de estrutura geral R-COOH, gerando grupos de compostos relacionados, conhecidos como derivados dos ácidos carboxílicos, como os aminoácidos e ácidos graxos. No entanto, nem todos estes ácidos tem efeito na microflora, de maneira que apenas os ácidos de cadeia curta (C1-C7) tanto mono carboxílicos (fórmico, acético, propiônico e butírico) quanto os carboxílicos com grupo hidroxila

(láctico, málico, tartárico e cítrico) possuem específica capacidade antimicrobiana (Dibner & Buttin, 2002).

TABELA 1. Fórmulas, características físicas e químicas de ácidos orgânicos utilizados como acidificantes em dietas para suínos (Foegeding & Busta, 1991)

| Ácido | MM ¹ (g/ml) | Densidade (g/mol) | Forma | pKa ² | Solubilidade em água 25°C ³ |
|------------|---------------------------|----------------------|---------|------------------|---|
| Fórmico | 46,03 | 1,220 | Líquido | 3,75 | ∞ |
| Acético | 60,05 | 1,049 | Líquido | 4,76 | ∞ |
| Propiônico | 74,08 | 0,993 | Líquido | 4,88 | ∞ |
| Butírico | 88,12 | 0,958 | Líquido | 4,82 | ∞ |
| Láctico | 90,08 | 1,206 | Líquido | 3,83 | +++ |
| Sorbico | 112,14 | 1,204 | Sólido | 4,76 | - |
| Fumárico | 116,07 | 1,635 | Sólido | 3,02-4,38 | - |
| Málico | 134,09 | - | Líquido | 3,40-5,10 | ∞ |
| Tartárico | 150,09 | 1,760 | Líquido | 2,93-4,23 | +++ |
| Cítrico | 192,14 | 1,665 | Sólido | 3,13-4,76 | +++ |

¹ MM, massa molecular expressada em gramas

² pKa, constante de dissociação

³ ∞, solúvel em todas as proporções; +++, muito solúvel; -, pouco solúvel

Estes aditivos também são conhecidos como conservantes de grãos e rações, podendo reduzir a concentração destes microrganismos e suas atividades metabólicas (Roth, 2000).

Entretanto, sua ação antimicrobiana mais efetiva está na capacidade de alterar entre suas formas dissociadas e não-dissociadas no trato gastrointestinal (TGI), dependendo do pH intestinal (Partanen, 2001a). De acordo com este mesmo autor, seu efeito mais importante se deve a capacidade da forma não-dissociada difundir-se livremente através da membrana celular dos microrganismos para o interior de seu citoplasma, alterando o equilíbrio do pH, e, suprimindo os sistemas enzimáticos e de transporte de nutrientes. Por isto, a eficácia de um ácido como antimicrobiano é dependente de seu valor de pKa, que é o pH onde 50% deste ácido se encontra dissociado (González & Silva, 2006). Deste modo, ácidos orgânicos com elevado valor de pKa são conservantes mais efetivos (Partanen & Mroz,

1999).

2.1.1 Características do ácido butírico

O ácido butírico é um ácido orgânico de cadeia curta, com quatro carbonos, saturado, mono-carboxílico na sua forma não-dissociada ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$), líquido em temperatura ambiente, sendo seu sal solúvel, o butirato de sódio ($\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-CO}_2\text{Na}$), um pó branco estável até 250°C (Janssens & Nollet, 2002). Pode ser produzido por fermentação microbiana anaeróbica a partir de resíduos endógenos ou dietéticos no intestino grosso, como enzimas e descamações do epitélio, oligossacarídeos não-digestíveis, amidos resistentes e polissacarídeos não-amídicos (Foegeding & Busta, 1991).

Este ácido tem uma constante de dissociação maior que outros ácidos de cadeia curta (pKa 4,82), mantendo uma proporção comparativamente maior na forma não-dissociada em pH intestinal normal (Janssens & Nollet, 2002), o que lhe confere uma característica importante (González & Silva, 2006). Além disso, tem a maior lipossolubilidade entre os ácidos orgânicos, importante fator para ação antimicrobiana (Janssens & Nollet, 2002). Assim, é fundamental para um ácido do qual se espera ação intestinal que este permaneça na forma não-dissociada em pH fisiológico mais alto, e esta forma seja altamente lipossolúvel. Estas são características encontradas no ácido butírico.

Além do mais, o ácido butírico é reconhecidamente a principal fonte energética para a mucosa intestinal do ceco e cólon (Stevens & Hume, 1998). Estes autores citaram em sua revisão que células epiteliais do cólon metabolizaram poucas quantidades de propionato e acetato, ao contrário do

butirato que representou cerca de 70% do total de energia consumida pelos colonócitos. Isto aconteceu porque o ácido butírico tem alto conteúdo energético (5923 cal/g) e foi rapidamente utilizado para a produção de ATP nas células intestinais fornecendo energia para o transporte de nutrientes na mucosa do intestino (Scheppach, 1994). Outra parte considerável atinge a corrente sanguínea, podendo assim exercer seus efeitos tróficos em outras regiões do organismo, de maneira que a concentração do butirato na veia porta e artéria do mesentério são fortemente influenciada pela taxa de produção, principalmente no intestino grosso, através da fermentação microbiana (Knudsen et al., 2003).

O efeito trófico do butirato sobre os tecidos intestinais tem sido extensivamente estudado em humanos. A descoberta de que os produtos da fermentação intestinal, especialmente o butirato e o propionato, mais do que as fibras da dieta por si só, são determinantes na fisiologia do intestino grosso e dos efeitos favoráveis a saúde da mucosa, alavancou as pesquisas neste sentido e estão voltadas principalmente para a questão de proliferação e diferenciação da morfologia intestinal.

Na mucosa normal, de acordo com Young & Gibson (1991), o butirato induz a proliferação celular a partir da base das criptas, estimulando a reposição e manutenção de uma mucosa saudável. Já em células neoplásicas, segundo estes mesmos autores, o butirato inibe a proliferação na superfície da cripta, local onde há o desenvolvimento potencial de tumores no cólon, agindo como um forte agente diferenciador (e antiproliferativo) nas células cancerígenas, restaurando o citoesqueleto e a composição glicosilada dos componentes da superfície da célula, além de induzir a expressão de

hidrolases e a estocagem de glicogênio. A nível molecular, Archer (1998) explicou que o butirato parece controlar de forma específica a transcrição de genes associados à proliferação e diferenciação celular inibindo a ação da enzima histona desacetilase, causando hiperacetilação das histonas, resultando no relaxamento da cromatina, tornando o DNA mais suscetível aos fatores de transcrição.

Outro importante efeito do ácido butírico é sobre a liberação de muco no cólon intestinal, diminuindo o número de células armazenadoras de muco (denominadas de Schiff), liberando-o e contribuindo para a camada mucosa localizada entre o conteúdo luminal e a mucosa, proporcionando um microclima que difere da região luminal em propriedades físico-químicas, pois possui pH constante, papel importante na absorção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e demais nutrientes (Engelhardt, 1991). Além disso, esta camada previne e protege contra microrganismos e toxinas patogênicas (Schwarzer, 2005). O trabalho de Shimotoyodome et al., (2000) demonstrou que o butirato foi o único a estimular a secreção de muco. Neste trabalho, os autores explicaram que os efeitos estimulatórios dos AGCC, especialmente do ácido butírico, não foram devido apenas à liberação do íon hidrogênio, isto é, acidificação, ou ao grupo carboxílico per se, mas também que os AGCC podem ter estimulado a secreção de muco via receptores quimiosensitivos conectados a nervos colinérgicos, os quais são responsáveis pela liberação de muco nas células epiteliais colônicas ou via efeito direto nas células produtoras de muco.

Portanto, várias são os mecanismos que o ácido butírico pode contribuir para uma melhor digestibilidade dos nutrientes que podem ser apenas pela redução de pH intestinal, aumentando a solubilidade dos

ingredientes, ou, pelos seus efeitos tróficos em nível de mucosa, aumentando a proliferação celular e a produção de muco ou simplesmente pelo seu poder antimicrobiano, controlando os microrganismos patogênicos e favorecendo os benéficos.

2.1.2 Absorção e metabolismo dos ácidos orgânicos

Estudos com a absorção de AGCC são complicados pela presença de ambas as formas: dissociada e não-dissociada. Quando produzidos por fermentação anaeróbica microbiana no intestino grosso estes AGCC são rapidamente absorvidos (Fitch & Fleming, 1999). Entretanto, Stevens & Hume, (1998) demonstraram através de microscopia eletrônica que a absorção pode variar em diferentes segmentos do trato. Neste trabalho os autores observaram que o cólon proximal é constituído por poucas junções firmes, ao contrário do cólon distal, onde a arquitetura destas junções entre os enterócitos é muito mais compacta, sugerindo que no cólon proximal os AGCC podem ser absorvidos parcialmente na forma ionizada pela via transcelular e no cólon distal, podem ser absorvidos principalmente na forma não-dissociada pelas membranas celulares devido a sua lipossolubilidade. O trabalho de Rönnau et al. (1989) confirmou estes achados, pois trabalhando com porquinhos da Índia, estes pesquisadores observaram que no cólon proximal aproximadamente 50% dos AGCC (acetato, propionato e butirato) eram absorvidos como ânions e a outra metade na forma não-dissociada, de maneira similar entre estes três ácidos. Já no cólon distal, os autores observaram que estes ácidos foram absorvidos principalmente na forma não-dissociada e a passagem dos íons foi restrita de modo que o fluxo da forma não-dissociada comparada com o fluxo

da forma dissociada foi 2,4 vezes maior para o ácido acético, 6,9 vezes maior para o propiônico e 9,3 vezes maior para o butírico, isto é, aumentou com o comprimento da cadeia do ácido orgânico.

Já quando os ácidos orgânicos são adicionados na dieta a absorção ocorre ainda no intestino delgado, especialmente no duodeno como foi verificado por Hu & Guo (2007). Em seu estudo, os pesquisadores demonstraram que o butirato de sódio suplementado na dieta aumentou a concentração de DNA, RNA e proteínas na mucosa duodenal, mas não influenciou a concentração destes metabólitos na mucosa jejunal. Os autores explicaram que estes resultados sugerem que o butirato de sódio estimulou o crescimento da mucosa duodenal e que esta diferença pode ser devido à absorção do ácido orgânico no duodeno antes de chegar ao jejuno. Outra justificativa observada neste trabalho foi quando os autores verificaram que não houve efeito do butirato de sódio na concentração de ácidos graxos voláteis (acetato, propionato e butirato) no quimo jejunal confirmando que ácidos orgânicos, tais como o butírico, são absorvidos ainda na porção proximal do intestino delgado.

Já as formas dissociadas, com cargas negativas, são trocadas ativamente pelo íon bicarbonato em sistema acoplado ao transporte de sódio na membrana celular, que por sua vez é trocado pelo íon H^+ (Stevens & Hume, 1998). As conseqüências importantes destes mecanismos de absorção de acordo com estes mesmos autores são duas: a primeira é que a abundância de íons H^+ tanto no meio luminal (pela troca com o Na^+) quanto no intracelular (originados pelo metabolismo energético) desvia o equilíbrio das formas dissociadas e não-dissociadas do ácido a favor da forma não-dissociada. Isto

contrapõe, de certa forma, o efeito contrário e predominante do pH intestinal que tende à alcalinidade e favorece a presença de ácido não-dissociado (mantendo assim seu efeito antimicrobiano) na região próxima das microvilosidades intestinais. A segunda consequência é que a absorção da maior parte dos ácidos de cadeia curta dissociado, é um processo com gasto energético (ATP dependente) acoplado ao transporte do sódio e, provavelmente, a outros cátions.

2.1.3 Ácidos orgânicos na alimentação animal

A suplementação das dietas de suínos com ácidos orgânicos, dentre eles o ácido butírico, beneficiam os animais de maneira geral, tanto no desempenho quanto na digestibilidade dos nutrientes em função das várias características citadas anteriormente, mas os resultados encontrados na literatura ainda não são muito consistentes. Partanen & Mroz (1999) levantaram vários trabalhos com ácidos orgânicos na nutrição suína, realizaram uma meta-análise e concluíram que os ácidos orgânicos adicionados na dieta aumentaram, de maneira geral, as respostas de desempenho em leitões recém-desmamados e suínos em crescimento, mas estas respostas variaram grandemente, de -58g/dia a +106g/dia de ganho de peso, por exemplo. O mesmo ocorreu quando estes autores observaram o efeito dos ácidos e seus sais sobre a digestibilidade total aparente da proteína bruta, energia e balanço de nitrogênio, que variaram de -1,1 a +4% em relação ao balanço de nitrogênio, por exemplo. Para continuar com esta revisão será necessário considerar duas áreas de investigação conforme colocado na revisão de Dibner & Buttin (2002). Primeiro: Qual o mecanismo de ação dos ácidos orgânicos

quando comparados aos antibióticos? Os benefícios observados estão apenas associados com sua atividade antimicrobiana ou outras ações contribuem para seu efeito? Segundo: Porque os resultados são inconsistentes, com algumas pesquisas demonstrando múltiplos, outras com pouco ou nenhum efeitos? E quais os fatores que contribuem para esta inconsistência?

2.1.4 Modo de ação

A ação dos ácidos orgânicos está relacionada principalmente com seu poder antimicrobiano. Os primeiros efeitos dos ácidos orgânicos na nutrição animal estão relacionados com a conservação dos alimentos, controlando a deterioração (Dibner & Buttin, 2002). Na microflora intestinal a atividade dos ácidos orgânicos é bastante similar, pois segundo estes autores, em ambos os casos, o ácido altera a população microbiana de acordo com o espectro do antimicrobiano.

Em sua revisão, Partanen (2001a) descreve sobre a importância da redução do pH na atividade antimicrobiana dos ácidos orgânicos, pois está relacionada com os efeitos de dissociação. De acordo com este autor, em baixo pH, a maior parte dos ácidos orgânicos se encontra na forma não-dissociada, sendo lipofílicos e, desta forma, podem se difundir através da membrana celular. Uma vez dentro da célula bacteriana, onde o pH citoplasmático é neutro, há a dissociação do ácido resultando na redução de pH no conteúdo celular, suprimindo as reações enzimáticas e os sistemas de transporte de nutrientes. Além disso, o autor cita também que o processo de transporte de prótons livre (H^+) para fora da célula requer energia, contribuindo para a redução da energia disponível para a proliferação bacteriana, resultando

em bacteriólise. Já o maior pH luminal no intestino distal favorece a forma dissociada dos ácidos, o que reduziria sua entrada por difusão (Partanen, 2001a). Porém, Engelhardt et al. (1989) salienta que a forma dissociada proporciona um micro-ambiente ácido na superfície epitelial do intestino que permite a difusão da forma não-dissociada para o interior da bactéria e também para o enterócito.

Desta forma, a atividade antimicrobiana é de maior magnitude na porção anterior do TGI onde há limitada capacidade de alteração do pH da digesta, diminuindo a carga microbiana total, particularmente *Escherichia coli* e outros microrganismos intolerantes à acidez (Dibner & Buttin, 2002). Portanto, estes autores concluíram que uma menor proliferação microbiana reduz a competição da microflora com o hospedeiro por nutrientes e que esta redução na competição é um dos mecanismos responsáveis pelo aumento da digestibilidade. Esta melhora na digestibilidade quando se adiciona ácidos orgânicos à dieta tem sido reportada por vários pesquisadores. Partanen et al., (2001b) observaram que a reduzida competição microbiana aumentou a retenção de nitrogênio em suínos alimentados com ácido fórmico (8g/kg). Mroz et al. (1997) demonstraram um aumento significativo de até 5% na digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (PB) e aminoácidos (AA's) essenciais pela suplementação de ácidos fórmico, fumárico e butírico à 1%. A digestibilidade total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca) e fósforo (P) também foram aumentados. Os melhores resultados foram obtidos com ácido butírico, resultando em maior retenção de Ca e P do que a dieta basal. No trabalho de Blank et al. (1999), a adição de ácido fumárico (1 a 3%) aumentou a digestibilidade ileal da energia bruta (EB), PB e AA's em leitões

recém-desmamados. Trabalhos similares realizados por Kemme et al. (1999ab) com suínos nas fases crescimento/terminação suplementados com ácido láctico (3%) também demonstrou melhora na digestibilidade ileal de AA's e P fítico e na digestibilidade total de cinzas, Ca e magnésio. Houve um efeito sinérgico na digestibilidade total do P na presença do ácido láctico e fitase microbiana. Assim como este último trabalho, outros estudos também têm demonstrado similares interações entre ácidos orgânicos e fitase microbiana, resultando em aumento na digestibilidade de Ca e P (Omogbenigun et al., 2003; Valencia & Chavez, 2002; Jongbloed et al., 2000).

Além da ação antimicrobiana, outros efeitos têm sido apontados aos ácidos orgânicos abrangendo benefícios associados com a acidificação, como aumento na atividade enzimática digestiva, da atividade da fitase microbiana, da secreção pancreática e evidências de aumento no crescimento da mucosa gastrointestinal, particularmente com a adição do ácido butírico (Dibner & Buttin, 2002).

Na meta-análise realizada por Partanen & Mroz (1999) demonstrou que a adição de ácidos orgânicos às dietas melhorou de maneira geral a digestibilidade, especialmente das proteínas e aminoácidos. De acordo com estes autores, este aumento foi proporcionado através da redução do pH da digesta no lúmen intestinal, particularmente nas porções anteriores do TGI, ativando o pepsinogênio e outros zimogênios e tornando o pH muito próximo do ideal para a atividade da pepsina. Mroz (2002), também salientou que com o aumento da acidez na digesta a taxa de esvaziamento gástrica é reduzida, permitindo maior tempo de hidrólise das proteínas no estômago.

A utilização da energia também é melhorada quando se adiciona

ácidos orgânicos às dietas, pois estes servem como fonte de energia para as células do epitélio intestinal, aumentando o transporte de nutrientes (Engelhardt et al., 1989).

Além do mecanismo mencionado anteriormente, Thaela et al. (1998) demonstraram que os ácidos orgânicos também têm efeitos sobre a secreção pancreática e biliar maximizando a ação enzimática aumentando a digestibilidade dos nutrientes. Estes autores explicaram em seu estudo que os ácidos orgânicos agiram através de mecanismos que foram acionados por receptores localizados nos enterócitos e que responderam aos prótons dissociados com um aumento na liberação de secretina.

A redução do pH intestinal também tem efeito na solubilidade, uma vez que esta variável é dependente do pH (Bronner, 1998). Os minerais, dentre eles o cálcio, possuem solubilidade comprometida nas condições de pH alcalino. Portanto, sua absorção pode ser estimulada quando se adiciona ácidos orgânicos às dietas, pois estes diminuem o pH.

Outro benefício da redução do pH, de acordo com Mroz (2000a), é o aumento da atividade da fitase microbiana, pois esta enzima possui duas faixas de pH ótimas, 2,5 e 4,5 a 5,7, sendo que o ácido fítico é muito mais solúvel em pH baixo, e, seus efeitos podem combinar-se para aumentar a digestibilidade e retenção de minerais, principalmente Ca e P.

Além de todos estes efeitos promovidos pelos ácidos orgânicos através da redução do pH intestinal, também existe outro mecanismo de ação que envolve a estimulação direta da proliferação celular gastrointestinal que também podem favorecer a absorção dos nutrientes como apresentados por Gálfi & Bokori (1990) onde verificaram que a suplementação de 1,7g/kg de

butirato de sódio na dieta aumentou significativamente o número (33,5%) e a altura (30,1%) das microvilosidades do íleo quando comparados com o grupo controle em suínos na fase crescimento. É importante relatar também que neste trabalho houve melhora no desempenho dos animais que foram alimentados com este aditivo.

2.1.5 Fatores que contribuem para a variabilidade das respostas com ácidos orgânicos

Há muitos resultados positivos na nutrição animal com a utilização dos ácidos orgânicos. No entanto, em outros trabalhos nenhum efeito é encontrado. Nota-se que os efeitos dos ácidos orgânicos são menos reproduzíveis do que os efeitos com os antibióticos. O que contribuiria para a falta de consistência nos resultados com ácidos orgânicos?

Vários fatores têm sido identificados como prejudiciais. Talvez a variável mais freqüentemente citada é a capacidade tamponante dos ingredientes da ração. Segundo Giger-Reverdin et al. (2002), a ação tampão é a capacidade de uma solução resistir a uma alteração de pH através da adição (ou perda) de ácido (ou base). Os ingredientes que contribuem de maneira significativa a este tamponamento são as proteínas e minerais, principalmente a fonte e a quantidade utilizada (Partanen & Mroz, 1999). Blank et al. (1999) observaram que aumentando a capacidade tamponante da dieta de 23,5 para 56,7 diminuiu a digestibilidade ileal de proteínas e aminoácidos em até 10%. Mroz et al. (2000b) compararam o efeito do benzoato de cálcio (fonte de cálcio que reduz a capacidade tamponante da dieta) com o calcário em suínos na fase crescimento-terminação e observaram que este sal aumentou a

digestibilidade ileal aparente da MS e aminoácidos essenciais e também a digestibilidade total aparente da MS, EB, Ca e cinzas.

O tipo e a concentração do ácido orgânico utilizado na dieta e conseqüentemente sua proporção de formas dissociadas e não-dissociadas, assim como acidez intraluminal da digesta também pode alterar a eficácia e, portanto, os resultados (Dibner & Buttin, 2002). O trabalho de Chaveerach et al. (2002) demonstraram que a magnitude do efeito antimicrobiano é dependente de pH. Estes autores compararam o efeito dos ácidos orgânicos (ácido fórmico, acético e propiônico) na mesma concentração (1%) sobre culturas de *Campylobacter jejuni/coli* à diferentes níveis de pH (4,0, 4,5, 5,0 e 5,5) e também com o uso do HCl. Os resultados demonstraram que em baixo pH (pH 4,0 e 4,5), HCl obteve somente fraco efeito inibitório sobre a população de *Campylobacter*, porém não obteve efeito em pH alto (pH 5,0 e 5,5). Para os resultados com os ácidos orgânicos, foi claro que em pH ácido a população de *Campylobacter jejuni/coli* rapidamente morreu. A taxa de redução foi muito maior para os ácidos orgânicos quando comparada com o HCl. Entretanto, ao pH 5,0 e 5,5 *Campylobacter* conseguiu sobreviver. Estes resultados demonstraram que os ácidos orgânicos obtiveram um forte efeito bactericida sobre as culturas de *Campylobacter jejuni/coli* em baixo pH. Não houve diferença significativa entre os ácidos orgânicos. No entanto, os autores encontraram que o ácido fórmico provocou um forte efeito bactericida, apesar de haver menor quantidade na forma não-dissociada ao mesmo pH que os demais ácidos. Os autores explicaram que é possível que a forma do ácido seja importante na inibição da viabilidade das bactérias, e que isto poderia beneficiar o processo de difusão para o interior da célula e causar a

acidificação do citoplasma.

Outro fator que afeta a magnitude das respostas com ácidos orgânicos é a natureza dos ingredientes e seu impacto sobre a microflora (Dibner & Buttin, 2002). Estes autores citam que determinados aditivos ou ingredientes presentes na ração, como antimicrobianos ou anticoccidiano, por exemplo, podem exercer efeitos sobre a microflora e fazer com que os efeitos dos ácidos orgânicos sejam redundantes. Além disso, o autor também menciona que outros ingredientes, como os subprodutos lácteos e os que possuem polissacarídeos não-amídicos (PNA's) ou os amidos resistentes, podem interferir na ação dos ácidos orgânicos, pois estes ingredientes tendem a alterar o trânsito intestinal da digesta e também a microflora e conseqüentemente a produção de ácidos graxos voláteis no intestino grosso e a absorção dos nutrientes. Portanto, atenção deve ser dada a matriz nutricional na qual os ácidos orgânicos são testados.

2.2 Fitato e fitase: Conseqüências na utilização dos nutrientes em suínos

2.2.1 Características e ação do fitato sobre o metabolismo dos nutrientes em suínos

As rações de animais monogástricos consistem basicamente de grãos de cereais, seus subprodutos e farelos de sementes oleaginosas, sendo que a maior parte (50-80%) do fósforo contido nestes ingredientes encontra-se na forma de fitato e não é aproveitada pelos monogástricos (Lönnerdal et al., 1989).

Em sua revisão, Lönnerdal et al. (1989) descreveu o conceito de

cada composto orgânico gerado a partir da molécula de inositol. O ácido fítico é uma molécula de inositol contendo um grupamento fosfato ligado em cada um destes seis carbonos. Estes grupamentos fosfatos podem ligar-se fortemente à cátions como Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , formando quelatos de muito baixa solubilidade e, portanto muito difíceis de serem disponibilizados aos animais. Estes são chamados de fitato. Moléculas de proteínas e amido também podem ser ligadas ao ácido fítico, e desta forma são chamados de fitina. Sua função fisiológica na semente do vegetal é servir de estoque de fósforo e outros minerais, além de energia, que são liberados pela ação da fitase endógena da planta à medida que ocorre a germinação (Lönnerdal et al., 1989).

A quantidade de fitato é muito variável entre as espécies vegetais, afetando diretamente a biodisponibilidade do fósforo. Evidências indicam que a disponibilidade do fósforo fítico varia de 0 a 50%, dependendo da idade, do tipo de ingrediente e dos diferentes níveis de fósforo, cálcio e vitamina D das dietas dos animais (Ravindran et al., 1995). Normalmente, considera-se que apenas 30% do fósforo dos vegetais sejam disponíveis para animais monogástricos (National Research Council, 1998; Rostagno & Silva, 2005).

Até recentemente, o ácido fítico era considerado somente um fator limitante na disponibilidade de fósforo e demais minerais em alimentos de origem vegetal para monogástricos. Mas, atualmente, uma série de trabalhos tem demonstrado que seu efeito limitante é muito mais amplo. Um destes efeitos, de acordo com Selle et al. (2000), é a formação de complexos com proteínas (fitato-proteína) que podem estar presentes nas matérias-primas, mas que são formados principalmente no TGI em função das condições ácidas prevalentes, favorecendo a interação do fitato com o grupo $\alpha-NH_2$ de

aminoácidos básicos como a arginina, histidina e lisina. Independente da sua origem, dados demonstram que o fitato tem influência negativa sobre a disponibilidade da proteína, mas esta propriedade antinutritiva pode ser melhorada com a adição da enzima fitase. Em sua ampla revisão sobre a fitase e a digestibilidade ileal de aminoácidos, Selle et al., (2000) faz referência a um trabalho realizado por Rutherford et al. (1997), onde estes autores estudaram *in vitro* a incubação da HCl-lisina com cascas de arroz, como fonte de fitato, com e sem a adição de fitase ao pH 4,5 e observaram que a incubação sem a enzima reduziu a recuperação da lisina em 22% mas, com a adição da fitase a perda foi de apenas 9%. Selle et al. (2000) explicaram que a formação deste complexo com as proteínas no TGI se tornam refratários à ação da pepsina e que este é o mecanismo chave pelo qual o fitato interfere negativamente na digestibilidade das proteínas e aminoácidos, pois reduz sua solubilidade e alteram suas estruturas. Além disso, estes autores citaram ainda em sua revisão que o fitato pode interagir com enzimas digestivas ou seus substratos, reduzindo sua atividade, diminuindo a digestão e aumentando as perdas endógenas. Como a ação da fitase microbiana é mais ativa em pH ácido do estômago, ela agirá mais rapidamente na hidrólise do fitato solúvel do que no complexo fitato-proteína insolúvel, conseqüentemente, prevenindo esta formação binária através de prévia hidrólise do fitato melhor do que liberando os aminoácidos destes complexos (Selle et al., 2006). Já no intestino delgado, o fitato poderá formar complexo ternário (fitato-proteína-mineral) que são formados somente na presença de cátions bivalentes, particularmente o cálcio, através do grupamento carboxila ionizado da proteína que são ligadas ao fitato via ponte catiônica em pH neutro (Selle et al., 2000). Estes autores sugerem

que altas concentrações de cálcio no lúmen intestinal poderiam levar a formação deste complexo que é altamente insolúvel e mal absorvida.

Segundo Ravindran et al. (2000a), o fitato também reduz a taxa de absorção de glicose, o que levou o autor concluir que o fitato pode afetar a digestão do amido através da interação direta com a própria molécula, ou com associação a proteínas que podem estar ligadas ao fitato, ou pela inibição da atividade da α -amilase. Além da glicose, Ravindran et al. (2000a) também atribuíram que o complexo fitato-cálcio poderia aumentar a formação de sabões metálicos no lúmen intestinal, diminuindo a utilização de gorduras saturadas. Estes pressupostos poderiam fornecer mecanismos para o aumento na utilização de energia pela fitase, independente de seus efeitos na proteína que estão sendo encontrados em diversos trabalhos, onde a adição de fitase aumentou a energia metabolizável aparente em dietas de suínos.

2.2.2 Características e ação da enzima fitase no metabolismo de nutrientes em suínos

As moléculas de fósforo, bem como, os cátions multivalentes e demais nutrientes que estão ligados ao fitato só podem ser absorvidas depois de clivados desta estrutura. Para isso se faz necessário à ação enzimática da fitase.

Os suínos apresentam pouca ação da fitase endógena e esta inabilidade gera dois sérios problemas: há a necessidade de suplementar as dietas com fósforo inorgânico e, existe a eliminação, através das excretas, de grandes volumes de fósforo, causando problemas de impacto ambiental em áreas de produção animal intensiva (Lüdke et al., 2000). Portanto, é necessária

a utilização da fitase exógena para quebrar o fitato e tornar o fósforo livre.

Segundo Selle & Ravindran (2007), a enzima fitase tem a capacidade de hidrolisar o fitato (IP6) por meio de um mecanismo de transferência do grupo fosfato do substrato para a enzima e da enzima para a água. Estes autores explicaram que o fitato ao ser hidrolisado produz cinco classes de subprodutos intermediários (ésteres de fosfato de mioinositol penta, tetra, tri, bi e monofosfato), liberando o fosfato inorgânico juntamente com o nutriente preso a sua estrutura para possível absorção. A ação da fitase começa com a hidrólise do fosfato e dependendo da origem da enzima ela pode iniciar na posição 3 ou 6, para em seguida continuar a hidrólise nas posições seqüenciais, mas o sexto grupo fosfato (na posição 2) não é hidrolisado (Selle & Ravindran, 2007). As enzimas adicionadas às rações são ativadas no trato digestório quando misturadas aos fluídos digestivos sob temperatura do organismo e sua ação máxima ocorre no estômago e porção inicial do intestino delgado (duodeno), onde o pH é mais favorável (Kies, 1996).

A unidade de fitase (FTU) da *A. niger* foi descrita por Engelen et al. (1994) como sendo a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ortofosfato inorgânico por minuto, a partir de 5,1 μmol de fitato de sódio em pH 5,5 e temperatura de 37°C, mas Selle & Ravindran (2007) salientaram que ainda não existe uma unidade padrão internacional para avaliar a atividade da fitase e que esta definição proporciona uma medida útil e representa uma simples medição sob determinadas condições. Várias outras abreviações têm sido utilizadas (FYT, U, PU) para expressar a atividade da fitase para diferentes enzimas comerciais, apesar de serem determinadas sob condições *in vitro* similares (Selle & Ravindran, 2007).

A eficiência da fitase tem sido reportada por diversos pesquisadores e já não há dúvidas quanto a seus benefícios relacionados ao aumento da disponibilidade dos minerais, contribuindo para a redução da excreção de nutrientes nas fezes. A adição de fitase nas dietas de suínos em fase de crescimento aumentou significativamente a digestibilidade de cálcio, fósforo (Lüdke et al., 2000; Kornegay & Qian, 1996) e manganês (Oliveira Silva et al., 2005).

Se a disponibilidade do fósforo é o principal objetivo, a completa hidrólise do fitato é desejável, pois para reduzir ou eliminar a habilidade de quelação do fitato, a desfosforilação das formas hexa e pentafosfato são as mais importantes e a forma como o fitato remanescente permanece no intestino é relevante (Selle et al., 2000). Trabalhos *in vitro* realizados por Lönnnerdal et al. (1989) demonstraram que é provável que o fitato não degradado permanece essencialmente intacto como IP6. De acordo com estes pesquisadores, isto é uma questão importante, uma vez que a capacidade quelante do IP6 é desproporcionalmente maior do que IP3 e IP4, pois teve um impacto prejudicial sobre a absorção de cálcio e zinco.

Estudos têm demonstrado que o pH ótimo para a atividade da fitase ocorre em dois picos; sendo que a maior atividade foi observada ao pH 5,0 a 5,5, e a segunda maior atividade foi ao pH 2,5 (Simons et al., 1990). Normalmente, as dietas de suínos na fase crescimento são à base de milho e farelo de soja, sendo o fosfato bicálcico e calcário as principais fontes de cálcio e fósforo. No entanto, estas fontes possuem um elevado pH, aumentando a capacidade tamponante da ração e conseqüentemente elevando o pH do estômago. Como citado anteriormente, a adição de ácidos orgânicos, dentre

eles o ácido butírico, acidificam as dietas. Como o principal local de atividade da fitase é o estômago, reduzindo o pH da dieta, também se reduzirá o pH estomacal e conseqüentemente aumenta-se a atividade e eficácia da enzima. Mas esta hipótese ainda é incerta e os resultados encontrados na literatura contraditórios. Li et al. (1998), estudaram o efeito da fitase (750 FTU/kg), vitamina D₃ (2000 UI) e ácido cítrico (1,5%) no desempenho e digestibilidade ileal de cálcio e fósforo em suínos na fase crescimento e concluíram que a digestibilidade e retenção destes minerais aumentou com a utilização simultânea da fitase e do ácido orgânico (AO), porém não demonstraram diferenças significativas quando comparados com o tratamento utilizando apenas fitase. Já Valencia & Chavez (2002), em um trabalho em que verificaram a suplementação de ácido acético (1%) e fitase (1000 FTU/kg) sobre a digestibilidade total aparente dos nutrientes em leitões recém-desmamados, observaram que a digestibilidade do cálcio e fósforo foi maior com a adição da fitase + AGCC. Um aspecto interessante observado neste estudo foi que a digestibilidade do fósforo também foi maior quando adicionado à dieta apenas fitase ou ácido acético isoladamente. Já para o cálcio não se observou efeito na digestibilidade quando apenas o ácido acético foi adicionado. Radcliffe et al. (1998) não conseguiram observar efeito sinérgico entre estes dois aditivos utilizando níveis de ácido cítrico (0, 1,5% e 3%) e fitase (0, 250, 500 e 750 FTU/kg) em leitões recém-desmamados e concluíram que apenas a fitase aumentou linearmente a digestibilidade total aparente do cálcio e fósforo.

Isto demonstra que apesar de vários experimentos realizados, os resultados observados na literatura com ácidos orgânicos são muito variáveis e

ainda permanece incerto o seu efeito quando adicionado de forma individual ou simultânea com a fitase na digestibilidade dos minerais.

2.2.3 Fatores que contribuem para a variabilidade das respostas com fitases

Parece que os benefícios da liberação do fósforo, cálcio, microminerais, aminoácidos e demais nutrientes são totalmente previsíveis com o uso da enzima fitase. Entretanto, quem estuda a resposta à inclusão de fitase, observa que esta não é particularmente consistente, e existem muitos fatores que podem impactar a ótima utilização da fitase para a degradação do fitato.

De acordo com Selle et al. (2006), as respostas podem depender dos diferentes ingredientes e de suas propriedades químicas e estruturais relacionadas à molécula de fitato. O fitato que está presente nos cereais e nas sementes oleaginosas é bastante variável, não somente em quantidade, mas também quanto a sua localização, sendo encontrado principalmente no gérmen do milho, na camada aleurona do trigo e da cevada, e associados com corpos protéicos no farelo de soja. Selle et al. (2006) citaram em sua revisão que a fitase aumentou a digestibilidade de aminoácidos no milho melhor do que no trigo, pois pareceu que o fitato complexou-se mais facilmente com as proteínas do trigo. Já a configuração das proteínas do milho dificulta o acesso aos resíduos aminoacídicos básicos e conseqüentemente diminuem a formação do complexo fitato-proteína (Selle et al., 2006).

Pesquisas atuais mostraram que é essencial que o fitato seja solubilizado na região ácida, pois uma vez chegando á região média do

intestino delgado, irá quelar com minerais, especialmente o cálcio (Selle et al., 2000). Conseqüentemente, a fitase deve agir num ambiente de baixo pH e a razão para esta ótima atividade em ambiente ácido é que nestes locais o fitato está praticamente todo solubilizado e susceptível a ação da enzima (Kies, 1996). Conforme o alimento passa da região do estômago para o intestino delgado o pH aumenta, e a solubilidade e a susceptibilidade do substrato à ação da enzima reduzem (Urbano et al., 2000). Assim, quanto antes a enzima fitase atuar no TGI, diminuindo a concentração de fitato, melhor será o aproveitamento dos nutrientes presentes nesta molécula, considerada um fator antinutricional.

Além das características intrínsecas da molécula de fitato, Urbano et al. (2000) também explicou que as condições de ação de uma enzima também variam no trato digestivo de acordo com os seguintes fatores: dieta, espécie e idade animal.

Com relação à fisiologia, como explicado por Omogbenigun et al. (2003), é sabido, por exemplo, que o pH gástrico irá reduzir conforme o animal amadurece e que também é capaz de produzir maiores quantidades de ácido quanto maior for seu desenvolvimento. Esta produção de ácidos também tende a ser maior logo após o enchimento do estômago, devido ao tamponamento dos ácidos gástricos pelo alimento (Selle et al., 2006). Conseqüentemente esta série de efeitos irá impactar nas respostas observadas com a adição da enzima exógena.

Com relação às particularidades da dieta, Johnston et al. (2004) verificaram que a combinação da redução dos níveis de cálcio e fósforo com a adição de fitase para suínos em terminação aumentaram a digestibilidade dos

nutrientes (MS, PB, AA's, Ca e P) e da energia bruta. Estes autores explicaram que a adição de Ca e/ou P inorgânico comprometeram a capacidade da fitase exógena presumivelmente devido à redução da hidrólise de fitato. Já Lei & Stahl (2000) argumentaram que a fitase exógena é mais eficiente em dietas com baixos níveis de Ca e P inorgânico porque sua atividade catalítica é fortemente inibida pelo P (produto final da reação hidrolítica). Já o aumento na concentração de Ca prejudica a ação da enzima devido à formação de complexos insolúveis fitato-cálcio tornando-se um substrato menos susceptível a ação da fitase. Além disso, a adição de fontes inorgânicas à dieta, seja como fosfato bicálcico e/ou calcário ou similares aumentam a capacidade tamponante da dieta causando variação no pH intestinal influenciado a atividade da enzima e a solubilidade do fitato (Mroz, 2002). Desta forma, cuidados devem ser tomados com relação a quantidade de cálcio na dieta e verificar até que ponto este mineral pode interferir na ação da fitase.

Por último, deve-se considerar o tipo de enzima adicionada, que pode ser de origem fúngica ou bacteriana, pois também pode ter interferência nos resultados. Muito da literatura atual é relativa à fitases produzidas por *Aspergillus* e *Peniophora* (fontes fúngicas), entretanto, houve um aumento repentino nos trabalhos relativos às fitases produzidas por *Escherichia coli* (fontes bacterianas). Existem diferenças importantes entre estas duas enzimas quanto ao perfil de pH, estabilidade no trato digestivo e resistência à temperatura de peletização (Augspurger et al., 2003). Além disso, todas estas fitases são capazes de hidrolisar o fosfato a partir das posições três ou seis da molécula de hexafosfato de inositol, mas a habilidade de desfosforilar o

restante da molécula inositol fosfato varia substancialmente (Augspurger et al., 2003). Estes autores reportaram que fitase bacteriana de *Escherichia coli* liberam mais P do que a fitase fúngica *Aspergillus niger* tanto para aves quanto para suínos. Os autores explicaram que a fitase bacteriana é mais resistente a pepsina do que a fitase fúngica e é provável que seja mais ativa no intestino distal.

2.3 Aspectos funcionais do cálcio

O cálcio é um dos minerais mais abundante no corpo com 99% sendo encontrado no esqueleto, formando parte da matriz óssea onde se encontra em duas formas, cristalina como fosfato de cálcio, similar a hidroxiapatita e não cristalina, amorfa, importante durante o crescimento ósseo (Gonzáles & Silva, 2006). Sua função básica é proporcionar uma forte estrutura para sustentar e proteger órgãos delicados, mas também sempre está em condição dinâmica, sendo permanentemente reciclado ou servindo como depósito, a partir do qual pode ser extraído para manter a sua homeostase (Underwood & Suttle, 1999).

A pequena fração de cálcio que não se encontra no esqueleto (1%) tem muitas funções vitais, encontrando-se distribuída amplamente pelos vários tecidos e fluídos corporais, na forma de íons livres, ligados a proteínas do soro e complexados a ácidos orgânicos ou inorgânicos (Gonzáles & Silva, 2006).

De acordo com Underwood & Suttle (1999) aproximadamente metade do cálcio plasmático está na forma ionizada (Ca^{2+}), fisiologicamente ativa, essencial para determinadas funções fisiológicas tais como o processo de coagulação sangüínea, ativando algumas proteases ou zimogênios;

participa do processo de contração muscular tanto no músculo estriado quanto no liso, porém em processos diferenciados; também atua na transmissão do impulso nervoso, favorecendo a passagem de íons Na^+ mediante a regulação do limiar com o qual se obtém um aumento da condutividade; regula a ação de algumas enzimas, usando a calmodulina como mediador, e, finalmente, age como segundo mensageiro na ação de vários hormônios, entre eles, catecolaminas, vasopressina, angiotensina, GnRH, glucagon e prostaglandinas.

2.3.1 Absorção intestinal do cálcio

Considerando as funções citadas anteriormente, conclui-se que a manutenção da concentração do Ca^{2+} é de grande importância para manter as funções vitais do corpo. Em face de sua ampla variação de entrada e saída, o organismo é equipado com sistemas regulatórios que são controlados hormonalmente para manter seus níveis plasmáticos por volta de 2,5mM/L (Hoenderp, 2005).

O fluxo de cálcio no organismo se inicia com a absorção, e para ser absorvido este mineral deve estar na forma solúvel, geralmente ionizado, pelo menos na porção superior do intestino delgado ou ligado a moléculas orgânicas solúveis, antes de atravessar a parede intestinal (Hoenderp, 2005). A absorção é o resultado de dois processos distintos, o transporte ativo (transcelular), principalmente no duodeno e porção superior do jejuno, e a difusão passiva (paracelular), que ocorre por todo o intestino delgado, mas principalmente no íleo e muito pouco no intestino grosso (Guéguen & Pointillart, 2000). Segundo estes últimos autores, a coexistência destes dois mecanismos de transporte

(paracelular e transcelular) garante ao organismo um adequado suprimento de cálcio.

2.3.1.1 Transporte paracelular

Segundo Hoenderp (2005), o transporte passivo de cálcio, isto é, a difusão paracelular, é a passagem de Ca^{2+} pelo epitélio, sem gastos de energia, porém fortemente dependente do gradiente eletroquímico e ocorre ao longo de todo o comprimento intestinal através das junções firmes (espaços intercelulares que existem entre as camadas de células individuais que formam o epitélio). Tang & Goodenough (2003), demonstraram que estas estruturas manifestam propriedades biofísicas como canais de íons tais como seletividade ao tamanho e ao íon, permeabilidade dependente da concentração do íon, competição entre moléculas permeáveis e sensibilidade ao pH.

Este tipo de transporte tem fundamental importância na absorção de cálcio, principalmente quando a ingestão deste mineral é adequada ou alta (Bronner & Pansu, 1999). Segundo Pansu et al. (1993), este mecanismo correspondeu de 80 a 90% quando ratos foram alimentados com dietas com alto cálcio. No entanto, outros fatores podem influenciar a quantidade de minerais absorvidos por esta via como solubilidade do mineral e o tempo de permanência intestinal (Bronner, 1998). A solubilidade é um fator dependente da forma química do sal e do pH em dada região intestinal (Bronner, 1998). O trabalho de Duflos et al. (1995) com ratos alimentados com duas dietas ricas em Ca (1,5% e 3,1%, grupos 1 e 2, respectivamente) exemplifica esta questão da solubilidade do cálcio e da dependência do pH intestinal. Uma das observações mais importantes notadas neste estudo foi a pequena fração de

cálcio solúvel no lúmen intestinal quando comparada com cálcio insolúvel. A quantidade de cálcio solubilizada no intestino foi de $32 \pm 3,3$ μmol na dieta do grupo 1 e $53 \pm 5,18$ μmol na dieta do grupo 2, isto é, 2,7% e 2% do total de cálcio luminal, distribuídos homogeneamente entre todos os segmentos intestinais. Já a porção insolúvel foi de $1,2 \pm 0,10$ mmol e $2,57 \pm 0,23$ mmol , para os grupos 1 e 2, respectivamente, ou seja, 37 e 48 vezes maior do que a quantidade de cálcio solúvel, aumentando linearmente ao longo do intestino. Os autores verificaram que a maior quantidade de cálcio precipitado foi encontrado na porção distal do intestino delgado, provavelmente devido à alcalinidade nesta região. No entanto, há um ponto de equilíbrio entre as formas solúveis e insolúveis à medida que as necessidades do organismo aumentam, pois estes autores observaram que a absorção das dietas foi 1,45 mmol/dia e 2,50 mmol/dia , ou seja, 45,3 e 47,1 vezes maior do que a quantidade de cálcio solúvel presente no lúmen, respectivamente para os grupos 1 e 2. desta forma, os autores concluíram que tanto o cálcio solúvel move-se para fora do lúmen quanto o cálcio insolúvel torna-se disponível em solução a uma determinada taxa devido a diferentes condições físico-químicas que prevalecem em determinado momento no lúmen intestinal.

Além do pH intestinal, a forma química do sal também se apresenta como outro fator que interfere no transporte paracelular deste mineral (Bronner, 1998). Em um trabalho com ratos realizado por Pansu et al. (1993), estudando níveis crescentes e diferentes formas de suplementação de cálcio, verificaram que quando a principal forma de suplementação de cálcio na dieta era o gluconato, a quantidade absorvida era diretamente proporcional à quantidade de cálcio ingerida. Por outro lado, quando o cálcio estava na forma de

carbonato, houve um aumento na absorção até a ingestão atingir 450mg Ca/dia, a partir daí a absorção atingiu um platô. Estes pesquisadores explicaram seus achados com base nas diferentes solubilidades destes sais e no tempo de permanência da digesta no intestino delgado. Provavelmente a maioria do cálcio precipitou ou reprecipitou em pH alcalino na porção distal do intestino nas dietas com carbonato, enquanto suficiente cálcio permaneceu em solução no lúmen nas dietas com gluconato.

Além dos fatores citados anteriormente, o tempo de permanência da digesta também interfere na difusão de cálcio (Bronner, 1998). Esta variável foi estudada por Duflos e seus colaboradores (1995) em ratos alimentados com altos níveis de cálcio e verificaram que o trânsito total da digesta foi de aproximadamente 3 horas, passando em torno de 2 a 3 minutos no duodeno, 45 minutos no jejuno e o restante do tempo, um pouco acima de 2 horas, no íleo. Como o cálcio ingerido neste experimento foi alto, o que levou a conclusão de ser absorvido passivamente e como a digesta gastou, aproximadamente 74% do seu tempo de trânsito no íleo, os pesquisadores concluíram que a maior parte do cálcio foi absorvida nesta região, confirmando estudos anteriores, pois, de acordo com Bronner et al., (1987), no íleo não há calbindina D9k, uma proteína citosólica associada com o transporte de cálcio ativo. Desta forma, das 50 mg absorvida por ratos alimentados com 1,5% de cálcio neste estudo, em um curso de 24 horas, menos de 2% foi absorvido no duodeno, 25% no jejuno e o restante no íleo. Visto que a quantidade de cálcio solubilizada encontrada no intestino foi praticamente a mesma em todas as regiões, a permeabilidade também foi a mesma, então, o tempo de permanência se tornou um fator diferencial da quantidade de cálcio que foi

absorvida nas três principais regiões do intestino delgado pela via paracelular.

2.3.1.2 Transporte transcelular

O transporte ativo de cálcio ou o transporte transcelular é um sistema saturável, regulado pela entrada de cálcio no organismo, requer energia metabólica, é um processo dependente de vitamina D e está essencialmente localizado no duodeno e jejuno proximal, ocorrendo pouco no jejuno distal e no íleo, devido à ausência de sistemas carreadores específicos (Guéguen & Pointillart, 2000).

Segundo Stein (1992), este transporte ganha importância e torna-se liderante quando a ingestão de cálcio é abaixo dos níveis normais. No seu trabalho, o fluxo de cálcio do lúmen para serosa foi consideravelmente maior e fortemente estimulado quando ratos foram alimentados com dietas com baixos níveis de cálcio.

Hoenderp (2005) explicou em sua revisão que o transporte transcelular de cálcio pode ser dividido em três etapas: entrada, difusão intracelular e extrusão. A entrada ocorre através da membrana em borda de escova dos enterócitos sob gradiente eletroquímico, através dos canais epiteliais (calmodulinas e proteínas de membrana ligadoras de cálcio como TRPV5 e TRPV6) que não são voltagem-dependentes. Na seqüência ocorre a ligação do cálcio com uma proteína de ligação, denominada de calbindina-D9k, para ocorrer sua difusão pelo citoplasma até a membrana basolateral. Finalmente, o cálcio é eliminado para fora da célula contra seu gradiente eletroquímico por duas rotas, sendo a principal através de uma bomba de cálcio, ATPase dependente e também uma pequena fração ocorre por troca

$\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ onde 2 Ca^{2+} são trocados por 3 Na^+ .

A chave para o funcionamento deste modelo de transporte, de acordo este mesmo autor, é a capacidade de ligação do cálcio e o grau de afinidade dos componentes deste transporte, que se tornam maiores de uma etapa para outra através de suportes físico-químicos.

No entanto, este transporte é saturável e, segundo Bronner (2003), a difusão intracelular de cálcio é considerada a etapa limitante, pois esta pequena molécula protéica, calbindina-D9k, é responsável por transportar mais de 90% do cálcio que atravessa a célula duodenal, e, sua atividade é dependente de vitamina D.

A vitamina D é uma vitamina lipossolúvel quimicamente similar aos esteróides, sendo que sua forma natural é o colecalciferol (D_3) ou o ergocalciferol (D_2), formados por ação da luz ultravioleta solar na pele ou nas plantas, respectivamente (González & Silva, 2006). Porém, estas formas não são ativas biologicamente, pois para isso deve sofrer duas hidroxilações seqüências, uma no fígado (na posição 25) e outra nos rins (na posição 1) gerando como produto final um metabólito ativo, 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25-DHC), que atua sobre receptores citosólicos, ativando-os e deslocando-os para o núcleo, onde operam sobre outro receptor na cromatina para provocar biossíntese de mRNA de proteínas dos canais de cálcio (TRPV5, TRPV6 e calbindina) e também da bomba de cálcio da membrana plasmática basolateral (Hoenderp, 2005). De acordo com González & Silva (2006), a taxa renal de síntese de 1,25-DHC é estimulada pelo paratormônio (PTH), principal hormônio da regulação do cálcio sangüíneo, que age nos túbulos renais e nos ossos. Nos rins, causa incremento na excreção de fósforo devido à diminuição

de sua reabsorção nos túbulos proximais e, simultaneamente, aumenta a reabsorção de cálcio nos túbulos distais, além de atuar na formação da 1,25-DHC mediante a estimulação da enzima 1α -hidroxilase, enquanto que sobre os ossos o PTH aumenta a desmineralização óssea pelos osteócitos. Em ambos órgãos atua através do AMPc e seu controle de secreção está regulado pelos níveis plasmáticos de cálcio mediante feedback negativo (González & Silva, 2006). Altos níveis de 1,25-DHC também exercem um efeito inibitório sobre a secreção de PTH (González & Silva, 2006).

2.3.2 Excreção renal de cálcio

Os rins de mamíferos têm um papel crucial na homeostase do cálcio no organismo, pois para manter este balanço, mais de 98% do cálcio filtrado deve ser reabsorvido ao longo de todo néfron (Bindels, 1993). De acordo com estes mesmos autores, existem duas vias pela qual o cálcio pode ser reabsorvido. A primeira, a via passiva paracelular que predomina nos túbulos proximais e na alça de Henle. A segunda, a via ativa transcelular, que caracteriza a reabsorção na porção distal do néfron.

Segundo Bindels, (1993), os túbulos proximais são responsáveis por absorver as maiores partes do cálcio (aproximadamente 70%), sendo um processo essencialmente passivo e seguido de reabsorção de Na^+ e água. Já na alça de Henle ascendente e descendente a permeabilidade para o cálcio é muito baixa. Na alça de Henle ascendente e descendente e na porção distal do néfron (túbulo distal convoluto, túbulo e ducto conector) também há a reabsorção de cálcio (aproximadamente 15%) ocorrendo contra o gradiente eletroquímico.

A porção distal do néfron determina a excreção final de cálcio na urina e é o alvo da regulação da concentração de cálcio extracelular (Hoenderp, 2005). Como dito anteriormente, a absorção nestes segmentos é ativa e envolve três etapas consistindo na entrada passiva pelos canais de cálcio TRPV5 através da membrana apical, difusão citosólica através da ligação com a proteína calbindina-D28k e extrusão ativa através da membrana basolateral pela troca $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ e pela bomba de cálcio ATPase. Este processo é controlado hormonalmente pelo 1,25-DHC, PTH e calcitonina (Hoenderp, 2005). O último hormônio reduz a reabsorção de cálcio, enquanto que os dois primeiros aumentam, principalmente o 1,25-DHC. Vários trabalhos têm demonstrado a ação da 1,25-DHC sobre a reabsorção de cálcio nos túbulos renais. Yamamoto et al. (1984) demonstraram que a deficiência de vitamina D levou a redução da reabsorção renal de cálcio tanto na presença como na ausência de PTH, e que a deficiência de vitamina D diminuiu o efeito do PTH em estimular a reabsorção de cálcio. Mais recentemente, Hoenderop et al., (2001) e Nijenhuis et al., (2003), demonstraram que a 1,25-DHC age na parte distal do túbulo convoluto e túbulo conector aumentando a expressão dos canais epiteliais de cálcio (TRPV5) e também da proteína citosólica, calbindina-D28k, resultando no aumento da reabsorção de cálcio.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

A hipótese principal deste estudo foi avaliar se a digestibilidade total aparente de macronutrientes (energia, proteína, cálcio e fósforo) são melhorados quando o ácido butírico e a fitase são adicionados de forma individual ou simultânea à dieta.

Sabe-se que o aproveitamento de cálcio e fósforo dos alimentos pelos suínos é reduzido devido à baixa disponibilidade destes minerais nas dietas e às condições fisiológicas do intestino que afetam sua solubilidade e conseqüentemente sua absorção.

Supõe-se que a adição de ácidos orgânicos, entre eles o ácido butírico, possam agir diretamente, proporcionando melhor ambiente no lúmen intestinal, através da acidificação do meio, solubilizando as fontes minerais, ou, indiretamente, através da redução da taxa de passagem gástrica ou afetando a taxa de transporte na mucosa, e desta forma, aumentando a digestibilidade.

Além disso, o ácido butírico possui outras características que lhe é peculiar e que podem favorecer a absorção dos nutrientes como ser fonte energética principal para os colonócitos do intestino e também ter efeito trófico ao nível de mucosa, melhorando a morfologia intestinal, além de controlar a microbiota intestinal, favorecendo os microrganismos benéficos e controlando os patogênicos.

Também se sabe que a enzima fitase de origem bacteriana tem um pH ótimo para sua atividade entre 2,5 e 5,5, portanto, é ativa em pH ácido.

Conseqüentemente a adição de ácido butírico pode proporcionar um ambiente ideal para sua ação e potencializar sua atividade, aumentando o aproveitamento dos minerais pelos animais.

Portanto, todos estes fatores poderão contribuir para aumentar a absorção por meio de efeitos sinérgicos entre a acidificação e a ação da fitase, contribuindo para um melhor aproveitamento do cálcio e fósforo, além dos demais nutrientes, possibilitando a formulação de dietas com menores níveis destes minerais e menores taxas de excreção nas fezes, reduzindo os prejuízos causados pelo impacto ambiental.

Para tanto foi conduzido experimento em gaiolas individuais de metabolismo, com inclusão ou não de ácido butírico e fitase, em dietas com dois níveis de cálcio para suínos machos em crescimento (25 a 60 kg de peso vivo).

CAPÍTULO II

Efeito da adição do ácido butírico e da fitase na digestibilidade de nutrientes em suínos na fase crescimento

Resumo

Foram utilizados 32 suínos machos castrados de linhagem comercial com peso inicial de aproximadamente 25 kg para avaliar o efeito do ácido butírico e da enzima fitase no desempenho e digestibilidade de nutrientes em suínos machos na fase crescimento. O delineamento experimental foi o completamente casualizado em decomposição fatorial 2x2x2 (2 níveis de cálcio, ácido butírico e fitase), com 4 repetições. O período experimental teve duração de 17 dias, sendo 3 dias de adaptação e 14 dias de mensurações. Os tratamentos diferiam apenas no nível de cálcio (Ca) (0,5 ou 0,72%), na ausência ou presença do butirato de sódio 84% (BS) (0 ou 0,3%) e da fitase de origem bacteriana *Escherichia coli* (F) (0 ou 500 FTU/kg). Foram avaliados dados de desempenho (consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA)), balanço de minerais (Ca e fósforo (P)) e também a digestibilidade total aparente da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), cinzas (CDCz), a metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e o coeficiente de retenção de nitrogênio (CRN). Para os resultados de desempenho, observou-se que os níveis de Ca influenciaram o CR, que foi menor para os animais que se alimentaram com os maiores níveis. Houve diferença significativa para a interação Ca*F no GP, onde os animais que consumiram as dietas com baixo cálcio e fitase apresentaram maior GP que os demais. No entanto, não houve diferença significativa para a CA. Também não houve diferenças significativas para a CDMS, CDEB, CMEB e CRN. Porém o CDPB foi melhor quando se adicionou à dieta o BS. Para o balanço de minerais, observou-se que os níveis de Ca influenciaram o balanço de Ca e P, onde o menor nível proporcionou maior digestibilidade e retenção destes minerais, excretando-os menos nas fezes. O conteúdo de Ca também interferiu na excreção de P pela urina, que foi maior quando seus níveis eram menores. A presença de F melhorou a digestibilidade e retenção de Ca e P, reduzindo a perda destes minerais nas fezes complexados ao fitato. Portanto, os resultados encontrados permitem concluir que os níveis de Ca da dieta interferiram no balanço de Ca e P em suínos na fase crescimento e que a adição da fitase melhorou suas retenções. Já a adição de BS às dietas contribuiu para melhorar o CDPB pelos animais.

Palavras-chave: Acidificação, cálcio, enzimas, fósforo.

Effect of the addition of butyric acid and phytase in nutrients digestibility for growing pigs

Abstract

In this study were utilized 32 castrate commercial pigs with initial weight of approximately 25 kg to evaluate the effect of butyric acid and the enzyme phytase in performance and digestibility of nutrients in growing pigs. The experimental design was a completely randomized factor in 2x2x2 factorial decomposition (2 levels of calcium, butyric acid and phytase), with 4 repetitions. The trial period had the duration of 17 days, with 3 days of adaptation and 14 days of measurements. The treatments differed only in the level of calcium (Ca) (0.5 or 0.72%), in the absence or presence of sodium butyrate 84% (SB) (0 or 0.3%) and *Escherichia coli* phytase (F) (0 or 500 FTU/kg). The responses evaluated were animal performance (feed intake, weight gain and feed conversion), mineral balance (calcium and phosphorus (P)) and dry matter, crude protein, energy and ash apparent total tract digestibility (ATTD), energy metabolizability and nitrogen retention coefficient. For the results of performance, it was observed that Ca levels influenced the feed intake, which was lower for the animals that fed with the highest levels. A significant difference for interaction in Ca*F were found in weight gain, where the animals that consumed the diets with calcium and low phytase had greater weight gain than all the others. However, there was no significant difference in feed conversion. Also there were no significant differences for dry matter and energy ATTD, energy metabolizability and nitrogen retention coefficient. But the crude protein ATTD was better when SB was added to the diet. For the mineral balance, it was observed that Ca levels influenced Ca and P balance, where the lowest level provided higher mineral digestibility and retention, reducing its losses in the faeces. The content of Ca also interfered in the urine excretion of P, which was higher when calcium levels were lower. The presence of F improved Ca and P digestibility and retention, reducing the loss of these minerals in the feces complexed to phytate. Therefore, the results show that the Ca levels diet interfered in the Ca and P balance in growing pigs and that phytase addition improved their balances. Also the SB addition to the diets helped to improve the crude protein ATTD by the pigs.

Keywords: Acidification, calcium, enzymes, phosphorus.

Introdução

Um dos atuais problemas enfrentados na suinocultura está relacionado com a digestibilidade de minerais, pois os principais ingredientes utilizados para formular as dietas destes animais, farelos e grãos de oleaginosas, contêm fósforo na forma de ácido fítico, e o cálcio e microminerais da dieta são complexados com este ácido, reduzindo sua biodisponibilidade e conseqüentemente aumentando a necessidade de suplementação com fontes inorgânicas, aumentando os custos e os efeitos de poluição ambiental (Leczneski et al., 2006). Além disso, há outros problemas como a solubilidade das fontes minerais que está comprometida em pH intestinal, dificultando ainda mais seu processo de absorção (Bronner, 1998).

Como os animais não-ruminantes não produzem enzimas em quantidades suficientes para clivar os fitatos e ainda possuem um pH próximo do neutro em toda extensão intestinal (Selle et al., 2006), algumas estratégias nutricionais como a adição de fitase exógena e outros aditivos que maximizem a absorção destes nutrientes, dentre eles, os ácidos orgânicos, podem ser utilizados na nutrição animal.

A adição de ácidos orgânicos em dietas para suínos é uma prática estabelecida com o objetivo de reduzir o tamponamento da dieta no estômago de leitões e reduzir a carga microbiana pelo efeito direto destes ácidos sobre alguns microorganismos patogênicos (Tsiloyiannis et al., 2001ab). Esta adição também tem sido acompanhada de melhoria no desempenho, aproveitamento da energia e digestibilidade ileal de aminoácidos, conforme evidenciado na revisão de Partanen & Mroz (1999). Existem evidências da ação positiva dos ácidos orgânicos sobre a digestibilidade de minerais. No trabalho de Mineo et

al. (2001) foi claramente evidenciado que a utilização de ácidos orgânicos (0 a 100 mM/kg de ácido acético, propiônico ou butírico) em preparações *in vitro* de tecidos da mucosa do cólon de ratos comprovaram seus efeitos positivos, principalmente para o ácido butírico, aumentando a absorção de cálcio através do mecanismo de transporte paracelular intestinal. Resultados semelhantes foram observados por Mroz et al. (2000b) quando estes utilizaram ácidos orgânicos (300 meq/kg de butírico, fórmico e fumárico) nas dietas de suínos na fase crescimento e terminação.

Com relação a fitase, vários trabalhos têm demonstrado que a ação desta enzima nas dietas de suínos não torna somente disponível o fósforo fítico para a absorção, mas também aumenta a digestibilidade de outros minerais como cálcio, magnésio, manganês, zinco, cobre e ferro (Oliveira Silva et al., 2005; Johnston et al., 2004; Omogbenigun et al., 2003), além de melhorar a utilização de outros nutrientes da dieta como a energia e aminoácidos (Lönnerdal, 2000). No entanto, quando se estuda a fitase com a adição de ácidos orgânicos observa-se que os resultados ainda se mostram muito controversos, principalmente para os ácidos orgânicos. Nos trabalhos de Valencia & Chavez (2002) e Li et al. (1997), com níveis crescentes de ácido acético e cítrico, respectivamente, não conseguiram demonstrar que a adição destes ácidos orgânicos às dietas melhorasse os resultados quando comparados com os tratamentos utilizando apenas a enzima. Portanto, se há uma ação benéfica dos ácidos graxos de cadeia curta no metabolismo digestório dos suínos e sua associação com o uso de fitase, ela ainda não foi completamente elucidada e também há dúvidas quanto ao tipo e ao nível de ácido orgânico adicionado e como este aditivo pode agir favorecendo o

transporte de nutrientes, pois mesmo seus efeitos sobre o pH do trato digestório foi pouco evidenciado (Partanen & Mroz, 1999).

Dentre o leque de ácidos orgânicos existentes, o ácido butírico tem papel destacado dentro deste contexto, pois apresenta propriedades multifuncionais: mantém uma proporção comparativamente maior na forma não dissociada em pH intestinal normal, este ácido orgânico também é fonte energética preferencial para as células intestinais, atua sobre o crescimento e integridade da mucosa e atua também positivamente sobre a atividade microbiana luminal, favorecendo os microrganismos benéficos e controlando os patogênicos (Kessler, 2005). Entretanto, a adição deste ácido em dietas para suínos em crescimento foi pouco estudada, o que oportuniza a execução de experimentos neste contexto.

Diante deste panorama, este trabalho objetivou avaliar o efeito do ácido butírico e da enzima fitase no metabolismo de nutrientes, de forma isolada ou conjunta, com ênfase na retenção de cálcio e fósforo em suínos na fase crescimento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ensino Zootécnico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, no período de outubro/novembro de 2006. Foram utilizados 32 suínos machos castrados de linhagem comercial com peso inicial de aproximadamente 25 kg. Os animais foram alojados em sala de metabolismo em ambiente semicontrolado, com temperatura média de 22°C, mantidos em gaiolas metabólicas individuais, com comedouro individual, bebedouro tipo chupeta e bandejas para coleta total de fezes e urina. A água e ração foram fornecidas à vontade durante o experimento. O desperdício e as sobras de ração foram coletados, pesados e colocados em estufa à 105°C onde se determinou a MS para, posteriormente, estes dados serem utilizados na avaliação do consumo.

O experimento foi dividido em dois períodos, em função do número de gaiolas (16) na sala de metabolismo, sendo que cada período experimental teve duração de 17 dias, com 3 dias de adaptação ao novo ambiente e 14 dias de mensurações. No primeiro período, 16 animais de peso similar ($24,6 \pm 0,70$ kg) foram distribuídos entre os tratamentos. Após o término do primeiro período todos os animais foram retirados da gaiola de metabolismo e colocados em baias coletivas onde receberam ração comercial por um período de 7 dias. No início do segundo período um novo grupo de animais de peso similar ($43,2 \pm 1,77$ kg) foi escolhido aleatória para a formação de um novo grupo experimental.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes nos 14 dias de cada ensaio de metabolismo, sendo o início e o final das coletas determinadas pelo aparecimento de fezes marcadas, com a adição 0,5% de Fe_2O_3 às dietas. As

fezes totais foram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos de plástico e conservadas em congelador a -10°C. A urina excretada foi drenada para baldes de plástico com 5 mL de H₂SO₄ 100%. Diariamente o volume foi pesado e uma alíquota de 10% foi retirada e conservada por congelamento (-10°C). Ao final do período de coleta, as fezes foram pesadas e homogeneizadas, em seguida pesou-se uma amostra que seguiu para o laboratório de nutrição animal para a determinação da MS em estufa à 60°C. As urinas também foram homogeneizadas e posteriormente retirou-se uma amostra de aproximadamente 100 mL que foi acondicionada e congelada.

As dietas, à base de milho e farelo de soja, foram formuladas com níveis nutricionais próximos daqueles recomendados pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2005), sendo isoproteicas (17,4% PB) e isoenergéticas (3160 kcal/kg), diferindo apenas no nível de cálcio (0,5 ou 0,72%), na ausência ou presença do ácido butírico (0 ou 0,3% de butirato de sódio 84%, equivalente à 0,20% de ácido butírico) e fitase de origem microbiana derivada de *Escherichia coli* (0 ou 500 FTU/kg), sendo fornecidas na forma farelada. Ao ser adicionada a fitase na dieta, foi reduzida a concentração do suplemento inorgânico (fosfato monobicálcico), de acordo com a recomendação do fabricante (0,13% de P disponível).

Os Tratamentos (T) foram os seguintes: T1: dieta controle com cálcio abaixo da exigência (0,5%); T2: T1 com adição da enzima fitase; T3: T1 com adição de ácido butírico; T4: T1 com adição de fitase e ácido butírico simultaneamente; T5: dieta controle segundo a exigência de cálcio para a fase (0,72%); T6: T5 com adição da enzima fitase; T7: T5 com adição do ácido butírico e T8: T5 com adição simultânea de fitase e ácido butírico, conforme

demonstrado na Tabela 2.

TABELA 2. Descrição das dietas experimentais

| Tratamentos | Perfil da dieta |
|-------------|--|
| T1 | 0,72% de Ca, sem adição de AB, sem adição de F |
| T2 | 0,72% de Ca, sem adição de AB, com adição de F |
| T3 | 0,72% de Ca, com adição de AB, sem adição de F |
| T4 | 0,72% de Ca, com adição de AB, com adição de F |
| T5 | 0,50% de Ca, sem adição de AB, sem adição de F |
| T6 | 0,50% de Ca, sem adição de AB, com adição de F |
| T7 | 0,50% de Ca, com adição de AB, sem adição de F |
| T8 | 0,50% de Ca, com adição de AB, com adição de F |

Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase

Para a produção das dietas experimentais foi utilizada uma única dieta basal, sendo os diferentes níveis de cálcio obtidos pela inclusão de calcário calcítico em substituição à areia fina e a inclusão do ácido butírico e da fitase em substituição ao amido de milho. A composição das dietas com a respectiva análise químico-bromatológica são mostradas na Tabela 3.

As análises de matéria seca das rações e fezes, bem como o nitrogênio das mesmas e também da urina foram realizadas de acordo com a AOAC (1993). A energia bruta das dietas e das fezes seguiu os procedimentos de calorimetria usando uma bomba calorimétrica da Parr Instruments. Co. (1988). O conteúdo de cálcio nas rações, fezes e urinas foram realizados por espectrofotometria de absorção atômica e o conteúdo de fósforo por colorimetria, conforme especificações de Tedesco et al. (1995).

As respostas de desempenho analisadas durante o experimento foram consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) através de pesagens realizadas em cada gaiola no início e no final de cada período.

TABELA 3. Composição percentual dos tratamentos experimentais

| Ingredientes | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Milho | 69,34 | 69,34 | 69,34 | 69,34 | 69,34 | 69,34 | 69,34 | 69,34 | |
| Farelo de soja | 26,89 | 26,89 | 26,89 | 26,89 | 26,89 | 26,89 | 26,89 | 26,89 | |
| Calcário | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | |
| Fosfato monobicálcico | 1,42 | 0,72 | 1,42 | 0,72 | 1,42 | 0,72 | 1,42 | 0,72 | |
| Sal comum | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | |
| Premix mineral ¹ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | |
| Premix vitamínico ² | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | |
| L-Lisina HCl | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | |
| Cl-Colina 60% | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | |
| Na-butilato 84% ³ | - | - | 0,3 | 0,3 | - | - | 0,3 | 0,3 | |
| Fitase 2500 FTU/g ⁴ | - | 0,02 | - | 0,02 | - | 0,02 | - | 0,02 | |
| Amido | 0,27 | 0,27 | - | - | 0,27 | 0,27 | - | - | |
| Areia fina | 0,63 | 1,31 | 0,63 | 1,31 | 0,02 | 0,70 | 0,02 | 0,70 | |
| Composição Nutricional | | | | | | | | | |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 | 3160 |
| Proteína bruta (%) | 17,40 | 17,40 | 17,40 | 17,40 | 17,40 | 17,40 | 17,40 | 17,40 | 17,40 |
| Cálcio (%) | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Fósforo total (%) | 0,62 | 0,48 | 0,62 | 0,48 | 0,62 | 0,48 | 0,62 | 0,48 | 0,48 |
| Fósforo disponível (%) | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Sódio (%) | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Cloro (%) | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| Potássio (%) | 0,492 | 0,492 | 0,492 | 0,492 | 0,492 | 0,492 | 0,492 | 0,492 | 0,492 |
| Lisina digestível (%) | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 |
| Metionina+cistina digestível (%) | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 |
| Metionina (%) | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 |
| Treonina digestível (%) | 0,597 | 0,597 | 0,597 | 0,597 | 0,597 | 0,597 | 0,597 | 0,597 | 0,597 |
| Triptofano digestível (%) | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 |
| Colina (mg/kg) | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 |
| Arginina digestível (%) | 1,191 | 1,191 | 1,191 | 1,191 | 1,191 | 1,191 | 1,191 | 1,191 | 1,191 |
| DGM (µm) | 1,113 | 1,113 | 1,113 | 1,113 | 1,113 | 1,113 | 1,113 | 1,113 | 1,113 |

¹ Adição por kg de dieta: Selênio 0,3 mg; Iodo 0,4 mg; Ferro 60 mg; Cobre 10 mg; Zinco 100 mg; Manganês 40 mg;

² Adição por kg de dieta: Vit. A 5000 UI; Vit. D₃ 1000 UI; Vit. E 20 mg; Vit. K₃ 2 mg; Vit. B₁ 1,2 mg; Vit. B₂ 4,2 mg; Vit. B₆ 1,1 mg; Vit. B₁₂ 0,015 mg; Biotina 0,05 mg; Ácido pantotênico 14 mg; Niacina 23 mg; Ácido fólico 0,6 mg.

³ Fornece 0,20% de ácido butírico à dieta

⁴ Fornece 500 FTU de fitase/kg de dieta

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade total aparente do cálcio (CDCa) e do fósforo (CDP), assim como seus respectivos coeficientes de retenção (CRCa, CRP), tanto em % quanto em gramas. Também foi calculado a quantidade de Ca e P excretados pela urina em relação ao ingerido. Neste

trabalho, também se determinaram a digestibilidade total aparente da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), a metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e o coeficiente de retenção de nitrogênio (CRN).

O delineamento experimental foi o completamente casualizado em decomposição fatorial 2x2x2 (2 níveis de cálcio, ácido butírico e fitase), com 4 repetições, sendo que cada animal constituiu uma unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo método dos Quadrados Mínimos Generalizados através do programa computacional Statgraphics plus 4.1 (Manugistics, 1999), considerando o fator experimento (2 períodos experimentais) como bloco. As médias dos fatores principais e das interações foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O modelo estatístico utilizado foi $Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijkl}$, em que Y_{ijkl} é o valor observado da variável resposta pertencente a gaiola $ijkl$; μ é a estimativa da média geral da resposta no experimento; A_i é o efeito dos níveis de cálcio i ; B_j é o efeito dos níveis de ácido butírico j ; C_k é o efeito dos níveis de fitase k ; D_l é o efeito do período experimental l ; AB_{ij} efeito da interação entre os níveis de cálcio i e os níveis de ácido butírico j ; AC_{ik} é o efeito da interação entre os níveis de cálcio i e os níveis de fitase k ; BC_{jk} é o efeito da interação entre os níveis de ácido butírico j e os níveis de fitase k ; ABC_{ijk} é o efeito da interação entre os níveis de cálcio i , níveis de ácido butírico j e níveis de fitase k ; e_{ijkl} erro experimental não-observado suposto seguir a distribuição normal de probabilidade com média zero e variância constante.

Resultados e Discussão

Os resultados de desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) podem ser observados na Tabela 4.

Houve influência do nível de cálcio ($P < 0,06$) sobre o consumo de ração (CR) e também houve diferenças significativas na interação CaxFitase ($P < 0,005$) para ganho de peso (GP). No entanto, não foram verificadas diferenças na conversão alimentar (CA) para os níveis de cálcio, ácido butírico, fitase ou interação entre estes fatores.

Com relação ao nível de cálcio nas dietas ($P < 0,06$), observou-se que os animais que consumiram dietas com alto cálcio demonstraram menor CR (1,96 kg) do que os animais que consumiram dietas com baixo cálcio (2,07 kg). De acordo com Hurwitz et al. (1995), o mecanismo de redução do consumo de alimento e do crescimento por elevados níveis de cálcio permanece incerto. Este autor sugere que a redução no consumo pode estar associada com a concentração de determinados metabólitos sangüíneos (maiores níveis de cálcio ou menores níveis de fosfato) que estimulariam receptores químicos agindo no centro de saciedade ocasionando redução na ingestão de alimentos. No entanto, o nível de 0,72% de Ca não é excessivo, visto que é a exigência mínima para leitões de 15 a 30 kg de peso vivo sugerida nas tabelas de Rostagno et al. (2005).

Desdobrando a interação CaxFitase ($P < 0,005$) observou-se que os animais que consumiram a dieta com maior nível de cálcio apresentaram menor ganho de peso (0,72 kg) do que os animais que consumiram dietas com baixo cálcio (0,87 kg), ambos na presença de fitase. Já aqueles que estavam na ausência de fitase, não apresentaram diferenças significativas. Alguns

pesquisadores têm discutido que a enzima fitase melhora a performance dos animais quando suas dietas são reduzidas em Ca e P. Li et al. (1998), estudaram o efeito da fitase em suínos na fase crescimento, e concluíram que adicionando esta enzima (750FTU/kg) em dietas com baixo fósforo houve um aumento no GP em 10,8% e na eficiência alimentar em 7,5%. Um melhor desempenho também foi observada por Johnston et al. (2004). Estes autores explicaram que a melhora no GP demonstrado em seu trabalho com suínos na fase crescimento-terminação foi obtido através de um aumento significativo na digestibilidade ileal aparente dos nutrientes (aminoácidos, nitrogênio, amido, matéria seca, cálcio, fósforo e energia bruta) alcançados por meio da redução do Ca e do P em combinação com a adição de fitase (500 FTU/kg) nas dietas, otimizando sua utilização e que conseqüentemente refletiram-se sobre os resultados de desempenho. Porém, isto não foi o caso deste estudo, como poderá se verificar nos próximos resultados de metabolismo. Além disso, deve-se considerar que no presente estudo, as medidas de desempenho foram tomadas em período curto (14 dias) e em animais individuais, de forma que a variação individual não controlada (consumo, adaptabilidade à gaiola) pode ter sido efetivamente uma causa da variação entre tratamentos. Resultados de desempenho como o apresentado acima, devem necessariamente ser confirmados em experimentos com maior número de animais alojados em baias coletivas.

Quanto à adição do ácido butírico, a ausência de efeitos significativos sobre o desempenho dos animais está de acordo com diversos autores que utilizaram esse ácido graxo nas dietas. A inconsistência e a falta de resultados na performance de suínos com a suplementação do ácido

butírico têm sido reportada em diversos estudos. Biagi et al. (2007) não observaram efeito no desempenho de suínos recém-desmamados alimentados com dietas suplementadas com crescentes níveis de butirato de sódio (0, 0,1, 0,2 e 0,4%). No entanto, Piva et al. (2002) demonstraram que alimentando leitões recém-desmamados com 0,8% de butirato de sódio aumentou o GP e o CR durante as duas primeiras semanas (1-14 dias), mas, no segundo período (14-28 dias) e no período total (1-28 dias) não foi observado nenhum benefício. Já Gálfi & Bokori (1990) verificaram que alimentando suínos na fase crescimento com 0,17% de butirato de sódio aumentaram o GP, CR e a CA.

Com base nestes estudos, pode-se observar que os resultados obtidos no desempenho de suínos com o ácido butírico, em geral, são muito variáveis e podem estar influenciadas por outros fatores, entre eles, os diferentes níveis de inclusões, as capacidades tamponante da dieta e também ao diferente status de maturação intestinal encontrados em cada fase. Portanto, o nível utilizado neste experimento pode ter sido insuficiente para provocar alterações de desempenho nos animais desta fase e também a capacidade tamponante da dieta pode ter prejudicado a ação do ácido orgânico.

TABELA 4. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | CR (kg) | GP (kg) | CA | |
|---------------------|-------|------------|---------|----------|--------|
| Efeito Principal | | | | | |
| Cálcio | Alto | 1,976 | 0,7822 | 2,4039 | |
| | Baixo | 2,068 | 0,8305 | 2,4041 | |
| Ácido Butírico | Com | 2,014 | 0,8130 | 2,3618 | |
| | Sem | 2,029 | 0,7998 | 2,4463 | |
| Fitase | Com | 2,004 | 0,7986 | 2,4216 | |
| | Sem | 2,039 | 0,8141 | 2,3865 | |
| Interação Ca*F | | | | | |
| Cálcio | Alto | Com Fitase | 1,9133 | 0,7273 b | 2,4984 |
| | Baixo | Com Fitase | 2,0945 | 0,8700 a | 2,3448 |
| Cálcio | Alto | Sem Fitase | 2,0385 | 0,8372 a | 2,3096 |
| | Baixo | Sem Fitase | 2,0406 | 0,7909 a | 2,4634 |
| Probabilidade (P<F) | | | | | |
| Ca | | 0,0586 | 0,0903 | 0,9989 | |
| AB | | 0,7263 | 0,6319 | 0,3548 | |
| F | | 0,4461 | 0,5783 | 0,6993 | |
| Ca*AB | | 0,5332 | 0,2731 | 0,8727 | |
| Ca*F | | 0,0639 | 0,0021 | 0,0995 | |
| AB*F | | 0,6642 | 0,5384 | 0,2064 | |
| Ca*AB*F | | 0,0858 | 0,5407 | 0,7322 | |
| CV (%) | | 6,43 | 9,57 | 10,53 | |

CR: Consumo de ração; GP: Ganho de peso; CA: Conversão alimentar; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente

Não houve diferenças significativas para a digestibilidade da matéria seca (CDMS), energia bruta (CDEB) e metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) em relação ao uso dos diferentes níveis de cálcio, ácido butírico, fitase ou interação entre estes fatores, conforme pode ser verificado na Tabela 5.

Vários pesquisadores também não conseguiram observar efeitos dos ácidos orgânicos em combinação ou não com a enzima fitase na digestibilidade total aparente dos nutrientes e os resultados têm se mostrado muito conflitantes. Além disso, poucos trabalhos foram realizados com ácido butírico para serem comparados com este estudo. Omogbenigum et al. (2003) não conseguiram observar diferenças significativas no CDMS e CDEB em dietas para leitões recém-desmamados suplementados a níveis próximos aos utilizados neste

trabalho (0,35%), utilizando mistura de ácidos orgânicos (ácido cítrico, málico, fosfórico, sórbico, tartárico e láctico). O mesmo aconteceu com Radcliffe et al. (1998) que também não observou diferenças significativas nestas variáveis tanto na fase pré-inicial como na fase inicial alimentando animais com diferentes níveis de fitase (0, 250, 500, 750 FTU/kg) e/ou ácido cítrico (0, 1,5 e 3%) na dieta. Já os trabalhos de Valencia & Chavez (2002) e Mroz et al. (2000b) conseguiram demonstrar diferenças significativas no CDMS e CDPB utilizando apenas ácidos orgânicos, os primeiros suplementando apenas 1% de ácido acético para suínos recém-desmamados, e, os segundos, com 3 tipos de ácidos orgânicos (ácido fórmico, fumárico e butírico) na mesma concentração (300 meq/kg) em suínos na fase crescimento e terminação. Partanen & Mroz (1999), em meta-análise sobre o uso de ácidos orgânicos em dietas para suínos em crescimento e concluíram que estes exerceram um efeito pequeno, mas positivo sobre a digestibilidade total aparente da energia. No presente trabalho, pode ser observado um aumento de mais de dois pontos percentuais no CDEB com a adição do ácido butírico, mas relativa significância estatística ($P < 0,133$).

Portanto, observa-se que os resultados são bastante conflitantes, apesar de se esperar resultados positivos seja com a suplementação da fitase, do ácido butírico ou ambos devido às funções e características que lhes são peculiares. Obviamente não há como comparar todos estes estudos sem considerar que os mesmos utilizaram suplementações em quantidades e tipos muito variáveis destes aditivos.

Pode-se verificar na Tabela 5 que houve efeito do nível de cálcio ($P < 0,005$) para a digestibilidade de cinzas (CDCZ). Os animais que consumiam maiores

níveis de cálcio apresentaram maior coeficiente de digestibilidade (59,30%) do que os animais que consumiram os menores níveis (52,44%). O fato de nas dietas de baixo cálcio haver a substituição do calcário pela areia fina, esta indigestível, deve representar a maior parte do efeito observado.

TABELA 5. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a digestibilidade da matéria seca, energia bruta e cinzas e metabolizabilidade da energia bruta de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | CDMS (%) | CDEB (%) | CMEB (%) | CDCZ (%) |
|----------------------|-------|----------|----------|----------|----------|
| Efeito Principal | | | | | |
| Cálcio | Alto | 86,337 | 84,795 | 83,034 | 59,295 |
| | Baixo | 85,486 | 85,064 | 83,261 | 52,435 |
| Ácido Butírico | Com | 86,317 | 85,477 | 83,746 | 57,087 |
| | Sem | 85,506 | 84,381 | 82,550 | 54,643 |
| Fitase | Com | 85,785 | 84,865 | 82,988 | 55,279 |
| | Sem | 86,037 | 84,993 | 83,308 | 56,451 |
| Probabilidades (P<F) | | | | | |
| Ca | | 0,2336 | 0,7058 | 0,7603 | 0,0017 |
| AB | | 0,2562 | 0,1327 | 0,1171 | 0,2178 |
| F | | 0,7207 | 0,8574 | 0,6680 | 0,5493 |
| Ca*AB | | 0,7153 | 0,9920 | 0,7747 | 0,7016 |
| Ca*F | | 0,7259 | 0,6139 | 0,5578 | 0,5958 |
| AB*F | | 0,4183 | 0,7573 | 0,8178 | 0,0583 |
| Ca*AB*F | | 0,2035 | 0,0887 | 0,0954 | 0,3898 |
| CV (%) | | 2,29 | 2,34 | 2,50 | 9,76 |

CDMS: Coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDEB: Coeficiente de digestibilidade da energia bruta; CMEB: Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta; CDCZ: Coeficiente de digestibilidade das cinzas; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

Houve efeito do ácido butírico ($P < 0,06$) sobre a digestibilidade da proteína bruta (CDPB), no entanto, a retenção de nitrogênio (CRN) e a percentagem de nitrogênio excretado na urina não foram significativas estatisticamente como pode ser observado na Tabela 6. Os suínos que consumiram a dieta contendo o ácido butírico apresentaram um CDPB de 83,62% enquanto aqueles que se alimentaram das dietas sem o ácido orgânico foram de 81,36%. De acordo com Kornegay et al., (1994), esta melhora na digestibilidade das proteínas pode ser explicada pelo modo de ação dos ácidos orgânicos, pois estes reduzem o pH

gástrico que é essencial para a digestão das proteínas. Estes autores explicaram que com baixo pH, o pepsinogênio é rapidamente ativado a pepsina, que é a enzima responsável pela clivagem das proteínas à peptídeos, reduzindo sua integridade física e aumentando a área de contato para a ação das demais enzimas proteolíticas no intestino delgado, resultando possivelmente em maior eficiência de digestão das proteínas. Além disso, estes mesmos autores ainda citaram que a redução do pH gástrico influencia a taxa de esvaziamento gástrico, o que permite mais tempo para a hidrólise da proteína no estômago. Na revisão realizada por Partanen & Mroz (1999) há ganhos na ordem de 1% na digestibilidade aparente total da proteína bruta (neste trabalho 2,3% aproximadamente). Os mesmos autores reúnem resultados publicados onde o efeito positivo sobre a digestibilidade da proteína e aminoácidos é mais evidente (ganhos da ordem de 3%) quando esta medida foi ileal. Já a retenção de nitrogênio e a percentagem de nitrogênio excretado na urina não foram diferentes significativamente para os tratamentos, apesar de ser numericamente melhores para os animais que consumiram dietas contendo o ácido butírico.

Tabela 6. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a digestibilidade da proteína bruta, retenção de nitrogênio e percentagem de nitrogênio excretado na urina de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | CDPB (%) | CRN (%) | N excretado na urina (%) |
|---------------------|-------|----------|---------|--------------------------|
| Efeito Principal | | | | |
| Cálcio | Alto | 82,533 | 37,283 | 26,203 |
| | Baixo | 82,445 | 38,886 | 26,887 |
| Ácido Butírico | Com | 83,623 | 39,941 | 25,787 |
| | Sem | 81,355 | 36,228 | 27,303 |
| Fitase | Com | 82,210 | 35,059 | 27,974 |
| | Sem | 82,768 | 41,110 | 25,116 |
| Probabilidade (P<F) | | | | |
| Ca | | 0,9379 | 0,6953 | 0,8561 |
| AB | | 0,0537 | 0,3676 | 0,6880 |
| F | | 0,6213 | 0,1478 | 0,4512 |
| Ca*AB | | 0,3153 | 0,9832 | 0,5077 |
| Ca*F | | 0,6629 | 0,2926 | 0,7310 |
| AB*F | | 0,7662 | 0,6603 | 0,7688 |
| Ca*AB*F | | 0,1271 | 0,7400 | 0,8985 |
| CV (%) | | 3,83 | 30,01 | 39,73 |

CDPB: Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CRN: Coeficiente de retenção de nitrogênio; N: Nitrogênio; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

As tabelas 7 e 8 apresentam os resultados dos efeitos dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o metabolismo do cálcio em suínos na fase crescimento.

Houve diferença significativa apenas para os efeitos principais relacionados ao nível de cálcio e fitase.

Já se esperava que os níveis de cálcio influenciassem a quantidade de cálcio consumida (CaC) em função da natureza dos tratamentos.

Observou-se que o coeficiente de digestibilidade do cálcio (CDCa) foi afetado pelo nível de cálcio ($P<0,05$) e pela presença da enzima ($P<0,005$) na dieta. A digestibilidade aumentou com a redução da quantidade de cálcio na dieta. Nas dietas com baixo cálcio foi de 56,8% enquanto que nas de alto cálcio foi de 48,8%. Este fato pode ser explicado pela regulação da absorção de cálcio que é influenciada pela quantidade de cálcio presente na alimentação, visto que, quando o consumo de cálcio é alto, sua absorção é baixa e vice-versa (Ganong, 2001). Já para os tratamentos com fitase, verificou-se que o

CDCa foi de 59,3% e 46,2% para os tratamentos com e sem a enzima, respectivamente. Nota-se que a enzima foi eficiente, liberando o mineral complexado ao ácido fítico e conseqüentemente melhorando seu aproveitamento pelos animais, pois aumentou a digestibilidade do cálcio em mais de 10%.

TABELA 7. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o consumo e digestibilidade de cálcio de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | CaC (g) | CDCa (%) | CaFz (g) | CaFz (%) |
|---------------------|-------|---------|----------|----------|----------|
| Efeito Principal | | | | | |
| Cálcio | Alto | 176,280 | 48,769 | 91,833 | 51,230 |
| | Baixo | 127,795 | 56,758 | 55,255 | 43,242 |
| Ácido Butírico | Com | 152,348 | 53,100 | 73,299 | 46,899 |
| | Sem | 151,726 | 52,427 | 73,789 | 47,572 |
| Fitase | Com | 148,699 | 59,300 | 61,795 | 40,700 |
| | Sem | 155,375 | 46,227 | 85,293 | 53,772 |
| Probabilidade (P<F) | | | | | |
| Ca | | <0,0001 | 0,0411 | <0,0001 | 0,0411 |
| AB | | 0,8979 | 0,8570 | 0,9439 | 0,8570 |
| F | | 0,1773 | 0,0017 | 0,0024 | 0,0017 |
| Ca*AB | | 0,7442 | 0,6302 | 0,6603 | 0,6302 |
| Ca*F | | 0,1454 | 0,7830 | 0,4754 | 0,7830 |
| AB*F | | 0,6993 | 0,1179 | 0,2404 | 0,1179 |
| Ca*AB*F | | 0,0988 | 0,4429 | 0,3642 | 0,4429 |
| CV % | | 8,92 | 19,79 | 26,48 | 22,10 |

CaC: Cálcio consumido; CDCa: Coeficiente de digestibilidade do cálcio; CaFz: Cálcio excretado nas fezes em % do ingerido; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

Também houve diferença significativa para o cálcio retido em gramas (CaRT) apenas para os tratamentos com a enzima (P<0,005) (Tabela 7). A adição de fitase proporcionou maior quantidade de cálcio retido (82g) do que os tratamentos sem a enzima (64g). Neste caso, a maior parte foi excretada pelas fezes, tanto em percentagem (P<0,005) quanto em gramas (P<0,005) (Tabela 7), na forma de Ca ligado ao fitato, uma vez que não houve diferença significativa para a quantidade de Ca excretado pela urina (Tabela 8).

Conseqüentemente o coeficiente de retenção de cálcio (CRCa) foi maior para os tratamentos com a enzima (56%) quando comparados com os tratamentos sem a enzima (42%) ($P < 0,005$).

Não houve diferença significativa quanto ao cálcio retido em gramas nos tratamentos com diferentes níveis de cálcio. Isto demonstra a eficiência dos animais que se alimentaram com os menores níveis de cálcio, pois estes conseguiram reter quantidades similares do mineral quando comparados com aqueles que se alimentaram com os níveis adequados na dieta. Estas conclusões são confirmadas quando se avalia o CRCa (%) ($P < 0,05$) que foi de aproximadamente 45% e 54% para os animais que consumiram alto e baixo cálcio, respectivamente, ou seja, os animais que consumiram os menores níveis utilizaram o cálcio muito mais eficientemente do que aqueles que consumiram as maiores quantidades de cálcio, excretando-o nas fezes, como pode ser observado na Tabela 7, tanto em percentagem ($P < 0,05$) quanto em gramas ($P < 0,001$).

Benson et al. (1969) explicaram em seu trabalho que este aumento na percentagem de retenção poderia ser interpretado como um mecanismo adaptativo de acordo com o cálcio ingerido refletindo a habilidade do animal reter este mineral em proporção inversa a ingerida. Como a maior parte do cálcio foi excretada pelas fezes, tanto neste trabalho como dos autores citados anteriormente, indica que este mecanismo adaptativo ocorre no intestino. Já Auchère et al., (1998) completaram este estudo e concluíram que quando os níveis de cálcio do alimento são baixos, o transporte transcelular de cálcio torna-se primordial, responsabilizando-se por uma substancial fração de cálcio absorvido, de maneira que esta restrição estimula um aumento das bombas e

proteínas transportadoras de cálcio. Quando o consumo de cálcio é alto, este transporte assume uma porção menor de absorção devido ao menor tempo de permanência e porque os canais de membrana (TRVP5 e 6) e a calbindina-D, ambos limitantes, tornem-se reguladores (feedback negativo). Dessa forma os níveis de cálcio utilizados nas dietas estariam sujeitos a essa regulação pelo organismo dos suínos interferindo na eficiência de retenção de cálcio.

Estes resultados estão de acordo com outros estudos onde também se verificou que aumentando a quantidade de cálcio na dieta sua eficiência de retenção diminuirá, sendo este mineral excretado principalmente pelas fezes, seja ele de origem dietética e/ou endógena, onde sua perda é estimulada com o aumento de cálcio na dieta e pode ser devido à redução da taxa de reabsorção do cálcio endógeno secretado e não devido apenas a um aumento na taxa de secreção per se (Auchère et al., 1998; Benson et al., 1969). Neste particular, o coeficiente de digestibilidade aparente do Ca é confundido com o balanço do Ca (retenção) uma vez que contém grandes e variadas quantidades de Ca absorvido e em seqüência excretado nas fezes. Geeorgiewskii (1982) estimou que em um suíno de 35 kg de peso vivo, em torno de 38% do Ca ingerido foi absorvido, 12% (30% do absorvido) foi excretado (endógeno fecal) nas fezes e apenas 0,9% excretado via urina.

TABELA 8. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a retenção e percentagem de cálcio excretado na urina de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | CaRT (g) | CRCa (%) | CaU (%) |
|---------------------|-------|----------|----------|---------|
| Efeito Principal | | | | |
| Cálcio | Alto | 77,437 | 44,726 | 4,043 |
| | Baixo | 68,555 | 53,661 | 3,097 |
| Ácido Butírico | Com | 73,336 | 49,362 | 3,736 |
| | Sem | 72,656 | 49,025 | 3,402 |
| Fitase | Com | 81,973 | 42,382 | 3,294 |
| | Sem | 64,019 | 56,005 | 3,845 |
| Probabilidade (P<F) | | | | |
| Ca | | 0,1333 | 0,0304 | 0,0981 |
| AB | | 0,9061 | 0,9314 | 0,5471 |
| F | | 0,0045 | 0,0018 | 0,3257 |
| Ca*AB | | 0,7757 | 0,6230 | 0,8161 |
| Ca*F | | 0,6327 | 0,6539 | 0,1958 |
| AB*F | | 0,0896 | 0,1381 | 0,9348 |
| Ca*AB*F | | 0,6795 | 0,5522 | 0,3309 |
| CV % | | 22,11 | 22,27 | 43,48 |

CaRT: Retenção de cálcio; CRCa: Coeficiente de retenção de cálcio; CaU: Cálcio excretado na urina em % do ingerido; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

Os resultados do balanço de fósforo encontram-se nas Tabelas 9 e 10.

Já se esperava que os níveis de fitase influenciasses a quantidade de fósforo consumida (PC) (Tabela 9) em função da natureza dos tratamentos, pois o fósforo foi reduzido nas dietas com a adição da enzima de acordo com as recomendações do fabricante.

Para as respostas de digestibilidade como pode ser observada na Tabela 9, verificou-se que um aumento na ingestão de cálcio reduziu a absorção de fósforo pelos suínos ($P < 0,06$). O coeficiente de digestibilidade do fósforo (CDP) foi de 35% e 40% para os animais que consumiram dietas com alto e baixo cálcio, respectivamente. Omogbenigum et al. (2003) e Li et al. (1998) reportaram que a absorção do fósforo está indiretamente relacionada com o conteúdo de cálcio na dieta. Sandberg et al. (1992) em um estudo onde avaliou a influencia de níveis crescentes de cálcio sob a degradação do fitato em

suínos de 30 kg concluíram que a razão para a redução da digestibilidade do fósforo quando estes animais são alimentados com altos níveis de cálcio, principalmente na forma de carbonato de cálcio, poderia ser pelo aumento de pH durante a passagem pelo TGI, favorecendo a formação de complexos insolúveis.

O CDP foi similar entre as dietas com e sem fitase. Isto já era esperado uma vez que as dietas sem fitase tinham maior quantidade de P não fítico através da adição de fosfato monobicálcico. Esta diferença de fósforo ingerido ($P < 0,0001$) pode ser observada pela quantidade de fósforo consumida na ração com fitase (83,5g) contra a ração sem fitase (122 g). No entanto, a quantidade de fósforo excretada nas fezes em gramas (PFz) foi bem menor ($P < 0,0001$) nas rações com a fitase (50,8 g) do que aquelas sem ela (75,7 g), demonstrando que a enzima foi eficiente em liberar o fósforo complexado ao fitato, diminuindo suas perdas pelas fezes, reduzindo a poluição ambiental gerada pela produção suína.

TABELA 9. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre o consumo e digestibilidade do fósforo de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | PC g | CDP % | PFz g | PFz % |
|---------------------|-------|---------|--------|---------|--------|
| Efeito Principal | | | | | |
| Cálcio | Alto | 101,057 | 34,955 | 65,868 | 65,045 |
| | Baixo | 104,753 | 40,140 | 60,682 | 59,859 |
| Ácido Butírico | Com | 103,045 | 37,967 | 61,185 | 62,033 |
| | Sem | 102,765 | 37,129 | 65,364 | 62,871 |
| Fitase | Com | 83,524 | 38,999 | 50,818 | 61,000 |
| | Sem | 122,286 | 36,096 | 75,732 | 63,904 |
| Probabilidade (P<F) | | | | | |
| Ca | | 0,2144 | 0,0589 | 0,2262 | 0,0589 |
| AB | | 0,9238 | 0,7505 | 0,3268 | 0,7505 |
| F | | <0,0001 | 0,2767 | <0,0001 | 0,2767 |
| Ca*AB | | 0,5048 | 0,6110 | 0,5693 | 0,6110 |
| Ca*F | | 0,2476 | 0,0869 | 0,8900 | 0,0869 |
| AB*F | | 0,9157 | 0,0868 | 0,0760 | 0,0868 |
| Ca*AB*F | | 0,0622 | 0,9550 | 0,1788 | 0,9550 |
| CV % | | 7,96 | 23,79 | 18,64 | 14,95 |

PC: Fósforo consumido; CDP: Coeficiente de digestibilidade do fósforo; PFz: Fósforo excretado nas fezes em % do ingerido; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

Já a % de fósforo na urina (PU) (Tabela 10) foi altamente influenciada pelo nível de cálcio na dieta ($P < 0,0001$) e também pela inclusão de fitase ($P < 0,05$). Nos tratamentos com maior nível de cálcio os animais excretaram apenas 6,5% de fósforo ingerido enquanto que nos tratamentos com baixo nível de cálcio esta percentagem subiu para 17,2%. Este fato pode ser explicado pela ação hormonal do organismo que responde a um baixo nível de cálcio através da secreção do hormônio PTH das glândulas paratireóides que favorece os mecanismos de reabsorção de cálcio nos túbulos renais e desfavorece a reabsorção de fósforo, que é então eliminado pela urina (González & Silva, 2006).

A presença de fitase também influenciou na percentagem de fósforo excretado na urina ($P < 0,05$). Sua inclusão proporcionou menores níveis deste mineral excretado na urina (10,5%) quando comparados com os tratamentos

sem a enzima (13,2%). Isto ocorreu provavelmente porque nas dietas com a adição desta enzima houve uma redução na quantidade de fósforo total e desta forma, menores níveis foram eliminados.

Como as quantidades de fósforo nas fezes e urinas foram reduzidas com a adição de fitase, conseqüentemente o coeficiente de retenção de fósforo (CRP) ($P < 0,06$) foi maior para os tratamentos com a fitase (28,5%) do que aqueles sem ela (22,8%), como pode ser observado na Tabela 10.

TABELA 10. Efeito dos níveis de cálcio, ácido butírico e fitase sobre a retenção e percentagem de fósforo excretado na urina de suínos na fase crescimento

| Variáveis | | PRT g | CRP (%) | PU(%) |
|---------------------------|-------|--------|---------|---------|
| Efeito Principal | | | | |
| Cálcio | Alto | 28,007 | 28,431 | 6,525 |
| | Baixo | 23,463 | 22,974 | 17,166 |
| Ácido Butírico | Com | 26,863 | 26,234 | 11,733 |
| | Sem | 24,606 | 25,171 | 11,958 |
| Fitase | Com | 23,707 | 28,534 | 10,466 |
| | Sem | 27,763 | 22,870 | 13,226 |
| Probabilidade ($P < F$) | | | | |
| Ca | | 0,1340 | 0,0668 | <0,0001 |
| AB | | 0,4479 | 0,7108 | 0,8339 |
| F | | 0,1788 | 0,0578 | 0,0162 |
| Ca*AB | | 0,4795 | 0,6137 | 0,9212 |
| Ca*F | | 0,0650 | 0,2546 | 0,2146 |
| AB*F | | 0,0762 | 0,1050 | 0,9117 |
| Ca*AB*F | | 0,4653 | 0,8650 | 0,7526 |
| CV (%) | | 44,14 | 40,17 | 29,53 |

PRT: Retenção de fósforo; CRP: Coeficiente de retenção de fósforo; PU: Fósforo excretado na urina em % do ingerido; Ca: Cálcio; AB: Ácido butírico; F: Fitase; CV: Coeficiente de variação

Na tabela 11 pode-se observar o efeito dos períodos experimentais sobre as variáveis de desempenho e digestibilidade dos nutrientes.

Com relação ao desempenho, observou-se que os diferentes períodos influenciaram o consumo de ração médio (CRM) ($P < 0,0001$). Os animais do período 2 apresentaram um maior consumo de ração (2,20 kg) do que os

animais do período 1 (1,84 kg). Isto ocorreu em função da idade mais avançada dos suínos utilizados no período 2. No entanto, o ganho de peso (GP) ($P < 0,09$) destes animais foram menores, o que resultou conseqüentemente em pior conversão alimentar (CA) ($P < 0,0001$). Os animais do período 1 obtiveram um GP de 0,83 kg e uma CA média de 2,11 enquanto que os animais do período 2 o GP foi de 0,78 e a CA de 2,69.

A digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB) e energia bruta (CDEB) foram altamente influenciadas com a idade e/ou peso dos animais ($P < 0,0001$). Os animais do segundo período apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade do que os animais do primeiro período. Os resultados do CDMS, CDPB e CDEB foram 83,7%, 79,4% e 82,5% para os suínos mais jovens e mais leves e 88,11%, 85,6% e 87,4% para os mais velhos e mais pesados, respectivamente. Esta influência do peso e idade na digestibilidade dos nutrientes em suínos na fase crescimento também foi encontrada por Kemme et al., (1997a).

A digestibilidade dos minerais cálcio e fósforo também foi influenciada pelos períodos experimentais. Para o cálcio não houve diferenças significativas nas variáveis estudadas, apesar de serem numericamente menores para os animais mais velhos e pesados. Já para o fósforo pode-se observar que houve influência dos períodos em alguns dos parâmetros avaliados. Houve diferenças significativas para o coeficiente de retenção de fósforo (CRP) ($P < 0,01$) e fósforo excretado na urina (PU) ($P < 0,005$). Os animais mais velhos apresentaram menor CRP (21,6%) e maior quantidade de PU (13,7%), enquanto os animais mais jovens retiveram mais fósforo (29,8%) e excretaram-no menos na urina (10%). Kemme et al. (1997b) trabalhando com suínos de 30

a 100 kg observaram que a digestibilidade total aparente do cálcio e fósforo aumentou com animais de 30 a 60 kg, e então permaneceu constante até atingir 100 kg. Estes autores argumentaram que a falta de resposta dos animais de 60 a 100 kg pode ser explicada pelo fato das exigências nutricionais nesta faixa de peso serem menores e por isso estes minerais foram excretados pelas fezes. Já Jongbloed (1987) revisou cinco experimentos com o objetivo de verificar o efeito do peso corporal na digestibilidade total aparente do fósforo. Todos estes experimentos apresentaram uma redução na percentagem de absorção e retenção de fósforo à medida que o peso corporal aumentava. Entretanto, este pesquisador não pode distinguir se estes efeitos foram devido ao peso corporal ou ao excesso deste mineral suplementado na dieta.

TABELA 11. Efeito do período experimental sobre as variáveis de desempenho e digestibilidade dos nutrientes em suínos na fase crescimento

| Variáveis | Período 1 (25- 40 kg) | Período 2 (40- 55 kg) | Probabilidade (P<F) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| CRM kg | 1,84 | 2,20 | <0,0001 |
| GP kg | 0,83 | 0,78 | 0,0902 |
| CA | 2,11 | 2,69 | <0,0001 |
| CDMS % | 83,7 | 88,11 | <0,0001 |
| CDPB % | 79,4 | 85,6 | <0,0001 |
| CDEB % | 82,5 | 87,4 | <0,0001 |
| CDCa % | 55,4 | 50,1 | 0,1608 |
| CaU % | 3,72 | 3,42 | 0,5995 |
| CaRT g | 72,8 | 73,2 | 0,9330 |
| CRCa % | 51,7 | 46,7 | 0,2047 |
| CDP % | 39,8 | 35,3 | 0,0993 |
| PU % | 10,0 | 13,7 | 0,0022 |
| PRT g | 28,2 | 23,2 | 0,1011 |
| CRP % | 29,8 | 21,6 | 0,0087 |

CRM: Consumo de ração médio; GP: Ganho de peso; CA: Conversão alimentar; CDMS: Coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB: Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDEB: Coeficiente de digestibilidade da energia bruta; CDCa: Coeficiente de digestibilidade do cálcio; CaU: Cálcio excretado na urina em % do ingerido; CaRT: Cálcio retido; CRCa: Coeficiente de retenção de cálcio; CDP: Coeficiente de digestibilidade do fósforo; PU: Fósforo excretado na urina em % do ingerido; PRT: Fósforo retido; CRP: Coeficiente de retenção de fósforo

Conclusões

O uso de diferentes níveis de cálcio na dieta demonstrou que existe interferência do cálcio dietético no metabolismo de cálcio e fósforo em suínos na fase crescimento.

A adição da fitase na ração melhorou a retenção do cálcio e reduziu a excreção fecal e urinária de fósforo. O ganho no coeficiente de digestibilidade do cálcio permite a formulação de dietas com níveis de cálcio mais baixos, quando usada a fitase.

Já a adição de ácido butírico melhorou apenas a digestibilidade da proteína bruta, mas sua inclusão de forma individual ou em combinação com a fitase não levou a interação para melhorar a retenção dos minerais.

Literatura Citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, 1993.
- AUCHÈRE, D.; TARDIVEL, S.; GOUNELLE, J.C.; DRÜEKE, T.; LACOUR, B. Role of transcellular pathway in ileal Ca^{2+} absorption: Stimulation by low Ca^{2+} diet. **American Journal of Physiology – Gastrointestinal and Liver Physiology**. Bethesda. v. 275, p. G951-G956, 1998.
- BENSON, J.D.; EMERY, R.S.; THOMAS, J.W. Effects of previous calcium intakes on adaptation to low and high calcium diets in rats. **The Journal of Nutrition**. Philadelphia. v. 97, p.53-60, 1969.
- BIAGI, G.; PIVA, A.; MOSCHINI, M.; VEZZALI, E.; ROTH, F.X. Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. **Journal of Animal Science**. Champaign, n. 85, p. 1184-1191, 2007.
- BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibility in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 77, p.2974–2984, 1999.
- GÁLFI, P.; BOKORI, J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium butyrate. **Acta Veterinaria Hungarica**. v. 38, p.3-17, 1990.
- GANONG, W. F. **Review of Medical Physiology**. 31. ed. San Francisco: Lange Medical Book, 2003. 912p.
- GEORGIEVSKII, V.I. **Mineral nutrition of animals – Studies in the agricultural and food sciences**. Moscow: Kolos, 1979, p. 91-105.
- GONZÁLES, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 360p.
- HURWITZ, S.; PLAVNIK, I.; SHAPIRO, A. Calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, n.125, p.2679-2686, 1995.
- JOHNSTON, S.L.; WILLIAMS, S.B.; SOUTHERN, L.L. et al. Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 82, p. 705-714, 2004.
- JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; VAN DER WEIJ-JONGBLOED, R.; KEMME, P.A. The effects of microbial phytase, organic acids, and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, New York, v. 67, p. 113-122, 2000.

- JONGBLOED, A.W. Phosphorus in the feeding of pigs. Effect of diet on the absorption of phosphorus by growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 56, p. 1179-1186, 1987.
- KEMME, P.A.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; et al. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytase and lactic acid levels. 2. Apparent total tract digestibility of phosphorus, calcium and magnesium, and ileal degradation of phytic acid. **Livestock Production Science**. New York, v. 58. p.119-127, 1999b.
- KEMME, P.A.; RADCLIFFE, J.S.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z. Factors affecting phosphorus and calcium digestibility in diets for growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 75, p. 2139-2146, 1997a.
- KEMME, P.A.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; BEYNEN, A.C. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 75, p. 2129-2138, 1997b.
- KESSLER, A.M. Butirato de sódio – Aspectos fisiológicos de uma molécula multifuncional na nutrição animal. **Pork World**. São Paulo, v. 05, n. 29, p. 32-36, 2005.
- LECZIESKI, J.; WYATT, C.; JOST, H.; TEIXEIRA FILHO, R.S.; NEME, R. Utilização da fitase na nutrição animal. **Feed & Food**. Porto Feliz, n. 2, p. 82-90, 2006.
- LI, D.; CHE, X.; WANG, Y. et al. Effect of microbial phytase, vitamin D₃, and citric acid on growth performance and phosphorus, nitrogen and calcium digestibility in growing swine. **Animal Feed Science and Technology**. Davis, v. 73, p. 173-186, 1998.
- MANUGISTICS. **Statgraphics Plus for Windows**. (version 4.1) Rockville : Maryland, 1997.
- MINEO, H.; HARA, H.; TOMITA, F. Short-chain fatty acids enhance diffusional Ca transport in the epithelium of the cecum and colon. **Life Sciences**, New York n. 69, p. 517-526, 2001.
- MROZ, Z. **Acidifiers, phytases and their interactions in feeding of pigs and poultry**. Technical meeting on additives and new feed technologies. Effects of their interactions and specifications of use. Madrid, 2002, p. 1-51.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W.; PARTANEN, K.H.; VREMAN, K.; KEMME, P.A.; KOGUT, J. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 78, p. 2622-2632, 2000b.

- OMOGBENIGUN, F.O.; NYACHOTI, C.M.; SLOMINSKI, B.A. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 81, 2003, p. 1806-1813, 2003.
- PARR INSTRUMENTS COMPANY. **Instructions for the Parr 1720 Calorimeter Controller**. Moline- IL, 1988. 35p. (Manual 165).
- PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pigs diets. **Nutrition Research Reviews**. Cambridge, v. 12, p.117-145, 1999.
- PIVA, A.; MORLACCHINI, M.; CASADEI, G.; GATTA, P.P.; BIAGI, G.; PRANDINI, A. Sodium butyrate improves growth performance of weaned piglets during the first period after weaning. **Italian Journal Animal Science**. Bologna, v. 1, p. 35-41, 2002.
- RADCLIFFE, J.S.; ZHANG, Z.; KORNEGAY, E.T. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 76, p.1880-1886, 1998.
- RASCHKA, L.; DANIEL, H. Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on calcium absorption in the large intestine of rats. **Bone**, New York, n. 37, p. 728-735, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELLE, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- SANDERBERG, A.N.; LARSEN, T.; SANDSTRÖM, B. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. **The Journal of Nutrition**. Philadelphia. v. 123, p.559-566, 1992.
- TEDESCO, M. J. ET AL . **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2ed. ver. ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995.
- TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S.C.; VLEMMAS, J. The effect of organic acids on the control post-weaning oedema disease of piglets. **Research in Veterinary Science**. Saskatoon, v. 70, p.281-285, 2001a.
- TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S.C.; VLEMMAS, J. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. **Research in Veterinary Science**. Saskatoon, v. 70, p.287-293, 2001b.
- VALENCIA, Z.; CHAVEZ, E.R. Phytase and acetic acid supplementation in the diet of early weaned piglets: effect on performance and apparent nutrient digestibility. **Nutrition Research**. New York, v. 22, p. 623-632, 2002.

CAPÍTULO III

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um ponto que deve ser considerado quando se estuda a digestibilidade de minerais, em particular o cálcio, é a secreção de cálcio endógeno, pois este fluxo já acontece no intestino delgado e pode alterar os resultados de digestibilidade deste mineral. Em seu estudo sobre o transporte de cálcio, Karbach (1992) observou que o fluxo de cálcio da mucosa para a serosa no duodeno, jejuno e íleo foi de aproximadamente 60 a 70% pela via paracelular e de 30 a 40% pela via transcelular, enquanto que o fluxo da serosa para a mucosa foi inteiramente paracelular em todos os segmentos. No entanto, este pesquisador verificou que as quantidades de cálcio secretadas da serosa para a mucosa diferiam entre os segmentos intestinais. Ele observou que somente no duodeno o fluxo de cálcio da serosa para a mucosa foi similar ao movimento da mucosa para a serosa. Já no jejuno e no íleo este fluxo foi duas vezes maior do que a quantidade secretada no duodeno. Auchère et al. (1998) ressaltou também que as perdas de cálcio endógeno são estimuladas com o aumento de cálcio na dieta e isto pode ter acontecido em função da redução da taxa de reabsorção do cálcio endógeno secretado e não devido apenas a um aumento na taxa de secreção per se.

Conseqüentemente, em ensaios onde se pretenda medir a digestibilidade (absorção) real do cálcio, estes devem conter medidas

compartimentadas, seguindo um modelo mínimo de 5 compartimentos: 1- cálcio ingerido; 2- cálcio absorvido no duodeno; 3- cálcio excretado/absorvido no jejuno/íleo; 4- cálcio fecal e 5 – cálcio urinário.

Considerando o exposto e observando os resultados deste trabalho onde o menor nível de cálcio na dieta aumentou os coeficientes de digestibilidade e retenção de cálcio e fósforo, pode-se concluir que o nível de 0,5% de cálcio nas dietas de suínos na fase de crescimento pode ser utilizado nas rações destes animais, pois não provocará prejuízos no desempenho, melhorará a retenção de cálcio e fósforo, diminuindo a quantidade destes minerais nas fezes.

Neste trabalho deve-se salientar também que a inclusão do ácido butírico não melhorou o balanço de minerais contrariando a hipótese inicial de que sua adição poderia proporcionar uma maior solubilidade das fontes minerais através da redução do pH intestinal e, conseqüentemente aumentar a absorção. Mas, o ácido butírico se mostrou eficiente na digestibilidade da proteína bruta, aumentando a retenção de nitrogênio e diminuindo a percentagem de perda de nitrogênio pela urina. Também se deve considerar sua ação no metabolismo da energia que foi ligeiramente melhorada com sua adição, apesar de relativa significância estatística. Portanto, a hipótese que melhor explica a melhora na digestibilidade dos nutrientes é a ação antimicrobiana destes aditivos, reduzindo a proliferação microbiana e diminuindo a competição da microflora com o hospedeiro por nutrientes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, S. Y.; MENG, S. F.; SHEH, A.; HODIN, R. A. p21(WAF1) is required for butyrate mediated growth inhibition of human colon cancer cells. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, New York, v. 95, 6791–6796, 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, 1993.
- AUCHÈRE, D.; TARDIVEL, S.; GOUNELLE, J.C.; DRÜEKE, T.; LACOUR, B. Role of transcellular pathway in ileal Ca^{2+} absorption: Stimulation by low Ca^{2+} diet. **American Journal of Physiology – Gastrointestinal and Liver Physiology**, Bethesda, v. 275, p. G951-G956, 1998.
- AUGSPURGER, N.R.; WEBEL, D.M.; LEI, X.G.; BAKER, D.H. Efficacy of an *Escherichia coli* phytase expressed in yeast for releasing phytate-bound phosphorus in young chicks and pigs. **The Journal of Nutrition**. Philadelphia, v. 81, p.474-483, 2003.
- BENSON, J.D.; EMERY, R.S.; THOMAS, J.W. Effects of previous calcium intakes on adaptation to low and high calcium diets in rats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 97, p.53-60, 1969.
- BIAGI, G.; PIVA, A.; MOSCHINI, M.; VEZZALI, E.; ROTH, F.X. Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 85, p. 1184-1191, 2007.
- BINDELS R.J. Calcium handling by the mammalian kidney. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 184, p.89 –104, 1993.
- BINDER, H. J.; MEHTA, P. Short-chain fatty-acids stimulate active sodium and chloride absorption in vitro in the rat distal colon. **Gastroenterology**, Baltimore, n.96, v.4, p. 989-996, 1989.
- BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibility in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p.2974–2984, 1999.
- BRONNER, F. Mechanisms of intestinal calcium absorption. **Journal Cell Biochemical**, New York, v.88, n.2, p.387-393, 2003.
- BRONNER, F. Calcium absorption – a paradigm for mineral absorption. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, p. 917-920, 1998.

- BRONNER, F. Intestinal calcium absorption: mechanisms and applications. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.117, n.8, p. 1347-1352, 1987.
- BRONNER, F.; PANSU, D. Nutritional aspects of calcium absorption. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, p.9-12, 1999.
- BROWN, A.J.; KRITS, I.; ARMBRECHT, H.J. Effect of age, vitamin D, and calcium on the regulation of rat intestinal epithelial calcium channels. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, n.437, p. 51-58, 2005.
- CHAVEERACH, P.; KEUZENKAMP, D.A.; URLINGS, H.A.P.; LIPMAN, L.J.A.; van KNAPEN, F. In vitro study on the effect of organic acids on *Campylobacter jejuni/coli* populations in mixtures of water and feed. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, p.621-628, 2002.
- DIBNER, J.J.; BUTTIN, P. Use of organic acids as model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 11, p.453-463, 2002.
- DUFLOS C.; BELLATON C.; PANSU D.; BRONNER F. Calcium solubility, intestinal sojourn time and paracellular permeability codetermine passive calcium absorption in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.125, p.2348–2355, 1995.
- ENGELN, A.J.; VAN DER HEEFT, F.C.; RANDSDORP, P.H.G.; SMIT E.L.C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**. v. 77, p.760-764, 1994.
- ENGELHARDT, W.; RÖNNÄU, G.; RECHKEMMER, T; SAKATA, T. Absorption of short chain fatty acids and their role in the hindgut of monogastric animals. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 23, p.43-53, 1989.
- FREITAS, L.S.; LOPES, D.C.; FREITAS, A.F.; CARNEIRO, J.C.C.; CORASSA, A.; PENA, S.M.; COSTA, L.F. Avaliação de ácidos orgânicos em dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p.1711-1719 (supl.), 2006.
- FOEGEDING, P.M.; BUSTA, F.F. Chemical food preservatives. In: DESINFECTION, STERILIZATION AND PRESERVATION, 1991, Philadelphia. **Proceedings...**Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p.802-832.
- GÁLFI, P; BOKORI, J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium butyrate. **Acta Veterinaria Hungarica**,. 38, p.3-17, 1990.
- GANONG, W. F. **Review of Medical Physiology**. 31. ed. San Francisco: Lange Medical Book, 2003. 912p.
- GEORGIEVSKII, V.I. **Mineral nutrition of animals** – Studies in the agricultural

- and food sciences. Moscow: Kolos, 1979. p. 91-105.
- GIGER-REVERDINI, S.; DUVAUX-PONTER, C.; SAUVANT, D.; MARTIN, O.; PRADO, I.N.; MÜLLER, R. Intrinsic buffering capacity of feedstuff. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 96, p.83-102, 2002.
- GONZÁLES, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 360p.
- GUEGUEN, L.; POINTILLART, A. The bioavailability of dietary calcium. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 19, p. 119S-136S, 2000.
- HARADA, E.; NIIYAMA, M.; SYUTO, B. Comparison of pancreatic exocrine secretion via endogenous secretin by intestinal infusion of hydrochloric acid and monocarboxylic acid in anesthetized piglets. **The Japanese Journal of Physiology**, Tokyo, v. 36, p.843-856, 1986.
- HOENDEROP J.G.L.; MULLER D.; VAN DER KEMP A.W.; HARTOG A.; SUZUKI M.; ISHIBASHI K.; IMAI M.; SWEEP F.; WILLEMS P.H.; VAN OS C.H.; BINDELS R.J. Calcitriol controls the epithelial calcium channel in kidney. **Journal of the American Society of Nephrology**, Washington, v.12, p.1342–1349, 2001.
- HOENDEROP, J.G.L; NILIUS, B; BINDELS, R.J.M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, New York, n.85, p. 373-422, 2005.
- HU, Z.; GUO, Y. Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 132, p.240-249, 2007.
- HURWITZ, S.; PLAVNIK, I.; SHAPIRO, A. Calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, n.125, p.2679-2686, 1995.
- JANSSENS, G; NOLLET, L. Butirato de sódio na alimentação de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. 284p.
- JOHNSTON, S.L.; WILLIAMS, S.B.; SOUTHERN, L.L. et al. Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign , v. 82, p. 705-714, 2004.
- JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; VAN DER WEIJ-JONGBLOED, R.; KEMME, P.A. The effects of microbial phytase, organic acids, and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, New York, v. 67, p. 113-122, 2000.

- JONGBLOED, A.W. Phosphorus in the feeding of pigs. Effect of diet on the absorption of phosphorus by growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 56, p. 1179-1186, 1987.
- KARBACH U. Paracellular calcium transport across the small intestine. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, p. 672–677, 1992.
- KEIS, A.K. **Phytase**: modo of action. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management: BASF Reference Manual, 1996. New Jersey: BASF, 1996. p.205-212.
- KEMME, P.A.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z. et al. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytase and lactic acid levels. 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. **Livestock Production Science**, New York, v. 58, p.107-117, 1999a.
- KEMME, P.A.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z. et al. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytase and lactic acid levels. 2. Apparent total tract digestibility of phosphorus, calcium and magnesium, and ileal degradation of phytic acid. **Livestock Production Science**, New York, v. 58. p.119-127, 1999b.
- KEMME, P.A.; RADCLIFFE, J.S.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z. Factors affecting phosphorus and calcium digestibility in diets for growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 75, p. 2139-2146, 1997a.
- KEMME, P.A.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; BEYNEN, A.C. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 75, p. 2129-2138, 1997b.
- KESSLER, A.M. Butirato de sódio – Aspectos fisiológicos de uma molécula multifuncional na nutrição animal. **Pork World**. São Paulo, v. 05, n. 29, p. 32-36, 2005.
- KNUDSEN, K.E.B.; SERENA, A.; CANIBE, N; JUNTUNEN, K.S. New insight into butyrate metabolism. **Proceedings of the Nutrition Society**, Aberystwyth, v. 62, p.81-86, 2003.
- KORNEGAY, E.T.; QIAN, H. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed on a maize-soybean-meal diet. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 76, p.563-578, 1996.
- KORNEGAY, E.T.; EVANS, J.L.; RAVINDRAN, V. Effects of diet acidity and protein level or source of calcium on the performance, gastrointestinal content measurements, bone measurements and carcass composition of gilts and barrow weaning pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p.2670-2680, 1994.

- LECZIESKI, J.; WYATT, C.; JOST, H.; TEIXEIRA FILHO, R.S.; NEME, R. Utilização da fitase na nutrição animal. **Feed & Food**, Porto Feliz, n. 2, p. 82-90, 2006.
- LEI, X.G.; STAHL, C.H. Nutritional benefits of phytase and dietary determinants of its efficacy. **Journal of Applied Animal Research**, Janakpuri, v. 17, p.97-112, 2000.
- LI, D.; CHE, X.; WANG, Y. et al. Effect of microbial phytase, vitamin D₃, and citric acid on growth performance and phosphorus, nitrogen and calcium digestibility in growing swine. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 73, p. 173-186, 1998.
- LÖNNERDAL, B. Dietary factors influencing zinc absorption. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, p.1378S-1383S, 2000.
- LÖNNERDAL, B.; SANDBERG, A.S.; SANDSTRÖM, B.; KUNZ, C. Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 119, p.211-214, 1989.
- LÜDKE, M.C.M.M.; LÓPEZ, J.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito da fitase em dietas com ou sem fosfato inorgânico para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.2, p.485-494, 2000.
- MANUGISTICS. **Statgraphics Plus for Windows**. (version 4.1) Rockville : Maryland, 1997.
- MINEO, H.; HARA, H.; TOMITA, F. Short-chain fatty acids enhance diffusional Ca transport in the epithelium of the cecum and colon. **Life Sciences**, New York, n. 69, p. 517-526, 2001.
- MROZ, Z. **Acidifiers, phytases and their interactions in feeding of pigs and poultry**. Technical meeting on additives and new feed technologies. Effects of their interactions and specifications of use. Madrid : [s.n.], 2002. p. 1-51.
- MROZ, Z. Supplementary organic acids and their interactive effects with microbial phytase in diets for pigs and poultry. In: ANNUAL CONFERENCE ON PHYTASE IN ANIMAL NUTRITION, 2000a, Lublin. **Proceedings...**Lublin, 2000a.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W.; PARTANEN, K.H.; VREMAN, K.; KEMME, P.A.; KOGUT, J. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 78, p. 2622-2632, 2000b.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W.; PARTANEN, K.H.; VREMAN, J.T.; VAN DIEPEN, M.; KEMME, P.A.; KOGUT, J. **The effect of dietary buffering capacity and**

- organic acid supplementation on digestibility of nutrient, water intake and excreta production in growing pigs.** Branch Runderwag, Lelystad : Institute for Animal Science and Health, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine.** 10.ed. Washington : National Academy Press, 1998. 189p.
- NIJENHUIS T.; HOENDEROP J.G.; VAN DER KEMP A.W.; BINDELS R.J. Localization and regulation of the epithelial Ca² channel TRPV6 in the kidney. **Journal of the American Society of Nephrology**, Washington, v. 14, p.2731–2740, 2003.
- OLIVEIRA SILVA, H.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.L.; SOUSA, R.V.; SCHOULTEN, N.A.; SILVA, L.F. Efeito da fitase sobre a excreção e teor de minerais nos ossos de suínos na fase de crescimento. **Agropecuária Técnica**, João Pessoa, v. 26, p.54-59, 2005.
- OMOGBENIGUN, F.O.; NYACHOTI, C.M.; SLOMINSKI, B.A. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 1806-1813, 2003.
- PANSU, D.; BELLATON C.; ROCHE C.; BRONNER F. Duodenal and ileal calcium absorption in the rat and effects of vitamin D. **American Journal of Physiology - Gastrointestinal Liver Physiology**, Bethesda, v. 244, p.G695-G700, 1983.
- PANSU, D.; DUFLOS, C.; BELLATON, C.; BRONNER, F. Solubility and intestinal transit time limit calcium absorption in rats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 123, p. 1396-1404, 1993.
- PARR INSTRUMENTS COMPANY. **Instructions for the Parr 1720 Calorimeter Controller.** Moline- IL, 1988. 35p. (Manual 165).
- PARTANEN, K.H. Organic acids – Their efficacy and modes of action in pigs. In: GUT ENVIRONMENT OF PIGS, 2001, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham, 2001a.
- PARTANEN, K.; JALAVA, T.; VALAJA, J.; PERTTILÄ, S.; SILJANDER-RASI, H.; LINDEBERG, H. Effect of dietary carbadox or formic acid and fibre level on ileal and faecal nutrient digestibility and microbial metabolite concentrations in ileal digesta of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 93, p.137-155, 2001b.
- PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pigs diets. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 12, p.117-145, 1999.
- PASTOOR, F.J.H.; VAN'T KLOOSTER, A.TH.; MATHOT, J.N.J.J.; BEYNEN, A.C. Increasing calcium intakes lower urinary concentrations of phosphorus and magnesium in adult ovariectomized cats. **The Journal of Nutrition**.

- Philadelphia, v. 124, p.299-304, 1993.
- PIVA, A.; MORLACCHINI, M.; CASADEI, G.; GATTA, P.P.; BIAGI, G.; PRANDINI, A. Sodium butyrate improves growth performance of weaned piglets during the first period after weaning. **Italian Journal Animal Science**, Bologna, v. 1, p. 35-41, 2002.
- RADCLIFFE, J.S.; ZHANG, Z.; KORNEGAY, E.T. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p.1880-1886, 1998.
- RASCHKA, L.; DANIEL, H. Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on calcium absorption in the large intestine of rats. **Bone**, New York, n. 37, p. 728-735, 2005.
- RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L.; KORNEGAY, E.T. Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry and Avian Biology Reviews**, Beltsville, v. 6, p.125-143, 1995.
- RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; SELLE, P.H.; BRYDEN, W.L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 41, p.193-200, 2000.
- RICKE, S.C. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 632-639, 2003.
- RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMAN, M.D.; WOOD, C.M.; EIGEL, W.N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurement at varying times postweaning in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p.196-206, 1992.
- RÖNNAU, K.; GUTH, D.; VAN ENGELHARDT, W. Absorption of dissociated and undissociated short-chain fatty acids across the colonic epithelium of Guinea-pig. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Oxford, v. 74, p.511-519, 1989.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELLE, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- ROTH, F.X. Ácidos orgânicos en nutrición porcina: Eficacia y modo de acción. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 16., 2000, Fira de Barcelona, España. **Anais...** Fira de Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2000. p.169-181.
- RUTHERFURD, S.M.; MOUGHAN, P.J. **The effect of phytase on the in vitro nitrogen and amino acid digestibility and availability of supplemented**

- amino acids in six pig diets.** Palmerston North, New Zealand: Monogastric Research Centre. Massey University, 1997.
- SANDERBERG, A.N.; LARSEN, T.; SANDSTRÖM, B. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 123, p.559-566, 1992.
- SCHEPPACH, W. Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. **Gut**, London, v. 35, p.S35-S38, 1994.
- SCHWARZER, K. The role of organic acids and natural principles in animal health and performance. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI, 4., 2005, 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p.72-78.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R.; LAGUE, P.C. The effects of phytase supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, cooper and zinc in broiler chicken fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 2, p. 729-736, 1996.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R.A.; BRYDEN W.L. Phytate and phytase: Consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 13, p.255-278, 2000.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L.; SCOTT, T. Influence of dietary phytate and exogenous phytase on amino acid digestibility in poultry: A review. **The Journal of Poultry Science**, Ibaraki, v. 43, p.89-103, 2006.
- SIMONS, P.C.M.; VERSTEEGH, H.A.J.; JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A.; SLUMP, P.; BOS, K.D.; WOLTERS, M.G.E.; BEUDEKER, R.F.; VERSCHOOR, G.J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 64, p.525-540, 1990.
- SHIMOTOYODOME, A.; MEGURO, S.; HASE, T.; TOKIMITSU, I.; SAKATA, T. Short chain acids but not lactate or succinate stimulate mucus release in the rat colon. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, Edinburgh, v. 125, p.525-531, 2000.
- SNEDEKER, S.M.; SMITH S.A.; GREGER, J.L. Effect of dietary calcium and phosphorus levels on the utilization of iron, copper, and zinc by adult males. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 112, p.136-143, 1982.
- STEIN, W.D. Facilitated diffusion of calcium across the rat intestinal epithelial cell. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, p.651-656, 1992.
- STEVENS, C.E.; HUME, I.D. Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients. **Physiological Reviews**, New York, v. 78, n.2, p. 393-425, 1998.
- STRAW, M.L.; KOMEKAY, E.T.; EVANS, J.L.; WOOD C.M. Effects of dietary ph

- and phosphorus source on performance, gastrointestinal tract digesta, and bone measurements of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p.4496-4504, 1991.
- TANG V.; GOODENOUGH D. Paracellular ion channel at the tight junction. **Biophysical Journal**, Bethesda, v. 84, p.1660–1673, 2003.
- THAELA, M.J.; JENSEN, M.S.; PIERZYNOWSKI, S.G.; JAKOB, S.; JENSEN, B.B. Effect of lactic acid supplementation in pigs after weaning. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 7, p.181-183, 1998.
- TEDESCO, M. J. ET AL . **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. rev. ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995.
- TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S.C.; VLEMMAS, J. The effect of organic acids on the control post-weaning oedema disease of piglets. **Research in Veterinary Science**, Saskatoon, v. 70, p.281-285, 2001a.
- TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S.C.; VLEMMAS, J. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. **Research in Veterinary Science**, Saskatoon, v. 70, p.287-293, 2001b.
- TOPPING, D.L.; CLIFTON, P.M. Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, New York, v. 81, n.3, p. 1031-1063, 2001.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 3.ed. London: CAB International, 1999. 614p.
- URBANO, G.; LÓPEZ-JURADO, M.; ARANDA, P.; VIDAL-VALVERDE, C.; TENORIO, E.; PORRES, J. The role of phytic acid in legumes: Antinutrient or beneficial function? **Journal of Physiology and Biochemistry**, Pamplona, v. 56, n.3, p. 283-294, 2000.
- WASSERMAN R.H.; FULLMER C.S. Vitamin D and intestinal calcium transport: Facts, speculations and hypotheses. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 125, [Supl], p.1971S –1979S, 1995.
- YAMAMOTO, M.; KAWANOBE, Y.; TAKAHASHI, H.; SHIMAZAWA E.; KIMURA, S.; OGATA, E. Vitamin D deficiency and renal calcium transport in the rat. **The Journal Clinical Investigation**, Philadelphia, v. 74, p.507–513, 1984.
- YOUNG, G.P.; GIBSON, P. Contrasting effects of butyrate on proliferation and differentiation of normal and neoplastic cells. In: ROCHE, A.F. (Ed). Short-chain fatty acids: metabolism and clinical importance. **Proceedings...** Columbus, Ohio, 1991. p.50-55. Report of the Twentieth Ross Conference on Medical Research, 1991, Columbus, Ohio.
- VALENCIA, Z.; CHAVEZ, E.R. Phytase and acetic acid supplementation in the diet

of early weaned piglets: effect on performance and apparent nutrient digestibility. **Nutrition Research**, New York, v. 22, p. 623-632, 2002.

VON ENGELHARDT, W.; BUSCHE, R. GROS, G. Absorption of short-chain fatty acids: mechanisms and regional differences in the large intestine. In: ROCHE, A.F. (Ed). Short-chain fatty acids: metabolism and clinical importance. **Proceedings...**Columbus, Ohio, 1991. p.60-62. Report of the Twenth Ross Conference on Medical Research, 1991, Columbus, Ohio.

YAN, L.; PRENTICE, A.; DIVA, B.; JARJOU, L.M.A.; STIRLING, D.M. The effect of long-term calcium supplementation on indices of iron, zinc and magnesium status in lactating Gambian women. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 76, p. 821-831, 1996.

6. APÊNDICES

APÊNDICE A – Análises estatísticas

Arquivo analisado:

C:\Documents and Settings\usuario\Desktop\modelosisvar.dbf

Variável analisada: CONSUMO DE RAÇÃO MÉDIO KG

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|----------------|----------------|--------|--------|
| CA | 1 | 67069.531250 | 67069.531250 | 3.963 | 0.0586 |
| AO | 1 | 2128.781250 | 2128.781250 | 0.126 | 0.7263 |
| F | 1 | 10260.281250 | 10260.281250 | 0.606 | 0.4461 |
| CA*AO | 1 | 6873.781250 | 6873.781250 | 0.406 | 0.5332 |
| CA*F | 1 | 63992.531250 | 63992.531250 | 3.781 | 0.0639 |
| AO*F | 1 | 3260.281250 | 3260.281250 | 0.193 | 0.6642 |
| CA*AO*F | 1 | 54532.531250 | 54532.531250 | 3.222 | 0.0858 |
| EXPTO | 1 | 1022092.531250 | 1022092.531250 | 60.394 | 0.0000 |
| Erro | 23 | 389243.218750 | 16923.618207 | | |

Total corrigido 31 1619453.468750

CV (%) = 6.43

Média geral: 2021.781250 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 95.1459336822167 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 32.522701885108

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|----------------|---------------------|
| Alto | 1976.000000 a1 | |
| Baixo | 2067.562500 a1 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 95.1459336822167 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 32.522701885108

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|----------------|---------------------|
| Com | 2013.625000 a1 | |
| Sem | 2029.937500 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 95.1459336822167 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 32.522701885108

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Com | 2003.875000 | a1 |
| Sem | 2039.687500 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODOS

DMS: 95.1459336822167 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 32.522701885108

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| 1000 | 1843.062500 | a1 |
| 2000 | 2200.500000 | a2 |

Variável analisada: GANHO DE PESO MÉDIO KG

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|---------------|--------------|--------|--------|
| CA | 1 | 18672.781250 | 18672.781250 | 3.134 | 0.0903 |
| AO | 1 | 1417.781250 | 1417.781250 | 0.238 | 0.6319 |
| F | 1 | 1906.531250 | 1906.531250 | 0.320 | 0.5783 |
| CA*AO | 1 | 7472.531250 | 7472.531250 | 1.254 | 0.2731 |
| CA*F | 1 | 71725.781250 | 71725.781250 | 12.040 | 0.0021 |
| AO*F | 1 | 2295.031250 | 2295.031250 | 0.385 | 0.5384 |
| CA*AO*F | 1 | 2329.031250 | 2329.031250 | 0.391 | 0.5407 |
| EXPTO | 1 | 18672.781250 | 18672.781250 | 3.134 | 0.0902 |
| Erro | 23 | 137018.968750 | 5957.346467 | | |

Total corrigido 31 261511.218750

CV (%) = 9.57

Média geral: 806.3437500 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 56.4507936295061 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 19.2959621219559

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|---------------|---------------------|
| Alto | 782.187500 a1 | |
| Baixo | 830.500000 a1 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 56.4507936295061 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 19.2959621219559

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|---------------|---------------------|
| Sem | 799.687500 a1 | |
| Com | 813.000000 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 56.4507936295061 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 19.2959621219559

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|---------------|---------------------|
| Com | 798.625000 a1 | |
| Sem | 814.062500 a1 | |

Teste de Tukey para o desdobramento de CÁLCIO dentro dos níveis de FITASE

Teste Tukey para a FV CÁLCIO x COM FITASE

DMS: 79.8334779575722 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 27.2886113319075

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------|---------------------|
| Alto | 727.125000 | a1 |
| Baixo | 870.125000 | a2 |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO x SEM FITASE

DMS: 79.8334779575722 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 8
 Erro padrão: 27.2886113319075

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------|---------------------|
| Baixo | 790.875000 | a1 |
| Alto | 837.250000 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODOS

DMS: 56.4507936295061 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
 Erro padrão: 19.2959621219559

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------|---------------------|
| 2000 | 782.187500 | a1 |
| 1000 | 830.500000 | a1 |

Variável analisada: CONVERSÃO ALIMENTAR

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|--------------|----------------|------------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 0.031250 | 0.031250 | 0.000 | 0.9989 |
| AO | 1 | 57375.781250 | 57375.781250 | 0.895 | 0.3548 |
| F | 1 | 9765.031250 | 9765.031250 | 0.152 | 0.6993 |
| CA*AO | 1 | 1696.531250 | 1696.531250 | 0.026 | 0.8727 |
| CA*F | 1 | 188651.531250 | 188651.531250 | 2.942 | 0.0995 |
| AO*F | 1 | 108228.781250 | 108228.781250 | 1.688 | 0.2064 |
| CA*AO*F | 1 | 7657.031250 | 7657.031250 | 0.119 | 0.7322 |
| EXPTO | 1 | 2760662.531250 | 2760662.531250 | 43.053 | 0.0000 |
| Erro | 23 | 1474809.718750 | 64122.161685 | | |
| Total corrigido | 31 | 4608846.968750 | | | |
| CV (%) = | 10.53 | | | | |
| Média geral: | 2404.0312500 | | Número de observações: | 32 | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 185.202864739697 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 63.3058852343043

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Alto | 2404.000000 | a1 |
| Baixo | 2404.062500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 185.202864739697 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 63.3058852343043

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Com | 2361.687500 | a1 |
| Sem | 2446.375000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 185.202864739697 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 63.3058852343043

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Sem | 2386.562500 | a1 |
| Com | 2421.500000 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 185.202864739697 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 63.3058852343043

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| 1000 | 2110.312500 | a1 |
| 2000 | 2697.750000 | a2 |

Variável analisada: COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DA MATÉRIA SECA %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 5800418.000000 | 5800418.000000 | 1.497 | 0.2336 |
| AO | 1 | 5253661.125000 | 5253661.125000 | 1.356 | 0.2562 |
| F | 1 | 507528.125000 | 507528.125000 | 0.131 | 0.7207 |
| CA*AO | 1 | 528392.000000 | 528392.000000 | 0.136 | 0.7153 |
| CA*F | 1 | 488072.000000 | 488072.000000 | 0.126 | 0.7259 |
| AO*F | 1 | 2632365.125000 | 2632365.125000 | 0.679 | 0.4183 |
| CA*AO*F | 1 | 6639368.000000 | 6639368.000000 | 1.713 | 0.2035 |
| EXPTO | 1 | 154844802.000000 | 154844802.000000 | 39.958 | 0.0000 |
| Erro | 23 | 89129682.500000 | 3875203.586957 | | |

Total corrigido 31 265824288.875000

CV (%) = 2.29

Média geral: 85911.8125000 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 1439.76258837682 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 492.138419740608

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 85486.062500 | a1 |
| Alto | 86337.562500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 1439.76258837682 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 492.138419740608

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 85506.625000 | a1 |
| Com | 86317.000000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 1439.76258837682 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 492.138419740608

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 85785.875000 | a1 |
| Sem | 86037.750000 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 1439.76258837682 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 492.138419740608

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 1000 | 83712.062500 | a1 |
| 2000 | 88111.562500 | a2 |

Variável analisada: COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DA ENERGIA BRUTA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 577812.500000 | 577812.500000 | 0.146 | 0.7058 |
| AO | 1 | 9609728.000000 | 9609728.000000 | 2.430 | 0.1327 |
| F | 1 | 130560.500000 | 130560.500000 | 0.033 | 0.8574 |
| CA*AO | 1 | 406.125000 | 406.125000 | 0.000 | 0.9920 |
| CA*F | 1 | 1034641.125000 | 1034641.125000 | 0.262 | 0.6139 |
| AO*F | 1 | 386760.125000 | 386760.125000 | 0.098 | 0.7573 |
| CA*AO*F | 1 | 12500000.000000 | 12500000.000000 | 3.161 | 0.0887 |
| EXPTO | 1 | 194922640.125000 | 194922640.125000 | 49.287 | 0.0000 |
| Erro | 23 | 90961062.375000 | 3954828.798913 | | |

Total corrigido 31 310123610.875000

CV (%) = 2.34

Média geral: 84929.6875000 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 1454.47903844535 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 497.16878414887

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Alto | 84795.312500 | a1 |
| Baixo | 85064.062500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 1454.47903844535 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 497.16878414887

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 84381.687500 | a1 |
| Com | 85477.687500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 1454.47903844535 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 497.16878414887

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 84865.812500 | a1 |
| Sem | 84993.562500 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 1454.47903844535 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 497.16878414887

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 1000 | 82461.625000 | a1 |
| 2000 | 87397.750000 | a2 |

Variável analisada: COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA BRUTA %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 61776.125000 | 61776.125000 | 0.006 | 0.9379 |
| AO | 1 | 41177812.500000 | 41177812.500000 | 4.135 | 0.0537 |
| F | 1 | 2497612.500000 | 2497612.500000 | 0.251 | 0.6213 |
| CA*AO | 1 | 10495071.125000 | 10495071.125000 | 1.054 | 0.3153 |
| CA*F | 1 | 1941435.125000 | 1941435.125000 | 0.195 | 0.6629 |
| AO*F | 1 | 901824.500000 | 901824.500000 | 0.091 | 0.7662 |
| CA*AO*F | 1 | 24953580.125000 | 24953580.125000 | 2.506 | 0.1271 |
| EXPTO | 1 | 307210078.125000 | 307210078.125000 | 30.852 | 0.0000 |
| Erro | 23 | 229022573.875000 | 9957503.211957 | | |

Total corrigido 31 618261764.000000

CV (%) = 3.83

Média geral: 82489.500000 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 2307.90990087678 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 788.887793508863

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 82445.562500 | a1 |
| Alto | 82533.437500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 2307.90990087678 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 788.887793508863

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 81355.125000 | a1 |
| Com | 83623.875000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 2307.90990087678 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 788.887793508863

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 82210.125000 | a1 |
| Sem | 82768.875000 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 2307.90990087678 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 788.887793508863

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 1000 | 79391.062500 | a1 |
| 2000 | 85587.937500 | a2 |

Variável analisada: COEFICIENTE DE RETENÇÃO DE NITROGÊNIO %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|---------------|------------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 20545652.531250 | 20545652.531250 | 0.157 | 0.6953 |
| AO | 1 | 110316944.531250 | 110316944.531250 | 0.845 | 0.3676 |
| F | 1 | 292959166.531250 | 292959166.531250 | 2.243 | 0.1478 |
| CA*AO | 1 | 59426.281250 | 59426.281250 | 0.000 | 0.9832 |
| CA*F | 1 | 151540992.781250 | 151540992.781250 | 1.160 | 0.2926 |
| AO*F | 1 | 25896605.281250 | 25896605.281250 | 0.198 | 0.6603 |
| CA*AO*F | 1 | 14735663.281250 | 14735663.281250 | 0.113 | 0.7400 |
| EXPTO | 1 | 418494147.781250 | 418494147.781250 | 3.204 | 0.0866 |
| Erro | 23 | 3.004045154E+0009 | 130610658.889946 | | |
| Total corrigido | 31 | 4.038593753E+0009 | | | |
| CV (%) = | 30.01 | | | | |
| Média geral: | 38084.7812500 | Número de observações: | 32 | | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 8358.58826455133 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2857.12551012755

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Alto | 37283.500000 | a1 |
| Baixo | 38886.062500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 8358.58826455133 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2857.12551012755

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 36228.062500 | a1 |
| Com | 39941.500000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 8358.58826455133 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2857.12551012755

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 35059.062500 | a1 |
| Sem | 41110.500000 | a1 |

Variável analisada: NITROGÊNIO EXCRETADO NA URINA %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 3741480.125000 | 3741480.125000 | 0.034 | 0.8561 |
| AO | 1 | 18404244.500000 | 18404244.500000 | 0.165 | 0.6880 |
| F | 1 | 65356744.500000 | 65356744.500000 | 0.588 | 0.4512 |
| CA*AO | 1 | 50365666.125000 | 50365666.125000 | 0.453 | 0.5077 |
| CA*F | 1 | 13475836.125000 | 13475836.125000 | 0.121 | 0.7310 |
| AO*F | 1 | 9839048.000000 | 9839048.000000 | 0.088 | 0.7688 |
| CA*AO*F | 1 | 1849926.125000 | 1849926.125000 | 0.017 | 0.8985 |
| EXPTO | 1 | 408908503.125000 | 408908503.125000 | 3.676 | 0.0677 |
| Erro | 23 | 2.558583853E+0009 | 111242776.211957 | | |

Total corrigido 31 3.130525302E+0009

CV (%) = 39.73

Média geral: 26545.3750000 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 7713.99817976864 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2636.79227722763

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Alto | 26203.437500 a1 | |
| Baixo | 26887.312500 a1 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 7713.99817976864 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2636.79227722763

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Com | 25787.000000 a1 | |
| Sem | 27303.750000 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 7713.99817976864 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2636.79227722763

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Sem | 25116.250000 a1 | |
| Com | 27974.500000 a1 | |

Variável analisada: COEFICIENTE DE METABOLIZABILIDADE DA ENERGIA BRUTA %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|---------------|------------------|------------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 412005.031250 | 412005.031250 | 0.095 | 0.7603 |
| AO | 1 | 11456487.781250 | 11456487.781250 | 2.650 | 0.1171 |
| F | 1 | 815683.781250 | 815683.781250 | 0.189 | 0.6680 |
| CA*AO | 1 | 362739.031250 | 362739.031250 | 0.084 | 0.7747 |
| CA*F | 1 | 1529063.281250 | 1529063.281250 | 0.354 | 0.5578 |
| AO*F | 1 | 234783.781250 | 234783.781250 | 0.054 | 0.8178 |
| CA*AO*F | 1 | 13072662.781250 | 13072662.781250 | 3.024 | 0.0954 |
| EXPTO | 1 | 153777568.781250 | 153777568.781250 | 35.576 | 0.0000 |
| Erro | 23 | 99416998.968750 | 4322478.216033 | | |
| Total corrigido | 31 | 281077993.218750 | | | |
| CV (%) = | 2.50 | | | | |
| Média geral: | 83148.3437500 | | Número de observações: | 32 | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 1520.58264465527 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 519.764262432536

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Alto | 83034.875000 a1 | |
| Baixo | 83261.812500 a1 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 1520.58264465527 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 519.764262432536

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Sem | 82550.000000 a1 | |
| Com | 83746.687500 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 1520.58264465527 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 519.764262432536

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Com | 82988.687500 a1 | |
| Sem | 83308.000000 a1 | |

Variável analisada: COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DAS CINZAS %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|---------------|------------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 376442500.781250 | 376442500.781250 | 12.657 | 0.0017 |
| AO | 1 | 47763094.531250 | 47763094.531250 | 1.606 | 0.2178 |
| F | 1 | 10985156.281250 | 10985156.281250 | 0.369 | 0.5493 |
| CA*AO | 1 | 4476780.031250 | 4476780.031250 | 0.151 | 0.7016 |
| CA*F | 1 | 8603989.031250 | 8603989.031250 | 0.289 | 0.5958 |
| AO*F | 1 | 118060819.531250 | 118060819.531250 | 3.969 | 0.0583 |
| CA*AO*F | 1 | 22847110.031250 | 22847110.031250 | 0.768 | 0.3898 |
| EXPTO | 1 | 202965915.031250 | 202965915.031250 | 6.824 | 0.0156 |
| Erro | 23 | 684080512.718750 | 29742630.987772 | | |
| ----- | | | | | |
| Total corrigido | 31 | 1.476225878E+0009 | | | |
| ----- | | | | | |
| CV (%) = | 9.76 | | | | |
| Média geral: | 55865.4687500 | Número de observações: | | 32 | |
| ----- | | | | | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 3988.71782653244 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 1363.42012480957

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 52435.625000 | a1 |
| Alto | 59295.312500 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 3988.71782653244 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 1363.42012480957

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 54643.750000 | a1 |
| Com | 57087.187500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 3988.71782653244 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 1363.42012480957

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 55279.562500 | a1 |
| Sem | 56451.375000 | a1 |

Variável analisada: CÁLCIO CONSUMIGO GRAMAS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|----------------|-------------------|------------------------|---------|--------|
| CA | 1 | 1.880626483E+0010 | 1.88062648E+0010 | 102.138 | 0.0000 |
| AO | 1 | 3097560.500000 | 3097560.500000 | 0.017 | 0.8979 |
| F | 1 | 356605218.000000 | 356605218.000000 | 1.937 | 0.1773 |
| CA*AO | 1 | 20075616.125000 | 20075616.125000 | 0.109 | 0.7442 |
| CA*F | 1 | 418197660.125000 | 418197660.125000 | 2.271 | 0.1454 |
| AO*F | 1 | 28162512.500000 | 28162512.500000 | 0.153 | 0.6993 |
| CA*AO*F | 1 | 544912578.125000 | 544912578.125000 | 2.959 | 0.0988 |
| EXPTO | 1 | 2.416549960E+0009 | 2.41654996E+0009 | 13.124 | 0.0014 |
| Erro | 23 | 4.234903678E+0009 | 184126246.864130 | | |
| ----- | | | | | |
| Total corrigido | 31 | 2.682876961E+0010 | | | |
| ----- | | | | | |
| CV (%) = | 8.92 | | | | |
| Média geral: | 152037.6250000 | | Número de observações: | 32 | |
| ----- | | | | | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 9924.33631302216 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3392.32817236307

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------------|---------------------|
| Baixo | 127795.187500 a1 | |
| Alto | 176280.062500 a2 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 9924.33631302216 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3392.32817236307

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------------|---------------------|
| Sem | 151726.500000 a1 | |
| Com | 152348.750000 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 9924.33631302216 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3392.32817236307

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------------|---------------------|
| Com | 148699.375000 a1 | |
| Sem | 155375.875000 a1 | |

Variável analisada: COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DE CÁLCIO %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 510473140.031250 | 510473140.031250 | 4.684 | 0.0411 |
| AO | 1 | 3618722.531250 | 3618722.531250 | 0.033 | 0.8570 |
| F | 1 | 1.367030544E+0009 | 1.36703054E+0009 | 12.543 | 0.0017 |
| CA*AO | 1 | 25947007.031250 | 25947007.031250 | 0.238 | 0.6302 |
| CA*F | 1 | 8465583.781250 | 8465583.781250 | 0.078 | 0.7830 |
| AO*F | 1 | 287646108.781250 | 287646108.781250 | 2.639 | 0.1179 |
| CA*AO*F | 1 | 66444510.031250 | 66444510.031250 | 0.610 | 0.4429 |
| EXPTO | 1 | 228803484.031250 | 228803484.031250 | 2.099 | 0.1609 |
| Erro | 23 | 2.506622255E+0009 | 108983576.292120 | | |

Total corrigido 31 5.005051355E+0009

CV (%) = 19.79

Média geral: 52763.9687500 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Alto | 48769.937500 | a1 |
| Baixo | 56758.000000 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 52427.687500 | a1 |
| Com | 53100.250000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 46227.937500 | a1 |
| Com | 59300.000000 | a2 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 2000 | 50090.000000 | a1 |
| 1000 | 55437.937500 | a1 |

Variável analisada: CÁLCIO EXCRETADO NAS FEZES GRAMAS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|----------------|-------------------|------------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 1.070356409E+0012 | 1.07035640E+0012 | 28.229 | 0.0000 |
| AO | 1 | 192109401.125000 | 192109401.125000 | 0.005 | 0.9439 |
| F | 1 | 4.417229234E+0011 | 4.41722923E+0011 | 11.650 | 0.0024 |
| EXPTO | 1 | 2.293446174E+0011 | 2.29344617E+0011 | 6.049 | 0.0219 |
| CA*AO | 1 | 7.517954821E+0009 | 7.51795482E+0009 | 0.198 | 0.6603 |
| CA*F | 1 | 1.996511523E+0010 | 1.99651152E+0010 | 0.527 | 0.4754 |
| AO*F | 1 | 5.506868252E+0010 | 5.50686825E+0010 | 1.452 | 0.2404 |
| CA*AO*F | 1 | 3.249184828E+0010 | 3.24918483E+0010 | 0.857 | 0.3642 |
| Erro | 23 | 8.721026056E+0011 | 3.79175046E+0010 | | |
| ----- | | | | | |
| Total corrigido | 31 | 2.728762266E+0012 | | | |
| ----- | | | | | |
| CV (%) = | 26.48 | | | | |
| Média geral: | 735439.5000000 | | Número de observações: | 32 | |
| ----- | | | | | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 142417.545521152 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 48681.0439178962

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|---------------|---------------------|
| Baixo | 552549.812500 | a1 |
| Alto | 918329.187500 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 142417.545521152 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 48681.0439178962

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|---------------|---------------------|
| Com | 732989.312500 | a1 |
| Sem | 737889.687500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 142417.545521152 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 48681.0439178962

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|---------------|---------------------|
| Com | 617949.750000 | a1 |
| Sem | 852929.250000 | a2 |

Variável analisada: CÁLCIO EXCRETADO NAS FEZES %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 510473140.031250 | 510473140.031250 | 4.684 | 0.0411 |
| AO | 1 | 3618722.531250 | 3618722.531250 | 0.033 | 0.8570 |
| F | 1 | 1.367030544E+0009 | 1.36703054E+0009 | 12.543 | 0.0017 |
| CA*AO | 1 | 25947007.031250 | 25947007.031250 | 0.238 | 0.6302 |
| CA*F | 1 | 8465583.781250 | 8465583.781250 | 0.078 | 0.7830 |
| AO*F | 1 | 287646108.781250 | 287646108.781250 | 2.639 | 0.1179 |
| CA*AO*F | 1 | 66444510.031250 | 66444510.031250 | 0.610 | 0.4429 |
| EXPTO | 1 | 228803484.031250 | 228803484.031250 | 2.099 | 0.1609 |
| Erro | 23 | 2.506622255E+0009 | 108983576.292120 | | |

Total corrigido 31 5.005051355E+0009

CV (%) = 22.10

Média geral: 47236.0312500 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 43242.000000 | a1 |
| Alto | 51230.062500 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 46899.750000 | a1 |
| Sem | 47572.312500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 7635.26562225014 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2609.87998158104

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 40700.000000 | a1 |
| Sem | 53772.062500 | a2 |

Variável analisada: CÁLCIO RETIDO GRAMAS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 631012812.500000 | 631012812.500000 | 2.422 | 0.1333 |
| AO | 1 | 3701920.500000 | 3701920.500000 | 0.014 | 0.9061 |
| F | 1 | 2.578625298E+0009 | 2.57862530E+0009 | 9.898 | 0.0045 |
| CA*AO | 1 | 21658071.125000 | 21658071.125000 | 0.083 | 0.7757 |
| CA*F | 1 | 61134153.125000 | 61134153.125000 | 0.235 | 0.6327 |
| AO*F | 1 | 818242831.125000 | 818242831.125000 | 3.141 | 0.0896 |
| CA*AO*F | 1 | 45629904.500000 | 45629904.500000 | 0.175 | 0.6795 |
| EXPTO | 1 | 1882770.125000 | 1882770.125000 | 0.007 | 0.9330 |
| Erro | 23 | 5.992149893E+0009 | 260528256.211957 | | |

Total corrigido 31 1.015403765E+0010

CV (%) = 22.11
Média geral: 72996.4375000 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 11805.1372044731 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 4035.22192862391

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 68555.812500 | a1 |
| Alto | 77437.062500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 11805.1372044731 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 4035.22192862391

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 72656.312500 | a1 |
| Com | 73336.562500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 11805.1372044731 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 4035.22192862391

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 64019.687500 | a1 |
| Com | 81973.187500 | a2 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 11805.1372044731 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 4035.22192862391

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 1000 | 72753.875000 | a1 |
| 2000 | 73239.000000 | a1 |

Variável analisada: COEFICIENTE DE RETENÇÃO DE CÁLCIO %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 638593387.531250 | 638593387.531250 | 5.320 | 0.0304 |
| AO | 1 | 908215.031250 | 908215.031250 | 0.008 | 0.9314 |
| F | 1 | 1.484784395E+0009 | 1.48478439E+0009 | 12.369 | 0.0018 |
| CA*AO | 1 | 29801130.031250 | 29801130.031250 | 0.248 | 0.6230 |
| CA*F | 1 | 24775520.281250 | 24775520.281250 | 0.206 | 0.6539 |
| AO*F | 1 | 283285453.781250 | 283285453.781250 | 2.360 | 0.1381 |
| CA*AO*F | 1 | 43685541.281250 | 43685541.281250 | 0.364 | 0.5522 |
| EXPTO | 1 | 204500032.031250 | 204500032.031250 | 1.704 | 0.2047 |
| Erro | 23 | 2.760870750E+0009 | 120037858.683424 | | |

Total corrigido 31 5.471204424E+0009

CV (%) = 22.27
Média geral: 49194.1562500 Número de observações: 32

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 8013.14022108781 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2739.04475460223

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Alto | 44726.937500 | a1 |
| Baixo | 53661.375000 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 8013.14022108781 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2739.04475460223

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 49025.687500 | a1 |
| Com | 49362.625000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 8013.14022108781 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2739.04475460223

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 42382.437500 | a1 |
| Com | 56005.875000 | a2 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 8013.14022108781 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2739.04475460223

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 2000 | 46666.187500 | a1 |
| 1000 | 51722.125000 | a1 |

Variável analisada: CÁLCIO EXCRETADO NA URINA %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|--------------|-----------------|------------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 7161220.125000 | 7161220.125000 | 2.973 | 0.0981 |
| AO | 1 | 899811.125000 | 899811.125000 | 0.373 | 0.5471 |
| F | 1 | 2429910.125000 | 2429910.125000 | 1.009 | 0.3257 |
| CA*AO | 1 | 133386.125000 | 133386.125000 | 0.055 | 0.8161 |
| CA*F | 1 | 4276350.125000 | 4276350.125000 | 1.775 | 0.1958 |
| AO*F | 1 | 16471.125000 | 16471.125000 | 0.007 | 0.9348 |
| CA*AO*F | 1 | 2377290.125000 | 2377290.125000 | 0.987 | 0.3309 |
| EXPTO | 1 | 682696.125000 | 682696.125000 | 0.283 | 0.5996 |
| Erro | 23 | 55410333.875000 | 2409144.951087 | | |
| Total corrigido | 31 | 73387468.875000 | | | |
| CV (%) = | 43.48 | | | | |
| Média geral: | 3569.8125000 | | Número de observações: | 32 | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 1135.20707252934 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 388.035513120816

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Baixo | 3096.750000 | a1 |
| Alto | 4042.875000 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 1135.20707252934 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 388.035513120816

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Sem | 3402.125000 | a1 |
| Com | 3737.500000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 1135.20707252934 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 388.035513120816

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| Com | 3294.250000 | a1 |
| Sem | 3845.375000 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 1135.20707252934 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 388.035513120816

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-------------|---------------------|
| 2000 | 3423.750000 | a1 |
| 1000 | 3715.875000 | a1 |

Variável analisada: FÓSFORO CONSUMIDO GRAMAS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|----|-------------------|------------------|---------|--------|
| CA | 1 | 109253762.000000 | 109253762.000000 | 1.630 | 0.2144 |
| AO | 1 | 626640.125000 | 626640.125000 | 0.009 | 0.9238 |
| F | 1 | 1.202001867E+0010 | 1.20200186E+0010 | 179.347 | 0.0000 |
| CA*AO | 1 | 30772012.500000 | 30772012.500000 | 0.459 | 0.5048 |
| CA*F | 1 | 94311378.000000 | 94311378.000000 | 1.407 | 0.2476 |
| AO*F | 1 | 766941.125000 | 766941.125000 | 0.011 | 0.9157 |
| CA*AO*F | 1 | 257486124.500000 | 257486124.500000 | 3.842 | 0.0622 |
| EXPTO | 1 | 883848968.000000 | 883848968.000000 | 13.188 | 0.0014 |
| Erro | 22 | 1.541485906E+0009 | 67021126.326087 | | |
| Total corrigido | 30 | 1.493857040E+0010 | | | |

CV (%) = 7.96
Média geral: 102905.4375000 Número de observações: 31

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 5987.55455878314 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2046.66079147973

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------------|---------------------|
| Alto | 101057.687500 a1 | |
| Baixo | 104753.187500 a1 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 5987.55455878314 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2046.66079147973

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------------|---------------------|
| Sem | 102765.500000 a1 | |
| Com | 103045.375000 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 5987.55455878314 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2046.66079147973

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|------------------|---------------------|
| Com | 83524.375000 a1 | |
| Sem | 122286.500000 a2 | |

Variável analisada: COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DE FÓSFORO %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 422176417.531250 | 422176417.531250 | 5.009 | 0.0589 |
| AO | 1 | 68103202.781250 | 68103202.781250 | 0.808 | 0.7505 |
| F | 1 | 5434280.281250 | 5434280.281250 | 0.064 | 0.2767 |
| CA*AO | 1 | 4338721.531250 | 4338721.531250 | 0.051 | 0.6110 |
| CA*F | 1 | 53424200.281250 | 53424200.281250 | 0.634 | 0.0869 |
| AO*F | 1 | 363993925.781250 | 363993925.781250 | 4.319 | 0.0868 |
| CA*AO*F | 1 | 29832019.031250 | 29832019.031250 | 0.354 | 0.1788 |
| EXPTO | 1 | 46072800.281250 | 46072800.281250 | 0.547 | 0.1608 |
| Erro | 22 | 1.938507669E+0009 | 84282942.129076 | | |

Total corrigido 30 2.931883236E+0009

CV (%) = 23.79

Média geral: 38587.7187500 Número de observações: 31

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Alto | 34955.500000 | a1 |
| Baixo | 40140.937500 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 37128.875000 | a1 |
| Com | 37967.362500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 36096.425000 | a1 |
| Com | 38999.812500 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 2000 | 50123.812500 | a1 |
| 1000 | 55431.625000 | a1 |

Variável analisada: COEFICIENTE DE RETENÇÃO DE FÓSFORO %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 59617740.125000 | 59617740.125000 | 0.504 | 0.0668 |
| AO | 1 | 114882482.000000 | 114882482.000000 | 0.972 | 0.7108 |
| F | 1 | 69007752.000000 | 69007752.000000 | 0.584 | 0.0578 |
| CA*AO | 1 | 13061160.500000 | 13061160.500000 | 0.111 | 0.6137 |
| CA*F | 1 | 2723778.000000 | 2723778.000000 | 0.023 | 0.2546 |
| AO*F | 1 | 451335990.125000 | 451335990.125000 | 3.819 | 0.1050 |
| CA*AO*F | 1 | 40136320.125000 | 40136320.125000 | 0.340 | 0.8650 |
| EXPTO | 1 | 235792328.000000 | 235792328.000000 | 1.995 | 0.0087 |
| Erro | 22 | 2.718430543E+0009 | 118192632.304348 | | |

Total corrigido 30 3.704988094E+0009

CV (%) = 40.17
Média geral: 27065.5625000 Número de observações: 31

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 7951.3125534764 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2717.91087400263

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 22974.625000 | a1 |
| Alto | 28430.500000 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 7951.3125534764 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2717.91087400263

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 25170.812500 | a1 |
| Com | 26234.312500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 7951.3125534764 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2717.91087400263

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 22870.062500 | a1 |
| Com | 28534.062500 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 7951.3125534764 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 2717.91087400263

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 2000 | 21651.062500 | a1 |
| 1000 | 29780.062500 | a2 |

Variável analisada: FÓSFORO EXCRETADO NAS FEZES GRAMAS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|---------------|------------------------|-------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 215219004.500000 | 215219004.500000 | 1.547 | 0.2262 |
| AO | 1 | 139720686.125000 | 139720686.125000 | 1.004 | 0.3268 |
| F | 1 | 4.965410031E+0009 | 4.96541003E+0009 | 35.681 | 0.0000 |
| EXPTO | 1 | 601819471.125000 | 601819471.125000 | 4.325 | 0.0489 |
| CA*AO | 1 | 46382896.125000 | 46382896.125000 | 0.333 | 0.5693 |
| CA*F | 1 | 2722611.125000 | 2722611.125000 | 0.020 | 0.8900 |
| AO*F | 1 | 480345012.500000 | 480345012.500000 | 3.452 | 0.0760 |
| CA*AO*F | 1 | 267614112.500000 | 267614112.500000 | 1.923 | 0.1788 |
| Erro | 22 | 3.200686838E+0009 | 139160297.320652 | | |
| Total corrigido | | 30 | 9.919920664E+0009 | | |
| CV (%) = | 18.64 | | | | |
| Média geral: | 63275.3750000 | Número de observações: | | 31 | |

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 8627.82438487235 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2949.15557109841

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Baixo | 60682.000000 a1 | |
| Alto | 65868.750000 a1 | |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 8627.82438487235 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2949.15557109841

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Com | 61185.812500 a1 | |
| Sem | 65364.937500 a1 | |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 8627.82438487235 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2949.15557109841

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|-----------------|---------------------|
| Com | 50818.687500 a1 | |
| Sem | 75732.062500 a2 | |

Variável analisada: FÓSFORO RETIDO GRAMAS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 13951082.531250 | 13951082.531250 | 0.096 | 0.1340 |
| AO | 1 | 240325407.031250 | 240325407.031250 | 1.649 | 0.4479 |
| F | 1 | 423979920.031250 | 423979920.031250 | 2.910 | 0.1788 |
| CA*AO | 1 | 10085663.281250 | 10085663.281250 | 0.069 | 0.4795 |
| CA*F | 1 | 47978359.031250 | 47978359.031250 | 0.329 | 0.0650 |
| AO*F | 1 | 706062436.531250 | 706062436.531250 | 4.846 | 0.0762 |
| CA*AO*F | 1 | 8882058.781250 | 8882058.781250 | 0.061 | 0.4653 |
| EXPTO | 1 | 25199675.281250 | 25199675.281250 | 0.173 | 0.1011 |
| Erro | 22 | 3.351185239E+0009 | 145703706.042120 | | |

Total corrigido 30 4.827649841E+0009

CV (%) = 44.14
Média geral: 27346.7812500 Número de observações: 31

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 8828.33738539737 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3017.69475388623

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 23462.500000 | a1 |
| Alto | 28007.062500 | a1 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 8828.33738539737 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3017.69475388623

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Sem | 24606.312500 | a1 |
| Com | 26863.250000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 8828.33738539737 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3017.69475388623

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 23706.812500 | a1 |
| Sem | 27762.750000 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 8828.33738539737 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16
Erro padrão: 3017.69475388623

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 2000 | 23259.375000 | a1 |
| 1000 | 28234.187500 | a1 |

Variável analisada: FÓSFORO EXCRETADO NAS FEZES %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|-------------------|------------------|-------|--------|
| CA | 1 | 422176417.531250 | 422176417.531250 | 5.009 | 0.0589 |
| AO | 1 | 68103202.781250 | 68103202.781250 | 0.808 | 0.7505 |
| F | 1 | 5434280.281250 | 5434280.281250 | 0.064 | 0.2767 |
| CA*AO | 1 | 4338721.531250 | 4338721.531250 | 0.051 | 0.6110 |
| CA*F | 1 | 53424200.281250 | 53424200.281250 | 0.634 | 0.0869 |
| AO*F | 1 | 363993925.781250 | 363993925.781250 | 4.319 | 0.0869 |
| CA*AO*F | 1 | 29832019.031250 | 29832019.031250 | 0.354 | 0.9550 |
| EXPTO | 1 | 46072800.281250 | 46072800.281250 | 0.547 | 0.4672 |
| Erro | 22 | 1.938507669E+0009 | 84282942.129076 | | |

Total corrigido 30 2.931883236E+0009

CV (%) = 14.95

Média geral: 61412.2812500 Número de observações: 31

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Baixo | 59858.062500 | a1 |
| Alto | 65044.500000 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 62033.437500 | a1 |
| Sem | 62871.125000 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 6714.49672621938 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 2295.14354302019

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 61000.187500 | a1 |
| Sem | 63904.375000 | a1 |

Variável analisada: FÓSFORO EXCRETADO NA URINA %

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|----|------------------|------------------|--------|--------|
| CA | 1 | 799100253.125000 | 799100253.125000 | 69.013 | 0.0000 |
| AO | 1 | 6084816.125000 | 6084816.125000 | 0.526 | 0.8339 |
| F | 1 | 35713926.125000 | 35713926.125000 | 3.084 | 0.0162 |
| CA*AO | 1 | 2341448.000000 | 2341448.000000 | 0.202 | 0.9212 |
| CA*F | 1 | 32024004.500000 | 32024004.500000 | 2.766 | 0.2146 |
| AO*F | 1 | 4690984.500000 | 4690984.500000 | 0.405 | 0.9117 |
| CA*AO*F | 1 | 763230.125000 | 763230.125000 | 0.066 | 0.7526 |
| EXPTO | 1 | 73410844.500000 | 73410844.500000 | 6.340 | 0.0022 |
| Erro | 22 | 266317126.500000 | 11579005.500000 | | |

Total corrigido 30 1.220446634E+0009

CV (%) = 29.53

Média geral: 11522.1250000 Número de observações: 31

Teste Tukey para a FV CÁLCIO

DMS: 2488.73842294199 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 850.698444661797

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Alto | 6524.937500 | a1 |
| Baixo | 17166.312500 | a2 |

Teste Tukey para a FV ÁCIDO BUTÍRICO

DMS: 2488.73842294199 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 850.698444661797

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 11733.062500 | a1 |
| Sem | 11958.187500 | a1 |

Teste Tukey para a FV FITASE

DMS: 2488.73842294199 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 850.698444661797

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| Com | 10465.687500 | a1 |
| Sem | 13225.562500 | a1 |

Teste Tukey para a FV PERÍODO

DMS: 2488.73842294199 NMS: 0.05

Média harmônica do número de repetições (r): 16

Erro padrão: 850.698444661797

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------------|---------------------|
| 1000 | 10007.500000 | a1 |
| 2000 | 13736.750000 | a2 |

APÊNDICE B – Observações experimentais

| Níveis de Cálcio | Ácido Butírico | Fitase | Consumo de ração kg | Ganho de Peso kg | Conversão alimentar | CDMS % | CDEB % |
|------------------|----------------|--------|---------------------|------------------|---------------------|--------|--------|
| baixo | sem | sem | 1.931 | 0.885 | 2.060 | 85.788 | 84.647 |
| baixo | sem | sem | 2.043 | 0.899 | 2.145 | 82.422 | 81.519 |
| baixo | sem | sem | 2.224 | 0.794 | 2.636 | 83.117 | 82.455 |
| baixo | sem | sem | 2.181 | 0.688 | 2.982 | 86.551 | 86.054 |
| baixo | sem | com | 2.050 | 0.955 | 2.027 | 86.191 | 85.574 |
| baixo | sem | com | 1.965 | 0.896 | 2.071 | 83.130 | 82.546 |
| baixo | sem | com | 2.137 | 0.737 | 3.189 | 86.029 | 85.363 |
| baixo | sem | com | 2.192 | 0.859 | 2.403 | 88.447 | 87.999 |
| baixo | com | sem | 1.625 | 0.753 | 2.038 | 82.132 | 81.247 |
| baixo | com | sem | 1.967 | 0.847 | 2.193 | 81.640 | 81.431 |
| baixo | com | sem | 2.191 | 0.796 | 2.589 | 92.569 | 92.364 |
| baixo | com | sem | 2.164 | 0.665 | 3.064 | 89.689 | 89.868 |
| baixo | com | com | 1.977 | 0.907 | 2.058 | 80.780 | 80.873 |
| baixo | com | com | 1.939 | 0.916 | 2.001 | 82.784 | 82.554 |
| baixo | com | com | 2.259 | 0.824 | 2.582 | 89.232 | 89.255 |
| baixo | com | com | 2.236 | 0.867 | 2.427 | 87.276 | 87.276 |
| alto | sem | sem | 1.662 | 0.727 | 2.159 | 85.154 | 83.427 |
| alto | sem | sem | 1.922 | 0.846 | 2.147 | 82.581 | 81.160 |
| alto | sem | sem | 1.992 | 0.841 | 2.229 | 89.086 | 88.452 |
| alto | sem | sem | 2.347 | 0.847 | 2.608 | 88.067 | 86.971 |
| alto | sem | com | 1.707 | 0.600 | 2.687 | 82.060 | 79.636 |
| alto | sem | com | 1.688 | 0.698 | 2.285 | 83.612 | 81.396 |
| alto | sem | com | 2.081 | 0.676 | 2.896 | 88.719 | 87.550 |
| alto | sem | com | 2.357 | 0.847 | 2.618 | 87.152 | 85.358 |
| alto | com | sem | 1.901 | 0.903 | 1.987 | 84.114 | 81.901 |
| alto | com | sem | 1.920 | 0.931 | 1.949 | 87.138 | 85.013 |
| alto | com | sem | 2.266 | 0.732 | 2.914 | 88.143 | 86.249 |
| alto | com | sem | 2.299 | 0.871 | 2.485 | 88.413 | 87.139 |
| alto | com | com | 1.664 | 0.812 | 1.935 | 85.317 | 83.503 |
| alto | com | com | 1.528 | 0.713 | 2.023 | 84.550 | 82.959 |
| alto | com | com | 1.993 | 0.795 | 2.358 | 89.635 | 89.078 |
| alto | com | com | 2.289 | 0.676 | 3.184 | 87.660 | 86.933 |

Observações experimentais

| Níveis de cálcio | Ácido Butírico | Fitase | CDPB % | CRN % | N excretado na urina | CMEB % | CDCz % |
|------------------|----------------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| baixo | sem | sem | 83.795 | 38.392 | 27.175 | 82.802 | 53.950 |
| baixo | sem | sem | 78.113 | 43.067 | 20.554 | 80.123 | 45.778 |
| baixo | sem | sem | 78.909 | 52.436 | 15.456 | 81.398 | 40.281 |
| baixo | sem | sem | 83.990 | 23.761 | 48.039 | 82.770 | 52.557 |
| baixo | sem | com | 83.426 | 36.235 | 30.335 | 83.624 | 56.845 |
| baixo | sem | com | 77.932 | 39.938 | 18.404 | 81.364 | 47.088 |
| baixo | sem | com | 81.995 | 12.915 | 42.901 | 82.360 | 52.482 |
| baixo | sem | com | 86.911 | 49.146 | 28.338 | 86.015 | 57.738 |
| baixo | com | sem | 79.190 | 34.173 | 18.023 | 80.051 | 51.063 |
| baixo | com | sem | 78.087 | 42.402 | 19.126 | 80.162 | 46.852 |
| baixo | com | sem | 89.605 | 41.282 | 29.647 | 90.445 | 74.971 |
| baixo | com | sem | 88.140 | 42.372 | 30.837 | 87.872 | 54.572 |
| baixo | com | com | 76.508 | 41.297 | 19.183 | 79.635 | 47.857 |
| baixo | com | com | 79.375 | 38.417 | 20.654 | 81.222 | 48.159 |
| baixo | com | com | 89.166 | 42.948 | 33.882 | 86.950 | 55.295 |
| baixo | com | com | 83.987 | 43.396 | 27.643 | 85.396 | 53.482 |
| alto | sem | sem | 80.641 | 46.470 | 6.015 | 83.038 | 59.301 |
| alto | sem | sem | 76.905 | 30.739 | 26.969 | 79.415 | 50.904 |
| alto | sem | sem | 86.859 | 38.732 | 27.732 | 86.562 | 61.356 |
| alto | sem | sem | 85.207 | 47.630 | 30.621 | 84.884 | 62.344 |
| alto | sem | com | 71.510 | 27.200 | 18.743 | 78.451 | 56.932 |
| alto | sem | com | 76.216 | 27.508 | 20.318 | 80.112 | 55.075 |
| alto | sem | com | 86.232 | 45.960 | 20.850 | 86.158 | 62.887 |
| alto | sem | com | 83.041 | 19.520 | 54.410 | 81.724 | 58.782 |
| alto | com | sem | 78.902 | 21.380 | 39.798 | 79.287 | 59.746 |
| alto | com | sem | 85.322 | 44.237 | 20.501 | 83.667 | 64.290 |
| alto | com | sem | 85.014 | 54.132 | 19.080 | 84.895 | 61.719 |
| alto | com | sem | 85.623 | 56.563 | 22.287 | 85.557 | 63.538 |
| alto | com | com | 83.522 | 15.679 | 37.550 | 80.999 | 57.829 |
| alto | com | com | 80.813 | 24.361 | 24.183 | 81.347 | 51.883 |
| alto | com | com | 89.812 | 53.253 | 18.275 | 87.786 | 62.151 |
| alto | com | com | 84.916 | 43.172 | 31.923 | 84.676 | 59.988 |

Observações experimentais

| Níveis de Cálcio | Ácido Butírico | Fitase | Fósforo consumido g | CDP % | % P excretado nas fezes | P excretado nas fezes g |
|------------------|----------------|--------|---------------------|--------|-------------------------|-------------------------|
| baixo | sem | sem | 120.133 | 42.649 | 57.351 | 68.898 |
| baixo | sem | sem | 125.048 | 37.023 | 62.977 | 78.751 |
| baixo | sem | sem | 129.705 | 24.238 | 75.762 | 98.267 |
| baixo | sem | sem | 128.874 | 33.492 | 66.508 | 85.711 |
| baixo | sem | com | 91.017 | 56.486 | 43.514 | 39.605 |
| baixo | sem | com | 85.390 | 46.869 | 53.131 | 45.369 |
| baixo | sem | com | 71.258 | 34.013 | 65.987 | 47.021 |
| baixo | sem | com | 93.326 | 48.373 | 51.627 | 48.182 |
| baixo | com | sem | 101.770 | 36.123 | 63.877 | 65.008 |
| baixo | com | sem | 121.658 | 34.369 | 65.631 | 79.846 |
| baixo | com | sem | 123.043 | 69.396 | 30.604 | 37.656 |
| baixo | com | sem | 129.109 | 46.836 | 53.164 | 68.639 |
| baixo | com | com | 88.692 | 43.675 | 56.325 | 49.956 |
| baixo | com | com | 83.498 | 35.033 | 64.967 | 54.246 |
| baixo | com | com | 92.615 | 42.794 | 57.206 | 52.981 |
| baixo | com | com | 90.915 | 44.150 | 55.850 | 50.776 |
| alto | sem | sem | 101.960 | 41.440 | 58.560 | 59.708 |
| alto | sem | sem | 117.554 | 27.477 | 72.523 | 85.253 |
| alto | sem | sem | 114.837 | 33.118 | 66.882 | 76.805 |
| alto | sem | sem | 137.823 | 27.316 | 72.684 | 100.175 |
| alto | sem | com | 73.797 | 42.938 | 57.062 | 42.110 |
| alto | sem | com | 72.078 | 29.990 | 70.010 | 50.462 |
| alto | sem | com | 84.430 | 37.065 | 62.935 | 53.137 |
| alto | sem | com | 97.018 | 31.575 | 68.425 | 66.385 |
| alto | com | sem | 122.490 | 32.723 | 67.277 | 82.408 |
| alto | com | sem | 119.865 | 52.314 | 47.686 | 57.159 |
| alto | com | sem | 126.955 | 32.524 | 67.476 | 85.664 |
| alto | com | sem | 135.760 | 39.772 | 60.228 | 81.765 |
| alto | com | com | 70.757 | 37.587 | 62.413 | 44.162 |
| alto | com | com | 66.692 | 39.906 | 60.094 | 40.078 |
| alto | com | com | 82.878 | 32.746 | 67.254 | 55.739 |
| alto | com | com | 92.029 | 20.797 | 79.203 | 72.890 |

Observações experimentais

| Níveis de Cálcio | Ácido Butírico | Fitase | CRN % | P retido g | % P excretado na urina |
|------------------|----------------|--------|--------|------------|------------------------|
| baixo | sem | sem | 24.867 | 29.873 | 17.782 |
| baixo | sem | sem | 20.790 | 25.998 | 16.233 |
| baixo | sem | sem | 6.626 | 8.594 | 17.612 |
| baixo | sem | sem | 13.842 | 17.839 | 19.650 |
| baixo | sem | com | 44.944 | 40.907 | 11.542 |
| baixo | sem | com | 34.617 | 29.560 | 12.252 |
| baixo | sem | com | 12.223 | 8.710 | 21.790 |
| baixo | sem | com | 27.427 | 25.596 | 20.946 |
| baixo | com | sem | 23.948 | 24.372 | 12.175 |
| baixo | com | sem | 16.138 | 19.633 | 18.231 |
| baixo | com | sem | 59.991 | 73.815 | 9.405 |
| baixo | com | sem | 25.321 | 32.692 | 21.515 |
| baixo | com | com | 30.913 | 27.417 | 12.762 |
| baixo | com | com | 21.749 | 18.160 | 13.284 |
| baixo | com | com | 20.485 | 18.972 | 22.309 |
| baixo | com | com | 27.329 | 24.846 | 16.821 |
| alto | sem | sem | 39.089 | 39.855 | 2.351 |
| alto | sem | sem | 15.799 | 18.572 | 11.679 |
| alto | sem | sem | 23.863 | 27.404 | 9.255 |
| alto | sem | sem | 14.698 | 20.257 | 12.618 |
| alto | sem | com | 37.479 | 27.658 | 5.460 |
| alto | sem | com | 27.974 | 20.163 | 2.016 |
| alto | sem | com | 32.060 | 27.068 | 5.005 |
| alto | sem | com | 26.435 | 25.647 | 5.140 |
| alto | com | sem | 24.503 | 30.014 | 8.219 |
| alto | com | sem | 42.091 | 50.453 | 10.222 |
| alto | com | sem | 26.185 | 33.243 | 6.339 |
| alto | com | sem | 31.802 | 43.174 | 7.971 |
| alto | com | com | 33.803 | 23.918 | 3.783 |
| alto | com | com | 37.777 | 25.194 | 2.129 |
| alto | com | com | 27.786 | 23.029 | 4.959 |
| alto | com | com | 13.544 | 12.464 | 7.253 |

Observações experimentais

| Níveis de Cálcio | Ácido Butírico | Fitase | Cálcio consumido g | CDCa % | % Ca excretado nas fezes | Ca excretado nas fezes g |
|------------------|----------------|--------|--------------------|--------|--------------------------|--------------------------|
| baixo | sem | sem | 125.139 | 51.060 | 48.940 | 61.2425 |
| baixo | sem | sem | 130.259 | 47.100 | 52.900 | 68.9074 |
| baixo | sem | sem | 135.110 | 41.815 | 58.185 | 78.6140 |
| baixo | sem | sem | 134.243 | 36.152 | 63.848 | 85.7112 |
| baixo | sem | com | 133.849 | 73.073 | 26.927 | 36.0409 |
| baixo | sem | com | 125.574 | 75.432 | 24.568 | 30.8506 |
| baixo | sem | com | 104.791 | 52.137 | 47.863 | 50.1555 |
| baixo | sem | com | 137.244 | 67.401 | 32.599 | 44.7400 |
| baixo | com | sem | 106.011 | 57.841 | 42.159 | 44.6930 |
| baixo | com | sem | 126.727 | 36.994 | 63.006 | 79.8459 |
| baixo | com | sem | 128.170 | 75.517 | 24.483 | 31.3800 |
| baixo | com | sem | 134.488 | 51.182 | 48.818 | 65.6551 |
| baixo | com | com | 130.429 | 59.254 | 40.746 | 53.1444 |
| baixo | com | com | 122.791 | 63.185 | 36.815 | 45.2051 |
| baixo | com | com | 136.199 | 63.388 | 36.612 | 49.8647 |
| baixo | com | com | 133.699 | 56.597 | 43.403 | 58.0294 |
| alto | sem | sem | 152.940 | 67.849 | 32.151 | 49.1714 |
| alto | sem | sem | 176.331 | 30.163 | 69.837 | 123.1436 |
| alto | sem | sem | 172.256 | 41.693 | 58.307 | 100.4378 |
| alto | sem | sem | 206.735 | 27.316 | 72.684 | 150.2626 |
| alto | sem | com | 156.275 | 65.601 | 34.399 | 53.7569 |
| alto | sem | com | 152.635 | 54.224 | 45.776 | 69.8701 |
| alto | sem | com | 178.794 | 56.295 | 43.705 | 78.1421 |
| alto | sem | com | 205.449 | 51.532 | 48.468 | 99.5769 |
| alto | com | sem | 183.735 | 37.706 | 62.294 | 114.4559 |
| alto | com | sem | 179.798 | 48.340 | 51.660 | 92.8839 |
| alto | com | sem | 190.432 | 40.021 | 59.979 | 114.2183 |
| alto | com | sem | 203.640 | 48.898 | 51.102 | 104.0642 |
| alto | com | com | 149.838 | 54.657 | 45.343 | 67.9410 |
| alto | com | com | 141.230 | 64.528 | 35.472 | 50.0974 |
| alto | com | com | 175.507 | 47.598 | 52.402 | 91.9698 |
| alto | com | com | 194.886 | 43.898 | 56.102 | 109.3348 |

Observações experimentais

| Níveis de Cálcio | Ácido Butírico | Fitase | Ca retido g | CRCa % | % Ca excretado na urina |
|------------------|----------------|--------|-------------|--------|-------------------------|
| baixo | sem | sem | 59.997 | 47.945 | 3.116 |
| baixo | sem | sem | 58.133 | 44.629 | 2.470 |
| baixo | sem | sem | 50.372 | 37.282 | 4.533 |
| baixo | sem | sem | 44.184 | 32.914 | 3.239 |
| baixo | sem | com | 93.671 | 69.983 | 3.091 |
| baixo | sem | com | 92.751 | 73.862 | 1.570 |
| baixo | sem | com | 51.290 | 48.945 | 3.192 |
| baixo | sem | com | 88.746 | 64.663 | 2.738 |
| baixo | com | sem | 59.325 | 55.961 | 1.880 |
| baixo | com | sem | 38.374 | 30.281 | 6.713 |
| baixo | com | sem | 91.497 | 71.387 | 4.130 |
| baixo | com | sem | 63.693 | 47.359 | 3.822 |
| baixo | com | com | 75.732 | 58.064 | 1.190 |
| baixo | com | com | 76.043 | 61.929 | 1.257 |
| baixo | com | com | 81.732 | 60.009 | 3.379 |
| baixo | com | com | 71.353 | 53.369 | 3.228 |
| alto | sem | sem | 99.724 | 65.205 | 2.644 |
| alto | sem | sem | 43.653 | 24.756 | 5.407 |
| alto | sem | sem | 67.733 | 39.321 | 2.372 |
| alto | sem | sem | 45.187 | 21.857 | 5.459 |
| alto | sem | com | 93.294 | 59.699 | 5.902 |
| alto | sem | com | 78.664 | 51.537 | 2.687 |
| alto | sem | com | 94.394 | 52.795 | 3.500 |
| alto | sem | com | 100.708 | 49.018 | 2.514 |
| alto | com | sem | 60.182 | 32.755 | 4.951 |
| alto | com | sem | 80.205 | 44.608 | 3.731 |
| alto | com | sem | 66.931 | 35.147 | 4.874 |
| alto | com | sem | 95.125 | 46.712 | 2.185 |
| alto | com | com | 71.892 | 47.980 | 6.677 |
| alto | com | com | 82.422 | 58.360 | 6.168 |
| alto | com | com | 76.900 | 43.816 | 3.782 |
| alto | com | com | 81.979 | 42.065 | 1.833 |

APÊNDICE C – Registro da temperatura durante o período experimental

Observações experimentais

| Data | Temperatura mínima °C | Temperatura máxima °C |
|-------------|------------------------------|------------------------------|
| 08/10 | 12 | 22 |
| 09/10 | 13 | 27 |
| 10/10 | 20 | 35 |
| 11/10 | 20 | 32 |
| 12/10 | 17 | 25 |
| 13/10 | 17 | 29 |
| 14/10 | 17 | 33 |
| 15/10 | 20 | 26 |
| 16/10 | 17 | 25 |
| 17/10 | 13 | 26 |
| 18/10 | 16 | 25 |
| 19/10 | 17 | 20 |
| 20/10 | 16 | 29 |
| 21/10 | 11 | 30 |
| 22/10 | 13 | 25 |
| 23/10 | 16 | 29 |
| 24/10 | 16 | 33 |
| 25/10 | 18 | 30 |
| 29/10 | 18 | 29 |
| 30/10 | 18 | 32 |
| 31/10 | 21 | 31 |
| 01/11 | 22 | 25 |
| 02/11 | 20 | 25 |
| 03/11 | 15 | 30 |
| 04/11 | 15 | 25 |
| 05/11 | 19 | 27 |
| 06/11 | 20 | 28 |
| 07/11 | 16 | 25 |
| 08/11 | 11 | 20 |
| 09/11 | 11 | 26 |
| 10/11 | 12 | 25 |
| 11/11 | 13 | 28 |
| 12/11 | 11 | 26 |
| 13/11 | 15 | 28 |
| 14/11 | 17 | 29 |

7. VITA

Taiane Golfetto Machinsky, filha de Wilson Veron Machinsky e Leoni Golfetto Machinsky, nasceu na cidade de Ponta Porã, MS, em 13 de dezembro de 1982.

Estudou o 1º e 2º Grau no Colégio Objetivo Magsul, em Ponta Porã, concluindo em 2000.

Ingressou na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PR, em março de 2001, graduando-se como Zootecnista em dezembro de 2005.

Em março de 2006, iniciou seu curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.