

ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES COM DIETAS CONTENDO SORO DE LEITE FERMENTADO MAIS ZINCO E COBRE ORGÂNICO

PIGLETS FEEDING WITH DIETS CONTAINING MILK FERMENTED AND ZINC AND COPPER ORGANIC

Hauschild, L.^{1*}, Lovatto, P.A.², Lehnen, C.R.², Andretta, I.², Garcia, G.G.² e Daniel, E.¹

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Jaboticabal, SP. Brasil. *lhauschild@gmail.com

²Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria. Rio Grande do Sul. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Lactobacillus acidophilus. Metabólitos. Micro-minerais. Suínos.

ADDITIONAL KEYWORDS

Lactobacillus acidophilus. Metabolites. Micro-minerals. Pigs.

RESUMO

Um experimento foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de leitões alimentados com dietas contendo soro de leite fermentado mais Zn e Cu complexados a aminoácidos. Foram utilizados 64 leitões, meio-irmãos paternos em um delineamento de blocos ao acaso com dois tratamentos. Um tratamento consistiu de uma dieta controle (DC) com ZnO e CuSO₄ e o outro foi a DC sem CuSO₄ e com adição de soro de leite fermentado mais Zn e Cu complexados a aminoácidos (SLF_{Lact}+ZnCuAA). Cada tratamento teve oito repetições e quatro animais por unidade experimental. A presença de SLF_{Lact}+ZnCuAA na dieta de leitões não alterou (p>0,05) o peso vivo dos leitões no experimento. No entanto, o peso vivo diferiu (p<0,01) entre machos e fêmeas (24,3 vs. 24,0 kg) ao final do experimento. O consumo de ração dos animais do tratamento SLFLact+ZnCuAA foi superior (p<0,01) em 8% nos primeiros 14 dias (0,261 vs. 0,239 kg/d), 15% de 15 a 28 dias (0,756 vs. 0,675 kg/d) e 12% de 29 a 42 dias (1,091 vs. 0,962 kg/d) em relação ao grupo controle. No período total, o consumo dos animais alimentados com a dieta contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA foi 11% superior (p<0,01). O ganho de peso dos animais do tratamento com SLF_{Lact}+ZnCuAA foi superior (p<0,01) em 14% de 0 a 14 dias (0,176 vs. 0,152 kg/d), 11% de 15 a 28 dias (0,564 vs. 0,500 kg/d) e 12% de 29 a 42 dias (0,572 vs. 0,501 kg/d). O ganho médio diário nos 42 dias de experimento foi

12% superior (p<0,01) nos animais do tratamento com SLF_{Lact}+ZnCuAA comparado ao grupo controle (0,437 vs. 0,384 kg/d). A conversão alimentar do tratamento com SLF_{Lact}+ZnCuAA foi 8% menor (p<0,01) nos primeiros 14 dias (1,487 vs. 1,614). Adição de leite fermentado e Zn e Cu complexados a aminoácidos em dietas contendo óxido de zinco melhora o desempenho de leitões.

SUMMARY

An experiment was carried out to evaluate the performance of piglets fed rations containing fermented milk and zinc and copper amino acid complex. Sixty four piglets, littermates, were used. The experimental design was based on random block with two dietary treatments. One of these contained a basal diet (DB) with ZnO and CuSO₄ and the other one with the DB, but without CuSO₄ and with the addition of fermented milk and zinc and copper amino acid complex (SLF_{Lact}+ZnCuAA). There were eight replicate pens per treatment, and pigs were grouped at 4 per pen. The SLF_{Lact}+ZnCuAA didn't not affect (p>0.05) final live weight of the piglets. However, live weight was different (p<0.01) between males and females (24.3 vs. 24.0 kg) at end of experiment. The feed intake of animals feed with SLFLact+ZnCuAA was higher (p<0.01) in 8% in the first 14 days (0.261 vs. 0.239 kg/d), 15% from 15 to 28 days (0.756 vs. 0.675 kg/d), 12% from 29 to 42 days (1.091 vs. 0.962 kg/d) in relation to the control group. Over the total period, the intake of animals fed with the diet containing SLF_{Lact}+ZnCuAA was 11% higher (p<0.01). The weight gain of animals of the treatment with SLF_{Lact}+ZnCuAA was superior (p<0.01) in 14% from 0 to 14 days (0.176 vs. 0.152 kg/d), 11% from 15 to 28 days (0.564 vs. 0.500 kg/d) and 12% from 29 to 42 days (0.572 vs. 0.501 kg/d). The average daily gain in 42 days of experiment was

Recibido: 22-9-10. Aceptado:8-6-11.

Arch. Zootec. 61 (233): 71-77. 2012.

d) and 12% from 29 to 42 days (1.091 vs. 0.962 kg/d) compared to control group. Daily average feed intake in the experimental period was 11% higher ($p < 0.01$) for the animals fed with the diet contained SLF_{Lact}+ZnCuAA. Weight gain of the treatment with SLF_{Lact}+ZnCuAA was higher ($p < 0.01$) by 14% from 0 to 14 days (0.176 vs. 0.152 kg/d), 11% from 15 to 28 days (0.564 vs. 0.500 kg/d) and 12% from 29 to 42 days (0.572 vs. 0.501 kg/d). Average daily weight gain of 42 days of trial of treatment with SLF_{Lact}+ZnCuAA was 12% higher ($p < 0.01$) compared to control group (0.437 vs. 0.384 kg/d). Feed conversion ratio was 8% lower ($p < 0.01$) for treatment with SLF_{Lact}+ZnCuAA in the first 14 days (1.487 vs. 1.614). Supplementation with fermented milk and zinc and copper amino acid complex in diets containing zinc oxide improved growth performance of weanling piglets.

INTRODUÇÃO

A redução da idade dos leitões ao desmame vem sendo utilizada com o objetivo de melhorar a produtividade das matrizes (Holtkamp, 1995). Entretanto, devido à imaturidade fisiológica e imunológica dos leitões nessa idade, a prática expõe os animais a fatores que contribuem para incidências de diarreias (Lallès *et al.*, 2004). Dessa forma, novos aditivos nutricionais têm sido estudados com o objetivo de melhorar a adaptação dos leitões a troca de uma alimentação líquida (leite) para sólida (ração).

O uso de níveis elevados de Zn e Cu na dieta é uma prática amplamente adotada, com resultados satisfatórios na sanidade e desempenho dos animais (Hahn e Baker, 1993). Essa estratégia, entretanto, devido ao aumento da excreção desses elementos nas fezes e consequentemente no solo, pode comprometer o desenvolvimento de microorganismos e plantas (Jondreville *et al.*, 2003). Neste contexto, ainda existe a necessidade de rever estratégias para alcançar bons resultados sanitários e de desempenho com aspectos ambientais.

Em dietas convencionais, o Zn ou Cu alimentar não atendem a exigência desses microminerais para leitões (Jondreville *et*

al., 2003). As fontes inorgânicas têm sido as mais utilizadas nas dietas com inclusões elevadas. Esses níveis têm sido utilizados devido a ação terapêutica no controle da diarreia (Jensen-Waern *et al.*, 1998) e na melhora da morfologia intestinal (Carlson *et al.*, 1999). O Zn aumenta a altura das vilosidades quando utilizado em níveis terapêuticos devido atuar na proliferação celular (Carlson *et al.*, 1998). O uso de fontes orgânicas, como Zn ou Cu complexados a aminoácidos pode potencializar a ação do Zn na camada epitelial devido os aminoácidos atuarem como co-transportadores de nutrientes na interface lúmen-enterócitos. Adicionalmente, as fontes orgânicas, como Zn ou Cu complexado a aminoácidos, apresentam melhor absorção e biodisponibilidade comparada às inorgânicas (Revy *et al.*, 2002), o que poderia reduzir a excreção desses minerais no ambiente.

Outro aditivo que tem despertado a atenção por seus efeitos imunomoduladores é um composto de metabólitos provenientes da fermentação do soro de leite por uma cepa de *Lactobacillus acidophilus* (Machnicki *et al.*, 1993). A lactoferrina, um desses metabólitos, quando adicionado nas dietas, melhora a imunidade e morfologia intestinal de leitões (Wang *et al.*, 2006).

O uso desses metabólitos associados a Zn e Cu na dieta pode melhorar o desempenho de leitões devido aos efeitos benéficos, mas essa hipótese ainda não foi avaliada em estudos *in vivo*. Portanto, este trabalho foi conduzido para avaliar o desempenho de leitões alimentados com dietas contendo soro de leite fermentado e Zn e Cu complexados a aminoácidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 64 leitões geneticamente homogêneos, oriundos de cruzamentos industriais, com idade e peso vivo inicial médio de 21 dias e 6,72 quilogramas. Os leitões foram alojados em 16 baias elevadas (1,50 x 1,37 x 0,80 m) com

ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES COM SORO DE LEITE FERMENTADO, ZN E CU

piso parcialmente vazado, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo concha. A temperatura da sala-creche foi mantida dentro da zona de conforto térmico recomendada para a fase.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com dois tratamentos: um composto por uma dieta controle (DC) contendo ZnO e CuSO₄; outro tratamento com a mesma DC, contendo sem CuSO₄ e com adição de soro de leite fermentado por *Lactobacillus acidophilus* + Zn e Cu complexados a aminoácidos (SLF_{Lact} + ZnCuAA). Cada tratamento teve oito repetições e quatro animais por unidade experimental. Na formação dos blocos foram considerados o peso vivo inicial e o sexo dos animais.

A dieta controle (**tabela I**) foi formulada para atender as recomendações nutricionais do NRC (1998) para suínos no intervalo de peso entre 6 a 12 kg (fase 1), 13 a 18 kg (fase 2) e de 19 a 23 kg (fase 3). O SLF_{Lact} + ZnCuAA foi adicionado somente nas fases 1 (0 a 14 dias) e 2 (14 a 28 dias). Nas dietas com SLF_{Lact} + ZnCuAA não foi adicionado CuSO₄ e foi reduzido em 1,5% o nível de lactose. Na fase 3 (29 a 42 dias), quando as dietas não continham (SLF_{Lact} + ZnCuAA), foi adicionado somente 400 e 800 ppm de ZnAA e CuAA. O SLF_{Lact} + ZnCuAA é um aditivo nutricional microbiológico produzido através da fermentação do soro de leite por uma cepa específica de *Lactobacillus acidophilus*. A lactoferrina, uma glicoproteína multifuncional, é um dos principais metabólitos presente neste aditivo. Nesse composto também são adicionados complexos de Zn e Cu com aminoácidos resultante de um sal solúvel de metal com um aminoácido (AAFCO, 2003). O perfil nutricional do aditivo SLF_{Lact} + ZnCuAA está apresentado na **tabela II**. Os animais receberam alimentação à vontade e tiveram livre acesso à água.

Os dados de ganho de peso foram obtidos por pesagens semanais individuais dos animais. O consumo médio diário de ração

Tabela I. Ingredientes e composição calculada da dieta controle. (Ingredients and calculated composition of the control diet).

Ingredientes	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Milho	32,43	44,43	61,12
Milho pré-cozido	19,07	7,90	1,93
Farelo de soja	12,00	25,00	31,80
Óleo vegetal	1,00	1,00	2,00
Soja micronizada	14,00	7,40	-
Açúcar	2,00	2,00	-
PL 70% lactose ¹	6,07	5,00	-
PL 40% lactose ²	10,00	4,00	-
Premix ³	1,34	2,00	2,35
Antibióticos ⁴	0,08	0,08	0,02
Acidificante ⁵	0,40	0,40	0,40
L-lisina	0,57	0,25	0,17
DL-metionina	0,28	0,13	0,08
L-treonina	0,24	0,09	0,06
L-triptofano	0,05	-	-
Óxido de zinco 75%	0,40	0,25	-
Sulfato de cobre 25%	0,07	0,07	0,07
Composição calculada			
EM, kcal/kg	3265	3265	3265
Proteína bruta, %	22,500	21,02	20,30
Cálcio, %	0,906	0,886	0,946
Fósforo total, %	0,682	0,653	0,650
Fósforo disponível, %	0,481	0,444	0,425
Lisina, %	1,260	1,118	1,172
Metionina + cistina, %	0,720	0,580	0,625
Metionina, %	0,499	0,340	0,327
Treonina, %	0,810	0,721	0,803

EM: Energia metabolizável. ¹Produto comercial: Nuklospray K-21; ²Produto comercial: Nuklospray K-43; ³Premix mineral, vitamínico e protéico. Quantidades por kg de alimento nas fases 1, 2 (F2) e 3 (F3): I: 3, 8 (F2) e 8 mg (F3); Co: 2 mg; Fe: 200, 500 (F2) 1320 mg (F3); Mn: 80, 200 (F2) e 320 mg (F3); Vit. A: 30 000, 60 000 (F2) e 160 000 UI (F3); Vit. D3: 6000, 12 000 (F2) e 30 000 UI (F3); Vit. E: 150, 300 (F2) e 1000 mg (F3); Vit. K3: 6, 12 (F2) e 40 mg (F3); Vit. B12: 100, 200 (F2) e 400 mg (F3); Ácido nicotínico: 90, 180 mg (F2); Ácido fólico: 9, 18 (F2) e 16 mg (F3); Biotina: 0,6, 1,2 (F2) e 2 mg (F3); Ácido pantotênico: 30, 60 (F2) e 200 mg; Proteína bruta: 17, 14% (F2). ⁴Sulfato de colistina nas fases 1 e 2: 625 mg/kg; Halquinol em todas as fases: 200 mg/kg; ⁵Produto comercial: Calprona PP6.

Tabela II. Perfil nutricional do soro de leite fermentado com *Lactobacillus acidophilus* com adição de zinco e cobre complexados a aminoácidos (SLF_{Lact}+ZnCuAA). (Nutritional profile of whey fermented with *Lactobacillus acidophilus* with the addition of zinc and copper complexed to amino acids - SLF_{Lact}+ZnCuAA).

Nutrientes	SLF _{Lact} + ZnCuAA
Matéria seca, %	92,0
Proteína, %	16,0
Extrato etéreo, %	1,5
Lactose, %	15,0
pH	3,7 a 4,3
Ácido láctico	5,0
Energia metabolizável, kcal/kg	2755
Zinco, ppm	2000
Cobre, ppm	4000

foi obtido pela pesagem da ração fornecida menos os resíduos presentes nos comedouros. Os dados de peso vivo foram analisados por medidas repetidas no tempo através do procedimento Proc Mixed do SAS. No modelo foram inseridos o efeito de tratamento, bloco, sexo, período e tratamento*período. Na análise de medidas repetidas no tempo foi utilizada a estrutura de covariância autoregressiva (AR). Os dados de consumo médio de ração, ganho de peso e conversão alimentar obtidos foram submetidos à análise de variância incluindo no modelo os efeitos dos tratamentos, bloco e sexo. As análises estatísticas foram reali-

zadas através do SAS versão 8.0 (SAS, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de peso vivo dos leitões alimentados com a dieta controle e dieta contendo soro de leite fermentado e zinco e cobre complexados a aminoácidos (SLF_{Lact}+ZnCuAA) estão apresentados na **tabela III**. A presença de SLF_{Lact}+ZnCuAA na dieta de leitões não alterou ($p>0,05$) o peso vivo dos leitões no experimento. No entanto, o peso vivo diferiu ($p<0,01$) entre machos e fêmeas (24,3 vs. 24,0 kg) ao final do experimento.

No metabolismo proteico o Zn atua de forma positiva na síntese de DNA, devido ao seu efeito primário na expressão genética (Underwood e Suttle, 1999). No entanto, níveis elevados de Zn na dieta ou no plasma não implicam necessariamente em um aumento na síntese proteica. Todo o Zn excedente, não utilizado pelo organismo, é excretado nas fezes e na urina através de mecanismos homeostáticos (Poulsen e Larsen, 1995). Nesse estudo, em ambos os tratamentos, os níveis suplementados atendem a exigência de Zn para a síntese de proteína o que pode explicar não ter havido diferenças entre os tratamentos quanto ao peso vivo. Outros estudos também não observaram diferenças no peso vivo de leitões alimentados com dietas contendo Zn ou Cu complexados a aminoácidos (Coffey *et al.*, 1994; Muniz *et al.*, 2010) O

Tabela III. Peso vivo de leitões alimentados com a dieta controle e da dieta contendo soro de leite fermentado mais zinco e cobre complexados a aminoácidos (SLF_{Lact}+ZnCuAA). (Body weight of piglets fed with control diet and diet containing fermented whey plus zinc and copper complexed to amino acids - SLF_{Lact}+ZnCuAA).

Variáveis	Controle	SLF _{Lact} +ZnCuAA	Nível de probabilidade	
Peso vivo, kg			Tratamento	p=0,096
Inicial	6,68	6,77	Bloco	p=0,815
14 d	8,81	9,23	Sexo	p<0,001
28 d	15,77	17,13		
42 d	23,15	25,14	Erro padrão das médias	0,208

ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES COM SORO DE LEITE FERMENTADO, ZN E CU

estudo de Carlson *et al.* (2004) não mostrou diferenças no peso de leitões recém desmamados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Zn (50 a 800 ppm) complexados a uma proteína ou contendo 2000 ppm de Zn na forma de ZnO (inorgânica) ao final de 28 dias experimentais.

O desempenho zootécnico dos leitões alimentados com a dieta controle e a dieta contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA está apresentado na **tabela IV**. Houve diferença entre os tratamentos ($p < 0,01$) no consumo de ração em todas as fases e no período total. Nos primeiros 14 dias, o consumo da dieta contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA pelos leitões foi 8% superior ($p < 0,01$) comparada à dieta controle (0,261 vs. 0,239 kg/d). Entre os 15 e 28 dias de experimento, o consumo de ração dos animais alimentados com a dieta contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA foi 11% superior ($p < 0,01$) em relação ao tratamento controle (0,756 vs. 0,675 kg/d). Dos 29 aos 42 dias, o consumo de ração dos animais alimentados com a dieta contendo SLF_{Lact}+

ZnCuAA foi 12% superior ($p < 0,01$) comparado ao grupo controle (1,091 vs. 0,962 kg/d). No período total o consumo dos animais alimentados com a dieta contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA foi 11% superior ($p < 0,01$).

O ganho de peso dos animais do tratamento contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA foi 14% superior ($p < 0,01$) de 0 a 14 dias (0,176 vs. 0,152 kg/d), em 11% de 15 a 28 dias (0,564 vs. 0,500 kg/d) e em 12% de 29 a 42 dias (0,572 vs. 0,501 kg/d). O ganho de peso médio dos animais alimentados com dietas contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA durante os 42 dias foi 12% superior ($p < 0,01$) comparado ao grupo controle (0,437 vs. 0,384 kg/d). A conversão alimentar foi 8% melhor ($p < 0,01$) para os leitões alimentados com dietas contendo SLF_{Lact}+ZnCuAA comparada à dieta controle nos primeiros 14 dias de experimento (1,487 vs. 1,614). Nas demais fases e no período total não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

O Zn, pelo papel importante na proliferação celular (Revy *et al.*, 2003), aumenta

Tabela IV. Desempenho zootécnico de leitões alimentados com uma dieta controle e outra contendo soro de leite fermentado e zinco e cobre complexados a aminoácidos (SLF_{Lact}+ZnCuAA). (Performance of piglets fed with control diet and diet containing fermented whey plus zinc and copper complexed to amino acids - SLF_{Lact}+ZnCuAA).

Variáveis	Controle	SLF _{Lact} +ZnCuAA	Epr ¹	Efeito
Consumo de ração, kg/dia				
0-14 d	0,239	0,261	0,011	T**; B; S
15-28 d	0,675	0,756	0,027	T**; B; S**
29-42 d	0,962	1,091	0,032	T**; B; S**
1-42 d	0,625	0,703	0,022	T**; B; S*
Ganho de peso, kg/dia				
0-14 d	0,152	0,176	0,009	T**; B; S
15-28 d	0,500	0,564	0,022	T**; B; S*
29-42 d	0,501	0,572	0,019	T**; B; S**
1-42 d	0,384	0,437	0,013	T**; B; S**
Conversão alimentar				
0-14 d	1,614	1,487	0,076	T**; B; S
15-28 d	1,364	1,34	0,032	T; B; S
29-42 d	1,964	1,925	0,085	T; B; S
1-42 d	1,652	1,585	0,055	T; B; S

¹Erro padrão das médias, T= tratamento; B= bloco; S= sexo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

a altura das vilosidades quando utilizado em níveis terapêuticos (Carlson *et al.*, 1998). A lactoferrina, além de aumentar a altura das vilosidades, também reduz a profundidade das criptas quando adicionada em dietas de leitões (Wang *et al.*, 2006). Adicionalmente, esse metabólito possui outras funções fisiológicas, como proteção contra infecções intestinais (Dial *et al.*, 1998) e regulação da função imune (Lee, 1998). Esse efeito positivo na morfologia ou imunidade de cada componente da dieta contendo $SLF_{Lact} + ZnCuAA$ contribui de forma aditiva no aumento do consumo e melhora do desempenho dos animais. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram encontrados por Wang *et al.* (2007), que constataram aumentos na ordem de 34% no ganho de peso diário, 17% no consumo diário de ração e melhora de 12,8% na conversão alimentar de leitões recém desmamados alimentados com uma dieta contendo 1 g/kg de lactoferrina. Os mesmos autores atribuíram esses resultados à microbiologia e morfologia do intestino delgado, que também foram positivamente influenciadas por esse metabólito. Em estudos semelhantes, além de conferir melhor desempenho, a lactoferrina melhorou a imunidade de leitões recém desmamados, indicando ser uma alternativa ao uso de antibióticos (Wang *et al.*, 2006 e Shan *et al.*, 2007).

A proibição pela União Europeia do uso de antibióticos como promotores de crescimento em dietas para leitões a partir

de 1997 intensificou as pesquisas na busca de novas alternativas (Casewell *et al.*, 2003). O uso de dietas integrando diferentes aditivos nutricionais pode ser uma prática que permita substituir parcial ou totalmente os antibióticos. O uso de Zn e Cu suplementados nas dietas já é uma prática amplamente utilizada. Os níveis e as fontes adequadas, contudo, ainda são motivos de discussões quando se refere a aspectos ambientais. Nesse estudo, foi possível reduzir o nível de Cu na dieta com $SLF_{Lact} + ZnCuAA$ e manter bons resultados de desempenho.

CONCLUSÕES

O uso de soro de leite fermentado e zinco e cobre complexados a aminoácidos em dietas contendo óxido de zinco aumenta o consumo de ração e ganho de peso de leitões na creche e melhora a conversão alimentar nos primeiros 14 dias de creche.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Zinpro Corporation (Eden Prairie, MN) pelo financiamento parcial do projeto. À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de mestrado à Ines Andretta e de doutorado à Cheila Roberta Lehen. Ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa a Paulo Alberto Lovatto.

BIBLIOGRAFIA

- AAFCO. 2003. Association of American Feed Control Official. Official publication 2003. <<http://www.aafco.org/Home/OrderAAFCOPublications>> (02/12/2009).
- Carlson, M.S., Boren, C.A., Wu, C., Huntington, C.E., Bollinger, D.W. and Veum, T.L. 2004. Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma and excretion of nursery pigs. *J Anim Sci*, 82: 1359-1366.
- Carlson, M.S., Hill, G.M. and Link, J.E. 1999. Early- and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase-feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: effect on metallothionein and mineral concentrations. *J Anim Sci*, 77: 1199-1207.
- Carlson, M.S., Hoover, S.L., Hill, G.M., Link, J.E. and Turk, J.R. 1998. Effect of pharmacological zinc on intestinal metallothionein concentration and morphology in the nursery pig. *J Anim Sci*, 76: 57.

ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES COM SORO DE LEITE FERMENTADO, ZN E CU

- Casewell, M., Friis, C., Marco, E., McMullin, P. and Phillips, I. 2003. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J Antimicrob Chemoth*, 52: 159-161.
- Coffey, R.D., Cromwell, G.L. and Monegue, H.L. 1994. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. *J Anim Sci*, 72: 2880-2886.
- Dial, E.J., Hall, L.R., Serna, H., Romero, J.J., Fox, J.G. and Lichtenberger, L.M. 1998. Antibiotic properties of bovine lactoferrin on *Helicobacter pylori*. *Digest Dis Sci*, 43: 2750-2756.
- Hahn, J.D. and Baker, D.H. 1993. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *J Anim Sci*, 71: 3020-3024.
- Holtkamp, D.J. 1995. Productivity gains related to segregated early weaning in pigs. In: Annual Meeting of American Association of Swine Practitioners. Nebraska. pp. 217-223.
- Jensen-Waern, M., Melin, L., Lindberg, R., Johannisson, A., Petersson, L. and Wallgren, P. 1998. Dietary zinc oxide in weaned pigs - effects on performance, tissue concentrations, morphology, neutrophil functions and faecal microflora. *Res Vet Sci*, 64: 225-231.
- Jondreville, C., Revy, P.S. and Dourmad, J.Y. 2003. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. *Livest Prod Sci*, 84: 147-156.
- Lallès, J.P., Boudry, G., Favier, C., Le Floch, N., Luron, I., Montagne, L., Oswald, I.P., Pié, S., Piel, C. and Sève, B. 2004. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Anim Res*, 53: 301-316.
- Lee, W.L. 1998. The protective effects of lactoferrin feeding against endotoxin lethal shock in germ-free piglets. *Infect Immun*, 66: 1421-1426.
- Machnicki, M., Zimecki, M. and Zagulski, T. 1993. Lactoferrin regulates the release of tumour necrosis factor alpha and interleukin 6 *in vivo*. *Int J Exp Pathol*, 74: 433-439.
- Muniz, M.H.B., Berto, D.A., Hauptli, L., Fracarolli, C., Neto, M.A.T., Tamassia, L.F.M. e Wechsler, F.S. 2010. Fontes orgânicas e inorgânicas de zinco e cobre como melhoradores de desempenho em leitões desmamados. *Rev Bras Zootecn*, 39:1999-2005.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient requirements of swine. National Academy of Science. Washington. 189 pp.
- Poulsen, H.D. and Larsen, T. 1995. Zinc excretion and retention in growing pigs fed increasing levels of zinc oxide. *Livest Prod Sci*, 43: 235-242.
- Revy, P.S., Jondreville, C., Dourmad, J.Y. et Nys, Y. 2003. Le zinc dans l'alimentation du porc: oligoélément essentiel et risque potentiel pour l'environnement. *INRA Prod Anim*, 16: 3-18.
- Revy, P.S., Jondreville, C., Dourmad, J.Y., Guinotte, F. and Nys, Y. 2002. Bioavailability of two sources of zinc in weanling pigs. *Anim Res*, 51: 315-326.
- SAS. 2000. Statistical analysis system user's guide. Release 8.0. SAS Inst. Cary, N.C. USA.
- Shan, T., Wang, Y., Liu, J. and Xu, Z. 2007. Effect of dietary lactoferrin on the immune functions and serum iron level of weanling piglets. *J Anim Sci*, 85: 2140-2146.
- Underwood, E.J. and Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing. Wallingford. UK. 614 pp.
- Wang, Y., Shan, T., Xu, Z., Liu, J., Feng, J. and Wang, Z.Q. 2007. Effects of the lactoferrin (LF) on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Anim Feed Sci Tech*, 135: 263-272.
- Wang, Y., Shan, T., Xu, Z., Liu, J. and Feng, J. 2006. Effect of lactoferrin on the growth performance, intestinal morphology, and expression of PR-39 and protegrin-1 genes in weaned piglets. *J Anim Sci*, 84: 2636-2641.