

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

ÁCIDO FUMÁRICO E QUELATO DE CÁLCIO CONTENDO FÓSFORO
NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS: DESEMPENHO E
CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS

Vivian Lo Tierzo

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU - SP
Junho– 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

ÁCIDO FUMÁRICO E QUELATO DE CÁLCIO CONTENDO FÓSFORO
NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS: DESEMPENHO E
CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS

Vivian Lo Tierzo

Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. DIRLEI ANTONIO BERTO

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU - SP
Junho— 2009

SER FELIZ E.....

Acordar e descobrir que está atrasado...
mas ter certeza que tem um emprego.
Ver a caixa de correio cheia de contas...
mas receber a carta de um amigo!
Ter um monte de recados na secretária do celular...
Mas no meio deles um que diz "Me liga to com saudades!"
Ver que no almoço tem salada de agrião...
Mas o prato principal está apetitoso e é seu preferido!
Estar em um engarrafamento... mas dentro do seu
próprio carro totalmente pago!
Brigar com seu cachorro porque ele comeu seu sapato...
Mas ser recebido por ele quando chega em casa
Com muita alegria todos o dias!
E chegar exausto em casa mas ainda assim
Se sentir feliz por saber que você é amado pela
Sua família, por seus amigos e por Deus!
Enfim, ser feliz é ter um monte de problemas...
Mas ser capaz de sorrir com as pequenas
Coisas do dia-a dia!

(AUTOR DESCONHECIDO)

Ofereço

A Deus, por me acompanhar em toda trajetória da minha vida e me iluminar sempre;

Dedico

Às pessoas que me são mais importantes na minha vida, e me possibilitaram alcançar mais essa vitória:

Aos meus pais , Pascoal Lo Tierzo Neto e Shirley Davico Lo Tierzo pelo exemplo de bondade e honestidade, pelo eterno amor e incentivo, permitindo que eu chegasse até aqui;

A minha irmã Natalia Lo Tierzo e minha querida sobrinha Ingryd Lo Tierzo pelo apoio, amor ,carinho e companheirismo;

Ao meu namorado e amigo João Paulo Franco da Silveira, pelo amor incondicional, companheirismo, ensinamentos, dedicação e por todos os anos de convívio;

Aos meus familiares, em especial minha prima Bianca Davico Canatto, pelo amor e por estarem ao meu lado em todas as etapas da minha vida;

*Aos meus amigos, pela amizade e ajuda em todos os momentos.
Com carinho e gratidão,*

Homenagem Especial

Ao Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto, pela oportunidade, pelos preciosos ensinamentos e orientação, dedicação, confiança e paciência meus agradecimentos sinceros.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP/Botucatu, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A empresa Tortuga Companhia Zootécnica e Agrária pelo financiamento das pesquisas e pelas matérias primas oferecidas nos experimentos.

Ao Prof. Dr. Francisco Stefano Wechsler, pela disponibilidade na realização das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha e Mayra Dib Anton Saleh, pelo precioso auxílio, atenção nas análise de pH e B-value das rações.

À Prof. Dra. Margarida Maria Barros, pela preciosa ajuda com minhas amostras de morfologia e mineralização óssea.

Aos secretários da Seção de Pós-Graduação em Zootecnia, Seila Cristina Cassinelli Vieira e Danilo Juarez Teodoro Dias, pela atenção e auxílios prestados.

Aos funcionários do Departamento de Produção Animal, Solange Aparecida Ferreira de Souza pela amizade, atenção e auxílio.

José Luis Barbosa de Souza, pela amizade e ajuda durante esses anos de convívio.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da FMVZ – UNESP, Paulo Sérgio dos Santos, Wilson (Boca) pela amizade e ajuda na condução dos experimentos.

Paulo funcionário da Supervisão das Fazendas da UNESP/Botucatu, pela atenção e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia da FMVZ – UNESP, Renato Monteiro da Silva Diniz, pela amizade .

Às minhas amigas Regina Maria Nascimento Augusto, em especial, e Lucélia Hauptli pela eterna amizade, apoio, inestimável ajuda e participação ativa na condução dos experimentos.

Aos queridos amigos Gabriela Mello, Samira Baldin, Amanda Pannik, Pedro Persichetti Júnior, Andressa, Ticiany, Carla, Juliana Paez pela amizade sincera, apoio e companheirismo durante esses anos.

Aos amigos desde a graduação, Thiago Gomes dos Santos Braz ,em especial, Adenilson José Paiva, Otavio Rodrigues, Gabriela Saunders e Jamila Patel, pela amizade, apoio, companheirismo e presença constantes na minha vida.

Aos professores do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, José Bonifácio Menezes, e em especial ao Professor Antônio Assis Vieira pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos, apoio e incentivo para cursar pós graduação.

A todos os meus tios, primos e familiares, pelo carinho, incentivo.

E a todos que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigada!!

Sumário

Paginas

CAPÍTULO 1	3
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	4
Desafios nutricionais na fase pós desmame	5
1.2 Características gerais.....	7
1.3 Principais propriedades físico-químicas	8
1.4 Ácido fumárico.....	9
1.5 Ácido fumárico na alimentação de leitões desmamados.....	10
Referências.....	18
CAPÍTULO 2	26
ÁCIDO FUMÁRICO E QUELATO DE CÁLCIO CONTENDO FÓSFORO NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS: DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS	
Resumo :	27
Introdução	29
Material e Métodos	30
Resultados e Discussão	34
Conclusões	39
Referências.....	39
CAPÍTULO 3	43
EFEITO DA CAPACIDADE TAMPONANTE DAS RAÇÕES NO pH DO CONTEÚDO DO TRATO DIGESTÓRIO E DA URINA DE LEITÕES	
Resumo.....	44
Introdução	46
Material E Métodos.....	47
Resultados E Discussão	50
Conclusão	54
Referências.....	55
CAPÍTULO 4	58
IMPLICAÇÕES	59

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Páginas

Tabela 1: Composição percentual básica das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2	32
Tabela 2: Níveis nutricionais das rações pré-inicial, inicial I e inicial II do experimento.....	33
Tabela 3. Médias de consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) dos leitões de 0 a 17, 0 a 30 e de 0 a 37 dias do experimento.....	35
Tabela 4 - Médias dos valores de altura das vilosidades (AV) e profundidade de cripta (PC) (μm) do duodeno e jejuno de leitões aos 14 e 37 dias pós-desmame.....	37
Tabela 5 - Médias dos valores da relação altura de vilosidade: profundidade das criptas (AV:PC) e espessura da mucosa (EM) do duodeno e jejuno (μm) de leitões aos 14 e 37 dias pós-desmame.....	38

CAPÍTULO 3

Tabela 1: Composição percentual básica das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2.	49
Tabela 2: Níveis nutricionais das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2.....	50
Tabela 3: Médias de consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) dos leitões em função dos tratamentos nos períodos de 0 a 17, 0 a 30 e de 0 a 37 dias	51
Tabela 4. Médias de pH e de B-value (ml) das fontes de cálcio e fósforo.....	51
Tabela 5: Valores médios de pH do estômago, conteúdos do ceco, reto e da urina dos leitões	54

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A prática do desmame precoce tem sido utilizada na produção como forma de melhorar a produtividade na suinocultura brasileira. Porém esta prática foi implementada visando aumentar os índices produtivos da granja, como número de partos/porca/ano e número de desmamados/porca/ano. No entanto, até os 28 dias de idade, o sistema digestório dos leitões não produz quantidades suficientes de amilases, lipases e outras enzimas responsáveis pela digestão dos nutrientes de matérias-primas de origem vegetal usadas em dietas para a fase pré-inicial. Para amenizar esses problemas e compensar a imaturidade digestiva dos leitões, normalmente são utilizados antibióticos como promotores de crescimento nas rações. Entretanto, seu uso tem sido limitado ou mesmo proibido em diversos países, diante da possibilidade de desenvolvimento de resistência bacteriana cruzada, bem como, pela reivindicação por produtos livres de resíduos de antibióticos. A fim de satisfazer a necessidade de produção de alimentos seguros à saúde humana, outros produtos estão sendo avaliados quanto a efetividade de ação e viabilidade econômica para promoverem estabilização da flora intestinal normal, redução da população bacteriana indesejável no trato digestivo, melhoria da funcionalidade dos enterócitos e vilos, redução do pH estomacal e otimização da digestão.

Dentre esses produtos, os acidificantes e os minerais de fontes orgânicas têm sido pesquisados, especialmente para leitões durante as primeiras semanas após o desmame. Com o intuito de reduzir custos, os nutricionistas têm procurado trabalhar com níveis normalmente baixos de acidificantes nas rações de leitões (0,5 a 1,0 %) e com matérias primas de menor poder tampão. Dentre as matérias primas utilizadas nas dietas de leitões desmamados, o calcário e o fosfato bicálcico são as que apresentam maior poder tampão, portanto, a combinação do uso de acidificantes e de quelatos de cálcio e fósforo, pela possibilidade de apresentarem efeito aditivo pode ser uma alternativa viável na ração de leitões desmamados.

Desafios nutricionais na fase pós desmame

Entre as categorias de suínos, a do leitão jovem é a que apresenta as maiores dificuldades em atender as demandas em nutrientes, quando comparada a dos animais em crescimento, terminação e reprodução (FERREIRA et al., 1988). Nesta fase, o sistema digestório do leitão precisa se adaptar a uma diferente condição alimentar com pH, secreção enzimática, motilidade e absorção intestinal provenientes de um novo regime alimentar, adotado logo após o desmame (CERA e MAHAN; REINHART, 1990; HANSEN, et al., 1993), até estar apto para o aproveitamento dos ingredientes da dieta.

Nos leitões lactentes, já aos oito dias de idade, existe produção de HCl no estômago, mas o pH é relativamente alto devido à pequena quantidade produzida (XU, 1996). O HCl no estômago dos leitões tem como função promover ambiente favorável para a atuação de enzimas, hidrolisar proteínas, disponibilizar minerais e eliminar microrganismos patogênicos que são ingeridos por meio da ração. Segundo Bolduan et al. (1988b), a secreção de HCl é controlada, durante a amamentação, por intermédio da formação de ácido láctico no estômago. O leite da porca, apesar de possuir alta capacidade tamponante, é mais fácil de acidificar que outros alimentos de origem vegetal, por conter lactose (BARTELS e PENZ Jr, 1996; DELFORGE, 1987).

A interrupção da ingestão de leite ocasiona mudanças morfológicas no intestino dos leitões, como o encurtamento das vilosidades que são decorrentes, principalmente, do processo estressante do desmame e da exposição do órgão às novas dietas (CERA et al., 1988). As vilosidades intestinais são responsáveis pela digestão e absorção dos nutrientes, de maneira que vilosidades longas conferem maior capacidade digestiva e absorptiva. No intestino, à medida que as células das criptas se multiplicam, elas migram para a base da vilosidade e, quando atingem o topo das vilosidades, elas se perdem por causa da idade e da exposição à digesta. Dessa forma, o que determina o tamanho das vilosidades é a velocidade com que as células se perdem em seu ápice, comparada com a velocidade com que elas são substituídas pelas células da cripta (CUNNINGHAM, 1992).

Vilosidades curtas acarretam problemas na digestão e absorção de nutrientes, devido à perda absoluta de superfície intestinal e porque as células que se perdem são as células

maduras das regiões apicais, principais responsáveis pelas atividades do intestino delgado, tanto de secreção como de absorção (CUNNINGHAM, 1992).

Os problemas relacionados ao baixo desempenho pós-desmame decorrem do consumo de ingredientes que não estão em proporção, quantitativa e qualitativamente, com a produção de enzimas no trato gastrointestinal dos leitões (SILVA, 2002), além do consumo de ração na primeira semana após o desmame ser insuficiente até mesmo para que sejam atendidas as necessidades energéticas de manutenção (FOWLER e GILL 1989; PLUSKE et al., 1995). De acordo com Lepine et al. (1991), a transição para a produção enzimática adequada e plena, que possibilite a digestão eficaz das moléculas complexas dos cereais, é mais lenta nos leitões desmamados muito jovens do que naqueles desmamados em idade mais avançada. Segundo Mahan e Newton (1993) e Bertol (1997), o desenvolvimento adequado da capacidade de produção e ativação das enzimas digestivas ocorre entre seis e oito semanas de idade nos suínos, embora diversos trabalhos relatem a indução da atividade de carboidrases intestinais pela presença de substrato específico no trato digestivo de leitões desmamados aos 14 dias de idade (McCRACKEN, K.J., 1984; McCRACKEN, K.J.; KELLY, 1984; KELLY et al., 1990, 1991a; PLUSKE et al., 2003).

A baixa produção de enzimas digestivas e a redução da área absorptiva do trato digestório, em função do estresse provocado pelo desmame, podem propiciar a incidência de diarreia, consequência de desequilíbrio fisiológico ou de causa bacteriana. Esse distúrbio ocorre porque os nutrientes não digeridos e não absorvidos pelos leitões servem como substrato para fermentação microbiana, com a consequente produção de ácido láctico e de ácidos graxos voláteis. Estes produtos, juntamente com os nutrientes, incluindo minerais, aumentam a osmolaridade do conteúdo intestinal. Isso dificulta o processo de reabsorção de água e resulta num afluxo de água para a luz intestinal, desencadeando a diarreia (ETHERIDGE e SEERLEY; WYATT, 1984), que tem influência negativa sobre o desempenho do animal.

Dessa forma, diversas fontes protéicas, energéticas e tipos de processamento têm sido avaliados em dietas pré-iniciais de leitões submetidos ao desmame precoce, com a finalidade de aumentar a digestibilidade, adequando-se ao grau de amadurecimento do trato gastrointestinal (BERTOL et al., 2000) e visando prevenir os problemas sanitários

associados às mudanças de ambiente no pós-desmame. E com intuito de assegurar o bom desempenho nessa fase, são comumente adicionados aditivos como acidificantes nas dietas de leitões.

1. Ácidos orgânicos

1.1 Histórico

Os ácidos orgânicos são constituintes naturais das plantas e animais. Alguns podem ser formados através de fermentação microbiana no intestino e outros nas rotas metabólicas intermediárias (LEHNINGER et al., 1993). A utilização de ácidos tem sido relatada em preservação de alimentos e bebidas durante séculos. Houve relato de seu uso na conservação de bebidas, sendo utilizados até os dias atuais na conservação de vinhos (LAMBERT e STRATFORD, 1999). Vários ácidos conhecidos são recomendados para essa finalidade, incluído o ácido acético em conservas de vegetais, o ácido propiônico em panificação, além dos ácidos sórbico e benzoico em bebidas com baixos teores de álcool.

Recentemente, o ácido fumárico foi avaliado com êxito conjuntamente com sais de ácido propiônico e sórbico como conservantes em *tortillas* de milho no México (FLORES et al., 2004).

1.2 Características gerais

Segundo Snyder (1995), com exceção do ácido clorídrico presente no suco gástrico, os ácidos mais comuns nos processos biológicos são os ácidos orgânicos. O grupo COOH confere a eles, entre outras propriedades, a de serem ácidos fracos em meio aquoso e de apresentarem elevados pontos de ebulição devido à facilidade com que formam interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio (HARRIS, 1999). Nessa classificação podem ser incluídos os aminoácidos e ácidos graxos.

Os ácidos orgânicos empregados na produção animal referem-se aos ácidos de cadeia curta (C1 – C7), (BELLAYER e SCHEUERMANN, 2004). Os ácidos de cadeia curta fornecem energia; além disso, na forma não dissociada auxiliam no controle de microorganismos não desejados, estimulam a proliferação de células epiteliais e o tamanho de vilosidades,

aumentando a superfície de absorção (HART et al., 2002). Na produção animal, o uso de ácidos tem sido mencionado há poucas décadas como acidificantes de dietas, preservando-as contra a ação fúngica e bacteriana (RAVINDRAN e KORNEGAY, 1993; GABERT e SAUER, 1995)

Em função da eficácia, quando adicionados como acidificantes de dietas, os ácidos tornaram-se uma alternativa ao uso de antibióticos promotores de crescimento (APC) em monogástricos. Entre outras razões, a pressão do mercado consumidor da União Européia para que fossem banidos os APC até o ano de 2006, fez com que a comunidade científica mundial investisse em pesquisas sobre o assunto (MROZ, 2005). O desenvolvimento de resistência bacteriana aos APC (BOERLIN et al., 2001) e resíduos nos produtos de origem animal, deixaram os aditivos acidificantes em vantagem por não apresentarem riscos para os consumidores (PARTANEN e MROZ, 1999). Embora os ácidos tenham estrutura química e função diferente dos APC, a recomendação é para uso como preventivo da diarreia, melhoria de desempenho e diminuição de aditivos antimicrobianos usados em doses profiláticas.

1.3 Principais propriedades físico-químicas

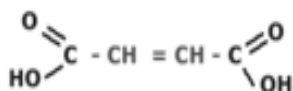
São conhecidos atualmente mais de cem ácidos carboxílicos e derivados na natureza (MROZ, 2005). Os ácidos podem estar disponíveis na forma de sais de sódio, potássio ou de cálcio e livres (PARTANEN e MROZ, 1999). Na forma livre estes ácidos são menos solúveis em água do que aqueles em forma de sais. Quando os ácidos de cadeia curta, de um a sete carbonos, são apresentados na forma líquida, é utilizada a tecnologia do encapsulamento da molécula, geralmente com um adjuvante lipídico. O encapsulamento permite que os ácidos não se volatilizem na natureza e passem protegidos pelo estômago dos animais, favorecendo a acidificação no trato gastrintestinal, principalmente no intestino delgado (MROZ, 2005).

Normalmente os ácidos utilizados em nutrição animal apresentam como característica química principal a cadeia curta de carbono (C1-C7), em ligações simples e duplas de hidrogênio e oxigênio. Esta característica na cadeia de carbono é importante porque garante

a baixa corrosividade dos ácidos, também denominados ácidos orgânicos fracos. Isso permite a manipulação segura e o uso em dietas de animais.

Os ácidos orgânicos têm um mecanismo comum de ação em função de sua estrutura química, o que confere a ação antimicrobiana, seja como conservante de alimento ou acidificante de dieta. O valor do pH diminui à medida que a proporção de íons de hidrogênio dissociados aumenta (LAMBERT e STRATFORD, 1999). Do ponto de vista químico, os ácidos são doadores de prótons, sendo que cada ácido tem uma tendência própria de ceder prótons em solução aquosa. Os ácidos são capazes de reagir às variações alcalinas de pH, mantendo-se em equilíbrio com o sistema tampão do meio (LEHNINGER et al., 1995). Este sistema ocorre pelas trocas reversíveis de íons das moléculas tamponantes de bicarbonato de sódio, que são doadoras de prótons. A esta importante propriedade, denomina-se capacidade tampão dos ácidos. Assim, o pH varia de acordo com o pKa (constante de dissociação) de cada ácido. O pKa de um ácido é o valor de pH no qual 50% do ácido encontra-se na forma ionizada, sendo determinado pelo logaritmo negativo da constante de ionização do ácido, ou Ka, que por sua vez, indica a força do ácido, a tendência em doar prótons. O pKa também determinará a eficácia do ácido na inibição de microorganismos, sendo capaz de alterar a concentração iônica no citoplasma (PARTANEN e MROZ, 1999).

1.4 Ácido fumárico



O ácido fumárico (C₄H₄O₄) possui regulamentação de uso como acidificante de dietas na Europa (EUROPEAN COMMISSION, 2003), sendo utilizado desde então na alimentação de aves e suínos. A rota metabólica do ácido fumárico em suínos se inicia com a absorção por gradiente comum de sódio, específico para tri e dicarboxilatos. Como característica química o ácido fumárico apresenta pKa de 3,02 e 4,38 (PARTANEN e MROZ, 1999), apresenta atividade tamponante relativa de 1,55 resistindo bem à alcalinização do meio. Por apresentar esta característica, o ácido fumárico adicionado com mesmo nível de tamponante

bicarbonato de sódio aumenta o ganho de peso e consumo de dietas acidificadas e tamponadas (GIESTING et al., 1991). Porém, a alta inclusão de tamponantes com ácido fumárico poderia diminuir a digestibilidade de aminoácidos (BLANK et al., 1999).

O ácido fumárico também pode se originar da degradação de aminoácidos no citoplasma celular. Ele se origina dos metabólitos da fenilalanina, aspartato e tirosina que ocorrem no ciclo da uréia e durante a síntese da purina, denominado fumarato. O fumarato formado no ciclo da uréia e aquele oriundo das dietas são dirigidos ao ciclo do ácido cítrico nos monogástricos (STRYER, 1996).

1.5 Ácido fumárico na alimentação de leitões desmamados

O ácido fumárico exerce efetivo controle de coliformes e bactérias lácticas em pH estomacal de 4,5 e do intestino delgado em pH de 5,5 para estudos *in vitro* (KNARREBORG et al., 2002), tem boa eficácia quando utilizado no controle de diarreia pós-desmame em leitões, comparado com outros ácidos, em níveis distintos, e com antimicrobiano quimioterápico (TSILOYIANNIS et al., 2001). Estes resultados são confirmados também quando o ácido fumárico é misturado a outros ácidos orgânicos, e apresenta efeito significativo na redução da microbiota cecal de suínos e da proteólise intestinal (PIVA et al., 2002). Porém, há resultados inconsistentes e microbiotas distintas no trato gastrointestinal de suínos quando utilizadas doses diferentes de ácido fumárico (CANIBE et al., 2001a). O desempenho de leitões na fase de creche, considerando variáveis de ganho de peso diário e conversão alimentar, tem resultado positivo com inclusão de ácido fumárico nas dietas (KIRCHGESSNER e ROTH 1982; GIESTING e EASTER 1985; PARTANEN e MROZ, 1999). As indicações de dose do ácido fumárico são variadas, não havendo limitações de dose mínima e máxima para alimentação animal (EUROPEAN COMMISSION, 2003). Na literatura encontraram-se recomendações de inclusão de 1,0 a 3,0% nas dietas na forma livre e de 0,3% na forma de sal (CANIBE et al., 2001a).

Os ácidos orgânicos são lipossolúveis na forma indissociada, o que permite passar pela membrana celular dos microorganismos (CANIBE et al., 2001a). No citoplasma ocorre a dissociação de íons (H^+), não podendo retornar ao meio extracelular. Após ocorrer a

acidificação, ocorre inibição do crescimento microbiano por interferência no metabolismo da glicose, transporte ativo ou no sinal da transdução das células (LAMBERT e STRATFORD, 1999). Nesse processo pode haver também interferência na bomba de H^+ -ATPase da membrana citoplasmática dos microorganismos, que recoloca os íons no meio extra-celular e em seguida estes retornam ao interior das células pelo processo inicial. Este é um mecanismo de resistência microbiana à ação acidificante do citoplasma.

No trato gastrointestinal também ocorre dissociação dos H^+ , que serve de barreira nas células epiteliais contra os patógenos. Esta liberação de íons contribui para a redução do pH gástrico, aumentando a secreção de ácido clorídrico. A hidrólise gástrica libera íons de H^+ , ativando o pepsinogênio e inibindo o crescimento bacteriano (MROZ, 2005).

Os ácidos orgânicos podem exercer considerável poder bactericida mesmo quando não há redução significativa do pH gastrointestinal (CANIBE et al., 2001; SCHWARZER, 2005), o que ocorre em função de a maioria dos ácidos possuir pK_a entre 3,0 e 5,0. Quanto menor o pH do meio e maior o pK_a do ácido, mais eficiente ele é como agente antimicrobiano (PARTANEN, 2001).

Namkung et al., (2004) verificaram, no quarto dia após o desmame, redução na contagem de coliformes fecais, mas não no número de lactobacilos, com a suplementação de duas misturas de ácidos orgânicos às rações, sugerindo que os ácidos orgânicos, e em especial a combinação do ácido lático com outros ácidos, constituem-se numa alternativa aos antibióticos e exercem seu efeito primeiramente sobre a microbiota intestinal. Porém Risley et al., (1992) suplementando leitões com 1,5% de ácido fumárico ou cítrico, quando estes tinham sido desafiados oralmente com *E. coli* enterotoxigênica, não verificaram redução da população de *Escherichia coli* e melhora no desempenho.

Quanto maior a população microbiana do trato gastrointestinal, maior é a competição entre os microorganismos e o hospedeiro pelos nutrientes. Assim, a restrição ao crescimento da microbiota ocasionado pela utilização dos ácidos orgânicos e de seus sais favorece que mais nitrogênio seja absorvido pelo animal, ao invés de ser incorporado à proteína microbiana (PARTANEN, 2001). E que maior quantidade de carboidratos seja digerida e absorvida pelo animal, ao invés de ser fermentada pelos microorganismos (PARTANEN, 2001; PARTANEN et al., 2002), melhorando a digestibilidade da energia proveniente da

proteína, da gordura e dos carboidratos em razão da menor atividade microbiana (CANIBE et al., 2001).

Muitos estudos têm mostrado a eficácia dos ácidos orgânicos em melhorar o desempenho de leitões desmamados, porém nem sempre os resultados são satisfatórios e a eficiência é comprovada. Melhores ganhos de peso e eficiência alimentar foram reportados por Falkowski e Aherne (1984), Giesting e Easter (1985) e Henry et al. (1985). Radecki et al., (1988) observaram melhora no ganho de peso e na eficiência alimentar de leitões recém-desmamados apenas quando foi suplementado ácido fumárico à dieta, não sendo verificados tais efeitos quando da adição de ácido cítrico. Segundo Risley et al., (1992) e Blank et al., (1999), o ácido fumárico, constitui-se numa fonte energética prontamente disponível, podendo exercer efeito trófico diretamente sobre a mucosa do intestino delgado, e contribuir para o aumento da superfície e da capacidade de absorção por meio da recuperação mais rápida do epitélio após o desmame.

A integridade intestinal é caracterizada pela manutenção do funcionamento do trato gastrointestinal (secreção, digestão e transporte de nutrientes) através da manutenção das estruturas anatômicas (paredes intestinais e vilosidades) associadas ao equilíbrio da microbiota normal (MACARI e MAIORKA, 2000 RUTZ e COLLET, 2006). Para a manutenção da integridade intestinal é preciso que haja um balanço entre os processos fisiológicos de renovação (proliferação e diferenciação) e perdas celulares (extrusão), que ocorrem nas criptas e no ápice das vilosidades, respectivamente, determinando renovação constante. Esse processo resulta no equilíbrio da microbiota intestinal (MACARI e MAIORKA, 2000) e na preservação da integridade dos enterócitos e das vilosidades, que são de fundamental importância para absorção de nutrientes (MACARI e MAIORKA, 2000; RUTZ e COLLET, 2006).

Minerais Orgânicos na Alimentação de Suínos

A Association American Feed Control Official (AAFCO, 2001) conceitua os minerais orgânicos como íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando

estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral, com a seguinte classificação:

- complexo metálico (com aminoácido específico): produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um aminoácido específico;
- complexo metálico com aminoácido: produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com aminoácidos (não específicos);
- quelato metálico com aminoácido: produto resultante da reação de um íon metálico obtido de um sal metálico solúvel com aminoácidos na proporção molar de 1 mol do íon metálico com 1 a 3 moles de aminoácidos, na forma de ligações covalentes coordenadas. O peso molecular total do quelato hidrolisado não deve exceder 800;
- proteinado metálico: produto resultante da quelação de um sal solúvel com aminoácidos e ou proteínas parcialmente hidrolisadas.
- complexo metálico com polissacarídeos: produto resultante da complexação de um sal solúvel com solução de polissacarídeos, solução esta que deve ser declarada como um ingrediente, formando um complexo metálico específico.

Segundo Baruselli (2003), novas técnicas de quelação permitiram desenvolver novos produtos, como os carboquelatos, que consistem na lise enzimática de leveduras específicas, fermentados sobre um substrato aditivado com fósforo (fosforilação) e íons metálicos formando complexos orgânicos muito ricos em metabólitos e de alta biodisponibilidade.

Infelizmente, não existe, na literatura científica, metodologia que quantifique diretamente o teor do mineral que está realmente sob a forma orgânica ou quanto dele está dissociado e, dessa forma, a efetividade do mineral quelatado depende muito do método de quelatação. Apesar de alguns resultados contraditórios, de forma geral, a biodisponibilidade de microminerais sob a forma orgânica é maior quando comparada às fontes inorgânicas convencionais, apresentando boas perspectivas de uso. Os minerais quelatados são definidos por Leeson e Summers (2001) como sendo uma mistura de elementos minerais ligados a algum tipo de carreador, o qual pode ser um aminoácido ou polissacarídeo, que possui a capacidade de se ligar ao metal por ligações covalentes, através de grupamentos aminos ou oxigênio, formando assim uma estrutura cíclica.

Poucos trabalhos têm sido realizados para avaliar a eficiência da suplementação mineral nas formas orgânicas ou quelatos para suínos e aves em relação às formas inorgânicas, entretanto, alguns estudos têm demonstrado resposta positiva de quelatos quando comparados com fontes inorgânicas (MCDOWELL, 1996).

A absorção dos minerais no organismo pode ocorrer por difusão facilitada (passiva) ou por transporte ativo, dependendo da concentração do mineral no meio. A forma pela qual os minerais são absorvidos no trato gastrointestinal é geralmente o fator limitante para a sua utilização. Durante a digestão, os íons minerais podem se recombinar ou interagir com outros componentes da digesta, formando complexos insolúveis e assim serem excretados, reduzindo sua absorção através do intestino (ACDA e CHAE, 2002).

Para que os minerais sejam absorvidos, as moléculas devem ser solubilizadas no lúmen intestinal, possibilitando que os metais ionizados possam ser transportados pelas proteínas carreadoras através da membrana celular dos enterócitos. Este processo depende do pH do meio, de modo que, em pH mais ácido, aumenta a solubilização e em pH mais básico, ela é reduzida (ASHMEAD, 1993a). Os carreadores são moléculas protéicas diminutas e possuem ampla capacidade de quelatar cátions livres presentes na solução intestinal, sendo que esta competição poderá levar a um desequilíbrio na absorção de macro minerais, micro minerais ou de ambos (STARCHER, 1969).

O mineral quelatado possui forma química inerte devido a ligações iônicas e covalentes com os aminoácidos, portanto, é mais estável e menos sujeito a interações (Acda e Chae, 2002), o que significa dizer que é mais disponível ao organismo, quando comparado às formas inorgânicas. Kratzer e Vohra (1986), afirmaram que o mecanismo pelo qual o agente quelatante melhora a utilização do mineral depende da capacidade do ligante seqüestrar o mineral ou da sua maior habilidade em competir com outros ligantes no trato gastrointestinal. A absorção pode ocorrer de duas formas: o mineral pode ser ligado à borda em escova, sendo absorvido pela célula epitelial ou, como ocorre na maioria das vezes, o agente quelatante é absorvido levando consigo o metal que a ele se ligou (SECHINATO, 2003).

Maior biodisponibilidade para fontes orgânicas de cobre foi observada por Guo et al., (2001) para Cu-lisina (111%) e Cu-propionato (109%), quando comparado com o sulfato

de cobre (100%). Mahan e Kim, (1996) avaliaram duas fontes de selênio (orgânica e inorgânica) e dois níveis de suplementação (0,10 e 0,30 ppm de selenio/kg) na ração de fêmeas suínas primíparas, não encontrando diferenças nas características reprodutivas e na atividade da glutathione peroxidase. Observaram, porém, maiores concentrações de selênio ($P < 0,01$) no leite das fêmeas que consumiram dietas com Se de fonte orgânica e no tecido lombar de leitões desmamados destas fêmeas.

Lee et al., (2001) relataram que as quantidades de zinco e cobre excretadas nas fezes foram maiores em suínos alimentados com dietas contendo fontes inorgânicas, quando comparados àqueles que foram alimentados com rações contendo complexo metal aminoácido.

Wedekind et al., (1992) observaram que a biodisponibilidade do zinco do complexo Zn-met aumenta, em relação ao $ZnSO_4$, na presença de fatores antinutricionais na dieta, como fitato e fibra. Os autores destacaram que, quando comparados à forma inorgânica, os microminerais na forma orgânica são mais protegidos quanto à formação de complexos indigestíveis com o ácido fítico. Susaki et al., (1999) verificaram também que a disponibilidade do zinco orgânico foi maior que o zinco inorgânico em dietas com altos níveis de cálcio e cobre, sendo que, ao menos em parte, isto resultou da maior solubilidade desse complexo orgânico no íleo.

As principais características de um mineral quelatado são: possuir elevada biodisponibilidade e grande capacidade de transpor a parede intestinal, atingindo a circulação; baixa toxicidade; facilidade de ligação nos locais e nas moléculas específicas onde exercem suas funções e capacidade de transpor eficientemente as barreiras placentárias, tornando-se disponível ao feto, ativar os microorganismos da microbiota intestinal, melhorando o aproveitamento dos ingredientes da dieta; liberar as moléculas orgânicas ligadas ao metal nos processos metabólicos no interior da célula; ativar e aumentar a secreção de enzimas digestivas (pancreáticas, da mucosa gástrica ou entérica); regular a absorção mais eficiente dos nutrientes da dieta (POWER e HORGAN, 2000; ACDA e CHAE, 2002).

As pesquisas com fontes orgânicas de minerais para monogástricos, têm sido realizadas especialmente com microminerais, entretanto, Muniz et al., (2007) avaliaram diferentes

fontes de cálcio para frangos de corte (carbonato de cálcio, carboquelato de cálcio e calcário calcítico) e observaram que as aves que receberam carbonato de cálcio e calcário calcítico tiveram consumo de ração e ganho de peso similares no período de 1 a 28 dias de idade, enquanto os frangos que receberam a ração contendo carboquelato apresentaram menores consumos e ganho de peso; contudo, nenhuma das fontes de cálcio influenciou a conversão alimentar das aves no período avaliado. Apesar do Carboquelato ter proporcionado menores valores de desempenho neste experimento, ele proporcionou maiores valores de cinzas na tíbia, possivelmente devido à sua maior granulometria, pelo seu efeito sobre a disponibilidade de cálcio, tempo de retenção no trato digestório e pH sobre a solubilidade e absorção.

Muniz et al., (2007) observaram também que a biodisponibilidade do Carboquelato em relação as demais fontes de cálcio estudadas foi maior. Os resultados encontrados por Muniz et al., (2007) corroboram os de Kincaid (1989) e Spears (1991) que relatam maior eficiência dos minerais quelatados em relação às fontes inorgânicas para suprir as exigências minerais, em virtude da facilidade de absorção pelo epitélio intestinal e passagem para a corrente sanguínea da molécula intacta, uma proteção ao mineral quelatado em relação aos interferentes do processo absorptivo intestinal. Teoricamente isto garantiria o suprimento de sua exigência com maior velocidade.

O uso prático de minerais orgânicos dependerá das respostas de desempenho, estado de saúde e impacto ambiental (ACDA e CHAE, 2002). O principal objetivo do uso de minerais quelatados em substituição as formas inorgânicas, é o de melhorar o desempenho e também diminuir a excreção. Assim, os minerais orgânicos representam uma excelente alternativa para o aprimoramento nutricional de suínos.

O Capítulo 2, denominado **ÁCIDO FUMÁRICO E QUELATO DE CÁLCIO CONTENDO FÓSFORO NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS**, apresenta-se de acordo com as normas editoriais da *Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* da UFMG, e teve como objetivo comparar os efeitos da fonte orgânica de cálcio contendo fósforo (carboaminoquelato) em substituição ao calcário e fosfato bicálcico e acidificante, sobre o desempenho e morfologia intestinal de leitões desmamados.

O Capítulo 3, denominado **EFEITO DA CAPACIDADE TAMPONANTE DAS RAÇÕES NO PH DO CONTEÚDO DO TRATO DIGESTÓRIO E DA URINA DE LEITÕES**, apresenta-se de acordo com as normas editoriais da *Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* da UFMG, e teve como objetivo avaliar os efeitos das fontes de cálcio (Ca) e fósforo (P) e de acidificante em rações de leitões desmamados, sobre o pH e B-value das fontes minerais e das rações, pH do conteúdo do estômago, ceco e reto e da urina de leitões desmamados.

Referências

ACDA, S.P.; CHAE, B.J. A review on the applications of organic trace minerals in pig nutrition. **PaKistan Journal of Nutrition**, v.1, n.1, p.25-30, 2002.

ASHMEAD, H.D.1993a. Factors which affect the intestinal absorption of minerals. In: The roles of aminoacid quelates in animal Nutrition, H. D. Ashmead eds. Noyes Publications, Westwood, N. J. EUA.

ASSOCIATION OF AMERICAM FEED CONTROL OFFICIALS INCORPORATED – AAFCO. **Official guidelines for contaminant levels permitted in mineral feed ingredients**. Indiana, 2001. v.19, 352p.

BARTELS, H.; PENZ JR, A. M. Nutrição de leitões nas fases pré e pós desmame. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 12., 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 1996. p. 12. (Resumo).

BARUSELLI, M.S. Efeito do uso de minerais orgânicos no desempenho e comportamento animal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA - ZOOTECA, 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: 2003 (CD-ROM).

BELLAVER, C; SCHEUERMANN, G. Aplicações dos ácidos orgânicos na produção de aves de corte. **Revista Avicultura Industrial**, edição 1.128, 2004.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; NORES, N. Efeito de diferentes fontes protéicas sobre o desempenho, composição corporal e morfologia intestinal em leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1735-1742, 2000.

BERTOL, T.M. Alimentação dos leitões no aleitamento e creche. In: CURSO DE SUINOCULTURA, 1997, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1997. p. 93-110.

BLANK,R., MOSENTHIN,R.,SAUER,W.C., HUANG,S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**. V.77, p.2974-2984, 1999.

BOERLIN, P. et al. Antimicrobial growth promoter and resistance to macrolides and vancomycin in enterococci from pigs. **Journal of Clinical Microbiology**, Washington, v.39, n.11, p.4193-4195, 2001.

BOLDUAN, G.; JUNG, H.; SCHNEIDER, R.; BLOCK, J.; KLENKE, B. Influence of propionic and formic acids on piglets. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, Berlin, v. 59, N. 2, p. 72-78, Mar. 1988b.

CANIBE, N.; JENSEN, B.B. Effect of feed structure and processing and addition of addition of formic acid to the feed on the microbial ecology of the gastrointestinal tract of pigs. In.: Workshop on alternatives to feed antibiotics and anticoccidial in the pig and poultry meat production. **AFAC**. Oslo. 2001a.

CANIBE, N.; STEIEN, S. H.; OVERLAND, M.; JENSEN, B.B. Effect of K-diformate instarter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, n.8, p. 2123-2133, Aug. 2001.

CERA, K. R. MAHAN, D. C.; CROSS, R.F.; REINHART, G. A.; WHITMOYER, R. E . Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejuna morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.66, n.1, p.574-584, 1988.

CERA, K.R.; MAHAN, D. C.; REINHART, G. A. Effect of weaning, week postweaning and diet composition of pancreatic and small intestinal luminal lipase response in young swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p.384-391, 1990.

CUNNINGHAM, J. G. Tratado de fisiologia veterinária. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 450p,1992.

DELFORTE, J. L. New concepts in the use of acidulants in animals feed. In: VIRGINIA MYCIN SYMPOSIUM, 1987, Sicilia, Italy. **Proceedings...** Sicilia, Italy, 1987. p. 56.

ETHERIDGE, R. D.; SEERLEY, R. W.; WYATT, R. D. The effects of diets on performance digestibility, blood composition and intestinal microflora of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.58, p.1396-1402, 1984.

EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, E.C. Regulation n.1831-2003 of the 22 september on additives for use in animal nutrition. Official Journal, Berlin, v.192, p.0034-0034 disponível em < [http : // www. Eu.int/...sga_doc?](http://www.Eu.int/...sga_doc?)

Martapilcelexapi!prod!CELEXnumdoc&numdoc+3200110029&model+guichelt&lg=en-101k acesso em 5 de dezembro de 2008.

FALKOWSKI, J.F; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.58, n.4, p.935-938, Apr. 1984.

FERREIRA, A. S.; COSTA, P.M.A.; GOMES, J.C.; NEVES, M. T. D. Desaparecimento da ingesta, pH estomacal e duodenal e formação de coágulos de leite de porca e de vaca e de extrato de soja no estômago e intestino delgado de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.17, N3, p.308-316, 1988.

FLORES, H. E. M. ET AL. Effect of some preservatives on shelf life corn tortillas obtained from extruded masa. **Agrociência**, Texcoco, v.38, n.3, p.285-292, 2004.

FOWLER, V.R.; GILL, B.P. Voluntary food intake in the young pig. In: FORBES, J.M.; VARLEY, M.A.; LAWRENCE, T.L.J. (Ed.). **Occasional Publication**, British Society of Animal Production, n. 13, p. 51-60. 1989.

GABERT, V. M.; SAUER, W.C. The effect of fumaric acid and sodium fumarate supplementation to diets for weanling pigs on amino acids digestibility and volatile fatty acid concentration in ileal digesta. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.243-254, 1995.

GIESTING, D.W.; EASTER, R.A.; ROE, B.A. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.61 (Suppl. 1), p. 299, 1985.

GIESTING, D.W.; ROOS, M.A.; EASTER, R.A. Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2489-2496, June. 1991.

GUO, R.; HENRY, P.R.; HOLWERDA, R.A; CAO, J. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1132-1141, 2001.

HANSEN, J.L.;NELSSEN, R.D.; GOODBAND,R.D.;WEEDEN,T.L. Evaluation of animal protein supplements in diets of early weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v.71, p. 1853- 1862, 1993.

HARRIS, D. C. Quantitative chemical analysis. 5 ed. New York: W. H. Freeman Appendix p. ap15-ap26, 1999.

HENRY, R.W.; PICKARD, D. W.; HUGHES, P. E. Citric acid and fumaric as food additives for early- weaned piglets. **Animal Production**, Bletchley, v.40, n.3, p.505-509, Jun. 1985.

KELLY, D.; SMYTH, J.A., McCracken, K.J. Digestive development of the arlyweanedpig. 1-Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post- weaning. **British Journal of Nutrition**, London, v. 65, n. 2, p. 169-180, Mar. 1991a.

KELLY, D.; SMYTH, J.A., McCracken, K.J. Effect of creep feeding on structural and functional changes of the gut of early weaned pigs. **Research in Veterinary Science**, London, v. 48, n. 3, p. 350-356, May. 1990.

KINCAID, R. Avaibility, biology and chelated, seuquestred minerals explored. **Feedstuffs**, v.65, n.11, p. 22-58, 1989.

KIRCHGESSNER, M.; ROTH, F. X. Fumaric acid as feed additive in pig nutrition. **Pig News Information.**, v.3, p.259-264, 1982.

KNARREBORG,A. MIQUEL,N;GRANLI,T.;JENSEN,B.B. Establishment and application of an in vitro methodoly to study the effects of acids organics on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.131-140, 2002.

KRATZER, F.H.; VOHRA, P. Chelates in nutrition. Boca Raton: CRC Press, 1986.169p.

LAMBERT, R. J.; STRATFORD, M. WEAK-ACID PRESERVATIVES: MODULATING MICROBAL INHIBITION AND RESPONSE. **Journal of Applied Microbiology**, Birmingham, v. 86, p. 157- 164, 1999.

LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J.; LEE, J.K.; ACDA, S.P. Evaluation of metalamino chelated and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v.14, p.1734-1740, 2001.

LEESON, S.A.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4a. Edition Guelph: University Books, 2001, p.591.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.A.; COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. Worth Publishers, Inc. New York. United States.1993.

LEPINE, A.J.; MAHAN, D.C.; CHUNG, Y.K. Growth performance of weanling pigs fed corn-soybean meal diets with or without dried whey at various L-lysine-HCl levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 5, p. 2026-2032, May. 1991.

MACARI, M.; MAIORKA, A. Função gastrointestinal e seu impacto no rendimento avícola. In : **CONFERÊNCIA APINCO**, v.2, p.206-215, 2000.

MAHAN, D.C.; KIM, Y.Y. Effect of Inorganic or Organic Selenium at Two Dietary Levels on Reproductive Performance and Tissue Selenium Concentration in First-Parity Gilts and Their Progeny. **Journal of Animal Science**. v.76, p.2711-2718, 1996.

MAHAN, D.C.; NEWTON, E.A. Evaluation of feed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3376-3382, Dec. 1993.

McCRACKEN, K.J. Effect of diet composition on digestive development of early weaned pigs. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 109A, Sep. 1984.

McCRACKEN, K.J.; KELLY, D. Effect of diet and post-weaning food intake on digestive development of early-weaned pigs. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 110A, Sep. 1984.

McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture animal. *Animal Feed Science Technology*, Gainesville, v.60, p.247-271, 1996.

MROZ, Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. *Advances in Pork Production*, Dordrecht, v.16, p.169-182, 2005.

MUNIZ, E.L; ARRUDA, A.M.V; FASSANI, E. J. Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte. **Revista Caatinga**, v.20, n.1, p.5-14, 2007.

NAMKUNG, H.; LI, M.; GONG, J.; YU, H.; COTTRILL, M.; DE LANGE, C.F.M. Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gutmicrobiota and digestive function in newly weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 697-704, Dec. 2004.

PARTANEN, K. Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. In: PIVA, A.; BACH KNUDSEN, K.E.; LINDEBERG, J.E. (Ed.). **Gut Environment of Pigs**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 201-217.

PARTANEN, K.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**. v.12, n.1, p. 117-145. 1999.

PARTANEN, K.; SILJANDER-RASI, H.; ALAVIUEHKOALA, T.; SUOMI, K.; FOSSI, M. Performance of growing-finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid-sorbate blend. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 139-152, Jan. 2002.

PIVA, A.; CASADEI, G.; BIAGI, G. N. Organic acid blend can modulate swine intestinal fermentation and reduce microbial proteolysis. **Canadian Journal of Animal Science**, v.84, p.527-532, 2002.

PLUSKE, J.R.; KERTON, D.J.; CRANWELL, P.D.; CAMPBELL, R.G.; MULLAN, B.P.; KING, R.H.; POWER, G.N.; PIERZYNOWSKI, S.G.; WESTROM, B.; RIPPE, C.; PEULEN, O.; DUNSHEA, F.R. Age, sex, and weight at weaning influence organ weight and gastrointestinal development of weanling pigs. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 54, n. 5, p. 515-527, May. 2003.

PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. Nutrition of the neonatal pig. In: VARLEY, M.A. (Ed.). **The Neonatal Pig: Development and Survival**. Wallingford: CAB International, p. 187-235, 1995.

POWER, R.; HORGAN, K. Biological chemistry and absorpitiom of inorganic and organic trace metals. **Biotechnology in the feed industry**. Nottingham University Press, Nottingham U.K. p.277-291, 2000.

RADECKI, S.V.; JUHL, M.R.; MILLER, E.R. Fumaric and citric acids feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2598-2605, Oct. 1988.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. Acidification of weaner pig diets: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 62, n. 4, p. 313-322, 1993.

RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; EIGEL, W.N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.1, p.196-206, Jan.1992.

RUTZ, F.; COLLET, S. R. Alternativas para o desenvolvimento e função intestinal, visando digestão e absorção na ausência de aditivos químicos. In : **CONFERÊNCIA APINCO**, p.139-159, 2006.

SCHWARZER, K. The role of organic acids and natural principles in animal health and In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, IV, 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Embrapa Suínos e Aves, 2005. Disponível em http://www.cnpa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_d7s76u1h.pdf>Acesso em 20 de janeiro de 2008.

SECHINATO, S.A. **Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras.** 2003. 59f. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, M. A. **Ácidos orgânicos e suas combinações em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade.** 2002. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SNYDER, C. H. THE Extraordinary chemistry of ordinary things. 2 ed. Nova Iorque:
SPEARS, J.W. Bioavailability of organic and inorganic trace minerals explored. **Feedstuffs**, v.63, n.45, p.12-20, 1995.

SPEARS, J.W. Bioavailability of organic and inorganic trace minerals explored. **Feedstuffs**, v.63, n.45, p.12-20, 1991.

STARCHER, B.C. Studies on the mechanism of copper absorption in the chick. **Journal of nutrition**, v.79, p. 321-326, 1969.

SUSAKI, H.; MATSUI, T.; ASHIDA, K.Y.; FUJITA, S.; NAKAJIMA, T.; YANO, H. Availability of a zinc amino acid chelate for growing pigs. **Animal Science Journal**, v.70, n.3, p.124-128, 1999.

TSILOYIANNIS, V. K.; KYRIAKIS, S. C.; VLEMMAS, J.; SARRIS, K. The effect of organic acids on the control of post-weaning oedema disease of piglets **Research in Veterinary Science**, London, v. 70, n. 3, p. 281-285, June 2001.

WEDEKIND, K.J.; HORTIN, A.E.; BAKER, D.H. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.70, p.178-187, 1992.

XU, R. J. Development of the newborn GI tract and relation to colostrums milk intake: a review: **Reproduction, Fertility and Development**, Melbourne, v. 8, p.35-48,1996.

CAPÍTULO 2

Título: Ácido fumárico e quelato de cálcio contendo fósforo na ração de leitões desmamados.

Fumaric acid and chelated of calcium content phosphorus in diets for weaned piglets.

RESUMO : Foram realizados dois experimentos (E) com objetivo de avaliar os efeitos do ácido fumárico e da adição de fonte orgânica de cálcio contendo fósforo nas rações de leitões desmamados, sobre o desempenho (E1) e morfometria intestinal (E2). Utilizaram-se 96 e 32 leitões desmamados aos 21 dias, com pesos médios de $5,66 \text{ kg} \pm 0,44\text{kg}$ e $5,34 \pm 0,45\text{kg}$, no E1 e no E2, respectivamente. Os delineamentos experimentais foram em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2x2 (duas fontes de suplementação de Ca e P: inorgânica ou orgânica, dois níveis de ácido fumárico: 0,0 e 1,0%), e no E2, foi em arranjo fatorial 2 X 2 X 2 X 2 (duas fontes de suplementação de Ca e P: inorgânica ou orgânica, dois níveis de ácido fumárico: 0,0% e 1,0%, duas épocas de abate: 14º e 37º dia pós desmame, duas porções do intestino delgado: duodeno e jejuno) organizado em blocos casualizados. Não houve interação acidificante e fonte de cálcio e fósforo sobre nenhuma das variáveis estudadas nos dois experimentos. Não foram encontradas diferenças no consumo diário de ração e no ganho diário de peso nos períodos de 0 -17 dias, 0-30 dias e 0-37 dias pós-desmame. A conversão alimentar foi melhor no período de 0-17 dias, quando as rações foram formuladas com fontes inorgânicas de Ca e P, entretanto, no período de 0 a 30 e 0 a 37 dias não foram verificadas diferenças entre as fontes. As médias de altura de vilosidade (AV), profundidade de cripta (PC), relação AV: PC e espessura de mucosa do duodeno e do jejuno, não diferiram entre os tratamentos. Considerando o período total da fase de creche, não houve vantagem do uso de acidificante nas rações, contudo, a fonte orgânica de Ca contendo P estudada pode substituir as fontes inorgânicas nas rações de leitões, sem prejuízo no desempenho e na morfometria do intestino delgado.

Palavras chaves: ácido fumárico, calcário, carboaminoquelato, fosfato bicálcico, suínos.

ABSTRACT: Two experiments (E) were carried out with the objective of evaluating the effects of the addition of fumaric acid and organic source of calcium content phosphorus in diets of weaned pigs on the performance (E1) and intestinal morphology (E2). A total of 96 and 32 pigs with initial mean weights $5,66 \text{ kg} \pm 0,44\text{kg}$ and $5,34 \pm 0,45\text{kg}$, in E1 and in E2, respectively were used. A randomized block design in a 2X2 factorial arrangement: (two supplementary sources of calcium and phosphorus organic or inorganic and two levels of fumaric acid 0.0 or 1.0%. In E2 a 2 X 2 X 2 X 2 factorial arrangement (two supplementary sources of calcium and phosphorus organic or inorganic, two levels of fumaric acid 0.0 or 1.0%, two slaughter and two portions of small intestine) were used randomized block design. No interaction between acidifier and source of calcium and phosphorus was found for none of the variables studied in the two experiments. No treatment effects were found on daily feed intake and daily weight gain from 0 to 17 days, 0 to 30 days or 0 to 37 days postweaning. Feed conversion from 0 to 17 days was best ($P<0.05$) when inorganic sources of Ca and P were fed; however, no such difference was observed from 0 to 30 days or from 0 to 37 days. The averages of villus height (AV), crypt depth (PC), AV: PC relationship and mucous membrane of the duodenum and of the jejunum, didn't differ among treatments. Considering the total nursery period, no benefit was found in using an acidifier, however the organic source of Ca containing P studied may replace the inorganic sources in the diets of piglets, with no damage to performance and to intestinal morphology.

Key words: acid fumaric; limestone; carboaminochelated; bicalcium phosphate; swine

INTRODUÇÃO

Visando aumentar a média anual de suínos terminados por matriz e utilizar mais eficientemente as instalações da maternidade, a idade de desmame dos leitões foi reduzida de cinco para cerca de três semanas nas granjas tecnificadas nos últimos 25 anos. Como consequência da imaturidade fisiológica, a alimentação dos leitões recém- desmamados tem se constituído num desafio para os nutricionistas e suinocultores (LOPES et al., 2004).

No desmame, normalmente, a composição da dieta dos leitões muda drasticamente, pois o leite da porca é substituído por uma ração com teor elevado de matéria seca, composta por carboidratos de origem vegetal, especialmente amido, como principais fontes de energia (SPREEUWENBERG et al., 2003). Isso ocorre numa fase da vida em que o leitão apresenta baixa capacidade de digestão e de absorção de nutrientes da dieta (MAKKINK et al., 1994, BERTOL et al., 2001, TEIXEIRA 2005 et al., 2005).

O elevado pH estomacal nos leitões com menos de 35 dias de idade, entre 3,8 e 4,3, limita a proteólise, pois as pepsinas gástricas são lentamente ativadas em pH 4 e rapidamente ativadas em pH 2 (WILSON e LEIBHOLZ, 1981). Além disso, as dietas pós desmame, em geral, apresentam elevados níveis de minerais como cálcio e fósforo, cujas fontes apresentam alto poder tamponante (JASAITIS et al., 1987). Portanto, o uso de ingredientes com características que maximizem a digestão pelos animais, principalmente na fase inicial de desenvolvimento, com baixo poder tamponante e reduzido teor de fatores antinutricionais, deve ser uma preocupação dos nutricionistas (BUNZEN, 2006).

A acidificação das dietas de leitões com ácidos orgânicos, tais como cítrico, fumárico, láctico e propiônico, tem propiciado melhora nas respostas de desempenho na fase imediatamente após o desmame (FALKOWSKI; AHERNE, 1984; GIESTING; EASTER, 1985; HENRY et al., 1985; BURNELL et al., 1988; GIESTING et al., 1991; RADCLIFFE et al., 1998). Os mecanismos de ação dos ácidos orgânicos não estão muito bem esclarecidos, mas são sugeridos os seguintes: ação antimicrobiana e de aumento na atividade das pepsinas pela redução do pH das rações e do conteúdo gástrico; ação antimicrobiana do ânion e utilização como fonte de energia (FUENTE et al., 2005).

Por outro lado, várias vantagens têm sido atribuídas às fontes orgânicas de minerais em relação às fontes inorgânicas, como: maior absorção, alta estabilidade, alta disponibilidade,

maior tolerância pelo organismo animal (menos tóxico) e ausência de problemas de interações com outros macros e microminerais (MALETTTO, 1984).

A pesquisa proposta, portanto, objetivou avaliar o efeito da suplementação de ácido fumárico e da fonte orgânica de cálcio contendo fósforo nas rações, sobre o desempenho e morfometria intestinal de leitões desmamados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos nas instalações da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, , Campus de Botucatu, no galpão experimental de creche da suinocultura.

Experimento 1

Utilizaram-se 96 leitões híbridos comerciais (machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 dias de idade e com peso médio de $5,66 \text{ kg} \pm 0,44\text{kg}$. Os leitões foram alojados em baias suspensas com piso ripado (três animais por baia), equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica. Cortinas instaladas nas laterais serviram para o controle da ventilação interna do galpão e um termômetro de máxima e mínima foi instalado a 0,80m do piso das baias para auxiliar no controle diário de acionamento das fontes de aquecimento.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com oito blocos, num esquema fatorial 2×2 , sendo duas fontes de suplementação de cálcio e fósforo (inorgânica ou orgânica) e dois níveis de ácido fumárico (0,0 ou 1,0%) nas rações. A definição dos blocos foi realizada de acordo com o peso inicial dos animais e a disposição das baias no galpão. Os tratamentos foram: T1- Rações com fontes inorgânicas de Ca e P (calcário e fosfato bicálcico) e sem ácido fumárico; T2- Rações com fontes inorgânicas de Ca e P (calcário e fosfato bicálcico) e com 1,0% de ácido fumárico; T3- Rações com fonte orgânica de Ca contendo P (carboaminoquelato) e sem ácido fumárico; T4- Rações com fonte orgânica de Ca contendo P (carboaminoquelato) e com 1,0% de ácido fumárico.

A fonte orgânica de cálcio contendo fósforo avaliada foi produzida por uma empresa comercial para fins de pesquisa. Adotou-se o programa de alimentação por fases (três

fases): Ração Pré-inicial do início ao 17º dia, Ração Inicial I do 18º ao 30º dia e Ração Inicial II do 31º ao 37º dia do período experimental. As rações foram formuladas para atender, no mínimo, as exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO et al., (2005) e foram fornecidas à vontade para os animais.

As composições percentuais e nutricionais calculadas das rações pré- inicial, inicial I e inicial II são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Foram avaliadas as variáveis de desempenho (consumo de ração diário, ganho de peso diário e conversão alimentar) mediante pesagem dos animais e das rações fornecidas, nos períodos de 0 a 17, 0 a 30 de 0 a 37 dias pós desmame, bem como a incidência de diarreia nas duas primeiras semanas do experimento, mediante a verificação da consistência das fezes dos animais pela manhã por um mesmo observador. As fezes foram classificadas em normais, pastosas ou aquosas (diarreia).

As análises estatísticas dos dados de desempenho foram realizadas utilizando-se o procedimento Mixed do *Statistical Analysis System* (SAS, 2001). O modelo estatístico inclui os efeitos fixos de fonte de Ca , ácido, suas interações e o efeito aleatório de bloco.

Experimento 2

Foram utilizados 32 leitões híbridos comerciais (machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 dias de idade e peso médio de $5,34 \text{ kg} \pm 0,45\text{kg}$. O delineamento experimental foi em arranjo fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$ (duas fontes de suplementação de cálcio e fósforo: inorgânica ou orgânica; dois níveis de ácido fumárico nas rações: 0,0 ou 1,0%; 2 épocas de abate: 14º e 37º dias pós-desmame; 2 porções do intestino delgado: duodeno e jejuno), organizados em blocos casualizados. Os leitões foram alojados em baias de creche suspensas com piso ripado (quatro animais por baia). As instalações experimentais, o programa de alimentação e as rações avaliadas foram às mesmas usadas no primeiro experimento (Tabela 1 e 2).

Tabela 1: Composição percentual básica das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2.

Ingredientes	Ração Pré - Inicial	Ração Inicial I	Ração Inicial II
	%	%	%
Milho	51,369	50,629	59,263
Farelo de Soja 45	16,741	22,800	28,600
Soro de leite doce	10,715	7,575	0,000
Plasma AP 920	4,000	2,500	0,000
Cel. Sang. AP 301	1,000	1,500	0,000
Maltodextrina	5,000	3,000	0,000
Levedura de cana	2,000	2,500	3,000
Açúcar	2,000	2,300	2,000
Fosfato bicálcico ¹	--	--	--
Calcário ¹	--	--	--
Quelato de Ca e P ¹	--	--	--
Óleo de soja	1,300	1,800	2,400
L- Lisina	0,595	0,354	0,179
L-Treonina	0,245	0,142	0,018
L- Triptofano	0,048	0,015	0,000
DL- Metionina	0,175	0,116	0,019
Óxido de Zinco	0,314	0,000	0,000
Cloreto de Sódio	0,235	0,300	0,460
Sulfato de cobre	0,000	0,068	0,068
Caulin ¹	--	--	--
Ácido Fumárico ¹	--	--	--
Cloreto de Colina	0,064	0,064	0,064
Antioxidante	0,005	0,005	0,005
Supl. Mineral	0,100	0,100	0,100
Supl. Vitamínico	0,050	0,050	0,050
Sucran	0,015	0,015	0,015
Aroma lácteo	0,030	0,030	0,030
Tetramutin ²	--	0,200	--

¹ Matérias primas com níveis de inclusão variáveis de acordo com os tratamentos. Rações Pré Iniciais : T1: 0,97% calcário, 1,612% caulin, 1,418% fosfato; T2: 0,97% calcário, 0,612% caulin, 1,418% fosfato, 1,0% ácido fumárico; T3: 3,0% quelato, 1,0% caulin; T4: 3,0% quelato, 1,0% ácido fumárico. Rações Iniciais I: T1: 0,949% calcário, 1,599% caulin, 1,390% fosfato; T2: 0,949% calcário, 0,599% caulin, 1,390% fosfato, 1,0% ácido fumárico; T3: 2,938% quelato, 1,0% caulin; T4: 2,938% quelato, 1,0% ácido. Rações Iniciais II: T1: 0,882% calcário, 1,557% caulin, 1,291% fosfato; T2: 0,882% calcário, 0,557% caulin, 1,291% fosfato, 1,0% ácido fumárico; T3: 2,73% quelato, 1,0% caulin; T4: 2,73% quelato, 1,0% ácido. Níveis fornecidos pelo Quelato de 24,14% de Ca e 9,58% de P. ² Cada 100 gramas do antibiótico fornece 10 gramas de oxitetraciclina (cloridrato) e 3,5 gramas de fumarato de tiamulina hidrogenado.

Tabela 2: Níveis nutricionais das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2.

	Ração Pre-Inicial	Ração Inicial I	Ração Inicial II
EM (Kcal/kg)	3333	3315	3259
PB (%)	18,66	20,11	19,15
Ca (%)	0,85	0,83	0,75
P total (%)	0,64	0,63	0,58
Lisina digestível	1,42	1,33	1,05
Metionina digestível	0,40	0,37	0,29
Treonina digestível	0,90	0,84	0,66
Triptofano digestível	0,24	0,23	0,20
Supl. Mineral	0,10	0,10	0,10
Supl. Vitamínico	0,05	0,05	0,05

O suplemento mineral e vitamínico utilizado fornece as seguintes quantidades/kg de suplemento: 20.000.000,000 UI vit.A ; 3.300.000,0000 UI vit D3; 100.000,0000UI vit. E 50% ; 7.000,0000 mg vit. K3; 3.000,0000 mg vit. B1; 10.000,0000 mg vit. B2; 6.000,0000 mg vit. B6; 48.000,0000 mcg vit. B12; 1.080,0000 mg ác. fólico; 44.000,0000 mg ác. pantotênico; 70.000,0000 mg niacina; 400,0000 mg biotina; 80000 mg de colina; 100.000,0000 mg Fe; 15.000,00 mg Cu; 45.000,00 mg Mn; 110.000,00 mg Zn; 1.000,00 mg I; 350,00 mg Se; 200,00 mg Co; 200.000,00 mcg Cr.

Para as análises de morfometria intestinal, imediatamente após o abate dos leitões (insensibilização por choque elétrico) no 14º e no 37º dia do período experimental, o intestino delgado foi dissecado e amostras de cerca de 1,5 cm da porção inicial do duodeno e do jejuno foram coletadas e imersas em solução fixadora (solução de Bouin), onde permaneceram por 48 horas. No final das 48 horas, as amostras foram removidas do fixador, lavadas em álcool etílico 70%, e em seguida desidratadas em álcool etílico em concentrações crescentes. Após serem desidratadas, os segmentos do intestino foram recortados em fragmentos de cerca de 1,0 cm, diafanizados em benzol e incluídos em parafina. Foram realizados para cada animal, cinco cortes semi-seriados de 5 µm de espessura de cada um dos segmentos do intestino delgado (duodeno e jejuno), de modo que, entre um corte e o subsequente, foram desprezados 12 cortes.

Os cortes histológicos foram colocados em lâmina, corados com hematoxilina e eosina, e em seguida analisados em microscópio de luz para espessura média da mucosa, altura média das vilosidades e profundidade média das criptas, utilizando o software Leica Qwin com aumento de 10 vezes. Foram realizadas para cada animal e para cada segmento avaliado 30 leituras de espessura da mucosa, 30 leituras de altura das vilosidades e 30 leituras de profundidade das criptas.

As análises estatísticas dos parâmetros de morfometria do intestino delgado foram realizadas utilizando-se o procedimento Mixed do *Statistical Analysis System* (SAS, 2001). O modelo estatístico inclui os efeitos fixos de fontes de Ca, ácido, abate e porções do intestino delgado bem como as interações entre estes fatores, e o efeito aleatório de blocos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Os resultados médios de consumo de ração diário, ganho de peso diário e de conversão alimentar, encontram-se na Tabela 3. Não houve interação ($P>0,05$) entre acidificante e fonte de cálcio e fósforo, bem como efeito do uso do acidificante nas variáveis de desempenho. Não houve diferença ($P>0,05$) no consumo de ração diário e no ganho de peso diário dos leitões nos períodos de 0 a 17, 0 a 30 e 0 a 37 dias, e na conversão alimentar nos períodos de 0 a 30 e de 0 a 37 dias do período experimental. No período de 0 a 17 dias, a conversão alimentar dos leitões alimentados com ração com fontes inorgânicas de Ca e P foi melhor ($P<0,05$) que daqueles alimentados com ração contendo fonte orgânica, o que é de difícil explicação biológica, uma vez que a composição das rações experimentais foi praticamente a mesma, sendo que o único ingrediente que variou foi o caulim, utilizado como inerte (tabela 1).

Esses resultados concordam com os obtidos por Risley et al., (1992) que não observaram melhora no desempenho de leitões desmamados, alimentados com rações contendo 1,5% de ácido cítrico ou fumárico e com Silveira (2004) que também não verificou efeito da adição de níveis de 0,5; 1,0 ,1,5 ou 2,0% de ácido fumárico nas rações, sobre o desempenho de leitões desmamados aos 20 dias de idade. Entretanto, diferem dos resultados obtidos por Kirchessner e Roth (1982) e por Giesting e Easter (1985) que ao adicionarem ácido fumárico nas rações, constataram melhora no desempenho dos leitões na fase de creche.

Resultados favoráveis no desempenho e redução na frequência de diarreia, também foram verificados por Knarreborg et al., (2002) quando da adição de ácidos orgânicos nas rações de leitões desmamados, contudo, no presente experimento, a incidência de diarreia foi muito baixa nos animais no período avaliado e não teve relação com os tratamentos.

Os resultados contraditórios das pesquisas com o uso do ácido fumárico para leitões no período de creche se devem, provavelmente, as variações nas condições experimentais como qualidade nutricional das rações utilizadas, nível de adição do acidificante nas rações, nível de desafio ambiental e da condição sanitária dos animais (GIESTING et al., 1991; GABERT, SAUER, 1995, FREITAS 2006, VIOLA e VIEIRA 2007) .

Em relação às fontes de cálcio e de fósforo avaliadas, não houve efeito sobre as variáveis de desempenho durante o período de creche, demonstrando que a fonte orgânica avaliada (carboaminoquelato) foi eficiente em substituir as fontes convencionais como o calcário e o fosfato bicálcico.

Tabela 3: Médias de consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) dos leitões em função dos tratamentos nos períodos de 0 a 17, 0 a 30 e de 0 a 37 dias

Fonte Ca e P	Ac. Fumárico	Variáveis								
		CRD (g)			GPD (g)			CA		
		0-17 dias	0-30 dias	0-37 dias	0-17 dias	0-30 dias	0-37 dias	0-17 dias	0-30 dias	0-37 dias
Inorgânica	Ausente	438	720	833	292	460	500	1,50	1,56	1,67
Inorgânica	Presente	429	714	827	296	467	508	1,46	1,53	1,63
Orgânica	Ausente	427	707	818	279	450	493	1,55	1,57	1,66
Orgânica	Presente	443	729	847	287	464	508	1,55	1,57	1,67
Médias dos fatores										
Fonte Ca e P										
Inorgânica		434	717	830	294	464	504	1,48 ^b	1,55	1,65
Orgânica		435	718	833	283	457	501	1,55 ^a	1,57	1,66
Ac. Fumárico										
Ausente		433	714	825	285	455	497	1,52	1,57	1,66
Presente		436	721	837	291	466	508	1,50	1,55	1,65
Fonte Ca e P X Ac. fumárico		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		8,93	5,87	6,28	11,38	6,43	6,85	5,98	2,97	2,81

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si (P< 0,05).

As pesquisas com fontes orgânicas de minerais para monogástricos, têm sido realizadas especialmente com fontes de microminerais, entretanto, Muniz et al., (2007) avaliaram diferentes fontes de cálcio para frangos de corte (carbonato de cálcio, carboquelato de cálcio e calcário calcítico) e observaram que as aves que receberam carbonato de cálcio e calcário calcítico tiveram consumo de ração e ganho de peso similares no período de 1 a 28 dias de idade, enquanto os frangos que receberam a ração contendo carboquelato apresentaram menor consumo e ganho de peso, contudo, nenhuma das fontes de cálcio influenciou a conversão alimentar das aves no período avaliado.

Em revisão sobre nutrição mineral de monogástricos, Mateos et al., (2004) relataram várias vantagens que poderiam ser atribuídas aos minerais de fontes orgânicas, como sua maior biodisponibilidade, contudo, concluíram que isso nem sempre tem sido provado nas pesquisas, o que poderia estar relacionado a fatores como a própria diferença na tecnologia de produção dessas fontes minerais. Além disso, os autores destacaram que não existe uma metodologia mais simples para verificar e comparar o tipo e a qualidade das distintas fontes orgânicas de minerais.

Os resultados da morfologia intestinal encontram-se nas Tabelas 4 e 5. Não houve efeito da fonte de Ca e P e do acidificante, bem como da interação fonte de Ca e P x acidificante para nenhuma das variáveis analisadas. Por outro lado, verificou-se efeito da porção do intestino delgado na profundidade das criptas e da interação porção x abate na altura de vilosidades (tabela 4), relação vilosidade: cripta e espessura de mucosa (Tabela 5). A profundidade da cripta foi maior para o duodeno e para as variáveis altura de vilosidade, relação altura de vilosidade: profundidade de cripta e espessura de mucosa observou maior efeito no jejuno no 14º pós desmame.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gomes et al., (2007) com a adição de 0,5 ou 1,0% de ácido fumárico na ração, pois não verificaram efeito nas características morfométricas do intestino delgado de leitões, porém, houve uma resposta positiva na altura do epitélio do duodeno com a adição de 1,0% de ácido fumárico em comparação com a adição do ácido fumárico associado ao ácido butírico (0,1%) e ácido fórmico (0,5%).

Por outro lado, Viola e Viera (2007) em pesquisa realizada com frangos de corte, avaliaram a adição de antibióticos e uma mistura de acidificantes nas rações, verificando menor altura de vilosidades nas aves do grupo controle.

Tabela 4: Médias dos valores de altura das vilosidades (AV) e profundidade de cripta (PC) (μm) do duodeno e jejuno de leitões em função dos tratamentos, porção do intestino delgado e época de abate

		AV		PC	
Fonte de Ca e P	Acidificante	Porção		Porção	
		Duodeno	Jejuno	Duodeno	Jejuno
- Inorgânica	- Ausente	435	472	282	239
- Inorgânica	- Presente	426	477	268	239
- Orgânica	- Ausente	409	467	265	253
- Orgânica	- Presente	429	512	286	244
CV (%)		6,98	6,15	7,00	7,91
Interações					
Fonte de Ca e P		NS		NS	
Acidificante		NS		NS	
Fonte de Ca e P X Acidificante		NS		NS	
Porção do intestino delgado		P<0,05		275 ^a	243 ^b
Fonte de Ca e P X Porção		NS		NS	
Acidificante X Porção		NS		NS	
Abate		P<0,05		NS	
Fonte de Ca e P X Abate		NS		NS	
Acidificante X Abate		NS		NS	
Porção X Abate		P<0,05		NS	
Abate dentro de porção					
		14 dias	37 dias		
Duodeno		415 ^a	434 ^a		
Jejuno		442 ^b	522 ^a		

Médias seguidas de letras distintas na linha, dentro da interação porção x abate, diferem pelo teste de Holm ($P < 0,05$).

Os valores numéricos das características morfológicas obtidas nesse experimento são semelhantes aos valores encontrados na literatura. Pickard et al., (2001) avaliaram o efeito do poder tamponante das rações sobre a acidez (pH) e morfometria intestinal de leitões, observando que após o desmame o fornecimento de ração com menor poder tamponante favorece a recuperação das vilosidades comprometidas pelo desmame, sugerindo melhorara

na saúde intestinal, e uma recuperação mais rápida dos leitões submetidos a desafios de ordem nutricional e/ou patológica. No presente experimento, apesar da substituição do calcário e do fosfato bicálcico pela fonte orgânica de Ca e P determinar redução da capacidade tamponante da ração (LO TIERZO et al., 2008), não foram verificados efeitos sobre a morfometria intestinal dos leitões, provavelmente em função das baixas condições de desafio de ordem ambiental, nutricional e sanitário a que os animais foram submetidos nas instalações de creche.

Tabela 5: Médias dos valores da relação altura de vilosidade: profundidade das criptas (AV:PC) e espessura da mucosa (EM) do duodeno e jejuno (μm) de leitões em função dos tratamentos, porção do intestino delgado e época de abate

		AV : PC		EM	
Fonte de Ca e P	Acidificante	Porção		Porção	
		Duodeno	Jejuno	Duodeno	Jejuno
- Inorgânica	- Ausente	1,56	1,98	1000	915
- Inorgânica	- Presente	1,60	2,01	951	913
- Orgânica	- Ausente	1,57	1,88	959	888
- Orgânica	- Presente	1,53	2,13	970	933
CV (%)		7,20	5,64	4,30	4,58
Interações					
Fonte de Ca e P		NS		NS	
Acidificante		NS		NS	
Fonte de Ca e P X Acidificante		NS		NS	
Porção do intestino		P<0,05		P<0,05	
Fonte de Ca e P X Porção		NS		NS	
Acidificante X Porção		NS		NS	
Abate		P< 0,05		P<0,05	
Fonte de Ca e P X Abate		NS		NS	
Acidificante X Abate		NS		NS	
Porção X Abate		P<0,05		P<0,05	
Abate dentro de porção					
		14 dias	37 dias	14 dias	37 dias
Duodeno		1,46 ^a	1,67 ^a	944 ^a	996 ^a
Jejuno		1,81 ^b	2,19 ^a	847 ^b	978 ^a

Médias seguidas de letras distintas na linha, dentro da interação porção x abate, diferem pelo teste de Holm (P<0,05).

CONCLUSÕES

Considerando o período total da fase de creche, não houve vantagem do uso do ácido fumárico nas rações, contudo, a fonte orgânica de Ca contendo P estudada pode substituir as fontes inorgânicas nas rações de leitões, sem prejuízo no desempenho e na morfometria do intestino delgado.

REFERÊNCIAS

BERTOL, T. M.; MORES, N.; FRANKE, M. R. Substituição parcial do farelo de soja por soja extrusada na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.744-754, 2001.

BUNZEN, S. Capacidade Tampão das rações para suínos. Disponível em [www.serrana.com.br/nutricaoanimal/Boletim técnico/PDF/janeiro2006.pdf](http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/Boletim_tecnico/PDF/janeiro2006.pdf). Acesso em 25/08/2008.

BURNELL, T.W.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Effects of dried whey and coppersulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 5, p. 1100-1108, May. 1988.

FALKOWSKI, J.F; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.58, n.4, p.935-938, Apr. 1984.

FREITAS, L. S., LOPES, D.C., FREITAS A. F., CARNEIRO, J. 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**, v.35, n.4, p.1711-1719, 2006(supl.)

FUENTE, J.M., FERNANDES, C., BLANCH, A., BACHA, F., GARCILOPES, F. Aditivos zootécnicos: Alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento em porcino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, XII, 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza : ABRATES, 2005, p. 96-127.

GABERT, V. M.; SAUER, W.C. The effect of fumaric acid and sodium fumarate supplementation to diets for weanling pigs on amino acids digestibility and volatile fatty

acid concentration in ileal digesta. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.243-254, 1995.

GIESTING, D.W.; EASTER, R.A.; ROE, B.A. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.61 (Supl. 1), p. 299, 1985.

GIESTING, D.W.; ROOS, M.A. e EASTER, R.A. Evalution of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. **Journal of Animal Science**, v. 69(6): 2489-2496, 1991.

GOMES, F. E.; FONTES, D. O.; SALIBA, W. M.; et al. Ácido fumárico e sua combinação com os ácidos butírico ou fórmico em dietas de leitões recém-desmamados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 5, p.1270-1277, 2007.

HENRY, R.W.; PICKARD, D. W.; HUGHES, P. E. Citric acid and fumaric as food additives for early- weaned piglets. **Animal Production**, Bletchley, v.40, n.3, p.505-509, Jun. 1985.

JASAITIS, D.K.; WOHLT, J.E.; EVANS, J.L. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. **Journal of Dairly Science**, Champaign, v.70, n.7, p.1391-1403, Jul. 1987.

KIRCHGESSNER, M.; ROTH, F. X. Fumaric acid as feed additive in pig nutrition. **Pig News Inf.**, v.3, p.259-264, 1982.

KNARREBORG, A. MIQUEL, N.; GRANLI, T.; JENSEN, B.B. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.131-140, 2002.

LOPES, E. L., JUNQUEIRA, O. M., ARAÚJO, L. F., NUNES, R. C., DUARTE, K.F. Fontes e níveis de proteínas em rações iniciais para leitões desmamados aos 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2292-2299 (Supl.3), 2004.

MAKKINK, C.A.; NEGULESCU, G.P.; GUIXIN, Q.; VERSTEGEN, M.W.A. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejuna morphology in newly-weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, London, v.72, n. 3, p.353-368, Sep. 1994.

MALETO, S. Absorção e interferência dos elementos minerais no organismo animal. Micro-elementos: Importância na sanidade. IN: I SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO MINERAL, 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1984.

MATEOS, C.G.; VALENCIA, D.G.; MORENO, E.J. Microminerales em alimentación de monogástricos. Aspectos técnicos y consideraciones legales. **In. XX CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA**, Barcelona. p.275-323. 2004.

MUNIZ, E.L.; ARRUDA, A.M.V; FASSANI, E. J. Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte. **Revista Caatinga**, v.20, n.1, p.5-14, 2007.

PICKARD et al. Proceeding of the annual meeting of the British Society of Animal Science, 163, York, UK, 2001.

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**, Savoy, v.76, n.7, p.1880-1886, Jul.1998.

RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; EIGEL, W.N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.1, p.196-206, Jan.1992.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. Tabelas Brasileiras para aves e suínos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SILVEIRA, A. M. Desempenho de leitões desmamados alimentados com rações contendo diferentes níveis de ácido fumárico. 2004. 53f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

SPREEUWENBERG, M.A.M.; VERDONK, J.M.A.J.; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Villus height and gut development in weaned piglets receiving diets containing either glucose, lactose or starch. **British Journal of Nutrition** , v.90,n.4,p. 907-913, 2003.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS language reference.** Version 8, Cary: 2001. 1042p.

TEIXEIRA, A.O .; LOPES, D. C.; FERREIRA, V.P.A. et al. Utilização de enzimas exógenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p.900-906, 2005.

LO TIERZO, V., BERTO, D. A., AUGUSTO, R. M. N., HAUPTLI, L., SALEH., M.A.D. Efeitos das fontes de cálcio e fósforo e de acidificantes nos valores de pH e de B-Value das rações de leitões. In: 4º Mostra Científica em Ciências Agrárias, 12º Mostra Científica da FMVZ, 15º Reunião Científica da Fazenda Lageado, Botucatu, **Anais...** Botucatu, Outubro-2008, CD-ROM.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L.; Suplementação de acidificantes orgânicos e inorgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p.1097-1104, 2007.

WILSON, R. H., LEIBHOLZ, J. Digestion in the between 7 and 35 d of age 3. The digestion of nitrogen in pigs given milk and soya- bean proteins. **Brithish Journal Nutrition**, v.45, p.337-346, 1981.

CAPÍTULO 3

Título: Efeito da capacidade tamponante das rações no pH do conteúdo do trato digestório e da urina de leitões.

Buffering capacity effect of diets on the pH of the digestive tract and urine of piglets.

RESUMO : O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos das fontes de cálcio (Ca) e fósforo (P) e de acidificante em rações de leitões desmamados, sobre o pH e B-value das fontes minerais e das rações, pH do conteúdo do estômago, ceco e reto e da urina . Foram utilizados 48 leitões híbridos comerciais (machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 dias de idade e com peso médio de $5,34 \pm 0,45$ kg. O delineamento experimental foi em blocos com arranjo fatorial 2 X 2 X 3 X 4 (fontes de suplementação de cálcio e fósforo: inorgânica ou orgânica; níveis de ácido fumárico nas rações: 0,0 ou 1,0%; épocas de abate: 7º, 14º e 37º dias pós-desmame; órgãos cujos conteúdos tiveram seu pH medido: estômago, ceco, reto e bexiga). O modelo estatístico incluiu os quatro efeitos fixos (fontes de Ca e P, presença de ácido, dia de abate e órgão), bem como suas interações, e também os efeitos aleatórios de blocos, blocos x fontes de Ca e P x acidificante e blocos x órgãos. O pH das fontes minerais diferiram, sendo o maior e o menor valor médio apresentado pelo calcário e pelo Carboaminoquelato (CAQ), respectivamente. O B-value foi maior para o calcário comparado com o fosfato bicálcico e com o CAQ, que por sua vez não diferiram entre si. A presença de ácido fumárico reduziu o pH das rações, e os menores valores foram verificados naquelas contendo ácido fumárico e CAQ. Mesmo na ausência de ácido fumárico, as rações com CAQ apresentaram menores valores de pH e de B-value, comparado com as rações contendo calcário e fosfato bicálcico. O uso do CAQ nas rações, determinou redução no pH da urina dos leitões. A adição de ácido fumárico e de CAQ, em substituição ao calcário e fosfato bicálcico das rações, é recomendada, pois reduzem sua capacidade tamponante .

Palavras Chave: B-value; ácido fumárico; minerais orgânicos; dietas

ABSTRACT: The objective of the study was to evaluate the effects of sources of calcium (Ca) and phosphorus (P) and acidifier in diets of weaned piglets on the pH and B-value of the mineral sources and of the diets and the pH of the stomach content, cecum, rectum and of the urine. Forty-eight commercial hybrid piglets (castrated males and females) weaned at 21 days with medium body weight of $5,34 \pm 0,45$ kg were used.

The experiment consisted in a randomized block in a 2 X 2 X 3 X 4 factorial design (sources of calcium and phosphorus X levels of fumaric acid 0% or 1% X the slaughter times (7°, 14° and 37°day after weaning). Measures of pH being of the mineral sources differed, the highest and the lowest value presented by the limestone and Carboaminochelated (CAQ), respectively. The B-value was larger for the limestone compared with the bicalcium phosphate and with CAQ, the last two did not differ from each other. The presence of fumaric acid reduced the pH of diets, and the lowest values were verified in those containing fumaric acid and CAQ. Even in the absence of fumaric acid, diets with CAQ presented smaller pH and B-value, compared to diets containing limestone and bicalcium phosphate. The use CAQ in the diets determined a reduction in the pH of the urine of piglets. The addition of fumaric acid and CAQ, in substitution of the limestone and bicalcium phosphate in diets, could be recommended because they reduce the buffering capacity and the pH of the urine of piglets.

Key words: B-value ; fumaric acid; organic minerals; diets

INTRODUÇÃO

O desmame tem sido apontado como uma prática de manejo crítica nas granjas tecnificadas, pois os leitões são separados das mães muito jovens e submetidos a mudanças bruscas na composição e forma física da dieta e nas condições de alojamento. Pelo fato de apresentarem sistema digestório imaturo, os leitões recém desmamados não digerem os carboidratos e proteínas contidos nos grãos de cereais e nas sementes de oleaginosas tão eficientemente quanto os carboidratos e as proteínas do leite, o que se deve, em parte, à insuficiente produção e secreção de enzimas pelo estômago (CROMWELL, 1989).

Os suínos adultos ajustam o pH do estômago graças à secreção de ácido clorídrico pelas células parietais. Leitões recém-desmamados apresentam pH gástrico mais elevado e mais variável em relação aos animais adultos; portanto, a insuficiência digestiva e as desordens intestinais de leitões desmamados podem estar parcialmente relacionadas com a condição de não manterem o pH gástrico baixo, necessário para a ativação das pepsinas, para controlar a proliferação de coliformes e a taxa de esvaziamento estomacal (ROSTAGNO E PUPA, 1998).

Segundo Manners et al.,(1962) , as proteínas da soja têm maior ação tamponante no estômago do leitão, comparada às proteínas do leite, e o aumento do pH reduz a atividade da pepsina, resultando na passagem para o intestino delgado de maior quantidade de proteínas intactas.

A acidificação das dietas de leitões desmamados com ácidos orgânicos e seus sais, tais como cítrico, fumárico, láctico e propiônico, tem, portanto, propiciado melhora nas respostas de desempenho na fase imediatamente após o desmame (FALKOWSKI; AHERNE, 1984; GIESTING; EASTER, 1985; HENRY et al., 1985; BURNELL et al., 1988; GIESTING et al., 1991; RADCLIFFE et al., 1998). Os mecanismos de ação dos ácidos orgânicos não estão muito bem esclarecidos, mas são sugeridos os seguintes: ação antimicrobiana e de aumento na atividade das pepsinas pela redução do pH das rações e do conteúdo gástrico; ação antimicrobiana do anion e utilização como fonte de energia (FUENTE et al., 2005).

A eficiência dos acidificantes em reduzir o pH das rações depende da composição em matérias primas, já que quanto maior o poder tampão, maior resistência será oferecida à redução de pH. De acordo com Jasaitis et al.,(1987), dentre os ingredientes utilizados nas

formulações, os cereais e seus co-produtos apresentam o menor poder tampão, os alimentos protéicos possuem poder intermediário a alto, e as fontes minerais, normalmente, são as que apresentam os maiores valores. Portanto, quanto maiores forem os níveis de proteína e minerais na ração, maior será seu poder tampão (MORES et al., 1990; RADCLIFFE et al., 1998; BLANK et al., 1999).

O uso de minerais de fontes orgânicas tem sido crescente na nutrição animal, pois de acordo com Maletto (1984) apresentam várias vantagens em relação às fontes inorgânicas como maior absorção, alta estabilidade, alta disponibilidade, maior tolerância pelo organismo animal (menos tóxico), ausência de problemas de interações com outros macro e microminerais, gordura e fibra da dieta.

A substituição do calcário e do fosfato bicálcico, que se caracterizam por possuírem elevado poder tampão, por fonte orgânica de cálcio e fósforo, é de interesse prático na formulação de rações para suínos. A fonte orgânica provavelmente facilita a redução do pH da ração e auxilia a ação dos acidificantes. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos das fontes de cálcio (Ca) e fósforo (P) e de acidificante em rações de leitões desmamados, sobre o pH e poder tampão (B- value) das fontes minerais e das rações, pH do conteúdo do estômago, ceco e reto e da urina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Utilizaram-se 48 leitões híbridos comerciais (machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 dias de idade e com peso médio de $5,34 \pm 0,45$ kg. Os leitões foram alojados numa sala de creche, em baias suspensas com piso ripado (dois animais por baia), equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica. Um termômetro de máxima e mínima foi fixado a 0,80m do piso das baias para auxiliar no acionamento das fontes de aquecimento e no fechamento das cortinas instaladas nas laterais da sala. O delineamento experimental foi em blocos com arranjo fatorial 2 X 2 X 3 X 4 (fontes de suplementação de cálcio e fósforo: inorgânica ou orgânica; níveis de ácido fumárico nas rações: 0,0 ou 1,0%; épocas de abate:

7º, 14º e 37º dias pós-desmame; órgãos cujos conteúdos tiveram seu pH medido: estômago, ceco, reto e bexiga).

As rações foram formuladas para atender, no mínimo, as exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO et al., (2005) e fornecidas à vontade. Adotou-se o programa de alimentação por fases (três fases): Ração Pré-inicial do início ao 17º dia, Ração Inicial I do 18º ao 30º dia e Ração Inicial II do 30º ao 37º dia do período experimental. A composição e os níveis nutricionais calculados das rações são apresentados nas Tabelas. 1 e 2.

No 7º, 14º e no 37º dias após o desmame foram abatidos quatro animais alimentados com cada uma das rações na respectiva fase, totalizando 16 leitões em cada dia de abate. A definição dos animais que foram abatidos em cada um dos dias foi realizada por sorteio nas baias de cada um dos blocos.

Foram avaliados o pH e poder tampão (B- value) das fontes de Ca e P e das rações, bem como o pH dos conteúdos do estômago, ceco, reto e da bexiga dos leitões.

Para a análise de pH das fontes de cálcio e fósforo e das rações, pesou-se cinco amostras de 10g de cada uma das fontes minerais e das rações, que foram suspensas em 90 mL de água deionizada, com auxílio de agitador elétrico com barra magnética por 10 minutos e em seguida foi realizada a leitura em um medidor de pH de bancada modelo MPA-210 ADAMO.

Na determinação do B- value pesou-se cinco amostras de 10g de cada uma das fontes de cálcio e fósforo e das rações, que foram suspensas em 90 mL de água deionizada, com auxílio de agitador elétrico com barra magnética por 10 minutos. Após esse tempo e sob agitação constante, iniciou-se o processo de adição de solução de ácido clorídrico 0,1 N à suspensão até que o pH atingisse o valor 5,0. A quantidade (ml) de solução de ácido gasta foi considerada como o B- value da amostra.

As amostras que apresentaram valores de pH inferiores a cinco não puderam ter seu pH e B-value determinado sendo colocados na tabela como ND.

As determinações dos valores de pH dos conteúdos do estômago, ceco, reto e bexiga foram realizadas imediatamente após o abate em cada um das partes, com auxílio de um medidor de pH portátil modelo MPA-210.

Tabela 1: Composição percentual básica das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2.

Ingredientes	Ração Pré Inicial	Ração Inicial I	Ração Inicial II
	%	%	%
Milho	51,369	50,629	59,263
Farelo de Soja 45	16,741	22,800	28,600
Soro de leite doce	10,715	7,575	0,000
Plasma AP 920	4,000	2,500	0,000
Cel. Sang. AP 301	1,000	1,500	0,000
Maltodextrina	5,000	3,000	0,000
Levedura de cana	2,000	2,500	3,000
Ácucar	2,000	2,300	2,000
Fosfato bicálcico ¹	--	--	--
Calcário ¹	--	--	--
Quelato de Ca e P ¹	--	--	--
Óleo de soja	1,300	1,800	2,400
L- Lisina	0,595	0,354	0,179
L-Treonina	0,245	0,142	0,018
L- Triptofano	0,048	0,015	0,000
DL- Metionina	0,175	0,116	0,019
Óxido de Zinco	0,314	0,000	0,000
Cloreto de Sódio	0,235	0,300	0,460
Sulfato de cobre	0,000	0,068	0,068
Caulin ¹	--	--	--
Ácido Fumárico ¹	--	--	--
Cloreto de Colina	0,064	0,064	0,064
Antioxidante	0,005	0,005	0,005
Supl. Mineral	0,100	0,100	0,100
Supl. Vitamínico	0,050	0,050	0,050
Sucran	0,015	0,015	0,015
Aroma lácteo	0,030	0,030	0,030
Tetramutin ³	--	0,200	--

¹ Matérias primas com níveis de inclusão variáveis de acordo com os tratamentos. Rações Pré Iniciais : T1: 0,97% calcário, 1,612% caulin, 1,418% fosfato; T2: 0,97% calcário, 0,612% caulin, 1,418% fosfato, 1,0% ácido fumárico; T3: 3,0% quelato, 1,0% caulin; T4: 3,0% quelato, 1,0% ácido fumárico. Rações Iniciais I: T1: 0,949% calcário, 1,599% caulin, 1,390% fosfato; T2: 0,949% calcário, 0,599% caulin, 1,390 % fosfato, 1,0% ácido fumárico; T3: 2,938% quelato, 1,0% caulin; T4: 2,938% quelato, 1,0% ácido fumárico. Rações Iniciais II: T1: 0,882% calcário, 1,557% caulin, 1,291% fosfato; T2: 0,882% calcário, 0,557% caulin, 1,291 % fosfato, 1,0% ácido fumárico; T3: 2,73% quelato, 1,0% caulin; T4: 2,73% quelato, 1,0% ácido fumárico. Níveis fornecidos pelo Quelato de 24,14% de Ca e 9,58% de P. ² Cada 100 gramas do antibiótico fornece 10 gramas de oxitetraciclina (cloridrato) e 3,5 gramas de fumarato de tiamulina hidrogenado.

Tabela 2: Níveis nutricionais das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II do Experimento 1 e 2.

	Ração Pre-Inicial	Ração Inicial I	Ração Inicial II
EM (Kcal/kg)	3333	3315	3259
PB (%)	18,66	20,11	19,15
Ca (%)	0,85	0,83	0,75
P total (%)	0,64	0,63	0,58
Lisina digestível	1,42	1,33	1,05
Metionina digestível	0,40	0,37	0,29
Treonina digestível	0,90	0,84	0,66
Triptofano digestível	0,24	0,23	0,20
Supl. Mineral	0,10	0,10	0,10
Supl. Vitamínico	0,05	0,05	0,05

O suplemento mineral e vitamínico utilizado fornece as seguintes quantidades/kg de suplemento: 20.000.000,000 UI vit.A ; 3.300.000,0000 UI vit D3; 100.000,0000UI vit. E 50% ; 7.000,0000 mg vit. K3; 3.000,0000 mg vit. B1; 10.000,0000 mg vit. B2; 6.000,0000 mg vit. B6; 48.000,0000 mcg vit. B12; 1.080,0000 mg ác. fólico; 44.000,0000 mg ác. pantotênico; 70.000,0000 mg niacina; 400,0000 mg biotina; 80000 mg de colina; 100.000,0000 mg Fe; 15.000,00 mg Cu; 45.000,00 mg Mn; 110.000,00 mg Zn; 1.000,00 mg I; 350,00 mg Se; 200,00 mg Co; 200.000,00 mcg Cr.

Os dados de pH e poder tamponante das fontes minerais e das rações foram submetidos análise de variância utilizando-se o procedimento GLM do *Statistical Analysis System* (SAS, 2001). E a análise do pH dos conteúdos do estômago, ceco, reto e da bexiga dos leitões, foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento Mixed do *Statistical Analysis System* (SAS, 2001) e as médias comparadas pelo teste Tukey. O modelo estatístico incluiu os quatro efeitos fixos (fontes de Ca e P, presença de ácido, dia de abate e órgão), bem como suas interações, e também os efeitos aleatórios de blocos, blocos x fontes de Ca e P x acidificante e blocos x órgãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do pH e B-value das fontes de minerais e das rações pré- inicial, Inicial I e Inicial II, encontram-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Os valores médios de pH das fontes minerais diferiram sendo verificado o maior valor para o calcário e o menor para o CAQ ($P < 0,01$). O B-value foi maior para o calcário comparado com o fosfato bicálcico e com o quelato de Ca e P ($P < 0,01$), que por sua vez não diferiram entre si ($P > 0,05$). A presença de ácido fumárico reduziu o pH das rações, e os menores valores foram

verificados naquelas contendo ácido fumárico e CAQ ($P < 0,01$). Na ausência de ácido fumárico, as rações com CAQ apresentaram menores valores de pH e de B-value, comparado com as rações contendo calcário e fosfato bicálcico ($P < 0,01$).

Tabela 3. Médias de pH e de B-value (ml) das fontes de cálcio e fósforo

	Fontes de Ca e P			
	Calcário	Fosfato bicálcico	CAQ	CV (%)
pH	9,40 ^a	6,80 ^b	6,10 ^c	0,9
B- value	1140 ^a	84 ^b	76 ^b	5,8

^{abc} Valores seguidos de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

A redução do pH da dieta ocorre curvilinearmente e depende do pKa do ácido e do poder tampão da ração, sendo a eficácia do ácido decrescente na seguinte ordem: tartárico, cítrico, málico, fumárico, láctico e fórmico, acético e propiônico. Os sais dos ácidos orgânicos exercem menor influência no pH da dieta e, em geral, enquanto os ácidos reduzem a capacidade tamponante da ração, alguns sais podem aumentá-la (PARTANEN e MROZ, 1999), promovendo diferentes respostas no desempenho dos animais.

De acordo com Jasaitis et al.,(1987), dentre os ingredientes utilizados nas formulações das rações, os cereais e seus co-produtos apresentam o menor poder tampão, os alimentos protéicos possuem poder intermediário a alto, e as fontes inorgânicas de cálcio e fósforo, normalmente, são as que apresentam os maiores valores, o que explica em parte os resultados obtidos no presente experimento.

De maneira geral, fontes de minerais como cálcio e fósforo possuem elevados valores de B-value, tendo enorme influência sobre a capacidade tamponante das rações, portanto dietas contendo elevados teores protéicos e elevados níveis de minerais, principalmente cálcio, terão maiores valores de B-value e exatamente estas características são encontradas em dietas para leitões, mesmo sabendo-se da ineficiência destes animais em manter baixo o pH do estômago (BUNZEN, 2006).

Tabela 4. Médias de pH e de B- value (ml) das rações pré-inicial, inicial I e inicial II

		Rações					
		Pré- inicial		Inicial I		Inicial II	
Fontes de Ca e P	Ac. Fumárico	pH	B- value	pH	B- value	pH	B- value
Calc. + Fos. bic.	Ausente	6,80 ^d	8,80 ^a	6,10 ^d	5,90 ^a	6,00 ^d	6,20 ^a
Calc. + Fos. bic.	Presente	4,60 ^b	ND	4,40 ^b	ND	4,40 ^b	ND
Carboaminoquelato	Ausente	6,20 ^c	6,00 ^b	5,60 ^c	3,90 ^b	5,50 ^c	4,00 ^b
Carboaminoquelato	Presente	4,40 ^a	ND	4,30 ^a	ND	4,30 ^a	ND
CV (%)		0,60	4,30	0,20	4,60	0,40	6,20
Fontes de Ca e P X Ác. Fumárico		P<0,01	-	P<0,01	-	P<0,01	-
Média dos Fatores							
Fontes de Ca e P							
Calc. + Fos. bic.		5,70	-	5,30	-	5,20	-
Carboaminoquelato		5,30	-	5,00	-	4,90	-
Ac. Fumárico							
Ausente		6,50	-	5,90	-	5,80	-
Presente		4,50	-	4,40	-	4,40	-

ND- Valores não determinados quando pH $\leq$ 5,0.

^{ab}Valores seguidos de letras distintas na coluna, diferem pelo teste de Tukey (P<0,01).

A adição de ácidos orgânicos na ração reduz sua capacidade tamponante (DIBNER et al., 2002) melhorando a digestibilidade ileal dos aminoácidos (BLANK et al., 1999). Os ácidos orgânicos também exercem efeito preventivo pela sua ação antimicrobiana, graças à

diminuição do pH das rações (PARTANEN e MROZ,1999) e , além disso, quando presentes na forma não dissociada no conteúdo intestinal, passam facilmente pela membrana semipermeável dos microrganismos e dentro da célula, onde o pH é mantido próximo de 7,0, ocorre sua dissociação, suprimindo as enzimas celulares (descarboxilases e catalases) e o sistema de transporte de nutrientes (PARTANEN e MROZ, 1999).

Os resultados de pH do conteúdo estomacal, das fezes e da urina são apresentados na Tabela 5. Não houve interação ($P > 0,05$) fontes de Ca e P x ácido fumárico, fontes de Ca e P X abate e ácido fumárico X abate sobre nenhuma das variáveis avaliadas e nem efeito ($P > 0,05$) das fontes de Ca e P ou do ácido fumárico sobre o pH dos conteúdos do estômago, ceco e reto.

Apesar do fato dos acidificantes determinarem redução do pH das rações, a maioria das pesquisas não tem verificado o mesmo efeito no pH da digesta (RISLEY et al., 1992; SILVA, 2004; FREITAS et al., 2006), concordando com os resultados do presente trabalho. No entanto, Thomlinson & Lawrence (1981) constataram diminuição do pH gástrico de leitões que receberam dietas com a adição de 0,8% de ácido láctico.

Observou-se efeito do CAQ ($P < 0,01$) no pH da urina, de modo que a presença CAQ nas rações determinou redução do pH da urina dos leitões. Na suinocultura, a possibilidade de redução do pH da urina é de interesse prático, e para essa finalidade tem sido recomendada à adição de substâncias como o cloreto de amônio, vitamina C e o ácido cítrico nas rações, para reduzir a incidência de infecções urinárias em matrizes. Estas substâncias não possuem efeito terapêutico na infecção urinária, mas são recomendadas para inibir o crescimento de bactérias patogênicas, em especial o *A. suis*, além de estimularem maior consumo de água (Koller et al.,2006) .

Tabela 5: Valores médios de pH do estômago, conteúdos do ceco, reto e da urina dos leitões

Tratamentos		pH			
Fontes de Ca e P	Ácido Fumárico	Estômago	Ceco	Reto	Bexiga
Calc. + Fosf. bical.	Ausente	3,88	5,81	6,18	7,05
Calc. + Fosf. bical.	Presente	3,99	5,77	6,28	6,71
Carboaminoquelato	Ausente	4,03	5,83	6,1	5,23
Carboaminoquelato	Presente	4,04	5,56	6,01	5,05
CV (%)		7,38	5,12	4,78	4,89
Fontes de Ca e P			P<0,01		
Ácido fumárico			NS		
Fontes de Ca e P X Ácido fumárico			NS		
Orgão			P<0,01		
Fontes de Ca e P X Orgão			P<0,01		
Orgão dentro da Fonte de Ca e P		Estômago	Ceco	Reto	Bexiga
Calc. + Fosf. bical.		3,94	5,79	6,23	6,88 ^a
Carboaminoquelato		4,04	5,7	6,06	5,14 ^b
Ácido fumárico X Orgão			NS		
Abate			P<0,01		
Fontes de Ca e P X Abate			NS		
Ácido fumárico X Abate			NS		
Orgão X Abate			P<0,01		
Abate dentro de órgão		Estômago	Ceco	Reto	Bexiga
7º dia		4,17 ^a	5,85 ^a	6,20 ^a	6,10 ^a
14º dia		3,73 ^b	5,86 ^a	6,22 ^a	5,45 ^b
37º dia		4,05 ^a	5,51 ^a	6,02 ^a	6,49 ^c

^{ab} Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si.

CONCLUSÃO

A adição de ácido fumárico e de carboaminoquelato, em substituição ao calcário e fosfato bicalcico das rações, é recomendada, pois reduzem sua capacidade tamponante e o pH da urina dos leitões.

REFERÊNCIAS

- BLANK,R., MOSENTHIN,R.,SAUER,W.C., HUANG,S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**. V.77, p.2974-2984, 1999.
- BUNZEN, S. Capacidade Tampão das rações para suínos. Disponível em [www.serrana.com.br/nutricaoanimal/Boletim técnico/PDF/janeiro2006.pdf](http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/Boletim_tecnico/PDF/janeiro2006.pdf). Acesso em 25 /08/2008.
- BURNELL, T.W.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 5, p. 1100-1108, May. 1988.
- CROMWELL, G.L, Nuevos aditivos alimenticios. **Industria Porcina**, v.9, n.6, 1989.
- DIBNER, J.J.; BUTTIN, P. Use of Organic Acids as a Model to Study the Impact of Gut Microflora on Nutrition and Metabolism. **Journal of Applied Poultry Research**.v. 11, p. 453–463. 2002.
- FALKOWSKI, J.F; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.58, n.4, p.935-938, Apr. 1984.
- FREITAS, L. S., LOPES, D.C., FREITAS A. F., CARNEIRO, J. 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**, v.35, n.4, p.1711-1719, 2006(supl.)
- FUENTE, J.M., FERNANDES, C., BLANCH, A., BACHA, F., GARCILOPES, F. Aditivos zootécnicos: Alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento em porcino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, XII, 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza : ABRAVES, 2005, p. 96-127.
- GIESTING, D.W.; EASTER, R.A.; ROE, B.A. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.61 (Suppl. 1), p. 299, 1985
- GIESTING, D.W.; ROOS, M.A. e EASTER, R.A. Evalution of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. **Journal of Animal Science**, v. 69(6): 2489-2496, 1991.

HENRY, R.W.; PICKARD, D. W.; HUGHES, P. E. Citric acid and fumaric as food additives for early- weaned piglets. **Animal Production**, Bletchley, v.40, n.3, p.505-509, Jun. 1985.

JASAITIS, D.K.; WOHLT, J.E.; EVANS, J.L. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, n.7, p.1391-1403, Jul. 1987.

KOLLER, F.L.; BARCELLOS, D.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. Prevenção e Tratamento da Infecção Urinária em Matrizes Suínas. Porto Alegre, UFRGS Setor De Suínos, 2006. Disponível em: http://www.suinoculturaemfoco.com.br/fd/sanidade11_2.php. Acessado em 10 de janeiro de 2008.

MALETTTO, S. Absorção e interferência dos elementos minerais no organismo animal. Micro-elementos: Importância na sanidade. IN: I SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO MINERAL, 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1984.

MANNERS, J.H.; POND, M.C.; LOOSI, M.C. et al. Effect of isolated soybean protein and casein on the gastric pH and of passage of food residues on baby pigs. **Journal of Animal Science**, v.21, p.49-55, 1962.

MORES, N.; MARQUES, J.L.L.; SOBESTIANSKY, J.; OLIVEIRA, A.; COELHO, L.S.S. Influência do nível protéico e/ou da acidificação da dieta sobre a diarreia pós desmame em leitões causada por *Escherichia coli*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3/4, p. 85-88, jul./dez. 1990.

PARTANEN, K. H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutricion Research**, Bethesds, n. 12, p. 117-145, 1999.

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**, Savoy, v.76, n.7, p.1880-1886, Jul.1998.

RISLEY, C.R. *et al.* Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 70, n. 1, p.196-206, 1992.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. Tabelas Brasileiras para aves e suínos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H.S.; PUPA, J.M.R. Fisiologia da digestão e alimentação de leitões. In :SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E MANEJO DE LEITÕES, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas : FACTA , 1998, p.60-87.

SILVA, G.F. **Digestibilidade ileal de aminoácidos de soja micronizada e de farelo de soja para suínos e avaliação de acidificantes em dietas para leitões.** Viçosa, MG:Universidade Federal de Viçosa, 2004. 96p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS language reference.** Version 8, Cary: 2001. 1042p.

THOMLINSON, J.R.; LAWRENCE, T.L.J. Dietary manipulation of gastric pH in the prophylaxis of enteric disease in weaned pigs: some field observations. **Veterinary Record**, v.109, n.1,p.120-122, 1981.

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

Poucos trabalhos têm sido realizados para avaliar a eficiência da suplementação mineral nas formas orgânicas ou de quelatos para suínos e aves em relação às formas inorgânicas. As pesquisas realizadas com fontes orgânicas de minerais para monogástricos, têm sido realizadas especialmente com fontes de microminerais; ainda se tem poucas pesquisas com macrominerais.

Neste estudo as fontes orgânicas de cálcio e fósforo (Carboaminoquelato) mostraram-se eficiente em substituir as fontes inorgânicas, porém ainda são necessários mais estudos para comprovar a eficiência das fontes orgânicas de minerais.

Apesar do uso do acidificante não ter determinado melhora no desempenho dos animais ele reduz a capacidade tamponante das dietas, fato de interesse na nutrição de leitões. Mais estudos são necessários a fim de elucidar os fatores que interferem nas respostas aos ácidos orgânicos como o desafio imposto aos animais, os níveis de inclusão e a qualidade nutricional das rações utilizadas .