

ÁCIDO FUMÁRICO E QUELATO DE CÁLCIO E FÓSFORO NA RAÇÃO DE LEITÕES DESMAMADOS¹

VIVIAN LO TIERZO², DIRLEI ANTONIO BERTO³, REGINA MARIA NASCIMENTO AUGUSTO², LUCÉLIA HAUPTLI⁴, GABRIELA DE MELLO⁵, LUIZ FERNANDO MONTEIRO TAMASSIA⁶, FABIANA GOLIN LUIGGI⁷, JOÃO PAULO FRANCO DA SILVEIRA⁸

¹Recebido para publicação em 26/09/12. Aceito para publicação em 28/12/12.

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Distrito de Rubião Junior s/n, CEP 18618-970, Botucatu, SP, Brasil. Email: vivilotierzo@gmail.com

³Departamento de Produção Animal, FMVZ, UNESP, Distrito de Rubião Junior s/n, CEP 18618-970, Botucatu, SP, Brasil.

⁴Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua dos Funcionários, 1540, CEP 83035-030, Curitiba, PR, Brasil.

⁵Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Produção Animal, FMVZ, UNESP, Distrito de Rubião Junior s/n, CEP 18618-970, Botucatu, SP, Brasil.

⁶Av. Brigadeiro Faria Lima, 2066, 14º andar, Jardim Paulistano, CEP 01452-905, São Paulo, SP, Brasil.

⁷Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, FMVZ, UNESP, Distrito de Rubião Junior s/n, CEP 18618-970, Botucatu, SP, Brasil.

⁸Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), Passeio Monções, 226, Zona Norte, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

RESUMO: Foram realizados dois experimentos com objetivo de avaliar os efeitos do ácido fumárico e de diferentes fontes de cálcio contendo fósforo, adicionados nas dietas de leitões desmamados, sobre o desempenho (E1) e morfometria intestinal (E2). Utilizaram-se 96 e 32 leitões desmamados aos 21 dias de idade, com pesos médios de $5,66 \pm 0,44\text{kg}$ e $5,34 \pm 0,45\text{kg}$, no E1 e E2, respectivamente. Os delineamentos experimentais foram em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×2 (níveis de ácido fumárico x fontes de cálcio e fósforo) no E1 e $2 \times 2 \times 2$ (níveis de ácido fumárico x fontes de cálcio e fósforo x épocas de abate) no E2. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) no consumo diário de ração nos períodos avaliados. A conversão alimentar foi melhor ($P < 0,05$) no período de 0-17 dias, com fontes inorgânicas de Ca e P, entretanto, nos outros períodos não foram verificadas diferenças. As médias de altura de vilosidade (AV), profundidade de cripta (PC), e espessura de mucosa do duodeno e do jejuno, não diferiram entre os tratamentos. 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-chave: acidificante, calcário, carbo-amino-fosfo-quelato de cálcio, fosfato bicálcico, mineral orgânico, suínos.

FUMARIC ACID AND CALCIUM AND PHOSPHORUS CHELATE IN THE DIET OF WEANED PIGLETS

ABSTRACT: Two experiments (E) were carried out with the objective of evaluating the effects of fumaric acid and carbo-amino-fosfo-quelato of calcium diets of weaned pigs on performance (E1) and intestinal morphology (E2). A total of 96 and 32 pigs with initial mean weights of $5,66 \text{ kg} \pm 0,44\text{kg}$ and $5,34 \pm 0,45\text{kg}$, in E1 and in E2, were used respectively. Randomized block designs were used in both experiments, with a 2×2 factorial arrangement in E1 and a $2 \times 2 \times 2$ factorial arrangement in E2. No interaction between acidifier, source of calcium and phosphorus were

found for the variables studied in the two experiments. No treatment effects were found on daily feed intake in evaluating periods. Feed conversion from 0 to 17 days was better ($P < 0.05$) when inorganic sources of Ca and P were fed; however, no difference was observed in other periods. 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 carbo-amino-fosfo-quelato of calcium studied may replace the inorganic sources in the diets of piglets, with no damage to performance and to intestinal morphology.

Key words: acidifier, carbo-amino-phospho-chelate calcium, dicalcium phosphate, mineral limestone, organic pigs.

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).

Ao desmame, 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 (SPREUWENBERG *et al.* 2003). Isso ocorre numa fase da vida em que o leitão apresenta baixa capacidade de digestão e de absorção dos nutrientes da dieta (MAKKINK *et al.* 1994, BERTOL *et al.* 2001, TEIXEIRA *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 possuem 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, quando incorporados na dieta tem propiciado melhora nas respostas de desempenho na fase

imediatamente após o desmame (FALKOWSKI e AHERNE, 1984; GIESTING e EASTER, 1985; HENRY *et al.* 1985; BURNELL *et al.* 1988; GIESTING *et al.* 1991; RADCLIFFE *et al.* 1998). Os ácidos orgânicos podem exercer considerável poder bactericida mesmo quando não há redução significativa do pH gastrintestinal (CANIBE *et al.* 2001), o que ocorre em função de a maioria dos ácidos possuir pKa entre 3,0 e 5,0.

As formas orgânicas dos microelementos aumentam a biodisponibilidade dos minerais em relação às formas inorgânicas, o que pode trazer vários benefícios ao animal, tais como: maior taxa de crescimento, maior ganho de peso, melhora na qualidade da carne, redução da taxa de mortalidade e do efeito do estresse (REDDY *et al.* 1992).

Com base nestas informações, elaborou-se esta pesquisa proposta, portanto, cujo objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de ácido fumárico e do carbo-amino-fosfo-quelato de cálcio na dieta, 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. O projeto foi submetido à avaliação Câmara de Ética em Experimentação Animal da FMVZ Unesp Botucatu sob protocolo nº 45/2007-CEEA tendo sido aprovado.

Experimento 1

Utilizaram-se 48 leitões machos castrados e 48 fêmeas de linhagem comercial (Landrace x Large White)

desmamados com 21 dias de idade e com peso médio de 5,66 kg \pm 0,44kg com o objetivo de avaliar o desempenho dos animais, alojados em baias suspensas com piso ripado (três animais por baia), equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica, em galpão de paredes de alvenaria. 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 o de blocos casualizados com oito blocos, em esquema fatorial 2 x 2, sendo duas fontes para fornecimento de cálcio e fósforo, inorgânica (calcário e fosfato bicálcico) ou orgânica (carbo-amino-fosfo-quelato de cálcio= CAFQ) e dois níveis de ácido fumárico (0,0 ou 1,0%) nas dietas. O critério para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais e a disposição das baias no galpão. Os tratamentos foram: T1- Rações com calcário e fosfato bicálcico e sem ácido fumárico; T2- Rações com calcário e fosfato bicálcico e com 1,0% de ácido fumárico; T3- Rações com CAFQ e sem ácido fumárico; T4- Rações com CAFQ e com 1,0% de ácido fumárico.

Adotou-se o programa de alimentação por fases (três fases): Ração Pré-inicial do início ao 17º dia (dos 21 aos 38 dias de idades), Ração Inicial I do 18º ao 30º dia (dos 39 aos 50 dias de idades) e Ração Inicial II do 31º ao 37º dia (dos 51 aos 57 dias de idade) do período experimental, que se iniciou imediatamente após a desmama dos leitões. As dietas foram formuladas com base na composição de alimentos e exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO *et al.* (2005) e foram fornecidas à vontade para os animais. As composições percentuais e nutricionais calculadas das dietas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Os animais tiveram livre acesso à água durante todo período experimental.

Foram quantificadas e analisadas como desempenho as variáveis: consumo de ração diário, ganho de peso diário e conversão alimentar por pesagem das rações fornecidas e respectivas sobras, e pesagem dos animais nos períodos de 0 a 17, 0 a 30 de 0 a 37 dias pós desmame, bem como a avaliação da 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, versão 8). O modelo estatístico inclui os efeitos fixos de fonte de Ca, ácido, suas interações e o efeito aleatório de bloco. Adotou-se $\alpha = 0,05$, como o nível de significância das análises estatísticas adotado na interpretação e discussão dos resultados obtidos.

Experimento 2

Foram utilizados 32 machos de linhagem comercial (large White x landrace), sendo 16 leitões machos castrados e 16 fêmeas desmamados com 21 dias de idade e peso médio de 5,34 kg \pm 0,45kg. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 4 blocos, num esquema fatorial 2 x 2 x 2 (duas fontes de suplementação de cálcio e fósforo: inorgânica (calcário e fosfato bicálcico) ou orgânica (CAFQ); dois níveis de ácido fumárico nas rações: 0 ou 1,0%; 2 épocas de abate: 14º e 37º dias pós-desmame). O critério para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais. Os tratamentos foram: T1- Rações com calcário e fosfato bicálcico sem ácido fumárico e abate no 14º dia; T2- Rações com calcário e fosfato bicálcico sem ácido fumárico e abate no 37º dia; T3- Rações com calcário e fosfato bicálcico com ácido fumárico e abate no 14º dia; T4- Rações com calcário e fosfato bicálcico com ácido fumárico e abate no 37º dia; T5- Rações com carbo-amino-fosfo-quelato de cálcio (CAFQ) sem ácido fumárico e abate 14º dia; T6- Rações com CAFQ sem ácido fumárico e abate 37º dia; T7- Rações com CAFQ com ácido fumárico e abate 14º dia; T8- Rações com CAFQ com ácido fumárico e abate 37º dia. Os leitões foram alojados nas condições descritas para o experimento 1 com um animal por baia. As instalações experimentais, o programa de alimentação e as rações avaliadas foram as mesmas utilizadas no primeiro experimento (Tabela 1 e 2).

Para as análises de morfometria intestinal, no 14º e no 37º dia do período experimental, os leitões foram abatidos após insensibilização por eletroanestesia. Imediatamente após o abate tiveram o intestino delgado 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. Ao final das 48 horas, as amostras foram removidas do fixador, lavadas em álcool etílico 70%, visando a retirada do excesso de fixador, e em seguida desidratadas em álcool etílico em concentrações crescentes. Os segmentos do intestino foram então recortados em fragmentos de cerca

Tabela 1. Composição percentual básica das rações pré-inicial, Inicial I e Inicial II dos Experimentos 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	--	--	--
CAFQ 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 ²	0,100	0,100	0,100
Supl. Vitaminico ²	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	--

¹Matérias 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 CAFQ 24,14% de Ca e 9,58% de P.. ²O suplemento mineral e vitaminico 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. ³ 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 dos Experimentos 1 e 2

	Ração Pré-inicial	Ração Inicial I	Ração Inicial II
EM (Kcal kg ⁻¹)	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

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 com aumento de 10 vezes, para espessura média da mucosa, altura média das vilosidades e profundidade média das criptas, utilizando o software Leica Qwin. Foram realizadas 30 leituras de espessura da mucosa, 30 leituras de altura das vilosidades e 30 leituras de profundidade das criptas para cada animal e para cada segmento avaliado.

As análises estatísticas dos parâmetros de morfometria do intestino delgado foram realizadas utilizando-se o programa SAEG (UFV, 2000).

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 se observou interação ($P > 0,05$) entre acidificante e fonte de cálcio e fósforo, bem como efeito do uso do acidificante sobre o 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. Entretanto, 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 con-

tendo fonte orgânica, o que é de difícil explicação biológica, uma vez que a composição das rações experimentais foi praticamente à mesma, sendo que o único ingrediente que variou foi o caulim, utilizado como inerte (Tabela 1).

Esses resultados concordam com aqueles 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. Entretanto, diferem dos resultados obtidos por KIRCHESNER 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 incidência de diarreia, também foram verificados por KNARREBORG *et al.* (2002) quando da adição de ácidos orgânicos nas rações de leitões desmamados, contudo, nos resultados obtidos foi observado que a incidência de diarreia foi muito baixa nos animais no período avaliado e não se pode afirmar que tenha tido relação com os tratamentos.

A divergência de resultados entre as pesquisas com uso do ácido fumárico para leitões no período de creche devem-se, provavelmente às, as variações nas condições experimentais como qualidade nutricional das dietas utilizadas, nível de adição do acidificante, 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 se observou seu efeito ($P > 0,05$) sobre o desempenho durante o período de creche, demonstrando que o CAFQ 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	1,5	1,56	1,67
	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
	Presente	443	729	847	287	464	508	1,55	1,57	1,67
Médias dos fatores ¹										
Fonte Ca e P										
	Inorgânica	434	717	830	294	464	504	1,48 ^a	1,55	1,65
	Orgânica	435	718	833	283	457	501	1,55 ^b	1,57	1,66
Ácido 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
Nível de Significância										
	Fonte de Ca e P	0,903	0,937	0,882	0,365	0,552	0,791	0,048	0,142	0,301
	Ácido Fumárico	0,790	0,605	0,522	0,604	0,324	0,344	0,511	0,240	0,374
	Fonte de Ca e P X Ácido	0,383	0,368	0,353	0,848	0,728	0,783	0,435	0,375	0,200
	CV (%)	8,93	5,87	6,28	11,38	6,43	6,85	5,98	2,97	2,81

¹Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância.

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.

As principais características de um mineral quelatado seriam: possuir elevada capacidade de transpor a parede intestinal, atingindo a circulação; baixa toxicidade; facilidade de ligação nos locais e nas moléculas específicas onde exercem suas funções;

capacidade de transpor eficientemente as barreiras placentárias, tornando-se disponível para o feto; ativar os microrganismos da microbiota intestinal, melhorando o aproveitamento dos ingredientes no alimento ingerido; liberar as moléculas orgânicas ligadas ao metal nos processos metabólicos no interior da célula; ativar e aumentar a secreção e ativar enzimas digestivas e regular a absorção mais eficiente dos nutrientes ingeridos (ACDA e CHAE, 2002).

Experimento 2

Os resultados da morfologia intestinal encontram-se na Tabela 4. Não houve efeito ($P > 0,05$) da fonte de Ca e P e do acidificante, não se observou interação significativa entre fonte de Ca e P e ausência ou presença do acidificante para nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, verificou-se efeito ($P < 0,05$) de idade, para profundidade de cripta e espessura de

Tabela 4. Médias dos valores de altura das vilosidades (AV), profundidade de cripta (PC) e espessura de mucosa (EM) (µm) do duodeno e jejuno de leitões em função dos tratamentos

Mineral	Ác. Fumárico	Época	Duodeno			Jejuno		
			AV	PC	EM	AV	PC	EM
Inorgânico	Ausente	14°	366	290	933	386	221	805
		37°	476	264	1025	531	243	973
	Presente	14°	436	282	932	426	240	841
		37°	416	254	971	528	238	985
Orgânico	Ausente	14°	405	292	943	429	268	815
		37°	413	238	975	505	238	961
	Presente	14°	426	280	927	483	239	874
		37°	432	292	1014	527	248	992
CV (%)			12,57	10,53	8,47	9,35	10,54	9,46
Nível de significância								
Fontes da Ca e P			0,354	0,234	0,276	0,264	0,167	0,178
Ác. Fumárico			0,129	0,165	0,281	0,089	0,126	0,268
Fontes da Ca e P x Ác.			0,135	0,155	0,341	0,321	0,191	0,299
Época			0,178	0,026	0,042	0,000	0,222	0,000
Época x Fontes da Ca P			0,233	0,333	0,341	0,053	0,272	0,356
Época x Ác. Fumárico			0,090	0,132	0,111	0,244	0,169	0,376
Época x Ác. Fumárico x			0,325	0,107	0,199	0,075	0,098	0,096
Fontes de Ca e P								
Média das Épocas								
14°			408	286 ^b	934 ^a	431 ^a	242	834 ^a
37°			434	262 ^a	996 ^b	523 ^b	241	978 ^b

¹Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância.

mucosa do duodeno e altura de vilosidade e espessura de mucosa para o jejuno. No 37° dia a altura de vilosidade do duodeno, a altura de vilosidade e espessura de mucosa do jejuno foram maiores que no 14° dia mostrando recuperação da vilosidade. A profundidade da cripta do duodeno foi menor no 37° dia em comparação com o 14° dia demonstrando que nesse período a velocidade de substituição das células da cripta para o ápice da vilosidade foi mais intensa. 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 são renovadas em seu ápice, comparada com

a velocidade com que elas são substituídas pelas células da cripta (CUNNINGHAM, 1992).

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. Entretanto verificaram 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 VIEIRA (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 que não receberam acidificantes e antibióticos.

PICKARD *et al.* (2001) avaliaram o efeito do poder tamponante das rações sobre a acidez 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 melhora na saúde intestinal, e uma recuperação mais rápida dos leitões submetidos a desafios de ordem nutricional e/ou patológica.

CONCLUSÕES

Considerando o período total da fase de creche, não houve vantagem do uso do ácido fumárico nas rações, contudo, o carbo-amino-fosfo-quelato de cálcio pode substituir as fontes inorgânicas de Ca e P nas dietas de leitões, até 57 dias de idade, sem prejuízo no desempenho e na morfometria do intestino delgado.

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.
- 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 tecnico/PDF/janeiro2006.pdf](http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/Boletim_tecnico/PDF/janeiro2006.pdf). Acesso em: 25 ago 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**, v. 66, n. 5, p. 1100-1108, 1988.
- 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**, v. 79, n.8, p. 2123-2133, 2001.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, 450p.
- FALKOWSKI, J.F; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, v.58, n.4, p.935-938, 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.).
- 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**, v.61 (Suppl. 1), p. 299, 1985.
- GIESTING, D.W.; ROOS, M.A. e 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**, v. 69, n.6, p. 2489-2496, 1991.
- GOMES, F. E.; FONTES, D. O.; SALIBA, E.O.S.; FERREIRA, W. M.; FIALHO, E.T.; SILVA, F.C.O.; SILVA, M.A.; CORRÊA, G.S.S.; SALUM, G.M. 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**, v.40, n.3, p.505-509, 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**, v.70, n.7, p.1391-1403, 1987.
- KNARREBORG, A. MIQUEL, N; GRANLI, T.; JENSEN, B.B. Establishment and application of an in vitro methodology 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.
- 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**, v.72, n. 3, p.353-368, 1994.
- 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, Yorkg, 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**, v.76, n.7, p.1880-1886,1998.
- REDDY, A. B.; DWIVED, J. N.; ASHMEAD, A. D. Mineral chelation generates profit. **Missed-World Poultry**, v. 8, p. 13-15, 1992.
- 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**, v.70, n.1, p.196-206, 1992.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.O.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. Tabelas Brasileiras para aves e suínos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- 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.
- 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.
- 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. **British Journal Nutrition**, v.45, p.337-346, 1981.