



Fontes orgânicas e inorgânicas de zinco e cobre como melhoradores de desempenho em leitões desmamados

Mêndelson Henrique Baldassa Muniz¹, Dirlei Antonio Berto², Lucélia Hauptli¹, Cíntia Fracarolli³, Messias Alves da Trindade Neto⁴, Luis Fernando Monteiro Tamassia⁵, Francisco Stefano Wechsler²

¹ Pós-graduação em Zootecnia, UNESP - FMVZ, Departamento de Produção Animal, CP: 560, Faz. Lageado, CEP: 18618-000, Botucatu, SP.

² UNESP - FMVZ, Departamento de Produção Animal, Botucatu, SP.

³ Bolsista Iniciação Científica - FAPESP.

⁴ USP - FMVZ, Departamento de Produção e Nutrição Animal, Pirassununga, SP.

⁵ Tortuga Cia. Zootécnica Agrária, Mairinque, SP.

RESUMO - Foram conduzidos dois experimentos para avaliar fontes orgânicas e inorgânicas de zinco e cobre nas dietas e seus efeitos no desempenho de leitões desmamados aos 21 dias de idade. Em cada experimento, foram utilizados 90 leitões em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco dietas, seis repetições e três animais por parcela. As dietas utilizadas nos experimentos 1 e 2 continham 120 ppm de zinco e 10 ppm de cobre na forma de sulfato. No experimento 1, foram suplementadas com 0, 300, 600 e 900 ppm de zinco na forma orgânica ou 2.400 ppm na forma de óxido (ZnO) e, no experimento 2, com 0, 50, 100 e 150 ppm de cobre na forma orgânica ou 240 ppm de cobre na forma de sulfato (CuSO₄ H₂O). No experimento 1, os níveis de zinco de fonte orgânica tiveram efeito linear no consumo de ração e no ganho de peso nos períodos de 0 a 15 dias e de 0 a 21 dias pós-desmame. O ganho de peso nas fases de 0 a 35 dias e de 0 a 42 dias pós-desmame e o consumo de ração dos leitões que receberam a dieta com 900 ppm de zinco de fonte orgânica não diferiram dos valores observados naqueles que receberam a dieta com 2.400 ppm de zinco na forma inorgânica. A suplementação da dieta com zinco na forma orgânica (900 ppm) ou inorgânica (2.400 ppm) aumentou o consumo de ração e o ganho de peso de leitões nas primeiras três semanas após o desmame. A suplementação da dieta com 2.400 ppm de zinco na forma inorgânica reduziu a incidência de diarreia nas primeiras três semanas pós-desmame. No experimento 2, os níveis de cobre de fonte orgânica tiveram efeito quadrático no consumo de ração dos leitões nos períodos de 0 a 31 e de 0 a 40 dias pós-desmame. A suplementação da dieta com cobre, tanto de fonte orgânica (90 ppm) como inorgânica (240 ppm), aumenta o consumo de ração e o ganho de peso de leitões nos primeiros 40 dias pós-desmame.

Palavras-chave: desempenho, diarreia, minerais, suínos

Organic and inorganic source of zinc and copper as growth promoters for weanling piglets

ABSTRACT - Two experiments were conducted to evaluate organic and inorganic sources of zinc and copper and their effects on performance of piglets weaned at 21 days of age. In each experiment, it was used 90 piglets in a randomized block experimental design with five diets and six replications and three animals per plot. The diets used in experiments 1 and 2 contained 120 ppm zinc and 10 ppm copper as sulfate. The diets of experiment 1 were supplemented with 0, 300, 600 or 900 ppm of zinc in organic form or 2,400 ppm as zinc oxide (ZnO) and in the experiment 2, the diets were supplemented with 0, 50, 100 and 150 ppm copper in organic form or 240 ppm copper as sulphate (CuSO₄H₂O). In the experiment 1, levels of zinc from the organic source linearly affected on feed intake and weight gain from 0 to 15 days and from 0 to 21 days post weaning. Weight gain in the 0 to 35 day phase and from 0 to 42 days post-weaning and feed intake of the piglets fed diet with 900 ppm zinc from organic source were not different from the values observed on those fed diet 2,400 ppm of zinc from the inorganic form. Supplementation of diet with zinc in the organic form (900 ppm) or inorganic form (2,400 ppm) increased feed intake and weight gain of piglets in the first three weeks after weaning. Supplementation of diet with 2,400 ppm of zinc in the inorganic form reduced the occurrence of diarrhea in the first three weeks post-weaning. In experiment 2, levels of copper from organic source had a quadratic effect on feed intake of piglets in the periods from 0 to 31 and from 0 to 40 days post-weaning. The supplementation of diet with copper in organic form (90 ppm) or inorganic form (240 ppm) increases feed intake and weight gain of piglets on the first 40 days post-weaning.

Key Words: diarrhea, minerals, performance, swines

Introdução

O desmame de leitões no Brasil é realizado, em média, aos 21 dias de idade, quando funções fisiológicas desses animais ainda não estão adequadamente desenvolvidas para digestão de vários componentes presentes nas rações. As duas primeiras semanas pós-desmame são consideradas críticas, pois além do comprometimento no desempenho é comum o surgimento de diarreias.

O emprego do zinco inorgânico (ZnO) tem sido difundido na suinocultura como melhorador de desempenho, devido ao baixo custo e à eficiência no controle de diarreia pós-desmame (Poulsen, 1995). A exigência nutricional de Zn para leitões é de 80 ppm a 100 ppm (NRC, 1998) e os níveis utilizados como melhoradores de desempenho variam de 2.000 a 3.000 ppm (Case & Carlson, 2002; Buff et al., 2005; Gaudré & Quiniou, 2009).

O cobre é um mineral também adicionado em dietas de leitões recém-desmamados com ação melhoradora de desempenho, especialmente na forma de sulfato (Coffey et al., 1994; Veum et al., 2004), em níveis entre 100 ppm a 250 ppm, sendo a recomendação nutricional de 5 a 6 ppm (NRC, 1998).

O impacto ambiental decorrente do excesso de minerais depositados no solo, advindos dos dejetos animais tem sido crescente. A utilização dos minerais nas formas orgânicas apresenta-se como uma opção na substituição das formas inorgânicas, diminuindo a eliminação no meio ambiente, devido à maior biodisponibilidade (Hahn & Baker, 1993).

Estudos mostram melhor desempenho de leitões com dietas suplementadas com Zn na forma orgânica, em relação a leitões alimentados com dietas suplementadas com Zn na forma de sulfato (Lee et al., 2001; Buff et al., 2005).

Leitões alimentados com dietas contendo 50 ppm ou 100 ppm de cobre na forma de Cu-proteinado apresentaram consumo de ração e ganho de peso superior e maior absorção e retenção de cobre, comparados aos alimentados com dietas com 250 ppm de cobre na forma de sulfato (Veum et al., 2004).

A recomendação para o uso de minerais de fontes orgânicas, como melhoradores de desempenho na ração de

leitões, seria de 100 ppm de cobre como Cu-lisina em substituição ao sulfato de cobre e de 250 ppm de zinco como Zn-metionina, em substituição ao óxido de zinco (Ward et al., 1997).

Desse modo, o objetivo neste estudo foi avaliar os efeitos de níveis de zinco ou cobre de fontes orgânicas nas dietas, em comparação a fontes inorgânicas, sobre o desempenho e a incidência de diarreia em leitões desmamados.

Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Estadual Paulista, nas instalações de creche do Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Câmpus de Botucatu, totalizando 42 e 40 dias para os ensaios 1 e 2, respectivamente.

Em cada experimento, foram utilizados 90 leitões de genética comercial (machos castrados e fêmeas), desmamados, com idade média de 21 dias e com pesos iniciais de $5,36 \text{ kg} \pm 0,34$ (experimento 1) e $5,68 \text{ kg} \pm 0,31$ (experimento 2). Os leitões foram alojados em creche, confinados em baias metálicas suspensas, equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica para aquecimento.

As dietas do primeiro experimento foram: dieta basal com 120 ppm de zinco (ZnO) fornecidos via suplemento mineral e outras três dietas obtidas pela suplementação da dieta basal com 300, 600 e 900 ppm de zinco na forma orgânica ou 2.400 ppm de zinco inorgânico (ZnO) (Tabela 1). As dietas do segundo experimento foram: dieta basal com 10 ppm de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) fornecidos via suplemento mineral e outras três dietas obtidas pela suplementação da dieta basal com 50, 100 e 150 ppm de cobre na forma orgânica ou 240 ppm de cobre com sulfato ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (Tabela 1). As fontes orgânicas de minerais avaliadas nos dois ensaios eram "carboaminoquelatos" e foram produzidas para fins de pesquisa por empresa privada

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi em blocos ao acaso, com cinco dietas, seis repetições e três animais por unidade experimental.

Tabela 1 - Composição das fontes de zinco e cobre utilizadas nas dietas nos experimentos 1 e 2

Fonte de zinco (experimento 1)		Fonte de cobre (experimento 2)	
Zinco orgânico	Óxido de zinco (ZnO)	Cobre orgânico	Sulfato ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
-	-	-	-
300	-	50	-
600	-	100	-
900	-	150	-
-	2.400	-	240

As dietas no experimento 1 (Tabela 2) foram fornecidas nas fases pré-inicial (0 a 15 dias) e inicial 1 (16 aos 35 dias pós-desmame). Na última semana do período experimental (36 aos 42 dias pós-desmame), todos os leitões receberam uma mesma dieta inicial 2, com suplementação de 120 ppm de zinco. No experimento 2, as dietas experimentais (Tabela 2) foram fornecidas nas fases pré-inicial (0 aos 17 dias), inicial 1 (18 aos 31 dias) e inicial 2 (32 aos 40 dias pós-desmame).

Foram avaliados o consumo de ração diário, o ganho de peso diário e a conversão alimentar. No experimento 1, as pesagens dos leitões e o cálculo de ração consumida foram realizados no início e aos 15, 21, 35 e 42 dias e, no segundo experimento, no início e aos 17, 31 e 40 dias. Nos primeiros 15 dias dos dois experimentos, a incidência de diarreia nos

leitões foi verificada por um único observador no período da manhã, uma vez ao dia. Considerou-se diarreia quando, visualmente, as fezes apresentavam consistência fluida. Os valores de incidência de diarreia, calculados como percentual médio dos animais com diarreia na baía (p), foram submetidos à transformação angular: $p' = \arcsen * [\sqrt{(p/100)}]$, para posterior análise de variância.

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do *Statistical Analysis System* (SAS, 2001), sendo os efeitos dos níveis de minerais de fontes orgânicas estudados pela análise de regressão. Para comparação dos resultados obtidos entre o tratamento com o maior nível de mineral de fonte inorgânica com cada um dos demais, foi utilizado o teste Dunnett-Hsu.

Resultados e Discussão

Os níveis de zinco de fonte orgânica determinaram aumento linear no consumo de ração ($Y = 0,2048810 + 0,000050X$; $R^2 = 0,80$; $P=0,01$) e no ganho de peso ($Y = 0,132970 + 0,000037X$; $R^2 = 0,70$; $P = 0,01$) no período de 0 a 15 dias pós-desmame (Tabela 3). O mesmo foi observado para o consumo de ração ($Y = 0,301429 + 0,000056X$; $R^2 = 0,77$; $P = 0,01$) e ganho de peso ($Y = 0,21112 + 0,000034X$; $R^2 = 0,92$; $P = 0,05$) de 0 a 21 dias pós-desmame e no consumo de ração ($Y = 0,507647 + 0,000068X$; $R^2 = 0,67$; $P = 0,07$) no período de 0 a 35 dias (Tabela 3).

Esses resultados comprovam respostas positivas do desempenho dos leitões ao aumento dos níveis de zinco na forma orgânica até os 21 dias pós-desmame. Hollis et al. (2005) não observaram os mesmos benefícios quando usaram níveis de 150, 300 e 500 ppm de zinco como Zn-metionina nas dietas de leitões desmamados aos 20 dias em um período experimental de 28 dias.

Nos períodos de 0 a 15 e de 0 a 21 dias pós-desmame, a suplementação de 2.400 ppm de zinco inorgânico determinou maior consumo de ração e ganho de peso (Tabela 3). Os benefícios da inclusão de níveis farmacológicos de óxido de zinco no desempenho de leitões desmamados têm sido relatados por vários pesquisadores (Hahn & Baker, 1993; Smith et al., 1997; Hill et al., 2000).

Schell & Kornegay (1996), avaliando diferentes níveis de zinco (1.000, 2.000 e 3.000 ppm) como Zn-metionina, Zn-lisina, ZnO e ZnSO₄ nas rações de leitões desmamados aos 23 dias de idade, verificaram, nas duas primeiras semanas de experimento, menor ganho de peso nos leitões que receberam ZnSO₄ em relação aos que receberam ZnO e Zn-metionina. Não encontraram, porém, no período total do experimento (quatro semanas), diferenças no desempenho dos animais.

Tabela 2 - Composição das dietas basais pré-inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões nos experimentos 1 e 2

Ingrediente (%)	Pré-inicial ^{1,2}	Inicial 1 ^{1,2}	Inicial 2 ^{1,2}
Milho	51,300	61,200	67,830
Farelo de soja	27,000	28,680	27,210
Soja extrusada	4,320	0,250	0,000
Soro de leite	8,180	4,110	0,000
Farinha de peixe	3,000	0,000	0,000
Células sanguíneas	0,450	0,090	0,330
Levedura seca de cana	0,750	0,630	0,450
Açúcar de cana	1,460	0,850	0,000
Calcário	1,230	1,230	1,230
Fosfato bicálcico	0,910	1,410	1,350
Edulcorante ³	0,015	0,015	0,015
Antioxidante (BHT)	0,015	0,015	0,015
Sal comum	0,280	0,430	0,570
L-lisina (78%)	0,150	0,190	0,130
DL-metionina (99%)	0,050	0,050	0,040
L-treonina (98%)	0,070	0,050	0,030
L-triptofano (98%)	0,020	0,000	0,000
Suplemento mineral ⁴	0,500	0,500	0,500
Suplemento vitamínico ⁵	0,300	0,300	0,300
Valores calculados			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3291	3252	3166
Proteína bruta (%)	21,82	18,78	18,93
Lisina digestível (%)	1,29	1,04	1,00
Metionina digestível (%)	0,37	0,30	0,30
Treonina digestível (%)	0,78	0,63	0,62
Triptofano digestível (%)	0,25	0,21	0,21
Cálcio (%)	0,99	0,82	0,72
Fósforo disponível (%)	0,43	0,37	0,35

¹ Dietas pré-inicial, inicial 1 e 2 suplementadas com 120 ppm de zinco como ZnSO₄. Nas demais dietas, as fontes de Zn foram incluídas em substituição ao milho em níveis de 0,400; 0,804 ou 1,206% (fonte orgânica) ou 0,332% (ZnO).

² Dietas pré-inicial, inicial 1 e 2 suplementadas com 10 ppm de cobre como CuSO₄ H₂O. Nas demais dietas, as fontes de cobre foram incluídas em substituição ao milho em níveis de 0,068; 0,137 ou 0,201% (fonte orgânica) ou 0,069% (CuSO₄ H₂O).

³ Sucram (produto comercial).

⁴ Suplemento mineral contendo fontes inorgânicas de minerais, suprimindo as seguintes quantidades/kg de ração: 10 mg de Cu, 120 mg de Zn, 80 mg de Fe, 20 mg de Mn, 0,25 mg de Se e 0,14 mg de I.

⁵ Suplemento vitamínico (conteúdo/kg de ração): vit. A - 6.000 UI; vit. D3 - 1.320 UI; vit. E - 12 mg; vit. K3 - 1,47 mg; vit. B1 - 0,9 mg; vit. B - 23 mg; vit. B6 - 1,8 mg; vit. B12 - 12 mg; ácido fólico - 0,30 mg, ácido pantotênico - 9,3 mg; niacina - 18 mg; biotina - 0,09 mg; colina - 240 mg.

Tabela 3 - Desempenho e incidência de diarreia em leitões recebendo fonte orgânica ou inorgânica de zinco

Item	Fonte orgânica de zinco (ppm)				Óxido de zinco (ppm)	Regressão	CV
	0	300	600	900	2400		
0 a 15 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	209b	235b	233b	278b	331a	L ⁵	18,72
Ganho de peso (g/dia)	141b	142b	159b	190b	235a	L ⁵	22,72
Conversão alimentar	1,48	1,65	1,46	1,47	1,42	-	5,95
0 a 21 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	306b	334b	334b	382b	451a	L ⁵	15,78
Ganho de peso (g/dia)	217b	223b	236b	261b	310a	L ⁶	15,18
Conversão alimentar	1,41	1,50	1,41	1,46	1,45	-	2,61
0 a 35 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	502b	571b	544b	596b	699a	-	12,69
Ganho de peso (g/dia)	288b	313b	313b	330a	394a	-	12,21
Conversão alimentar	1,74	1,82	1,74	1,81	1,78	-	2,11
0 a 42 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	628b	692b	669b	713a	800a	-	9,13
Ganho de peso (g/dia)	359b	378b	390a	396a	457a	-	9,32
Conversão alimentar	1,74	1,83	1,72	1,80	1,75	-	2,44
0 a 15 dias pós-desmame							
Incidência de diarreia (%)	28,15b	25,18b	21,48b	21,85b	0,00a	-	78,72

a, b - Médias de cada nível de zinco quelato seguidas de letras distintas na linha diferem em relação à dieta com o óxido de zinco pelo teste de Dunnett-Hsu. L² = efeito linear (P = 0,01). L³ = efeito linear (P = 0,05). CV = coeficiente de variação.

O ganho de peso no período de 0 aos 35 dias pós-desmame, o consumo de ração e o ganho de peso de 0 a 42 dias pós-desmame dos animais que receberam dietas com 900 ppm de zinco de fonte orgânica não diferiram dos observados nos leitões alimentados com dietas contendo 2.400 ppm de zinco como ZnO (Tabela 3).

Os resultados obtidos nesse estudo são semelhantes aos verificados por Hollis et al. (2005), que compararam diferentes níveis de zinco orgânico, na forma de zinco-metionina (125, 250 ou 500 ppm), com 2.500 ppm de óxido de zinco nas dietas. Os autores observaram que no período total do experimento (28 dias) o óxido de zinco promoveu maior consumo de ração e ganho de peso, comparado com os tratamentos com zinco de fonte orgânica. Entretanto, as médias de consumo de ração e de ganho de peso dos animais que receberam fonte orgânica de zinco foram superiores à dos leitões alimentados com a dieta controle, com 125 ppm de zinco fornecido pelo suplemento mineral da ração.

Não houve efeito dos níveis de suplementação de zinco na forma orgânica e do tipo de fonte de zinco utilizada, sobre a conversão alimentar dos leitões, em nenhum dos períodos estudados (Tabela 3). Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Case & Carlson (2002), trabalhando com leitões desmamados aos 20 dias de idade, durante 28 dias de estudo, quando compararam níveis de óxido de zinco (150, 500 ou 3000 ppm de Zn) com 500 ppm de zinco nas formas de complexo Zn-aminoácido e

Zn-polissacarídeo nas dietas, não observando diferenças na conversão alimentar.

A incidência de diarreia nos 15 primeiros dias de experimento foi menor (P<0,05) nos animais que receberam 2.400 ppm de zinco na forma de ZnO na dieta, comparado com os que receberam zinco de fonte orgânica (Tabela 3). Os níveis crescentes de zinco de fonte orgânica não foram suficientes para o controle da diarreia, provavelmente pelo alto nível de farelo de soja utilizado na dieta dessa fase, pois tal ingrediente apresenta fatores antinutricionais, como inibidores de tripsina, que limitam o aproveitamento de nutrientes da dieta, e proteínas antigênicas, que causam alterações morfológicas na mucosa intestinal de leitões jovens (Hancock et al., 1990), podendo ter contribuído para os resultados inferiores de desempenho durante as três primeiras semanas do experimento. Porém, essa observação não ocorreu com os leitões que receberam zinco na forma inorgânica, mesmo com as dietas idênticas no nível de farelo de soja.

Hahn & Baker (1993) demonstraram melhoria no desempenho e na redução na incidência de diarreia em leitões desmamados aos 28 dias que consumiram altos níveis de óxido de zinco (1.000 ppm a 5.000 ppm de zinco na ração). Por outro lado, Fryer et al. (1992) não encontraram diferenças no desempenho nem na incidência de diarreia quando altos níveis de zinco foram adicionados nas rações.

O mecanismo de controle de diarreia pelo zinco não está bem esclarecido. Carlson et al. (1999) relacionaram o efeito

benéfico de doses farmacológicas de zinco como ZnO à elevação na concentração de metalotioneína, que é a proteína que regula a absorção dos minerais na mucosa intestinal, e ao aumento na síntese proteica e na proliferação celular, melhorando a condição intestinal. Além disso, o zinco atuaria também inibindo o transporte ativo de succinato para a célula de *Escherichia coli*, ou impedindo a atividade do sistema oxidase, inibindo a atividade da cadeia respiratória da bactéria ou mesmo impedindo a aderência das bactérias na mucosa intestinal (Arantes et al., 2005; Menin et al., 2006).

Os níveis crescentes de cobre de fonte orgânica nas dietas determinaram efeito quadrático sobre o consumo de ração ($P = 0,05$) nos períodos de 0 a 31 ($Y = 0,534700 + 0,001826X - 0,000010X^2$; $R^2 = 0,95$) e 0 a 40 ($Y = 0,688100 + 0,002110X - 0,000011X^2$; $R^2 = 0,95$) dias pós-desmame, com o máximo de consumo estimado para os níveis de 91,3 ppm e 95,9 ppm de cobre, respectivamente (Tabela 4). Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Veum et al. (2004), que verificaram efeito quadrático dos níveis de suplementação de cobre (até 200 ppm) de fonte orgânica (Cu- proteinado) nas dietas sobre o consumo de alimento de leitões no período de 0 a 28 dias pós-desmame.

No presente estudo, não foram observados efeitos da suplementação de cobre na forma orgânica ou inorgânica nas dietas, sobre a conversão alimentar e a incidência de diarreia dos leitões, bem como, no período de 0 a 17 dias, não foi observado efeito sobre o consumo de ração diário e ganho de peso diário (Tabela 4).

Os leitões alimentados com dietas com 10 ppm de cobre como CuSO_4 apresentaram resultados inferiores de

consumo de ração diário e ganho de peso diário nos períodos de 0 a 31 dias e de 0 a 40 dias ($P = 0,05$) pós-desmame, comparado àqueles que receberam dietas contendo 240 ppm de cobre como CuSO_4 (Tabela 4), comprovando a ação favorável de altos níveis de cobre para leitões desmamados, fato também verificado em outros estudos (Coffey et al., 1994; Smith et al., 1997).

Não foram verificadas diferenças entre as médias de consumo de ração diário e ganho de peso diário dos leitões que receberam cobre de fonte orgânica, em relação ao tratamento com 240 ppm de cobre como sulfato (Tabela 4). Isso indica a possibilidade da substituição do cobre inorgânico por níveis inferiores de cobre orgânico nas dietas, sem prejuízos no desempenho dos leitões em qualquer um dos períodos avaliados. Os resultados com o nível de 50 ppm de cobre na forma orgânica foram semelhantes aos obtidos com 240 ppm de Cu na forma de CuSO_4 . Veum et al. (2004) observaram que o desempenho de leitões desmamados alimentados com rações contendo 50 ppm ou 100 ppm de Cu como Cu-propionato foi melhor que daqueles alimentados com 250 ppm de Cu na forma de sulfato, com aumento na absorção e retenção de cobre.

Quando mesmos níveis de cobre na forma orgânica ou inorgânica foram avaliados como melhoradores de desempenho para leitões, vários autores demonstraram vantagens para as fontes orgânicas (Coffey et al., 1994; Apgar et al., 1995; Apgar & Kornegay, 1996). Por outro lado, Stansbury et al. (1990) não observaram diferenças no desempenho de leitões desmamados quando utilizaram diferentes fontes de Cu, em níveis de suplementação variando de 0 a 125 ppm de cobre na forma de CuSO_4 , de 62 ppm e 125 ppm

Tabela 4 - Desempenho e incidência de diarreia em leitões alimentados com rações contendo fonte orgânica ou inorgânica de cobre

Item	Fonte orgânica de cobre (ppm)				CuSO_4 (Cu ppm)	Regressão	CV
	0	50	100	150	240		
0 a 17 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	334	374	370	369	398	-	6,19
Ganho de peso (g/dia)	228	249	257	250	280	-	7,38
Conversão alimentar	1,47	1,51	1,45	1,49	1,43	-	2,15
0 a 31 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	532b	609a	604a	577a	626a	Q ¹	6,22
Ganho de peso (g/dia)	313b	355a	355a	347a	375a	-	6,48
Conversão alimentar	1,70	1,72	1,71	1,66	1,67	-	1,53
0 a 40 dias pós-desmame							
Consumo de ração (g/dia)	684b	777a	775a	756a	803a	Q ¹	5,94
Ganho de peso (g/dia)	391b	432a	439a	430a	459a	-	5,75
Consumo de ração (g/dia)	1,75	1,80	1,77	1,75	1,76	-	1,17
0 a 15 dias pós-desmame							
Incidência de diarreia (%)	11,48	5,92	8,52	7,78	5,18	-	31,80

aaa, b - Médias de cada nível de cobre de fonte orgânica seguidas de letras distintas na linha diferem em relação à dieta com sulfato de cobre (240 ppm de cobre) pelo teste de Dunnett-Hsu ($P = 0,05$).

Q¹ = efeito quadrático ($P = 0,05$). CV = coeficiente de variação.

de cobre na forma de quelato (Cu-EDTA) e de 32, 62 e 125 ppm de cobre na forma de quelato (Cu-polissacarídeo).

Do mesmo modo, Lima & Myada (2003) não verificaram efeito melhorador de desempenho para leitões, de diferentes níveis e fontes de cobre (citrato cúprico e CuSO_4), justificando os resultados pelo baixo desafio ambiental a que foram expostos os animais e pela elevada digestibilidade das dietas fornecidas.

Os mecanismos de ação do cobre como melhoradores de desempenho de leitões ainda não são bem conhecidos (Apgar et al., 1995; Hill et al., 2000), porém um deles seria seu efeito antimicrobiano (Cromwell, 2001). Efeito metabólico do cobre também foi sugerido por Zhou et al. (1994), que aplicaram injeções intravenosas de histidinato de cobre em leitões desmamados, em um período de 18 dias, em diferentes dosagens, observando respostas quadráticas no ganho diário de peso e na atividade mitogênica sanguínea, além de respostas lineares na concentração de cobre no fígado, no cérebro, no sangue e na atividade da superóxido dismutase, enzima que apresenta ação antioxidante.

Os resultados desse experimento não demonstraram respostas superiores de desempenho dos leitões que receberam fonte orgânica de cobre em relação àqueles que receberam fonte inorgânica, mas evidenciaram a possibilidade de sua substituição em níveis inferiores pela fonte orgânica, propiciando a mesma eficiência produtiva e, provavelmente, a diminuição na excreção desse micromineral para o meio ambiente.

Conclusões

A suplementação da dieta com zinco, na forma orgânica (900 ppm) e principalmente de fonte inorgânica (2.400 ppm), aumenta o consumo de ração e o ganho de peso de leitões nas primeiras três semanas após o desmame. Dietas com 2.400 ppm de zinco na forma inorgânica reduzem a incidência de diarreia em leitões nas primeiras três semanas pós-desmame. A adição de cobre na forma orgânica (90 ppm) ou inorgânica (240 ppm) nas dietas aumenta o consumo de ração e o ganho de peso nos primeiros 40 dias pós-desmame, no entanto, a fonte de cobre (orgânica ou inorgânica) não influencia o desempenho dos animais. O cobre, na forma orgânica (até 150 ppm) ou inorgânica (240 ppm), não reduz a incidência de diarreia em leitões nos primeiros 15 dias após o desmame.

Referências

- APGAR, G.A.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMAN, M.D. et al. Evaluation of copper sulfate and copper lysine complex as growth promoter for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.73, n.9, p.2640-2646, 1995.
- APGAR, G.A.; KORNEGAY, E.T. Mineral balance of finishing pigs fed copper sulfate or a copper-lysine complex at growth-stimulating levels. **Journal of Animal Science**, v.74, n.7, p.1594-1600, 1996.
- ARANTES, V.M.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N. et al. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados: Desempenho, incidência de diarreia, isolamento de *E.coli* e análise econômica. **Boletim de Indústria Animal**, v.62, n.3, p.189-201, 2005.
- BUFF, C.E.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R. et al. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.83, n.10, p.2380-2386, 2005.
- CARLSON, M.S.; HILL, G.M.; LINK, J.E. Early and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase-feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: effect on metallothionein and mineral concentration. **Journal of Animal Science**, v.77, n.5, p.1199-1207, 1999.
- CASE, C.L.; CARLSON, M.S. Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n.7, p.1917-1924, 2002.
- COFFEY, R.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2880-2886, 1994.
- CROMWELL, G.L. Antimicrobial and promicrobial agents. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Eds.) **Swine nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.401-426.
- FRYER, A.; MILLER, E.R.; KU, P.K. et al. Effect of elevated dietary zinc on growth performance of weanling swine. **Swine research report from the Michigan State University**. Agricultural Experimental Station East Lansing, n.520, p.128-132, 1992.
- GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.190-200, 2009 (supl. especial).
- HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacological levels of zinc. **Journal of Animal Science**, v.71, n.11, p.3020-3024, 1993.
- HANCOCK, J.D.; PEO JR., E.R.; LEWIS, A.J. et al. Effects of ethanol extraction and duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by growing rats and pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, n.10, p.3233-3243, 1990.
- HILL, G.M.; CROMWELL, G.L.; CRENSHAW, T.D. et al. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentration of zinc and copper to weanling pigs (regional study). **Journal of Animal Science**, v.78, n.4, p.1010-1016, 2000.
- HOLLIS, G.R.; CARTER, S.D.; CLINE, T.R. et al. Effects of replacing pharmacological levels of dietary zinc oxide with copper dietary levels of various organic zinc sources for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, n.9, p.2123-2129, 2005.
- LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J. et al. Evaluation of metal-amino chelated and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.14, p.1734-1740, 2001.
- LIMA, I.A.V.; MIYADA, V.S. Cobre orgânico e inorgânico como promotores de crescimento de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1657-1662, 2003 (supl.1).
- MENIN, A.; BRANCO, G.; FERRAZ, S. et al. Avaliação *in vitro* do papel do zinco no mecanismo de adesão da *Escherichia coli* em suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.34, n.2, p.149-152, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of swine**. 10.ed. Washington: National Academic Press, 1998. 189p.

- POULSEN, H.D. Zinc oxide for weanling piglets. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science**, v.45, p.159-167, 1995.
- SCHELL, T.C.; KORNEGAY, D.H. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological level of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine or ZnSO₄. **Journal of Animal Science**, v.74, n.7, p.1584-1593, 1996.
- SMITH, J.W.; TOKASCH, M.D.; GOODBAND, R.D. et al. Effects of the interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, n.7, p.1861-1866, 1997.
- STANSBURY, W.F.; TRIBBLE, L.F.; ORR, JR., D.E. Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, n.5, p.1318-1322, 1990.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **SAS language reference**. Version 8, Cary: 2001. 1042p.
- VEUM, T.L.; CARLSON, M.S.; WU, C.W. et al. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **Journal of Animal Science**, v.82, n.4, p.1062-1070, 2004.
- WARD, T.L.; ASCHE, G.L.; POLLMANN, S. Organic trace minerals examined in starter diets. **Feedstuffs**, n.26, p.13-16, 1997.
- ZHOU, E.T.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMAN, M.D. et al. Stimulation of growth by intravenous injection copper in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, n.9, p.2395, 1994.