

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

**FONTES ORGÂNICAS DE MICROMINERAIS NAS
RAÇÕES DE LEITÕES DESMAMADOS**

GABRIELA DE MELLO

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia para obtenção do
Título de Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Agosto 2010

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

FONTES ORGÂNICAS DE MICROMINERAIS NAS RAÇÕES DE LEITÕES DESMAMADOS

GABRIELA DE MELLO
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia para obtenção do
Título de Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Agosto 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
- SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP - FCA -

LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Mello, Gabriela de, 1985-

M527f Fontes orgânicas de microminerais nas rações de leitões

desmamados / Gabriela de Mello. - Botucatu: [s.n.], 2010

xii, 96.: il., tabs.

**Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,
2010**

Orientador: Dirlei Antonio Berto

Inclui bibliografia.

**1. Análise econômica. 2. Suínos. 3. Hemograma. 4. Mine-
rais orgânicos. 5. Nutrição. I. Berto, Dirlei Antonio. II.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
(Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia. III. Título.**

Aos meus pais **Stefania** e **Toni** pelo amor incondicional, ensinamentos e exemplo que fizeram para que eu conseguisse conquistar cada etapa de minha vida;

A minha irmã **Daniela** pelos momentos que vivemos e que viveremos;

A minha **Família**: meu alicerce, minha fonte, meu refúgio, meu porto seguro;

Ao meu namorado **João Miassi Neto** pelo amor, incentivo, compreensão, sem os quais não teria forças para cumprir meus objetivos (*TE AMO!*);

Aos meus sogros **Marlene** e **Paulo** que me acolheram como uma filha;

DEDICO!

Eu aprendi...

...que ignorar os fatos não os altera;

*...que quando você planeja se nivelar com alguém, apenas esta permitindo que essa
pessoa continue a magoar você;*

*...que o **AMOR**, e não o **TEMPO**, é que cura todas as feridas;*

...que ninguém é perfeito até que você se apaixone por essa pessoa;

...que a vida é dura, mas eu sou mais ainda;

...que as oportunidades nunca são perdidas; alguém vai aproveitar as que você perdeu;

...que quando o ancoradouro se torna amargo a felicidade vai aportar em outro lugar;

...que não posso escolher como me sinto, mas posso escolher o que fazer a respeito;

*...que todos querem viver no topo da montanha, mas toda felicidade e crescimento
ocorre quando você esta escalando-a;*

...que quanto menos tempo tenho, mais coisas consigo fazer.

William Shakespeare

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS nosso grande arquiteto, pela possibilidade de vivenciar experiências tão intensas.

A Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, ao Departamento de Produção Animal pela oportunidade de realização do curso.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Dirlei Antonio Berto por ter me dado a oportunidade de ser sua orientada e que esteve presente com enorme dedicação, sabedoria, amizade e, sobretudo, paciência, contribuindo muito em minha formação, tanto profissional como pessoal.

As professoras Margarida Maria Barros e Rosemeire da Silva Filardi pela participação na banca de defesa, pelos conselhos e amizade durante toda esta jornada.

A empresa Tortuga Companhia Zootécnica e Agrária pelo financiamento da pesquisa e pelas matérias primas oferecidas no experimento.

Aos Professores da Pós-Graduação da FMVZ pela orientação, amizade e valiosos ensinamentos ao longo do curso.

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

A Solange A. Ferreira de Souza secretária do departamento de Produção Animal pela boa conversa e serenidade nos momentos de espera.

Aos funcionários da FMVZ, Sérgio, Dair Vieira (Dinho), e Wilson (Boca) e Franco, pela amizade e ajuda na condução dos experimentos.

Aos secretários do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, FMVZ, Seila Cristina Cassinelli Vieira, Danilo Juarez Teodoro Dias e Carlos Pazini Junior, pela atenção e colaboração.

A Professora Silvia Maria Alves Gomes pela amizade, risadas e oportunidades concedidas.

Ao Professor Antonio Carlos de Laurentiz pelo apoio em toda trajetória acadêmica, desde minha graduação até o mestrado, por ser meu primeiro orientador, pelos conselhos e amizade.

Ao aluno de graduação Cássio Cordeiro Ensá Junqueira Vilela, pelo apoio na condução dos experimentos e pela amizade.

Aos meus amigos e “companheiros de batalha”, Vivian Lo Tierzo, Regina Maria Nascimento Augusto, João Paulo Franco pelo apoio, auxílio na execução de meu experimento e por me ajudarem a superar momentos difíceis desta jornada.

As minhas amigas e companheiras de apartamento, Cecília Silva de Castro e Fabiana Alves de Almeida, que durante dois anos foram minhas “irmãs postças”.

Aos meus amigos e amigas que se tornaram parte da minha vida Francine Versece, Juliana Sversut de Alexandre, Milena Penteado Chaguri, Fernanda Carvalho Basso, Fabiana Golin Luiggi, Lúcio Vilela Carneiro Girão, Cristiano Magalhães Pariz, longe ou perto sempre levo vocês no meu coração.

A todos os colegas da pós-graduação em Zootecnia da FMVZ/UNESP que de alguma forma colaboraram para que as dificuldades fossem superadas com tantas risadas e momentos inesquecíveis!

MUITO OBRIGADA!!!!!!!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	13
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	14
1. Introdução.....	14
2. Revisão Bibliográfica.....	16
2.1 Desafio Nutricional na Fase Pós-Desmame.....	16
2.2 Importância dos Microminerais da Nutrição de Leitões.....	18
2.2.1 Zinco.....	19
2.2.2 Cobre.....	20
2.2.3 Manganês.....	21
2.2.4 Ferro.....	22
2.2.5 Selênio.....	23
2.2.6 Cobalto.....	24
2.2.7 Cromo.....	25
2.3 Microminerais de Fontes Orgânicas.....	26
2.3.1 Definições e Biodisponibilidade.....	26
2.3.2 Utilização em Rações para Suínos.....	31
2.4 Parâmetros Hematológicos.....	33
3. Referências.....	37
CAPÍTULO 2	48
DESEMPENHO E PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO FONTES ORGÂNICAS DE MICROMINERAIS.....	49
Resumo.....	49
Abstract.....	50

Introdução.....	51
Material e Métodos.....	52
Resultados e Discussão.....	58
Conclusões.....	71
Referências.....	72
CAPÍTULO 3	74
CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS NO PLASMA, TECIDOS E ÓRGÃOS DE LEITÕES ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO FONTES ORGÂNICAS DE MICROMINERAIS.....	75
Resumo.....	75
Abstract.....	76
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	78
Resultados e Discussão.....	84
Conclusões.....	92
Referências.....	93
CAPÍTULO 4	95
IMPLICAÇÕES.....	96

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2	48
Tabela 1. Níveis de minerais nos premixes, fornecidos nas rações pelos suplementos e valores médios recomendados de suplementação nas rações pré- inicial e inicial, segundo Rostagno et al. (2005).....	54
Tabela 2. Composição percentual das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche.....	55
Tabela 3. Composição nutricional calculada das rações pré-inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche.....	56
Tabela 4. Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e incidência de diarreia (ID) de leitões alimentados com rações contendo níveis de premix mineral de fontes orgânicas e inorgânicas.....	58
Tabela 5. Custo por quilograma de ração (R\$) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$) nas fases de 0 a 17, de 0 a 32 e de 0 a 42 dias de experimento.....	65
Tabela 6. Perfil hematológico médio de hematócrito (Ht), hemoglobina (Hb), hemácias (Hm), hemoglobina corpuscular média (HCM), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), leucócitos totais (Leu Tot) e plaquetas (Pq) em leitões alimentados com rações contendo níveis de premix mineral de fontes orgânicas ou inorgânica.....	66

CAPÍTULO 3	74
Tabela 1. Níveis de minerais nos premixes, fornecidos nas rações pelos suplementos e valores médios recomendados de suplementação nas rações pré-inicial e inicial, segundo Rostagno et al. (2005).....	80
Tabela 2. Composição percentual das rações pré-inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche.....	81
Tabela 3. Composição nutricional calculada das rações pré-inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche.....	82
Tabela 4. Composição mineral calculada das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche....	83
Tabela 5. Teores de minerais no fígado, masseter, rim e plasma de leitões alimentados com rações contendo níveis de suplemento mineral de fontes orgânicas ou inorgânicas.....	85

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 2	48
Figura 1. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o ganho diário de peso (GDP) de leitões de 21 a 53 dias de idade.....	59
Figura 2. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a conversão alimentar (CA) de leitões de 21 a 53 dias de idade.....	60
Figura 3. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o ganho diário de peso (GDP) de leitões de 21 a 63 dias de idade.....	60
Figura 4. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a conversão alimentar (CA) de leitões de 21 a 63 dias de idade.....	61
Figura 5. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o consumo diário de ração (CDR) de leitões de 21 a 63 dias de idade.....	61
Figura 6. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o hematócrito (Ht) de leitões.....	67
Figura 7. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a hemoglobina (Hb) de leitões.....	67
Figura 8. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a hemoglobina corpuscular média (HCM) de leitões.....	68

Figura 9. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o volume corpuscular médio (VCM) de leitões.....	68
Figura 10. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre as plaquetas (Pq) de leitões.....	69
CAPTÍTULO 3	75
Figura 1. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de ferro (ppm) no fígado de leitões aos 63 dias de idade.....	87
Figura 2. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de ferro (ppm) no rim de leitões aos 63 dias de idade.....	87
Figura 3. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de zinco (ppm) no fígado de leitões aos 63 dias de idade.....	88
Figura 4. Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de zinco (ppm) no rim de leitões aos 63 dias de idade.....	88

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é atividade de relevância para produção animal, pois de acordo com dados da USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2009) a carne suína corresponde a 40,41% da produção mundial de carnes, e a produção global de carne suína em 2010 está prevista em 101,883 milhões de toneladas de equivalente carcaça.

A elevada produção de carne suína, entretanto, não é o bastante, visto que a sociedade moderna exige, de forma cada vez mais intensa, que os alimentos apresentem qualidade, custo acessível e acima de tudo segurança alimentar (BARBOSA, 2007). Embora, diversos sejam os fatores que influenciam no custo de produção dos suínos, a nutrição é o de maior importância, já que o gasto com alimentação representa em torno de 65% dos custos de produção do animal terminado (EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2003).

Esforços têm sido realizados para maximizar a eficiência de utilização dos alimentos buscando minimizar os custos de produção. Esses esforços dependem do conhecimento da disponibilidade de nutrientes dos alimentos e das exigências nutricionais dos suínos nos vários estágios fisiológicos (EWAN, 1991).

Nos últimos anos há grande interesse no uso de fontes orgânicas de minerais, pois as pesquisas estão proporcionando visão mais detalhada do verdadeiro papel destes microminerais no desenvolvimento e manutenção dos tecidos animais. A recente oferta de minerais na forma orgânica no mercado de nutrição animal tem se revelado como boa perspectiva de uso nas rações.

Os primeiros estudos sobre fontes de minerais para rações datam da década de 50, quando se iniciou a suplementação mineral para resolver problemas ósseos e de desempenho. Por outro lado, a importância da suplementação mineral para suínos aumentou nos últimos anos, devido a fatores relacionados à produção como: melhoramento genético dos animais, predominância do sistema de criação em confinamento, retirada ou redução do uso de ingredientes de origem animal (ricos em minerais), aumento da utilização de ingredientes de origem vegetal (baixa disponibilidade) nas rações, uso de rações com maior densidade de nutrientes e aumento da preocupação com o meio ambiente (BERTECHINI, 2006).

Os microminerais são importantes na alimentação de leitões, pois participam de processos bioquímicos, essenciais ao crescimento e desenvolvimento, numa fase de mudanças fisiológicas e imunológicas, com reflexo no desempenho produtivo e reprodutivo. De forma generalizada, podem ser atribuídas a ações catalisadoras em sistemas enzimáticos, associando-se as proteínas para formar as metaloenzimas (VIEIRA, 2005), participação na formação do tecido conectivo, manutenção da homeostase dos fluídos orgânicos, manutenção do equilíbrio da membrana celular, efeito direto ou indireto sobre as funções das glândulas endócrinas, efeitos sobre a microflora simbiótica do trato gastrointestinal e participação no processo de absorção e transporte dos nutrientes no organismo (BERTECHINI, 2006).

Normalmente, os elementos minerais são fornecidos aos suínos sob formas salinas inorgânicas e, mais recentemente, também nas formas de fontes orgânicas. O uso de minerais de fontes orgânicas ou quelatados tem sido crescente na nutrição animal e de acordo com Maletto (1984), apresenta 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 macros e microminerais da dieta e com componentes como gordura e fibra.

A baixa absorção de alguns minerais de fontes inorgânicas e, conseqüentemente, seus efeitos poluentes nos dejetos, tem levado a pesquisas com fontes alternativas, como os minerais de fontes orgânicas, visando melhorar o desempenho e reduzir a capacidade poluente dos dejetos suínos (FREMAUT, 2003). Em geral, as fontes orgânicas de minerais podem ter várias origens e o que diferencia um composto do outro, além da complexidade do processo industrial, é o tamanho da molécula e a estrutura molecular na qual o mineral está ligado.

Segundo American Association of Feed Control Officials (1999), de acordo com o tamanho da molécula e a natureza do composto orgânico ao qual o íon metálico está complexado, eles podem ser definidos como quelatos, transquelatos e carboquelatos. Quelatos são íons metálicos de sais solúveis combinados com um ou mais aminoácidos para formar um composto bioquimicamente estável por meio de ligações covalentes, com peso molecular menor que 1000 daltons; os transquelatos também são moléculas metalo-orgânicas, mas com pesos moleculares maiores e transportam mais de um átomo do mesmo metal ou de metais diferentes, ligados por ligações covalentes a pequenos peptídeos com 2 a 10 aminoácidos; enquanto os carboquelatos são resultantes da

complexação de um metal, na sua forma de sal solúvel, com polissacarídeos e aminoácidos por meio de ligações covalentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desafio Nutricional Na Fase Pós-Desmame

A prática comum nas criações comerciais brasileiras é o desmame precoce dos leitões, o que tem beneficiado a utilização das instalações de maternidade. A otimização do consumo de ração pelas matrizes na fase de lactação tem possibilitado a diminuição do número de dias não-produtivos e, conseqüentemente, aumento no número de leitões/matriz/ano (MORES *et al.*, 1998). Porém, período de 7 a 14 dias pós desmame é considerado crítico para os leitões, caracterizando-se por baixo consumo de ração e baixa capacidade de digestão, que resultam em estado geral de deficiência energética, com conseqüente diminuição do ganho de peso e a ocorrência de diarreias, responsável por mortalidade e perdas significativas na produção suinícola (ZIEGERHOFER, 1988).

Os vários fatores estressantes que ocorrem simultaneamente por ocasião do desmame, principalmente relacionados com a separação dos leitões da matriz, com alojamento em ambientes com temperatura e umidade diferentes da maternidade, com mudança brusca na forma física da dieta (SANTOS *et al.*, 2003) e com mistura de animais de leitegadas distintas, desencadeiam mudanças estruturais no trato gastrointestinal dos leitões, prejudicando o aproveitamento de nutrientes da ração.

A retirada do leite materno por ocasião do desmame representa, também, a supressão de fatores de crescimento que auxiliam no desenvolvimento e na maturação intestinais (KELLY *et al.*, 1990; MELLOR, 2000b), além disso, os leitões jovens são mais susceptíveis a enfermidades (VIOLA e VIEIRA, 2003) devido a redução da imunidade passiva, quando ainda não apresentam o sistema imune totalmente desenvolvido (GASKINS e KELLEY, 1995; MELLOR, 2000a), predispondo-os a doenças entéricas e respiratórias (KELLY e COUTTS, 2000).

A mudança de dieta líquida, altamente digestível, com baixo conteúdo de matéria seca, rica em gordura e lactose e disponível a cada 45 a 60 minutos, para uma dieta seca, menos palatável, composta principalmente por carboidratos e proteínas de origem vegetal e fornecida à vontade, constitui grande desafio para os leitões desmamados. A necessidade de aprender a reconhecer e satisfazer os estímulos de fome e de sede

separadamente (FOWLER e GILL, 1989; MELLOR, 2000c), contribui para a baixa ingestão de alimento, de modo que, normalmente, o consumo de ração na primeira semana após o desmame é insuficiente até mesmo para o atendimento da exigência energética de manutenção (FOWLER e GILL, 1989; PLUSKE et al., 1995), que geralmente aumenta nesse período, em razão das condições estressantes impostas aos leitões (GENTRY et al., 1997; SIJBEN et al., 1998).

Outro fato importante é a imaturidade do sistema digestório (LINDEMANN *et al.*, 1986; MAKKINK *et al.*, 1994) e as drásticas alterações que ocorrem na fisiologia intestinal dos leitões jovens (BOUDRY *et al.*, 2004) prejudicando os processos de digestão e de absorção. A insuficiente produção de ácido clorídrico e de enzimas digestivas dificulta o aproveitamento das dietas formuladas à base de grãos (EASTER, 1993), comprometendo o desempenho e predispondo os leitões a problemas de saúde (PLUSKE *et al.*, 1997), porém, a medida que a atividade da lactase se reduz gradativamente com a idade dos leitões, ocorre aumento gradual na atividade da maioria das outras enzimas digestivas, as quais atingem grau de atividade satisfatório, em média apenas, aos 42 dias de idade (LINDEMAN et al., 1986).

O processo digestivo dos leitões e seu comportamento alimentar após o desmame são caracterizados pela síndrome de adaptação geral (SAG), provocada pela quebra do ambiente social e pela mudança no consumo de leite materno pela dieta balanceada e água, causando anorexia e alterações metabólicas e fisiológicas na mucosa intestinal (ROURA, 2004). Em leitões o período pós desmame é caracterizado, em determinadas situações, pela ocorrência de diarreia de origem bacteriana ou motivada por mudança nutricional. As principais causas de diarreias em leitões são: a súbita privação de anticorpos maternos presente no leite das porcas, a alteração do tipo da dieta, os extremos de temperatura e umidade e o estresse dietético e social.

Os resíduos alimentares não digeridos no intestino servem como substrato para fermentação pela microflora intestinal, com a consequente produção de ácido lático e de ácidos graxos voláteis que, juntamente com os resíduos alimentares aumentam a osmolaridade do conteúdo intestinal, dificultando o processo de reabsorção de água, resultando em afluxo elevado de líquido para a luz intestinal, desencadeando a diarreia (ETHERIDGE et al., 1984).

Após o desmame podem ocorrer alterações na microbiota intestinal, resultando em diminuição das bactérias benéficas e aumento das patogênicas que geram metabólitos tóxicos ao hospedeiro, causando inflamações na mucosa intestinal, além de

estabelecer condição mais propícia para o surgimento de enfermidades, levando a queda imediata nos parâmetros de desempenho animal (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

Diante da necessidade de minimizar os efeitos negativos do desmame dos leitões, pesquisas com ênfase no manejo produtivo, nutricional e na área de biossegurança têm sido intensamente realizadas. No tocante a nutrição de leitões, estudos têm sido conduzidos para avaliação de ingredientes e aditivos nas dietas, tais como fontes protéicas, prebióticos, probióticos, fontes e níveis de minerais e de agentes antimicrobianos, entre outros.

A redução da idade de desmame, portanto, tornou-se grande desafio para os nutricionistas, pois para reduzir ou evitar problemas pós-desmame é necessário a utilização de rações com combinação ideal de ingredientes, conhecimento da biodisponibilidade dos nutrientes (TRINDADE NETO et al., 1994), bem como a definição do manejo alimentar que proporcione bom desempenho, com custo compatível com a atividade suinícola (SOBESTIANSKY et al., 1998)

2.2. Importância dos Microminerais na Nutrição de Leitões

Nas primeiras semanas de vida, os leitões utilizam suas reservas minerais adquiridas na fase fetal de maneira intensa, isso devido ao rápido crescimento corpóreo e ao baixo consumo de ração. Os minerais estão presentes em níveis de 2,8 a 3,2% do peso vivo do suíno (BERTECHINI, 2006).

De acordo com as funções que exercem no organismo animal, os minerais são classificados em dois grandes grupos, aqueles relacionados com a construção e manutenção dos tecidos duros e moles, e aqueles relacionados com a regulação dos processos biológicos e fisiológicos (UNDERWOOD, 1977), como as ações catalisadoras em sistemas enzimáticos (VIEIRA, 2005) associando-se às proteínas para formar as metaloenzimas que possuem atividade catalítica nas reações metabólicas.

Outro papel importante no organismo animal desempenhado por alguns minerais é a ação antioxidante. Nesse caso, fazendo parte de enzimas que reagem com radicais livres e evitam danos celulares. A enzima superóxido dismutase (SOD) é possivelmente a que possui maior presença nos organismos animal e vegetal apresentando-se de duas formas: Superóxido Dismutase cobre – zinco dependente (CuZnSOD) e a Superóxido Dismutase manganês dependente (MnSOD). Outras enzimas como as catalases e a glutathione peroxidase apresentam como constituintes o ferro e o selênio, respectivamente, e junto com as superóxidos dismutases constituem as principais

defesas do organismo contra oxidação (KUSS, 2005). A suplementação mineral, portanto, é necessária na suinocultura moderna, e neste contexto, apesar de serem exigidos em baixos níveis nas rações, os microminerais assumem papel de grande importância.

As necessidades orgânicas reais de minerais depende de vários fatores, sendo a eficiência da absorção de fundamental importância. De maneira geral, a barreira intestinal (condições físico-químicas, pH e viscosidade intestinal) dificulta a absorção da maioria dos minerais, conseqüentemente, os níveis dietéticos normalmente se apresentam além das necessidades reais, resultando em baixa taxa de aproveitamento mineral, com conseqüente poluição do ambiente pelo excesso de excreção (BERTECHINI, 2006).

Zinco, cromo, ferro, cobre, manganês e selênio estão entre os microelementos minerais identificados como importantes para a função imune normal e a resistência às doenças, pois a deficiência em um ou mais desses elementos pode comprometer a imunocompetência do animal (COSTA, 2005). O zinco, manganês e o cobre estão diretamente associados ao crescimento e ao desenvolvimento do tecido ósseo (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). O ferro, iodo e o selênio participam de reações de síntese de inúmeros compostos importantes no organismo, como a hemoglobina e os hormônios tireoidianos e na manutenção da integridade das membranas biológicas (McDOWELL, 1992).

2.2.1. Zinco

O zinco inicialmente foi reconhecido como essencial para os microrganismos e a partir de 1926 também para as plantas superiores (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). Todd et al. (1934), citado por Underwood e Suttle (1999), obtiveram a primeira evidência inequívoca de que zinco é necessário para o crescimento e a saúde de ratos, sendo posteriormente demonstrada experimentalmente deficiência de zinco em suínos, aves, cordeiros e bezerros. A deficiência está associada em todas as espécies com grave inapetência, depressão do desempenho e da reprodução, causando anormalidades na pele, pêlos e cascos.

O zinco é um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica (0,3%) que atua no equilíbrio ácido-base, na calcificação óssea, nos processos de replicação celular, na expressão gênica do ácido nucléico e metabolismo de aminoácidos (HAYS e SWENSON, 1996; LEESON e SUMMERS, 2001). Os tecidos musculares e ósseos são

os principais tecidos de reserva de zinco e possuem capacidade de liberar esse mineral em condições de deficiência na dieta (EMMERT e BAKER, 1995; UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

O zinco ainda é componente de outras metaloenzimas tais como superóxido-dismutase, álcool-desidrogenase, carboxipeptidase, fosfatase alcalina, DNA e RNA polimerases, estando, portanto, envolvido com a síntese protéica e com o metabolismo dos glicídeos (NRC, 2001). O local de absorção de zinco em animais monogástricos é o intestino delgado (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999), sendo o duodeno o local mais ativo de absorção. As maiores concentrações deste elemento são encontradas no fígado e a síntese do zinco é induzida pela presença do elemento no fígado (MCDOWELL, 1992).

Na prevenção e controle dos quadros patogênicos entéricos em leitões, normalmente são usadas fontes de Zn e Cu como antimicrobianos e produtos como probióticos, bem como a prática de manejo de restrição alimentar (BERTOL e BRITO, 1995). Os mecanismos de ação do zinco como agente antimicrobiano não estão bem esclarecidos, embora alguns autores afirmem que atuariam inibindo o transporte ativo de succinato na célula de *Escherichia coli*, ou impedindo a atividade do sistema oxidase, inibindo a atividade da cadeia respiratória da bactéria ou impedindo a sua aderência na mucosa intestinal (ARANTES et al. 2005, MENIN et al. 2006).

2.2.2. Cobre

Segundo Leeson e Summers (2001) o interesse pelo cobre na nutrição animal aumentou a partir de 1930 quando foi demonstrado que certas doenças de ovelhas e bovinos eram causadas por deficiências de cobre. O cobre é componente de proteínas sanguíneas como a eritrocupreína encontrada nos eritrócitos, possui papel em muitos sistemas enzimáticos, como o citocromo oxidase e também é importante para formação normal dos ossos e da cartilagem. (LEESON e SUMMERS, 2001), pois é ativador da lisil oxidase, enzima que participa da biossíntese de colágeno (SCOTT et al., 1982). O cobre está estreitamente associado ao metabolismo do ferro, na formação da hemoglobina, e também é importante componente das metaloenzimas, incluindo as citocromo oxidases, superóxido dismutase e tirosinase (MCDOWELL, 1992).

Diversas pesquisas têm demonstrado o efeito promotor de crescimento do cobre quando usado em dosagens de 125 a 250 ppm nas rações de suínos (BARBER et al., 1955; BUNCH et al., 1961; HAWBAKER et al., 1961) e trabalhos sugerem que seu

efeito seria mais amplo do que apenas agente antimicrobiano (ZHOU et al, 1994ab; APGAR et al., 1995) contudo, quando em níveis elevados nas rações de leitões, resulta em maiores quantidades deste microelemento nas fezes, maior absorção e consequente deposição no fígado (BERTECHINI, 2006).

Dove e Haydon (1992) aceitaram a possibilidade do cobre exercer efeitos metabólicos no organismo animal, melhorando a eficiência dos sistemas enzimáticos. Esses autores verificaram que níveis de 250 ppm de cobre na dieta estimularam a produção da enzima superóxido dismutase, ocorrendo também maior deposição do mineral no cérebro e fígado e aumento na produção do hormônio do crescimento, o que poderia estimular a síntese de GHmRNA e de fatores de crescimento, melhorando o desempenho dos suínos. Níveis de cobre no plasma e níveis de ceruplasmina são os melhores indicadores de deficiência de cobre, pois a maior parte do cobre no organismo está associada a esta proteína plasmática (KOH et al., 1996).

2.2.3. Manganês

De acordo com Leeson e Summers (2001), quem primeiro demonstrou que o manganês era elemento essencial para nutrição animal foi Kemmeres e colaboradores em 1931. O manganês ocorre principalmente no fígado, porém, está presente em vários outros órgãos, nos pêlos, músculos e ossos. Nas células, o maior conteúdo é encontrado no interior das mitocôndrias. Dentre os ossos, a tíbia apresenta maior sensibilidade de deposição de manganês em função dos níveis ingeridos (BERTECHINI, 2006).

O manganês está envolvido na síntese da matriz orgânica da cartilagem epifiseal, pois ativa o grupo de enzimas glicosiltransferases que são necessárias para a síntese de sulfato de condroitina, o qual é componente da molécula de proteoglicana que por sua vez é constituinte extracelular da cartilagem e que contribui para que as zonas de crescimento resistam a cargas compressivas (LEACH, 1986). O manganês também é necessário para a fosforilação oxidativa na mitocôndria, para síntese de ácidos graxos e incorporação de acetato no colesterol (LEESON e SUMMERS, 2001).

A absorção de manganês no trato intestinal é baixa e sua biodisponibilidade nos principais alimentos também se mostra baixa. A absorção e excreção parecem ser dependentes da formação de um quelato natural especialmente com sais biliares e mudanças marcantes têm sido notadas na distribuição do Mn no organismo com o uso de quelatos artificiais (LEESON e SUMMERS, 2001). Segundo Andriguetto et al. (2002), o manganês é encontrado em pequena quantidade na maioria dos tecidos, em

níveis de 2 a 4 ppm nos ossos, fígado, hipófise, glândulas mamárias, rins e pâncreas, e nos músculos em níveis de 1ppm.

A excreção do manganês ocorre principalmente pelas fezes na forma de sais biliares e sua taxa de excreção é afetada pela concentração do elemento na dieta e parece não ser influenciado pela presença de outros íons e por mudanças no equilíbrio ácido-básico (LEESON e SUMMERS, 2001). Altas ingestões de cálcio e de fósforo reduzem a absorção de manganês devido à precipitação de fosfato calcico no trato intestinal (TÔRRES, 1969).

2.2.4. Ferro

Segundo Underwood e Suttle (1999) o ferro foi relacionado com distúrbios no sangue no século XVI, mas as bases fisiológicas dessa relação foi proposta em 1886 por Znoffsky que demonstrou que a hemoglobina possuía 0,335% de ferro. Leeson e Summers (2001) afirmaram que o ferro é essencial para o metabolismo celular; um exemplo é a mioglobina que é necessária para o funcionamento muscular incluindo o músculo cardíaco, o qual possui prioridade no aporte de suplemento de ferro diário.

O ferro tem como uma das principais funções a formação de quelato na forma de porfirina com a globina, a hemoglobina, que é responsável pelo transporte de oxigênio para os tecidos (MAYNARD, 1974). O elemento também é encontrado na mioglobina nos músculos, no soro como transferrina, na placenta como uteroferrina, no leite como lactoferrina e no fígado como ferritina e hemossiderina e tem papel importante em enzimas metabólicas (NRC, 1998).

Nos monogástricos a absorção é afetada pela idade, nível de ferro no organismo, condições do trato gastrointestinal; particularmente do duodeno que é o principal sítio de absorção, quantidade e forma química do ferro ingerido e quantidade e proporção de outros minerais e compostos na dieta, os quais podem interagir com o ferro. A absorção de ferro nos monogástricos é afetada pela presença de outros metais bivalentes na dieta, tais como: cobre, manganês, cobalto, cádmio, os quais podem competir pelo sítio de absorção do ferro (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). Segundo Tôrres (1969), o ferro é absorvido devido à combinação com uma proteína transportadora na célula intestinal, assim, o ferro se liga a apoferritina para formar a ferritina.

O ferro é armazenado no fígado, no baço e na medula óssea formando complexos com proteínas como a ferritina, uma β -globulina e como componente da hemossiderina, resultante da quebra da ferritina. Essas formas de ferro presentes no organismo animal

podem ser classificadas como ferro funcional e ferro de estocagem, constituindo este último cerca de 25 a 30% do ferro no organismo, na forma de ferritina e hemossiderina. Do ferro funcional 70 a 75% se encontram na hemoglobina e 4% na mioglobina do tecido muscular. O restante 1% do ferro do organismo se encontra no plasma, na forma de transferrina, de catalase e citocromoxidase (ANDRIGUETTO et al., 2002). Em condições fisiológicas normais a excreção de ferro é mínima, sendo a maioria do ferro contido nas fezes proveniente do ferro não absorvido da dieta (SECHINATO, 2003).

2.2.5. Selênio

Por muitos anos o interesse biológico pelo selênio limitou-se ao seu efeito tóxico nos animais, contudo, em 1937 quando Franke e Painter descobriram que o selênio era responsável pela doença alcalina em animais, conhecida como “Alkali Disease” que ocorria em certas regiões dos Estados Unidos, houve interesse maior em pesquisar o selênio nos solos, nas plantas e nos tecidos animais (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

Somente mais tarde o selênio foi considerado como nutriente essencial para os animais. Trabalhos publicados em 1957 por Schwarz, Foltz e Patterson mostraram que o selênio prevenia a diátese exudativa em frangos, em leitões de 3 a 15 semanas de idade a deficiência de selênio pode causar hepatose dietética, ocorrendo severas lesões no fígado, levando os animais à morte (UNDERWOOD, 1981).

O selênio ocorre em todos os tecidos do corpo animal em concentrações que variam de acordo com as suas necessidades. O fígado e os rins contêm os maiores níveis de selênio no organismo e os músculos cardíacos possuem mais selênio do que os músculos esqueléticos (BERTECHINI, 2006).

Segundo LEESON e SUMMERS (2001), o selênio pode ser encontrado com frequência em associação com enxofre em compostos orgânicos e inorgânicos devido a suas propriedades similares ao enxofre e telúrio e as formas comuns do selênio são: ácido selênico, ácido selenoso, selenatos (SeO_4^{-2}) e selenitos (SeO_3^{-2}).

Algumas plantas e microrganismos têm demonstrado habilidade de incorporar o selênio na cisteína e metionina, produzindo selenocisteína e selenometionina. Milho, trigo e soja crescendo em solos ricos em Se, a selenometionina pode representar mais de 80% do Se total presente no tecido vegetal (YANG et al., 1997; GUO e WU, 1998).

2.2.6. Cobalto

A suplementação de cobalto nas rações de monogástricos é controversa. O NRC (1994) recomenda a suplementação somente da Vitamina B₁₂, pois na composição dessa vitamina, o cobalto representa 4%. Apesar da não definição do uso de cobalto suplementar para as rações, existe aumento na concentração sanguínea quando se eleva o nível de cobalto da ração (GEORGIEVSKII, 1982).

O transporte de cobalto no organismo é feito através dos complexos de cianocobalaminas: a absorção da cianocobalamina pelo aparelho digestivo depende da presença de um fator encontrado no suco gástrico denominado “fator intrínseco”, muco proteína que é encontrada na região cárdia e fúndica (ANDRIGUETTO, 2002). A cianocobalamina absorvida é transportada pelo sangue combinada a proteínas de transporte plasmáticas (transcobalamina 0, I e II). Esses transportadores apresentam diferenças na sua distribuição e em suas propriedades de ligação (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

Ortolani (2002) enfatizou a importância do cobalto na formação das hemácias e de ácido fólico ou folato. A deficiência da vitamina B₁₂ impede a formação de hemoglobina e uma série de lesões no sistema nervoso central pode ocorrer (LEHNINGER, 1985).

No organismo, aproximadamente 43% do cobalto está armazenado nos músculos e aproximadamente 14% nos ossos, enquanto o restante localiza-se em tecidos como rins e fígado (McDOWELL, 1992). Considera-se que o fígado é o órgão que armazena vitamina B₁₂ (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). A principal rota de excreção são as fezes, embora quantidades variadas possam ser excretadas pela urina.

Os sinais clínicos e patológicos de deficiência são precedidos por alterações bioquímicas nos tecidos e fluídos do corpo. Alguns dos sinais de deficiência de cobalto e consequentemente de vitamina B₁₂ são: anemia megaloblástica e lesões neurológicas (McDOWELL, 1992).

A vitamina B₁₂ é essencial como parte de sistemas enzimáticos com funções metabólicas básicas. O cobalto é essencial na ligação da vitamina B₁₂ a outros compostos de duas formas distintas: como metilcobalamina, o cobalto assiste a metiltransferases atuando como doador de grupos metil, necessários na biossíntese da metionina, a partir da homocisteína e colina; e como adenosilcobalamina, o cobalto influencia o metabolismo energético, facilitando a formação de glicose por meio da

ação da metilmalonil-CoA mutase (MCDOWELL 1992; UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

2.2.7. Cromo

A primeira constatação de que o cromo (Cr) é nutriente essencial para os animais ocorreu em ratos por Schwarz e Mertz (1957), após terem sugerido que um composto, denominado fator de tolerância à glucose, pudesse ser encontrado na levedura (Schwarz e Mertz, 1957).

O cromo atua como co-fator potencializando a ação da insulina, pela presença numa molécula organometálica conhecida como fator orgânico de tolerância à glicose (ANDERSON, 1981). Segundo Morris et al. (1993), o cromo pode potencializar a ação da insulina, facilitando a ligação insulina-receptor na membrana celular, proporcionando melhor absorção da glicose. Principalmente na forma trivalente (Cr^{+3}), o cromo parece ser essencial na ativação de algumas enzimas, além de estabilizar proteínas e ácidos nucleicos (BOREL e ANDERSON, 1984).

Estudos com suínos também sugerem efeitos benéficos da suplementação da dieta com cromo trivalente, sendo que as concentrações testadas nas pesquisas mostraram-se seguras e não tóxicas. (NRC, 1998). A suplementação de Cromo, utilizando-se fontes orgânicas e inorgânicas do mineral, foram estudadas em três experimentos realizados por Page et al. (1993). Nesses estudos, verificou-se que o Cr-picolinato melhorou significativamente a eficiência alimentar e reduziu a espessura de toucinho, além de aumentar a área de olho de lombo e a porcentagem de carne magra em suínos. Os autores indicaram que os níveis ótimos de suplementação na dieta seriam ao redor de 100 a 200 ppb de Cr.

Segundo Bertechini (2006), pesquisas têm evidenciado melhor absorção para as formas orgânicas de cromo (picolinatos, nicotinato e cromo-levedura) em relação a forma inorgânica (CrCl_3), sendo que na maioria dos estudos com cromo para suínos em crescimento-terminação, não houve efeito do uso de níveis de cromo de 50 a 200 $\mu\text{g/kg}$ como Cr- picolinato ou 500 a 5000 $\mu\text{g/kg}$ como CrCl_3 , sobre a taxa de crescimento.

2.3. Microminerais De Fontes Orgânicas

2.3.1. Definições e Biodisponibilidade

Por definição estabelecida pela AAFCO (1999), minerais orgânicos são íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas características únicas, de alta estabilidade e alta absorção, conferindo alta biodisponibilidade mineral. Dentro dos minerais orgânicos existem algumas diferenciações entre metais complexados e quelatados, sendo:

Complexo metal aminoácido – produto resultante da complexação de um sal de metal solúvel com aminoácido(s). O conteúdo mínimo de metal deve ser declarado. Quando utilizado em alimentos comerciais, deverá ser expresso especificamente como complexo metal e aminoácido.

Complexo metal com aminoácido específico – produto resultante da complexação de um sal de metal solúvel com um aminoácido específico. O conteúdo mínimo de metal deve ser declarado. Quando utilizado em alimentos comerciais, ele deve ser expresso como complexo metal e aminoácido.

Quelato metal aminoácido – produto resultante da reação de um íon metálico de um sal solúvel com aminoácidos em uma relação molar de um mol de metal para um a três (preferencialmente dois) moles de aminoácidos formando ligações coordenadas covalentes. O peso médio dos aminoácidos hidrolisados deve ser aproximadamente 150 daltons e o peso molecular do quelato não deve exceder a 800 daltons. O conteúdo mínimo do metal deve ser declarado. Quando utilizado em alimentos comerciais, deve ser expresso especificamente como quelato metal aminoácido.

Complexo metal polissacarídeo – produto resultante da complexação de um sal solúvel com uma solução de polissacarídeos, declarado como ingrediente do complexo específico.

Metal proteínado – produto resultante da quelação de um sal solúvel com aminoácidos e/ou proteína parcialmente hidrolisada. Deve ser declarado como ingrediente metal proteínado específico.

Os minerais aminoácidos quelatos tiveram sua estrutura química definida em 1893, pelo alemão Alfred Warner. Em 1920, Morgan & Drew propuseram o termo quelato ("chel'e" = garra/pinça) para o tipo de composto onde um átomo de metal fosse ligado por mais de um ponto por meio de ligações simples (OLIVEIRA, 2004)

No estado quelatado, o metal é quimicamente inerte, não sofrendo influências de outros componentes da dieta, como fibra e gorduras no processo digestivo. As vitaminas, componentes essenciais para os transportadores do cátion, não são necessárias no transporte de quelatos, uma vez que a absorção dos mesmos é feita por sistema de absorção diferente daqueles dos cátions metálicos (CRISTY, 1984), sendo que, os minerais quelatados seriam absorvidos intactos pela mucosa intestinal, através de transporte ativo (MANSPEAKER et al., 1987).

Segundo Kratzer e Vohra (1996) o quelato é um complexo metálico onde o metal apresenta mais ligações do que sua valência, e este é ligado a um ligante doador. O complexo possui um átomo de mineral no centro da molécula e um ligante ao seu redor. Quando o ligante possui mais de um átomo doador o complexo se torna um anel heterocíclico que é o anel quelato.

Ensminger e Oldfield (1990) definem quelatos como sendo estruturas cíclicas na quais um elemento mineral é ligado a agentes carreadores ou quelantes através de ligações covalentes, de modo que esses quelantes tem o papel de aumentar a absorção e a disponibilidade desse mineral no organismo, além de aumentar a sua estabilidade física.

Uma definição técnica de quelatos seria um mineral da primeira série de transição da cadeia periódica (Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn) que se liga a aminoácidos via ligação coordenada covalente, formando uma substância estável e eletricamente neutra (VANDERGRIFT, 1993). Os minerais quelatados também são definidos por Leeson e Summers (2001) como mistura de elementos minerais que são 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, formando uma estrutura cíclica. Outra definição de quelatos, proposta por Vieira (2005) seria o produto resultante do compartilhamento de elétrons entre um metal e um ligante, de modo que os minerais quelatados possuem ligantes não metálicos, sendo desta forma, denominados de orgânicos.

Os quelatos podem adquirir notável estabilidade e se tornam tão estáveis que o íon metálico é liberado com grande dificuldade, enquanto outros agentes sequestrantes apresentam fácil liberação e alta absorção (KINCAID, 1989). Existem três tipos de quelatos de importância nutricional: (a) os quelatos que não modificam as propriedades físico-químicas do ligante e não afetam a capacidade de absorção e transporte pelas membranas celulares, propiciando melhor eficiência de aproveitamento do mineral,

como aminoácidos ou polipeptídeos, mono ou polissacarídeos, leveduras enriquecidas com minerais e outros; (b) quelatos metabólicos que existem naturalmente nos animais como hemoglobina, metaloenzimas, citocromos, entre outros; (c) quelatos que interferem na utilização de minerais essenciais chamados acidentais sem função ou valor biológico (fitatos/oxalatos) indisponibilizando de certa forma os minerais (PATTON, 1990).

Segundo Reddy et al. (1992), 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.

Minerais na forma inorgânica são geralmente ionizados no estômago e posteriormente absorvidos no intestino delgado, onde se ligam a proteínas e posteriormente são incorporados pela membrana das células da mucosa intestinal, sendo que a passagem para o interior das células poderá ocorrer por difusão passiva ou transporte ativo (HERRICK, 1993). Nessas condições podem ocorrer perdas pela formação de compostos como colóides insolúveis ou competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção (SOUZA e BOIN, 2002).

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 ao feto; ativar os microrganismos 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 e regular a absorção mais eficiente dos nutrientes da dieta (POWER e HORGAN, 2000; ACDA e CHAE, 2002).

Novas técnicas têm possibilitado a produção de compostos orgânicos semelhantes àquelas moléculas responsáveis pelo transporte de minerais no organismo animal, resultando em maior biodisponibilidade, que, segundo Souza e Boin (2002), depende de três condições:

- Forma de ligação com o metal: nos quelatos formados com dois ou três aminoácidos, o íon metálico fica inerte na molécula, entrando com facilidade nas vias metabólicas, pois assume a característica da molécula orgânica.
- Peso molecular da forma quelatada: o baixo peso molecular é a chave para absorção como uma molécula intacta. Se o peso molecular de um quelato for maior que 800 daltons, certamente sofrerá prévia hidrólise na luz do trato digestivo e a absorção pela mucosa não será garantida.
- Constante de estabilização do quelato: deve ser constituído de dois ou três anéis de aminoácidos quelantes para serem estáveis. Se a constante de estabilização for grande, estes irão resistir à ação das peptidases que quebram as ligações peptídicas internas, liberando o átomo de metal do quelato.

A constante de estabilização do quelato, segundo Chitolina e Glória (1991) é a medida da estabilidade dos complexos, determinada pela energia de ligação entre o metal e o ligante.

Poucos estudos foram conduzidos para determinar a biodisponibilidade das fontes orgânicas de ferro para os animais. Spears et al. (1992), comparando fontes de ferro metionina com fontes inorgânicas concluíram, por meio da taxa de hemoglobina, que a biodisponibilidade do ferro orgânico foi de 180 quando comparado com as formas inorgânicas consideradas como 100.

Baker et al. (1991) observaram aumento na biodisponibilidade do cobre para fontes orgânicas desse mineral quando comparado com fontes inorgânicas avaliando o acúmulo de cobre no fígado. Apgar et al. (1995), trabalhando com suínos, concluíram que a deposição de cobre no fígado foi maior quando foram utilizadas formas orgânicas (cobre-lisina), indicando maior taxa de absorção.

Du et al. (1996), estudando a utilização do cobre nas formas de cobre proteínato, complexo de cobre-lisina e sulfato de cobre na dieta de ratos em crescimento, concluíram que os complexos de cobre são absorvidos por processos diferentes das formas inorgânicas, resultando em menor interferência com a absorção de outros minerais.

Aoyagi e Baker (1993), em estudos realizados com frangos, também demonstraram melhor biodisponibilidade do cobre na forma orgânica, principalmente devido à molécula do quelato proteger o mineral contra interações com outras substâncias como: L-cisteína e glutatona reduzida, que são capazes de reduzir a absorção de cobre no intestino. Em outro estudo concluíram que a biodisponibilidade

aparente do quelato de zinco e cobre foram respectivamente 106 e 120% quando comparado com fonte inorgânica desses minerais, sulfato de cobre e sulfato de zinco.

Smits e Henman (2000), estudando desempenho de suínos alimentados com dietas contendo fontes de cobre (20 ppm de cobre, 150 ppm de sulfato de cobre e 40 ppm complexo de cobre orgânico), verificaram melhora da taxa de crescimento de suínos na fase de crescimento suplementados com complexo de cobre orgânico, mas não no período de terminação. Por outro lado, Close (1999) verificou que o desempenho de suínos alimentados com cobre orgânico e inorgânico foi similar. Contudo, tem-se observado considerável redução da excreção de cobre com a utilização de fontes orgânicas de cobre (SMITS e HENMAN, 2000; LEE et al., 2001).

Maior biodisponibilidade para fontes orgânicas de cobre em frangos de corte foi observada por Guo et al. (2001) para Cu-lysina (111%) e Cu-propionato (109%), quando comparado com o sulfato de cobre (100%). Lee et al. (2001) observaram aumento na concentração sanguínea de cobre e zinco em suínos jovens e frangos de corte bem como diminuição na concentração desse mineral nas fezes quando foram utilizadas fontes quelatadas dos minerais nas rações, concluindo que as fontes quelatadas são mais biodisponíveis e podem ser suplementadas em menor concentrações nas dietas quando comparadas com as fontes inorgânicas.

Kleckner et al. (1997) demonstraram melhora na resistência a quebra de ovos provenientes de galinhas que receberam proteínatos de zinco e manganês em substituição a 20 e 40% das formas inorgânicas presentes nas dietas. Ammerman et al. (1995), compilando dados sobre biodisponibilidade de fontes de manganês e de selênio para animais, verificaram que a disponibilidade relativa para o manganês metionina e manganês proteinato foram 120 e 110 respectivamente, quando comparado com o sulfato de manganês, enquanto a biodisponibilidade relativa para as fontes de selênio, determinada com base na atividade da enzima glutathione peroxidase, não demonstrou diferença entre fontes orgânicas e o selenito de sódio.

Mahan & Kim (1996), avaliando duas fontes de selênio (orgânica e inorgânica) e dois níveis de suplementação (0,10 e 0,30 ppm de selênio/kg) na ração de fêmeas suínas primíparas, observaram diferenças nos parâmetros reprodutivos e na atividade da glutathione peroxidase. Em outro estudo Mahan (2000) observou que fonte orgânica de selênio em dietas para porcas em gestação determinou aumento no nível de selênio no leite e conseqüentemente, no soro dos leitões, em relação a fonte inorgânica, indicando a transferência do selênio via placenta e leite.

2.3.2. Utilização em Rações de Suínos

As pesquisas têm demonstrado que a adição dos microminerais é indispensável nas rações dos suínos e muitos resultados têm apontado que a utilização de fontes altamente biodisponíveis de microminerais influenciam positivamente o desempenho e o estado de saúde dos suínos (FREMAUT, 2003).

Os minerais de fontes orgânicas possuem custo mais elevado quando comparados com fontes inorgânicas do mesmo mineral, de modo que, normalmente, o aumento no nível de inclusão das fontes inorgânicas é considerado mais econômico. Entretanto, há indícios de que os minerais de fontes orgânicas podem atender fins biológicos que aqueles de fontes inorgânicas não atendem (VIEIRA, 2004).

Coffey et al. (1994) relataram que 100 ppm de cobre do complexo Cu-lis adicionados à ração foi mais eficiente do que 100 ou 200 ppm de cobre como CuSO₄, pois melhorou a conversão alimentar de suínos desmamados e também houve menor retenção de cobre no fígado. Entretanto, Stansbury et al. (1990) e Apgar et al. (1995) não constatarem diferenças entre fontes orgânicas e inorgânicas de cobre quanto ao efeito promotor de crescimento.

Zhou et al. (1994 a,b), injetando histidinato de cobre em leitões desmamados observaram respostas semelhantes no ganho de peso e consumo de ração em relação aos animais que receberam cobre na dieta, aceitando a hipótese de que o cobre também exerce ação sistêmica. Comparando o CuSO₄ com o cobre complexado com lisina, Zhou et al. (1994a) observaram que os leitões que receberam Cu-lis (15 e 200 ppm de cobre) consumiram mais ração e tiveram maior crescimento que os leitões alimentados com ração suplementada com CuSO₄ (15 e 200 ppm de cobre). Segundo Veum et al. (2004), o crescimento de suínos desmamados recebendo rações contendo 50 e 100 ppm de cobre na forma de propionato foi maior que daqueles receberam 250 ppm de cobre na forma de sulfato, com aumento na absorção e retenção deste elemento, resultando em queda na excreção de 77 e 61%, respectivamente.

Alguns estudos têm avaliado o nível de ferro nos leitões, mediante a suplementação de ferro para as matrizes durante a lactação, demonstrando que a utilização de ferro na forma de quelatos tem melhorado o nível hepático, formação de hemoglobina e crescimento dos leitões, enquanto na forma inorgânica não exerce os mesmos efeitos (MATEOS et al. 2004).

Devido a maior biodisponibilidade dos minerais de fontes orgânicas, os níveis de inclusão nas rações podem ser reduzidos, sem prejuízo ou até com incrementos na

produtividade, e, conseqüentemente, com grande potencial de redução do impacto ambiental, pela diminuição da concentração dos minerais nos dejetos (FREMAUT, 2003). Paik (2001) verificou a redução de 31% de cobre nas fezes quando utilizando na forma orgânica.

Um estudo conduzido por Leeson (2003) revelou que a substituição das fontes de suplementação inorgânica por proteinato de microminerais e a redução gradativa nos níveis de suplementação dos microminerais (Zn, Mn, Fe e Cu) não afetaram o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade. Entretanto, houve redução significativa na excreção de Zn, Cu e Mn com a redução da suplementação dos microminerais de fontes orgânicas.

Creech et al. (2004), ao comparar a dieta controle com níveis normais de minerais inorgânicos (Zn, Cu, Fe, Mn, Se) a dieta com minerais orgânicos ou quelatados, em quantidades reduzidas, não encontraram diferença significativa no desempenho de animais na fase de creche e crescimento. A taxa de hemoglobina foi menor em animais alimentados com dieta contendo níveis reduzidos de minerais de fontes inorgânicas quando comparados àqueles alimentados com dieta contendo níveis reduzidos de minerais quelatados na fase de creche. A concentração fecal de cobre, zinco e manganês foi menor em animais que receberam as dietas com níveis reduzidos de minerais, quando comparado ao grupo controle, durante todo o experimento.

Em uma pesquisa comparando uma mistura de cobre, manganês e zinco nas formas quelatada e inorgânica, Richert et al. (1994) observaram maior ganho de peso em suínos desmamados alimentados com a forma quelatada na primeira semana pós-desmame, mas ao 28º dia não houve efeito da fonte mineral.

Kim e Mahan (2001a), utilizando suínos em crescimento e terminação, demonstraram que altos níveis de selênio na dieta afetam negativamente o ganho de peso e níveis acima de 5 ppm fizeram com que os animais apresentassem selenose, que foi mais severa quando a fonte inorgânica (selenito de sódio) foi utilizada. Em outro experimento utilizando fêmeas suínas de primeira cria, Kim e Mahan (2001b) observaram que níveis de selênio de 7 a 10 ppm na dieta por período prolongado causa selenose nos animais, independentemente da fonte utilizada e que a fonte orgânica demonstrou quadro mais severo de intoxicação no período reprodutivo.

Heugten e Spears (1997) não encontraram diferenças em desempenho e resposta imune de leitões desmamados, quando compararam fontes orgânicas e inorgânicas de cromo associadas à presença ou não de agente estressor.

A diversidade em termos de categoria animal, tipos de criações, teores de minerais no solo e, conseqüentemente, nos ingredientes utilizados nas rações influenciam as exigências minerais dos suínos, além disso, também devem ser consideradas as possíveis interações entre os minerais, pois o simples fato do mineral estar contido na dieta, não significa que estará disponível para o metabolismo. Uma das dúvidas em relação a suplementação mineral, se refere as fontes utilizadas, pois poucas pesquisas têm sido realizadas, especialmente com as fontes orgânicas de minerais, cuja disponibilidade comercial tem sido crescente no Brasil.

2.4. Parâmetros Hematológicos

O sangue é um tecido formado por três tipos de células: os glóbulos vermelhos, também conhecidos como hemácias ou eritrócitos; os glóbulos brancos ou leucócitos e ainda as plaquetas e por um meio intracelular, denominado plasma, que por sua vez é composto de 91,5% de água, 7,5% de sólidos orgânicos, dos quais as proteínas tais como albumina, globulinas e o fibrinogênio e demais fatores de coagulação respondem por aproximadamente 93% dos sólidos orgânicos sendo que, os 7% restantes são constituídos por substâncias nitrogenadas, gorduras neutras, colesterol, fosfolipídeos, glicose, enzimas e hormônios. Apenas 1% do plasma compõe-se de sólidos inorgânicos, os minerais como Na, K, Mg, Cu e HCO_3 (FELDMAN et al., 2000).

A quantidade de sangue, expressa como percentual do peso, tende a se manter estável pela passagem de líquidos intersticiais para o meio vascular e vice versa, contudo a ingestão de líquidos, a produção de água metabólica e a perda de água corporal podem determinar variações neste percentual (FELDMAN et al., 2000). Segundo estes mesmos autores, as células do sangue possuem natureza temporária, portanto, apresentam período de vida curto e limitado, desta forma, para que se mantenha a quantidade estável destas células na circulação é necessária a existência de conjunto de órgãos e tecidos chamados de sistema hematopoiético/lítico. Esse sistema que tem a função de produzir e destruir glóbulos do sangue e plaquetas, de modo a manter a população sempre constante.

A hemoglobina é uma proteína conjugada, composta por uma proteína simples, a globina e por um núcleo prostético do tipo porfirina, chamado heme, cujo principal componente químico é o ferro. A hemoglobina é responsável por até 90% do peso seco do eritrócito adulto e por aproximadamente 1/3 do seu conteúdo celular e sua síntese se

faz no citoplasma dos precursores nucleados dos eritrócitos (GARCIA-NAVARRO e PACHALLY, 1994).

A molécula de hemoglobina tem peso molecular que varia entre 66.000 a 69.000 daltons, é formada pelo conjunto de quatro moléculas da heme, ligadas a uma cadeia peptídica, formando um conjunto de duas cadeias alfa e duas beta. O agrupamento heme é um composto metálico, com um átomo de ferro em seu interior e uma mesma estrutura porfirínica, formado por quatro anéis pirrólicos. Os agrupamentos heme e polipeptídicos ligam-se por meio de pontes que se abrem facilmente para fazer a ligação com o O₂ ou com o CO₂. Estas ligações obedecem ao grau local de tensão destes gases. Nos capilares pulmonares, a tensão de O₂ é elevada e a de CO₂ é baixa, desta forma, a ligação da hemoglobina com o O₂ acontece juntamente com a liberação do CO₂, enquanto nos capilares dos tecidos acontece ao contrário (GARCIA-NAVARRO e PACHALLY, 1994).

Dentro de uma mesma espécie existem várias formas de hemoglobina, sendo as principais, além da hemoglobina, a oxi hemoglobina, meta hemoglobina e hemoglobina reduzida. Essa variedade é determinada por alterações na sequência de aminoácidos da molécula, havendo ainda diferenças entre hemoglobinas fetais e adultas (GARCIA-NAVARRO e PACHALLY, 1994).

Os eritrócitos são, portanto, importantes constituintes sanguíneos e uma de suas principais funções é a participação no transporte de oxigênio e dióxido de carbono. O oxigênio é importante para que os processos de oxidação e produção de energia possam ocorrer de maneira eficiente nos tecidos. O eritrócito, no fim de sua vida útil, perde a elasticidade, não conseguindo mais passar pelos sinusóides do baço, aonde é fagocitado por macrófago, no interior do qual ocorre o desmembramento da hemoglobina, com liberação de ferro do heme e da globina, formando-se então a bilirrubina, que abandona o macrófago e passa a circular no plasma (GARCIA-NAVARRO e PACHALLY, 1994).

A ação enzimática de síntese de proteínas transportadoras pode ser bloqueada pelo chumbo que possui efeito inibidor sobre a síntese da fração porfirina da molécula de hemoglobina, podendo o seu excesso levar a anemia (HOFFBRAND e KONOPKA, 1977 *Apud* VIEIRA, 2005).

A dosagem total de hemoglobina reflete diretamente a capacidade do eritron como carreador de oxigênio, utilizando-se métodos químicos, e a leitura é feita por espectrofotometria. Tais métodos convertem todas as formas de hemoglobina presentes

no interior do eritrócito em cianometahemoglobina, cuja dosagem é dada em g/% ou g/dL (GARCIA-NAVARRO e PACHALLY, 1994).

A palavra hematócrito significa separação do sangue e essa separação é obtida por centrifugação, gerando três partes: a massa vermelha de eritrócitos ao fundo, uma camada bastante fina, branca ou acinzentada, formada de leucócitos e plaquetas logo acima da camada vermelha, e por fim o plasma. Define-se como hematócrito o volume de sangue total que é ocupado pelas hemácias sendo os resultados expressos em porcentagem (KANEKO, 1989).

Utilizando-se a contagem total de eritrócitos, a taxa de hemoglobina e a porcentagem de hematócrito é possível calcular o volume de um eritrócito médio e sua taxa de hemoglobina. Estes valores são de importância particular na determinação do tipo morfológico das anemias (KANEKO, 1989).

Nos suínos o volume sanguíneo ou volumeia é cerca de 5,5% do peso corporal. Segundo Pound e Houpt (1978), valores normais de hematócrito (Ht) de suínos situam-se na faixa de 30 a 45%, podendo variar com a idade e o método de determinação. Leitões nascem com Ht de $40,9 \pm 6,1\%$ e aos 14 dias apresentam a taxa de $36,1 \pm 7,3\%$. A taxa de hemoglobina (Hb) em leitões de 5 a 84 dias é no mínimo de 9,8 e no máximo de $13 \pm 0,5$ g/dL. Prado (2004) relata que valores normais de eritrócitos situam-se na faixa de 6,66 a 7,14 milhões/mm³.

Para Kaneko (1989), o nível de Hb em suínos se situa na faixa de 10 a 16 g/dL. Garcia-Navarro e Pachally (1994) citaram valores de 32 a 50% e 10 a 17 g/dL, para Ht e Hb, respectivamente, sendo sempre mais baixos nos casos de anemia. Lima et al. (1994) encontraram valores de 11,1 e 11,2 g/dL para Hb e 37,3 e 37,8 para Ht em leitões que receberam 0 a 2400 ppm de Zn, respectivamente, demonstrando que o alto nível de Zn na dieta não afetou os parâmetros hematológicos.

Mamani (1996) encontrou 11,07 e 11,55 g/dL para Hb, e 35,58 e 36,92% para Ht, quando leitões receberam 0 a 2500 ppm de Zn, respectivamente. Berto et al. (1997) não observaram efeito no alto nível de Zn (100 vs 2500 ppm) no Ht (33,5 e 34,40%), enquanto Arantes et al. (2007) não verificaram diferenças nos parâmetros hematológicos de leitões alimentados com rações contendo níveis de zinco que variaram de 0 a 4500 ppm.

Rupic et al. (1998) relataram que fonte inorgânica de zinco elevou alguns dos parâmetros sanguíneos, como eritrócitos, hemoglobina e volume de plaquetas, enquanto que o zinco orgânico elevou o volume corpuscular médio (VCM). Estes resultados

sugerem diferentes rotas metabólicas que as fontes orgânicas e inorgânicas de minerais podem seguir no organismo animal.

Larsen e Tollersrud (1981), trabalhando com suínos alimentados com dietas suplementadas com vitamina E com ou sem selênio, comparadas a dietas deficientes nesses elementos, verificaram variação nos resultados, entretanto, as suplementações tanto da vitamina E quanto do Se aumentaram a produção de linfócitos.

O Capítulo 2, denominado **DESEMPENHO E PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO FONTES ORGÂNICAS DE MICROMINERAIS** apresenta-se de acordo com as normas para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia e teve como objetivos avaliar os efeitos de níveis de suplementação de fontes orgânicas de microminerais (Fe, Cu, Mn, Se e Zn) nas rações sobre o desempenho e parâmetros hematológicos de leitões desmamados.

O CAPÍTULO 3, DENOMINADO **CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS NO PLASMA, TECIDOS E ÓRGÃOS DE LEITÕES ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO FONTES ORGÂNICAS DE MICROMINERAIS** apresenta-se de acordo com as normas para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia e teve como objetivos avaliar os efeitos dos níveis de adição de premix mineral de fontes orgânicas de ferro, cobre, manganês, selênio e zinco nas rações, sobre as concentrações desses minerais no plasma, fígado, rim e masseter de leitões desmamados.

3. 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.

AMMERMAN, C. B.; BAKER D. H.; LEWIS A. J. **Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins**. Academic Press, San Diego, CA. 1995

ANDERSON, R. A. **Nutritional role of chromium**. Sci. Total Environm. 17, 13-29. 1981.

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. São Paulo v.1, Editora: Nobel, 2002, 395p.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H. Nutritional Evaluation of copper-methionine complex for chicks. **Poultry Science**, v. 72, p. 2309-2315, 1993.

APGAR, S. et al. Evaluation of copper sulfate or a copper lysine complex as growth promoters for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2640-2646, 1995.

ARANTES, V. M. et al. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados: Desempenho, incidência de diarreia, isolamento de *E.coli* e análise econômica. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 3, p. 189-201, 2005.

ARANTES, V. M. et al. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados sobre o perfil de parâmetros sanguíneos. In: **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 193-205, 2007

ASSOCIATION OF AMERICAM FEED CONTROL OFFICIALS – AAFCO. **Official Publication**. Association of Americam Feed Control Officials, Inc., Atlanta, p.162, 1999.

BAKER, D. H. et al. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. **Poultry Science**, v. 70, p. 177-179, 1991.

BARBER, R. S.; BRAUDE, R.; MITCHELL, K. G. Antibiotics and copper supplements for fattening pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 9, p. 378-386, 1955.

BARBOSA, L. C. G. S. **Utilização de antibiótico probiótico, prebiótico, simbiótico e gluconato de sódio sobre o desempenho e características de carcaça de suínos.** 2007. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos.** Lavras: Editora UFLA, 2006, 301p.

BERTO, D. A.; CURI, P. R.; WATANABE, L. G. Efeitos da adição de cobre e zinco nas rações com nível normal de ferro (100 ppm) sobre o desempenho e hematologia de leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34. 1997, Juiz de Fora. **Anais...** p. 124-126.

BERTOL, T. A.; BRITO, B. G. Efeito de óxido de zinco x sulfato de cobre com ou sem restrição alimentar, sobre desempenho e ocorrência de diarreia em leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 2, p. 279-288, 1995.

BOREL, J. S.; ANDERSON, R. A. **Chromium.** In: Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements. E. Frieden, ed. New York: Plenum Press. p. 175-199, 1984.

BOUDRY, G. et al. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglets intestine. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 134, n. 9, p. 2256-2262, Sep. 2004.

BUNCH, R. J. et al. Effects of copper sulfate, copper oxide and chlortetracycline on baby pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 20, p. 723-727, 1961.

CHITOLINA, J. C.; GLORIA, N. A. **Complexos e quelatos - equilíbrios de um processo de complexação. titulações complexométricas e quelatométricas.** Piracicaba. Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - ESALQ, 1991, p. 3– 7.

CLOSE, W. H. Organic minerals for pigs: an update. In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. **Biotechnology in the Feed Industry.** Nottingham University Press. Nottingham, UK, p. 51-60. 1999.

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, p. 2880-2886, 1994.

COSTA, M. A. G. O papel do zinco e do cromo no desempenho de porcas. **Porkworld**, Paulínia, n. 26, p. 58-60, 2005.

CREECH, B. L. et al. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2140–2147, 2004.

CRISTY, H. Fatores que interferem com a absorção intestinal de minerais e uma solução para o problema. **In:** Simpósio sobre Nutrição Mineral. 1, 1984, São Paulo, *Anais*. São Paulo: SNIDA, 1984. p. 19-27.

DOVE, C. R.; HAYDON, K. D. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 805 – 810, 1992.

DU, Z. et al. Utilization of copper in copper proteinate, copper lysine, and copper sulfate using the rat as an experimental model. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 264, 1996. Supplement 1.

EASTER R. A. **Acidification of diets for pigs**. In: 2º Recent developments in pig nutrition, Nottingham. Proceedings. p. 256-66, 1993

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Sistema de Produção**, Versão Eletrônica Jul./2003. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/index.html>>. Acesso em: 21 de setembro de 2009.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Zinc stores in chicken delay the onset of zinc deficiency symptoms. **Poultry Science**, v. 74, n. 6, p. 1011-1021, 1995.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E. **Feeds & Nutrition**. 2. ed. Clovis, California: Ensminger Publishing Company, 1990. 500 p.

ETHERIDGE, R. D.; SEERLEY, R. W.; WYATT, R. D. The effect of diet pigs. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1396 – 1402, 1984.

EWAN, R. C. **Energy utilization in swine nutrition**. In: Swine Nutrition, 1.ed. Stonehan: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 121 – 132

FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N. **Schalman's Veterinary Hematology**, 50.ed. Philadelphia: Ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2000. 1221p.

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.

FREMAUT, D. Trace mineral proteinates in modern pig production: reducing mineral excretion without sacrificing performance. In: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. **Proceedings...** Alltech's Nineteenth Annual Symposium, 2003. p. 171-178.

GARCIA-NAVARRO, C. E.; PACHALLY, J. R. **Manual de hematologia veterinária**. São Paulo: Livraria Varela, 1994. 169p.

GASKINS, H. R.; KELLEY, K. W. Immunology and neonatal mortality. In: VARLEY, M.A. (Ed.). **The Neonatal Pig: Development and Survival**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 39-55.

GENTRY, J. L. et al. Effect of hemoglobin and immunization status on energy metabolism of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 4, p. 1032-1040, Apr. 1997.

GEORGIEVSKII, V. I. Mineral nutrition of animals. London: Butterworths, p. 475, 1982.

GUO, R. et al. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1132-1141, 2001.

GUO, X.; WU, L. Distribution of free seleno-amino acids in plant tissue of *Melilotus indica* L. grown in selenium-laden soils. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 39, p. 207-214, 1998.

HAWBAKER, J. A. Effect of copper sulfate and other chemotherapeutics in growing swine rations. **Journal of Animal Science**, v. 20, p. 163-165, 1961.

HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Minerais. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. D.: fisiologia dos animais domésticos. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 471-487, 1996.

HERRICK, J.B. Mineral in animal health. In: ASHMEAD, H.D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, p. 3-9. 1993.

HEUGTEN, E.; SPEARS, J. W. Immune responses and growth of stressed weanling pigs fed diets supplemented with organic or inorganic forms of chromium. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 409-416, 1997

KANEKO, J. J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Academic Press, 4th Edition, California, 1989, 932p.

KELLY, D.; COUTTS, A. G. P. Development of digestive and immunological function in neonates: role of early nutrition. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 161-167, Oct. 2000.

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.

KIM, Y. Y.; MAHAN, D. C. Effect of Dietary selenium source, level, and pig hair color on various selenium indices. **Journal of Animal Science**. v. 79, p. 949-955, 2001a.

KIM, Y. Y.; MAHAN, D. C. Prolonged feeding of high dietary of organic and inorganic selenium to gilts from 25kg body weight through one parity. **Journal of Animal Science**. v. 79, p. 956-966, 2001b.

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

KLECKER, D.; ZEMAR, V. S.; GOMEZ, J. Influence of trace mineral proteinate supplementation on eggshell quality. **Poultry Science**, v. 76, p. 131, 1997.

KOH, T. S.; PENG, R. K.; KLASSING, K. C. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 7, p. 867-872, July 1996.

KRATZER, F. H.; VOHRA, P. Chelates and chelation. In: **Chelates in nutrition**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1996. p. 5-33

KUSS, F. **Agentes oxidantes e antioxidantes. Bioquímica do tecido animal**. Seminário programa de pós-graduação de Ciências Veterinárias – UFRGS, 2005. Disponível em: www6.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/ag_oxid_antioxid.pdf> Acesso em: 25 de janeiro de 2009.

LARSEN, J.; TOLLERSRUD, S. Effect of dietary Vitamin E and selenium on the phytohaemagglutinin response of pig Lymphocytes. **Research in Veterinary Science**, v. 31, p. 301-305, 1981.

LEACH, R. M. Manganese and glycosyltransferases essential for skeletal development. In: SCHARAMM, V. L.; WEDLER, F.C. **Manganese in metabolism and enzyme function**. New York: Academic Press, 1986. p. 81-91.

LEE, S. H. et al. Evaluation of metal-amino acid chelates and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 14, n. 12, p. 1734-1740, 2001.

LEESON, S. A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 19, 2003, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: 2003. p. 147-162.

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

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Savier, 1985. p. 194, 195, 553.

LIMA, G. J. M. M.; Efeito do período de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.23, n.6, p.949-958, nov./dez. 1994.

LINDEMANN, M. D. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 5, p. 1298-1307, May. 1986.

MAHAN, D. C. Effect of organic and inorganic selenium sources and levels on sow colostrum and milk selenium content. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 100-105. 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.

MAKKINK, C. A. et al. 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

MAMANI, N. J. P. **Efeitos da suplementação de altos níveis dietéticos de cobre e zinco no desempenho de leitões**. 1996 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

MANSPEAKER, J. E. et al. Chelated minerals, their role in bovine fertility. **Veterinary Medicine**, v. 82, n. 9, p. 951-956, 1987.

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

MAYNARD, L. A.; LOOSLY, J. K. **Nutrição Animal**. 2 ed. Livraria Freitas Bastos, 550 p., 1974

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.

MELLOR, S. Alternatives to antibiotics. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 1, p. 18 21, 2000a.

MELLOR, S. The way to piglet health is through the gut. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 8, p. 28-29, 2000b.

MELLOR, S. Solving the problems of weaning is no mean feat. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 9, p. 31-33, 2000c

MENIN, A. 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.

MORES, N. et al. Manejo do leitão desde o nascimento até o abate. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. (Ed). **Suinocultura intensiva**. Concórdia: EMBRAPA, p. 135-162, 1998.

MORGAN, G. T., DREW, H. D. K., Researches on residual affinity and coordination. ii. Acetyl acetones of selenium and tellurium. **Journal of Chemical Society**, 117:1456, 1920.

MORRIS, B. W. et al. The interrelationship between insulin and chromium in hyperinsulinaemic euglycaemic clamps in healthy volunteers. **Journal of Endocrinology**. 139: 339-345, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7. rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 20.ed. Washington, D. C.: National University Press, 1998, 189p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Nutrient requirements of poultry**, Washington, D. C.: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

OLIVEIRA, R. V. **Dinâmica da absorção, retenção e excreção de zinco nas formas orgânica e inorgânica em gatos**. 2004 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.

ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à Medicina Veterinária**, 2002. p. 641-651

PAGE, T. G. et al. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 656-662, 1993.

PAIK, I. Application of chelated minerals in animal production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 14, p. 191-198. 2001

PATTON, R. S. Chelated minerals: what are they, do they work? **Feedstuffs**, v. 62, n. 9, p. 14-17, 1990.

PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J.; WILLIAMS, I. H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 215-236, Nov. 1997.

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, 1995. p. 187-235.

POUND, W. G.; HOUP, K. A. **The biology of the pig**. London: Cornell University Press, 1978. p. 245-275.

POWER R.; HORGAN, K. Biological chemistry and absorption of inorganic and organic trace metal. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 16., 2000, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: 2000. p. 277-291.

PRADO, A. M. R. B. Valores hematimétricos normais em suínos *Sus Scrofa domesticus* Lineu, 1758, das raças landrace e large White no Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.2, n.2, p. 65-80, 2004.

REDDY, A. B.; DWIVED, J. N.; ASHMEAD, A. D. Mineral chelation generates profit. **Missed-World Poultry**, v. 8, p. 13-15, 1992.

RICHERT, B. T.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. et al. Effect of chelated trace minerals on nursery pig growth performance. **Kansas Swine Day**, 1994.

ROURA, E. Changes in piglets feeding behavior at weaning: digestive development and dietary factors. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2, 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANIMALWORLD, p.115-124, 2004.

RUPIC, V. et al. Plasma proteins and haematological parameters in fattening pigs fed different sources of dietary zinc. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 46, p. 111-123, 1998.

SANTOS, W. G. Manose na alimentação de leitões na fase de creche (desempenho, pH do trato gastrointestinal e peso dos órgãos). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 696-702, 2003.

SCHWARZ, K.; MERTZ, W. A glucose tolerance factor and its differentiation from factor 3. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.72, p.515-518, 1957.

SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.G. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca: ML Scott and Associates, 562 p, 1982.

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.

SIJBEN, J. W. C. et al. Energy metabolism of immunized weanling piglets is not affected by dietary yeast. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 79, n. 3/4, p. 153-161, Oct. 1998.

SILVA, L. P.; NÖRNBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. **Revista Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 55-65, 2003.

SMITS, R. J., HENMAN, D. J. Practical experience with bioplexes in intensive pig production. In: **Biotechnology in the Feed Industry**. Nottingham University Press. Nottingham, UK., p. 293-300, 2000.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura Intensiva. – Produção, Manejo e Saude do Rebanho**. 1^a. Ed. Concórdia, 388 p., 1998

SOUZA, A. A.; BOIN, C. **Minerais quelatados**. Radares técnicos-nutrição, 2002. Disponível em: <[http:// www.beefpoint.com.br](http://www.beefpoint.com.br)>. Acesso em: 04 de Março de 2009.

SPEARS, J. W. et al. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. **Journal of Animal Science**, v.70, p. 243, Supplement 1, 1992.

STANSBURY, W.F.; TRIBBLE, L.F.; ORR, D.E. Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 1318-1322, 1990.

TÔRRES, A. P. **Alimentação das aves**. 1. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 259p., 1969

TRINDADE NETO, M. A et al. Dietas e níveis protéicos para leitões desmamados aos 28 dias de idade – fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 1, p. 92-99, 1994.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. 2. ed. London: Cammon Wealth Agricultural Bureaux, 1981. 180 p.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Wallingford: CABI,. 614p., 1999.

UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. Academic Press, New York, 545p., 1977.

VANDERGRIFT, B. The role of mineral proteinates in immunity and reproduction - what do we really know about them. **In: PROCEEDINGS OF ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY**, 9., 1993. 27 p.

VEUM, T. L. 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, p. 1062-1070, 2004.

VIEIRA, S. L. Minerais Quelatados na Nutrição Animal. **Colégio Brasileiro de Nutrição Animal**, III Simpósio de Nutrição de Aves e Suínos, Cascavel – Pr, p. 153 – 172, 2005.

VIEIRA, S. L. **Minerais quelatados na nutrição animal**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS. CBNA – Campinas, SP, pg. 51-70. 2004.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 255-284.

YANG, X. et al. Determination of the selenomethionine content in grain and human blood. **Wei Sheng Yen Chiku**, Beijing, v. 26, p. 113-116, 1997.

ZHOU, W. et al. Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 9, p. 2395-2403, 1994b.

ZHOU, W. et al. The role of feed consumption and feed efficiency in copper stimulated growth. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2385-2394, 1994a.

ZIEGERHOFER, J. Einfluss von zinkoxid auf die enteropathogen E. coli von absetzferkein im feldversuch. **Wien Tierärztl. Mschr.** Jahrgang, 508 p., 1988.

CAPÍTULO 2

Desempenho e parâmetros hematológicos de leitões desmamados alimentados com rações contendo fontes orgânicas de microminerais

RESUMO: Utilizaram-se 126 leitões de genética comercial, desmamados com idade média de 21 dias ($6,11 \text{ kg} \pm 0,42$). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos (Rações com 100% de inclusão de premix de microminerais inorgânico (PMI)- 3,00 kg/T; rações com 0%, 25%, 50%, 75% ou 100% de inclusão de premix de microminerais em forma orgânica (PMO), equivalente a 0; 0,75; 1,50; 2,25 ou 3,00 kg/T, respectivamente) sete repetições e três animais por parcela. No período experimental total (21 aos 63 dias de idade), os níveis crescentes do PMO nas rações determinaram efeito quadrático no ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), porcentagem de Hematócrito (Ht), Hemoglobina (Hb), Hemoglobina corpuscular média (HCM), Volume corpuscular médio (VCM), e Plaquetas (Pq). Comparando-se as médias do tratamento com PMI com cada um dos demais, observou-se que os leitões alimentados com rações sem premix de microminerais apresentaram menores valores de GPD, Ht, Hb, HCM, VCM e Pq, e pior CA, enquanto aqueles que receberam rações com 25% de PMO tiveram menores valores para Ht e Hb, comparado com aqueles que receberam 100% de SMI. O PMO estudado pode substituir as fontes inorgânicas das rações de leitões, com níveis de suplementação 50% inferior, sem prejuízo no desempenho e com menores custos em ração/kg de ganho de peso e sem alterar os parâmetros hematológicos.

Palavras chaves: análise econômica, hemograma, incidência de diarreia, minerais orgânicos, nutrição, suínos

Performance and hematological parameters of weaned piglets fed diets containing organic source of microminerals

ABSTRACT: One hundred and twenty-six weaned piglets with 21 days of age ($6.11 \text{ kg} \pm 0.42$) were used. A completely randomized block design was used, with six treatments (Diets with 100% inclusion of inorganic microminerals premix (IMP) – 3.00 kg/T; diets with 0%, 25%, 50%, 75% or 100% of inclusion of organic microminerals premix (OMP), equivalent to 0; 0.75; 1.50; 2.25 or 3.00 kg/T, respectively), seven replicates and three animals per plot. In the total experimental period (21 to 63 days old), increasing OMP in diets led to a quadratic effect on the daily weight gain (DWG), feed conversion (FC), Hematocrit percentage (Ht), Hemoglobin (Hb), Mean corpuscular hemoglobin (MCH), Mean corpuscular volume (MCV) and Platelets (Pq). Comparing IMS means with those of the other treatments, the animals fed diets with no microminerals premix showed lower DWG, Ht, Hb, MCH and Pq, and lower FC. Those receiving diets with 25% of OMP had lower Ht and Hb compared with those who received 100% of IMP. Considering the nursery phase, OMP can replace inorganic sources in piglets diets with 35% less supplementation resulting in ununpaired performance and low cost of feed/kg of weight gain and no changes in hematological parameters.

Key words: diarrhea incidence, economical analysis, hemogram, nutrition, organic minerals, swine

INTRODUÇÃO

A evolução genética e das técnicas de criação, ambiência e sanidade animal, aliadas a maiores conhecimentos adquiridos na área nutricional, têm possibilitado melhores índices produtivos e reprodutivos. Os nutricionistas têm procurado formular dietas cada vez mais específicas, de modo a atender as exigências dos animais em cada fase do ciclo de produção, entretanto, as variações na biodisponibilidade dos minerais nas fontes utilizadas, as ações de sinergismo ou antagonismo existentes entre minerais e problemas ambientais cada vez mais crescentes, têm despertado interesse dos pesquisadores por alternativas que resultem em menor excreção mineral pelos animais (Muniz, 2007).

Dentre as alternativas para reduzir o impacto ambiental provocada pela produção suinícola, está a adoção da estratégia nutricional de minimizar a suplementação de minerais e maximizar a eficiência de sua utilização. Os minerais em excesso nas rações não são totalmente aproveitados pelo organismo do animal, sendo excretados nas fezes e urina e, conseqüentemente, poluem o ambiente.

Tradicionalmente os minerais suplementados em dietas para suínos como sais inorgânicos, contudo, nos últimos anos, ocorreu um grande interesse no uso de fontes orgânicas, estimulado por resultados favoráveis de pesquisas, aliado a sua maior oferta no mercado de nutrição animal.

Estudos indicam que os minerais de fontes orgânicas são mais biodisponíveis que aqueles na forma inorgânica (Spears, 1996). Os níveis de inclusão nas rações podem ser reduzidos, sem prejuízo ou até com incrementos na produtividade, e, conseqüentemente, com potencial de redução do impacto ambiental, pela diminuição da concentração dos minerais nos dejetos (Fremaut, 2003).

Redução na concentração de minerais nas excretas de suínos utilizando-se fontes orgânicas têm sido demonstrado com o zinco (Case & Carlson, 2002; Carlson et al., 2004) e com o cobre (Paik, 2001).

Efeito positivo nas formas de depósito de minerais em leitões também tem sido demonstrado com a utilização de forma orgânico na suplementação de matrizes em lactação (Mateos et al. 2004).

O uso prático de minerais de fontes orgânicas para suínos dependerá das respostas de desempenho, estado de saúde e impacto ambiental (Acda & Chae, 2002), contudo, os resultados encontrados nos estudos comparando fontes orgânicas e inorgânicas de minerais ainda são inconsistentes, necessitando de novas pesquisas.

A pesquisa proposta, portanto, objetivou avaliar os efeitos de níveis de suplementação de fontes orgânicas de microminerais (Fe, Cu, Mn, Se e Zn) nas rações sobre o desempenho e parâmetros hematológicos de leitões desmamados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista- UNESP, nas instalações de creche da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ, Câmpus Botucatu, localizada na região centro Sul do estado de São Paulo com latitude 22°53'09" (S), longitude 48°26'42" (O) e altitude de 804 metros. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno.

Utilizaram-se 126 leitões híbridos comerciais (machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 dias de idade e peso médio de 6,11 kg $\pm$ 0,42. 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 mantinham a 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 experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos, sete repetições e três animais por parcela. Os tratamentos foram: ração basal sem a inclusão de premix mineral (RB); RB com 25% de inclusão de premix mineral orgânico (0,75 kg/T); RB com 50% de inclusão de premix mineral orgânico (1,50 kg/T); RB com 75% de inclusão de premix mineral orgânico (2,25 kg/T); RB com 100% de inclusão de premix mineral orgânico (3,00 kg/T); RB com 100% de inclusão de premix mineral inorgânico (3,00 kg/T). Os premixes minerais foram adicionados nas rações basais em substituição a casca de arroz moída.

Os premixes minerais foram elaborados por empresa comercial para fins de pesquisa e nos tratamentos com 100% de suplementação (3,00 kg/T de ração) forneciam níveis de minerais que, com exceção do manganês, atendiam as recomendações de suplementação propostas por Rostagno et al. (2005) para leitões na creche (Tabela 1). As análises de minerais nas matérias primas das rações foram realizadas no Centro de Apoio Químico ao Ensino, à Pesquisa e de Prestação de Serviços (CEAQUIM) do Instituto de Biociências de Botucatu – IBB.

Tabela 1: Níveis de minerais nos premixes, e valores médios recomendados de suplementação nas rações pré- inicial e inicial, segundo Rostagno et al. (2005)

Mineral (mg/kg)	Premix inorgânico (PI) ¹	Premix orgânico (PO) ¹	Rações com PI ²	Rações com PO ²	Rostagno et al. (2005)
Ferro	34200,00	27000,00	102,60	81,00	84,00
Cobre	5500,00	4500,00	16,50	13,50	12,60
Manganês	16200,00	15800,00	48,6	47,40	42,00
Selênio	97,60	101,20	0,29	0,30	0,38
Zinco	58700,00	56200,00	176,10	168,60	105,00

¹ Valores analisados

² Rações com 3,00 kg/T de premix mineral

O período experimental foi de 42 dias (21 aos 63 dias de idade dos leitões) quando os leitões receberam três tipos de rações, de acordo com o sistema de arraçãoamento por fases: Ração Pré-inicial I de 0 a 17 dias (21 a 38 dias de idade dos leitões); Ração Inicial I de 18 a 32 dias (39 a 53 dias de idade dos leitões); Ração Inicial II de 33 a 42 dias (54 a 63 dias de idade dos leitões). As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005) para cada uma das fases estudadas e fornecidas à vontade para os animais. A composição percentual e os níveis nutricionais das rações pré-inicial, inicial I e inicial II estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Composição percentual das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche

Ingredientes (%)	Pré-Inicial (0-17 dias)	Inicial 1 (17-32 dias)	Inicial 2 (32-42 dias)
Milho	42,0000	50,0000	63,0000
Soja, Farelo	15,0000	22,0000	27,0000
Milho extrusado	8,5127	0,0000	0,0000
Soja integral extrusada	7,8000	9,0000	4,5000
Nuklospray K11 ¹	11,2000	3,0000	0,0000
Açúcar	1,4963	1,5363	0,7113
Óleo de soja	0,0000	1,0000	1,3000
Nuklospray K21 ¹	6,6000	5,5000	0,0000
Argo MD 20 ²	2,0000	3,0000	0,0000
Casca arroz moida ³	-	-	-
Calcário	0,6600	0,7300	0,6600
Fosfato Bicálcico	1,6700	1,5000	1,4000
Iodato de cálcio	0,0002	0,0002	0,0002
Cloreto de sódio	0,3200	0,4000	0,4700
L-Lisina HCl 78%	0,7300	0,5300	0,3400
DL-Metionina 99%	0,1540	0,1000	0,0500
L-Treonina 98%	0,3000	0,1900	0,0800
L-Triptofano 98%	0,0600	0,0250	0,0000
Cloreto de colina 60%	0,0635	0,0635	0,0635
Sucran ⁴	0,0150	0,0150	0,0150
Aroma lácteo ⁵	0,0300	0,0300	0,0300
Oxy-Nil Dry ⁶	0,0050	0,0050	0,0050
Ácido fumárico	1,0000	0,8000	0,0000
Premix mineral inorgânico ³	-	-	-
Premix mineral orgânico ³	-	-	-
Premix Vitamínico ⁷	0,0500	0,0500	0,0500
Denagard ⁸	-	0,2000	-
Halquinol 60% ⁹	0,0333	0,0250	0,0250

¹ Produtos lácteos comerciais da Sloten.

² Maltodextrin, produto comercial da Corn Products Brasil

³ Níveis de inclusão variáveis em função dos tratamentos.

⁴ Edulcorante, produto comercial da Pancosma.

⁵ Palatabilizante, produto comercial da Lucta.

⁶ Antioxidante, produto comercial da Inve.

⁷ Premix vitamínico fornecendo as seguintes quantidades por kg de ração: 9.000UI vit. A; 2.250UI vit D3; 22,5mg vit. E; 22,5 mg vit. K3; 2,03mg vit. B1; 6mg vit. B2; 3mg vit. B6; 30mcg vit. B12; 0,9mg ác. fólico; 14,03mg ác. pantotênico; 30mg niacina; 0,12mg biotina; 400mg colina.

⁸ Fumarato hidrogenado de tiamulina (10%), produto comercial da Novartis.

⁹ Promotor de Crescimento, produto comercial da Mcassab

Tabela 3: Composição nutricional calculada das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche¹

Níveis Nutricionais Calculados	Pré-Inicial	Inicial 1	Inicial 2
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3376	3345	3290
Proteína Bruta (%)	18,49	19,53	19,51
Lisina Digestível (%)	1,42	1,33	1,16
Metionina Digestível (%)	0,40	0,37	0,32
Treonina Digestível (%)	0,91	0,84	0,72
Triptofano Digestível (%)	0,25	0,23	0,20
Cálcio (%)	0,85	0,80	0,72
Fósforo Total (%)	0,68	0,63	0,60
Fósforo Disponível (%)	0,50	0,44	0,39

¹Valores calculados com base nos níveis nutricionais apresentados por Rostagno et al. (2005) ou pelos fabricantes das matérias primas

Foram avaliados os dados médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar nos períodos de 0-14, 0-32 e 0-42 dias pós-desmame, bem como a incidência de diarreia nos primeiros 14 dias do período experimental, 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).

Após a última pesagem, foram coletadas amostras de sangue de cada animal para avaliação dos parâmetros hematológicos. A colheita de sangue foi realizada na veia cava com sistema de coleta de sangue a vácuo (tubos de 5 mL com solução de EDTA a 3%), usando agulhas de coleta a vácuo 40X9. As amostras foram enviadas ao laboratório de análises veterinárias localizado em Botucatu/SP para realização das análises dos parâmetros hematológicos.

As contagens dos números de eritrócitos e leucócitos, os índices hematimétricos como volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e a contagem de plaquetas

(Pq) foram realizadas por contador hematológico automático AH-22 USPBR. A porcentagem de hematócrito foi obtida através do cálculo derivado dos valores de VCM e eritrócitos por impedância, e a taxa de hemoglobina foi obtida utilizando-se espectrofotometria.

A viabilidade econômica foi avaliada por meio do custo de ração por quilograma de peso ganho pelos leitões em cada tratamento nos períodos de 0 a 17, 0 a 32 e 0 a 42 dias do experimento, utilizando-se a fórmula proposta por Bellaver et al. (1985).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o GLM do programa SAS[®] (1998), sendo os efeitos dos níveis de suplementação de minerais de fontes orgânicas estudados pela análise de regressão. Para a comparação dos resultados obtidos entre o tratamento com premix mineral de fonte inorgânica com cada um dos demais, foi utilizado o Teste de Dunnett – Hsu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 4: Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e incidência de diarreia (ID) de leitões alimentados com rações contendo níveis de premix mineral de fontes orgânicas e inorgânicas¹

Idade (dias)	Variável	Nível de Premix mineral						Regressão	CV(%) ³
		Orgânico					Inorgânico		
		0%	25%	50%	75%	100%			
21 a 35	CDR (g)	261 ^a	265 ^a	242 ^a	251 ^a	250 ^a	246 ^a	NS ⁴	10,99
	GDP (g)	172 ^a	172 ^a	151 ^a	163 ^a	170 ^a	158 ^a	NS	13,42
	CA	1,53 ^a	1,55 ^a	1,62 ^a	1,55 ^a	1,48 ^a	1,56 ^a	NS	7,84
21 a 53	CDR (g)	562 ^a	568 ^a	557 ^a	577 ^a	565 ^a	558 ^a	NS	7,26
	GDP (g)	326 ^a	348 ^a	350 ^a	353 ^a	357 ^a	343 ^a	L ¹	7,13
	CA	1,74 ^a	1,64 ^a	1,59 ^a	1,64 ^a	1,58 ^a	1,63 ^a	L ¹	6,38
21 a 63	CDR (g)	663 ^a	737 ^a	734 ^a	738 ^a	737 ^a	717 ^a	L ¹	7,65
	GDP (g)	375 ^b	452 ^a	451 ^a	451 ^a	448 ^a	437 ^a	Q ¹	6,94
	CA	1,78 ^b	1,63 ^a	1,63 ^a	1,63 ^a	1,64 ^a	1,64 ^a	Q ¹	4,87
21 a 35	ID (%)	8,15 ^a	13,59 ^a	12,91 ^a	8,16 ^a	9,51 ^a	8,84 ^a	NS	57,47

¹Médias de cada nível de premix mineral orgânico, seguidas de letras distintas na linha diferem em relação ao tratamento com premix mineral inorgânico pelo teste de Dunnett-Hsu; L¹ - efeito linear (P<0,05) dos níveis de premix mineral de fontes orgânicas; Q¹ - efeito quadrático (P<0,01) dos níveis de premix mineral de fontes orgânicas; ³Coefficiente de variação; ⁴ Não significativo (P>0,05).

Os níveis crescentes de premix de microminerais em forma orgânica nas rações determinaram aumento linear (P<0,05) no ganho diário de peso ($GDP = 333,2571 + 0,2686X$, $r^2 = 0,39$; Figura 1) e redução linear (P<0,01) na conversão alimentar ($CA = 1,6981 - 0,0012X$, $r^2 = 0,24$; Figura 2) no período de 21 a 53 dias de idade dos leitões, contudo, no período experimental total (21 a 63 dias de idade) verificou-se efeito quadrático (P<0,01) dos níveis de premix de microminerais em forma orgânica sobre o ganho diário de peso ($GDP = 383,6694 + 2,3950X - 0,0181X^2$, $r^2 = 0,59$; Figura 3) e

conversão alimentar ($CA = 1,7651 - 0,0049 X + 0,0004X^2$, $r^2 = 0,48$; Figura 4) e efeito linear ($P < 0,05$) no consumo diário de ração ($CDR = 691,6571 + 0,5977X$, $r^2 = 0,33$; Figura 5). Apesar das respostas lineares no ganho diário de peso e na conversão alimentar no período de 21 a 53 dias de idade sugerirem a recomendação do tratamento com 100% de premix micromineral em forma orgânica, considerando as equações de regressão dessas variáveis no período total de experimento, o nível recomendado de suplementação é de 65%.

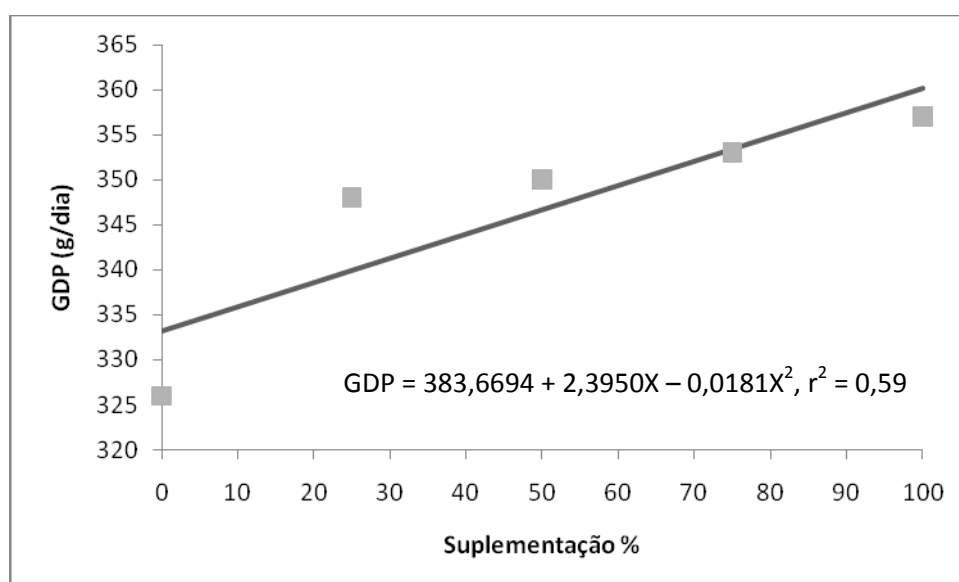


Figura 1 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o ganho diário de peso (GDP) de leitões de 21 a 53 dias de idade.

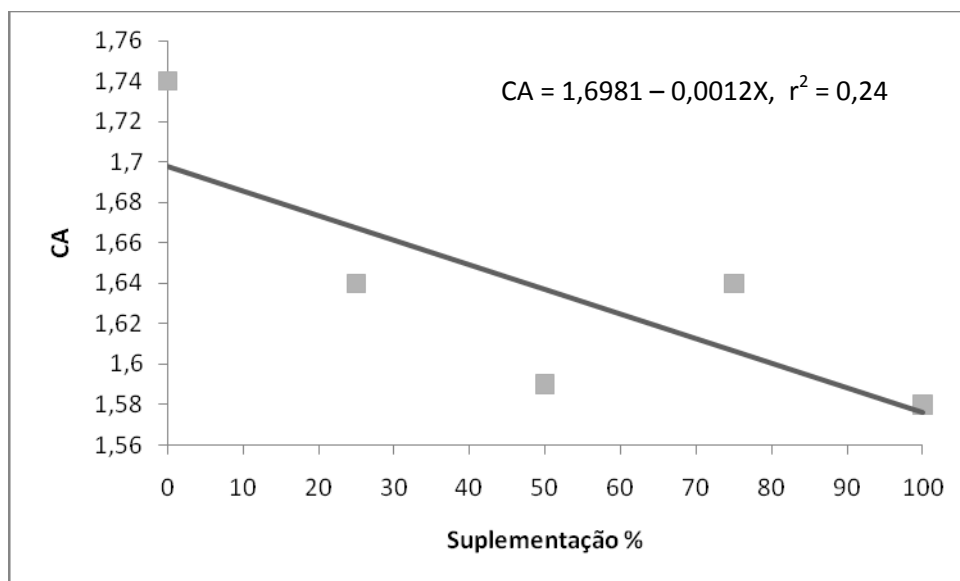


Figura 2 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a conversão alimentar (CA) de leitões de 21 a 53 dias de idade.

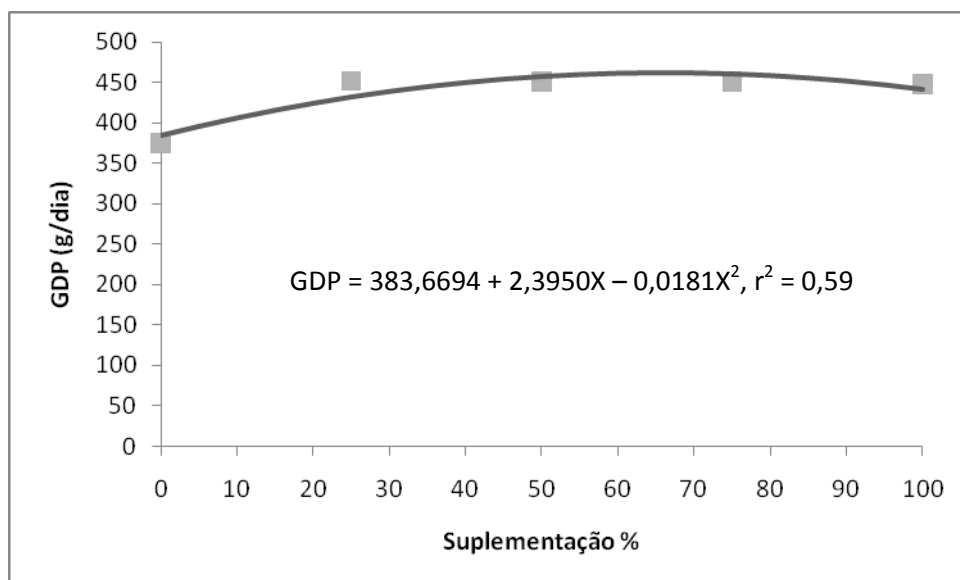


Figura 3 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o ganho diário de peso (GDP) de leitões de 21 a 63 dias de idade.

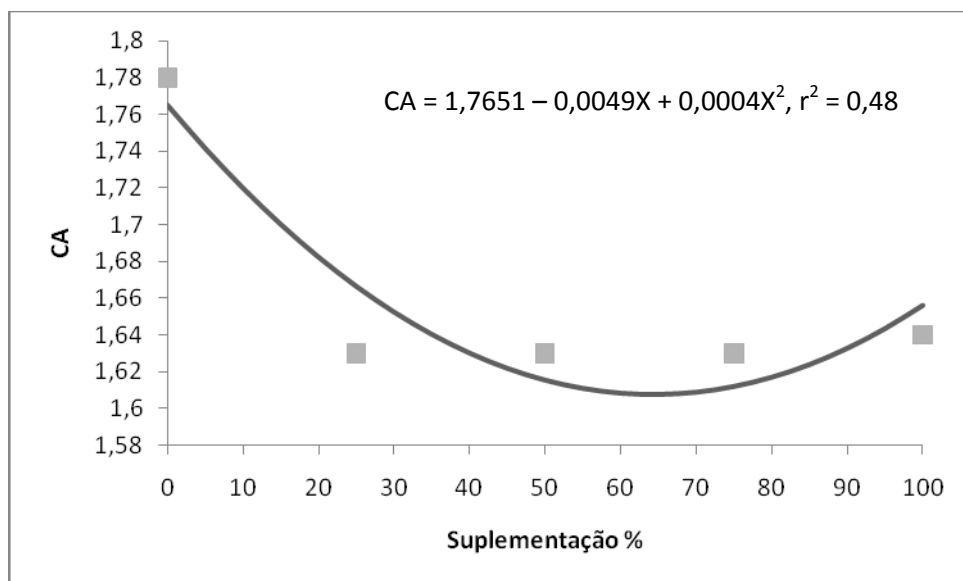


Figura 4 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a conversão alimentar (CA) de leitões de 21 a 63 dias de idade.

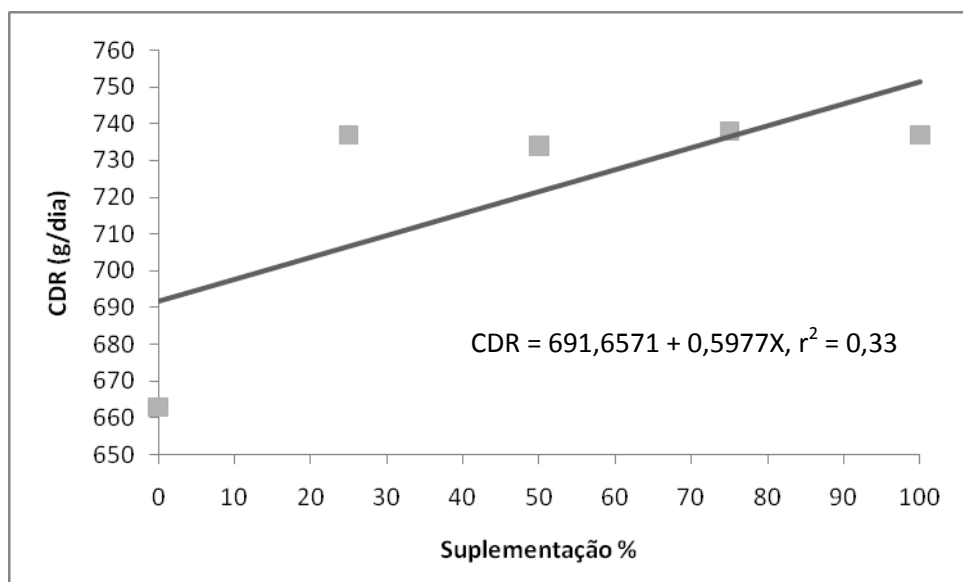


Figura 5 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o consumo diário de ração (CDR) de leitões de 21 a 63 dias de idade.

Richert et al. (1994), comparando uma mistura de cobre, manganês e zinco nas formas quelatada e inorgânica, observaram maior ganho de peso em leitões desmamados que receberam as formas quelatadas na primeira semana, mas considerando o período de quatro semanas pós desmame, a superioridade da forma quelatada não foi observada.

Quando foram comparadas as médias do tratamento com premix micromineral inorgânico com cada um dos demais tratamentos, observou-se diferença ($P < 0,05$) no ganho diário de peso e na conversão alimentar apenas em relação ao tratamento em que não foi realizada a suplementação de microminerais no período total do experimento, indicando, portanto, que mesmo o menor nível de inclusão de premix de microminerais em forma orgânica (25%) proporcionou resultados de desempenho semelhantes aos dos leitões que receberam o premix micromineral inorgânico na dosagem de 100%.

Os resultados apresentaram efeitos negativos da não suplementação de microminerais nas rações foram se acentuando ao longo do período experimental, motivo pelo qual não foram verificadas diferenças entre os tratamentos nos primeiros 32 dias, sendo assim, as reservas corpóreas dos microminerais foram suficientes para suprir as necessidades dos leitões durante este período. Resultados semelhantes foram encontrado por Creech et al. (2204) ao comparar a dieta controle com níveis normais de minerais inorgânicos (Zn, Cu, Fe e Mn) a dieta com minerais orgânicos ou quelatados, em quantidade reduzida, não encontraram diferença significativa no desempenho de animais na fase de creche e crescimento.

Por outro lado, avaliando a eficiência de fontes orgânicas e inorgânicas de selênio para suínos em crescimento e terminação, Mahan et al. (1999) demonstraram que não houve efeito da fonte ou nível de selênio sobre o desempenho dos animais; resultados

semelhantes foram encontrados por Nunes et al. (2002), quando avaliaram a retirada do premix mineral da dieta de suínos, e não verificaram diferenças no ganho de peso e na conversão alimentar em comparação aos animais que receberam dietas contendo o premix, o que foi atribuído a menor exigência de minerais na fase de terminação.

Veum et al. (1995) num estudo com leitões na fase de creche alimentados com 50% da suplementação de microminerais (Zn, Cu, Fe e Mn) na forma de metal proteínado, observaram melhor desempenho quando comparado com aqueles animais que receberam a mesma concentração de microminerais em forma inorgânica (sulfato). Esses autores também relataram que a substituição de 15 a 36% dos minerais inorgânicos pela forma de metal proteínado, melhorou a conversão alimentar.

As duas primeiras semanas pós-desmame são consideradas críticas em virtude do estresse do desmame e das limitações fisiológicas e imunológicas dos leitões, o que predispõe a queda no desempenho e aparecimento de diarreias (Bertol, 1997), entretanto, não foi verificado efeito dos tratamentos sobre a incidência de diarreia nos leitões, provavelmente devido ao baixo nível de contaminação ambiental, já que as instalações antes do início do experimento foram limpas, desinfetadas e passaram por período de vazio sanitário prolongado, aliado ao adequado peso no desmame aos 21 dias de idade dos leitões.

Um aspecto importante na utilização dos minerais de fontes orgânicas é a possibilidade de redução dos níveis de inclusão nas dietas, diminuindo desta forma o teor destes minerais nas fezes. Em um estudo, Paik (2001) verificou a possibilidade de redução de 31% do teor de cobre nas fezes quando usado na forma orgânica em dietas de aves e suínos.

O cobre é um micromineral amplamente utilizado como promotor de crescimento nas dietas de leitões. Zhou et al. (1994) e Coffey et al. (1994), comparando sulfato de

cobre com cobre-lisina para leitões desmamados, verificaram que os animais alimentados com a ração contendo cobre-lisina apresentaram maior consumo e tiveram maior taxa de crescimento que aqueles alimentados com a dieta contendo sulfato de cobre.

Avaliando complexo de microminerais orgânicos, Leeson (2003) relatou a possibilidade de redução em 30% da fração mineral, sem alterar o desempenho de frangos de corte. Essa mesma possibilidade de redução foi confirmada por Fremaut (2003), que verificou que os melhores resultados de desempenho dos suínos foram obtidos quando o zinco, cobre, ferro e manganês foram reduzidos em 30% dos níveis normais, desde que adicionados na forma orgânica nas rações. Todavia, Burkett et al. (2005), indica a possibilidade de maior redução, uma vez que verificaram que a redução de 50% dos níveis normais dos minerais traços, que foram adicionados na forma de um complexo orgânico na dieta, não alteraram o desempenho de suínos em crescimento, corroborando os resultados do presente experimento.

Neste experimento, não houve respostas superiores de desempenho dos leitões que receberam fontes orgânicas, em relação àqueles que receberam fontes inorgânicas, mas, evidenciou a possibilidade de sua substituição em níveis inferiores pela fonte orgânica possibilitando a mesma eficiência produtiva e, provavelmente, a diminuição na excreção de microminerais.

Os resultados da análise econômica (custo por quilograma de ração e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho) são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Custo por quilograma de ração (R\$) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$) nos períodos de 21 a 38, 21 a 53 e 21 a 63 dias de idade dos leitões.

Idade (dias)	Variável	Nível de Premix mineral					
		Orgânico					Inorgânico
		0%	25%	50%	75%	100%	100%
21 - 38	Custo/kg Ração	1,144	1,146	1,148	1,150	1,152	1,146
	Custo/kg GP	1,735	1,762	1,840	1,775	1,696	1,781
21 - 53	Custo/kg Ração	1,085	1,087	1,087	1,089	1,092	1,086
	Custo/kg GP	1,870	1,774	1,731	1,778	1,727	1,768
21 - 63	Custo/kg Ração	0,937	0,915	0,912	0,921	0,918	0,917
	Custo/kg GP	1,656	1,491	1,485	1,503	1,510	1,504

No período de 0 a 17 dias de experimento os níveis de 25%, 75% e 100% de premix de microminerais de fontes orgânicas proporcionaram economia de 1,07, 0,34 e 4,77% ,respectivamente, e para os períodos de 21a 53 e 21 a 63 dias de idade, o nível de 50% de premix de microminerais de fontes orgânicas proporcionou economia de, respectivamente, 2,09 e 1,26% no custo por unidade de peso vivo em relação ao tratamento que continha 100% de premix de microminerais de fontes inorgânicas. Os resultados do custo da ração (R\$)/kg de ganho de peso dos leitões demonstraram que para o período acumulado de 0 a 42 dias, os tratamentos mais indicados foram com premix de microminerais em forma orgânica, em níveis entre 25% e 75% .

Os resultados dos parâmetros hematológicos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Perfil hematológico médio de hematócrito (Ht), hemoglobina (Hb), hemácias (Hm), hemoglobina corpuscular média (HCM), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), leucócitos totais (Leu Tot) e plaquetas (Pq) em leitões alimentados com rações contendo níveis de premix mineral de fontes orgânicas ou inorgânicas¹

Variável	Nível de premix mineral						Reg.	CV (%) ³
	Orgânico					Inorg.		
	0%	25%	50%	75%	100%	100%		
Hm (milh/mm ³)	6,30 ^a	6,35 ^a	6,32 ^a	6,45 ^a	6,28 ^a	6,59 ^a	NS ⁵	4,21
Ht (%)	33,43 ^b	36,71 ^b	37,14 ^a	38,14 ^a	37,71 ^a	39,00 ^a	Q ¹	4,3
Hb (g/dL)	9,75 ^b	10,61 ^b	10,90 ^a	11,17 ^a	11,14 ^a	11,40 ^a	Q ¹	3,84
HCM (pg)	15,48 ^b	16,71 ^a	17,29 ^a	17,30 ^a	17,78 ^a	17,38 ^a	Q ¹	3,16
VCM (μg)	53,08 ^b	57,51 ^a	59,12 ^a	59,47 ^a	59,87 ^a	59,51 ^a	Q ¹	2,92
CHCM (%)	29,14 ^a	29,07 ^a	29,25 ^a	29,13 ^a	29,70 ^a	29,26 ^a	NS	2,01
Leu Tot (mm ³)	19,97 ^a	17,73 ^a	15,92 ^a	17,19 ^a	16,84 ^a	18,30 ^a	NS	18,31
Pq (mm ³)	617,71 ^b	484,14 ^a	439,29 ^a	468,71 ^a	435,14 ^a	503,29 ^a	Q ¹	1,04 ⁴

¹Médias de cada nível de premix mineral orgânico seguidas de letras distintas na linha diferem em relação ao tratamento com premix mineral inorgânico pelo teste de Dunnett-Hsu ($P < 0,05$); Q¹ - efeito quadrático ($P < 0,01$); ³ Coeficiente de variação; ⁴ Dado expresso em log₁₀; ⁵ Não significativo ($P > 0,05$).

Os níveis crescentes de premix de microminerais de fonte orgânica nas rações determinaram efeito quadrático ($P < 0,01$) nos valores de hematócrito ($Hm = 33,6489 + 0,1183X - 0,0008X^2$, $r^2 = 0,64$; Figura 6), hemoglobina ($Hb = 9,7833 + 0,0341X - 0,0002X^2$, $r^2 = 0,68$; Figura 7), hemoglobina corpuscular média ($HCM = 15,5758 + 0,0445X - 0,0002X^2$, $r^2 = 0,74$; Figura 8), volume corpuscular médio ($VCM = 53,3704 + 0,1686X - 0,0010X^2$, $r^2 = 0,77$; Figura 9) e plaquetas ($Pq = 5,7731 - 0,0036X + 0,000023X^2$, $r^2 = 0,54$; Figura 10). Considerando as equações de regressão, o nível médio recomendado de inclusão de premix micromineral orgânico é de 82%.

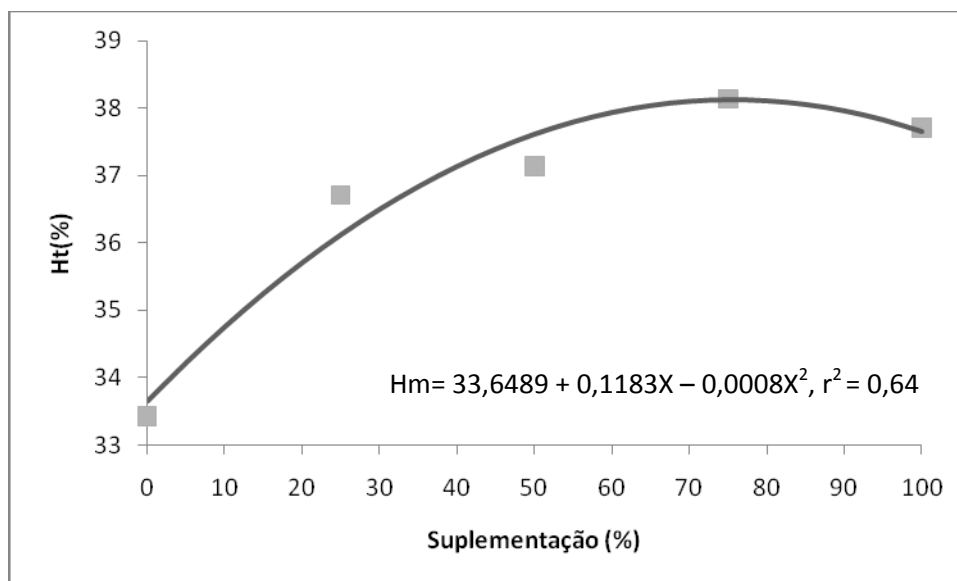


Figura 6 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o hematócrito (Ht) de leitões.

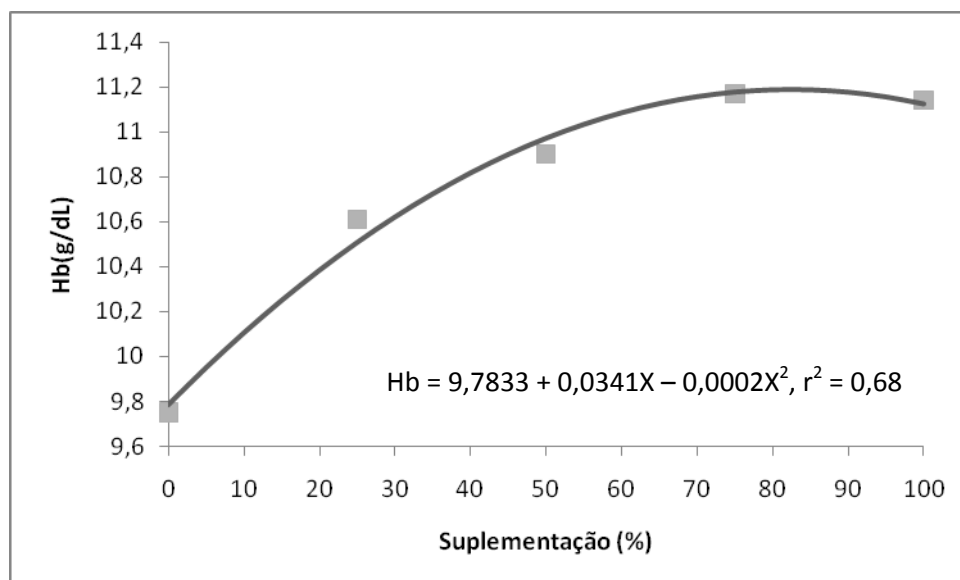


Figura 7 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a hemoglobina (Hb) de leitões.

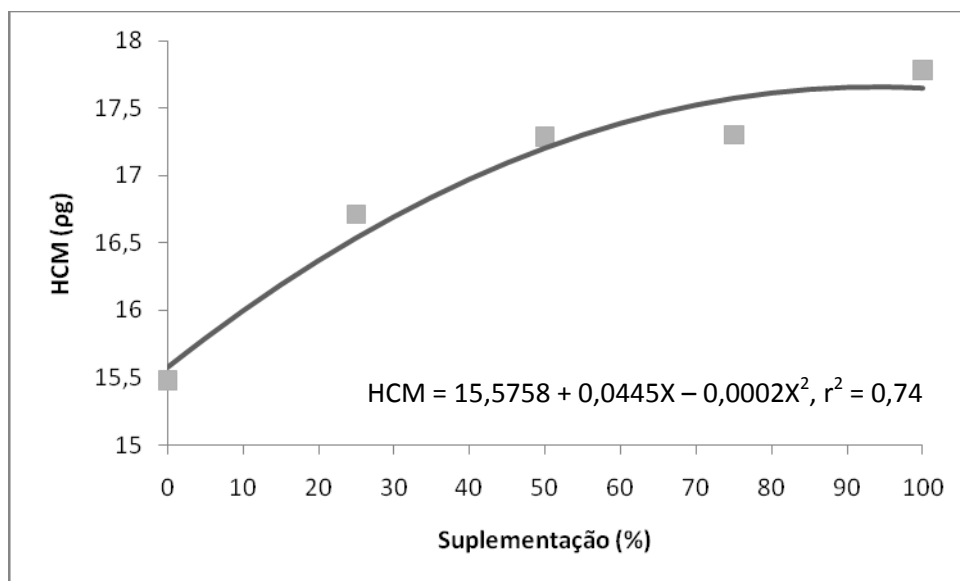


Figura 8 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a hemoglobina corpuscular média (HCM) de leitões.

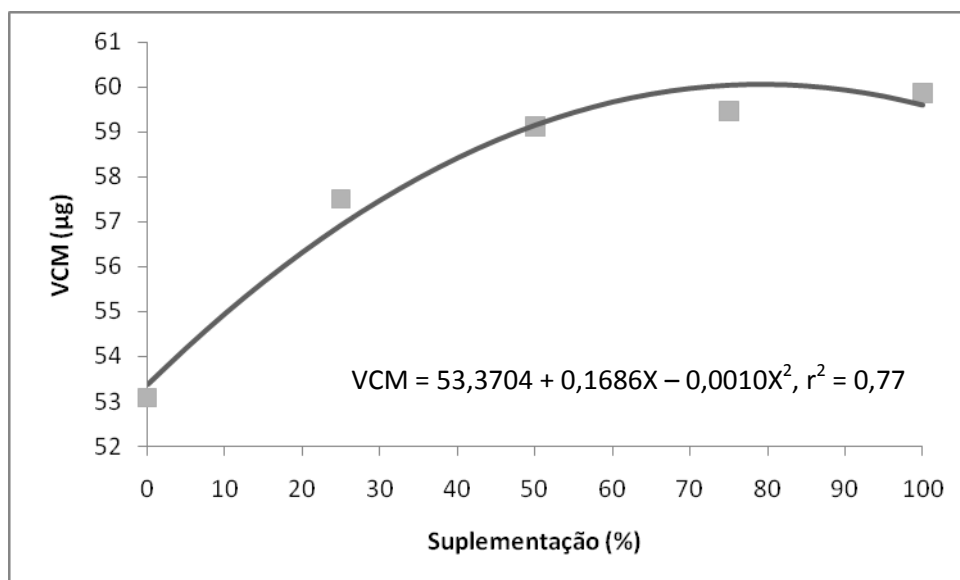


Figura 9 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre o volume corpuscular médio (VCM) de leitões.

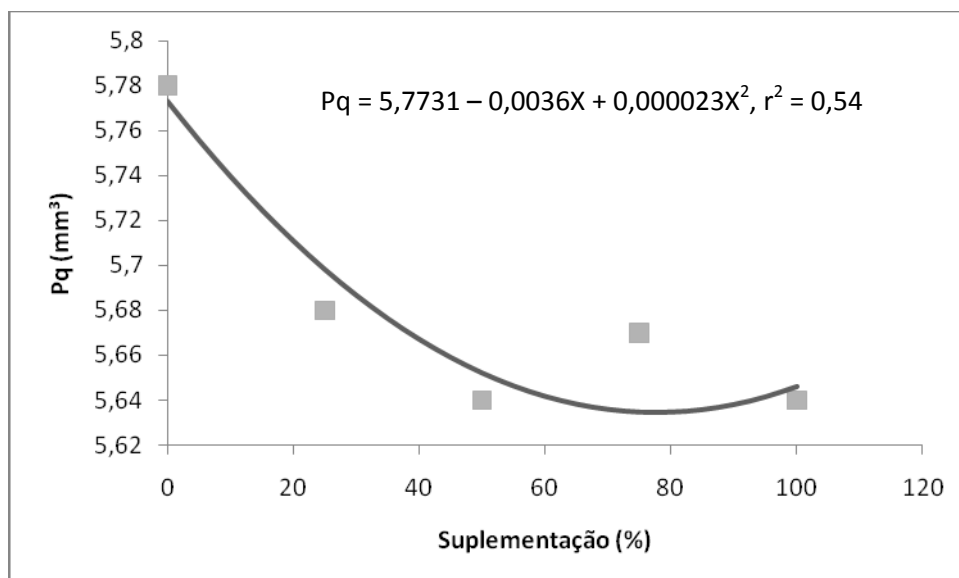


Figura 10 - Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre as plaquetas (Pq) de leitões.

Quando foram comparadas as médias do tratamento com premix de microminerais de fontes inorgânicas com cada um dos demais tratamentos, verificou-se que os animais alimentados com rações sem premix de microminerais apresentaram menores valores ($P < 0,05$) de hematócrito (14,28%), hemoglobina (14,47%), hemoglobina corpuscular média (10,93%), volume corpuscular médio (10,80%) e maiores valores para plaquetas (22,73%), apresentando quadro de anemia microcítica hipocrômica, sendo a principal causa a deficiência de ferro e cobre enquanto aqueles que receberam rações com 25% de inclusão de premix mineral orgânico tiveram menores valores ($P < 0,05$) de hematócrito (5,87%) e hemoglobina (6,93%), encaminhando para quadro de anemia, embora esses valores estejam dentro dos parâmetros fisiológicos normais.

De acordo com Pound & Houpt (1978), valores normais de hematócrito de suínos situam-se na faixa de 30 a 45%, podendo variar com a idade e o método de determinação e, segundo Kaneko (1989), o teor de hemoglobina em suínos varia de 10 a 16 g/dL. Garcia-Navarro & Pachally (1994) citaram como valores normais em suínos 32

a 50% e 10 a 17 g/dL, para hematócrito e hemoglobina, respectivamente, sendo sempre mais baixos nos casos de anemia.

Mamani (1996) e Arantes et al. (2007) não encontraram diferenças nos parâmetros hematológicos de leitões alimentados com rações contendo níveis de Zn na forma orgânica, variando de 0 a 2500 ppm, contudo, Rupic et al. (1998) verificaram que a fonte inorgânica de zinco (ZnSO_4) determinou aumento em alguns dos parâmetros sanguíneos, como eritrócitos, hemoglobina e plaquetas, enquanto que o zinco de fonte orgânica (zinco metionina), elevou o volume corpuscular médio (VCM), sugerindo que as fontes orgânicas e inorgânicas de minerais podem seguir diferentes rotas metabólicas no organismo animal.

Por outro lado, Creech et al. (2004) verificaram maiores concentrações de hemoglobina em leitões na fase de creche que receberam suplementação reduzida de microminerais quelatados quando comparados com os que receberam dietas suplementadas com microminerais na forma inorgânica.

Segundo Wallach & Kanaan (2003), o número de plaquetas está aumentado nas anemias por deficiência de ferro (ferropriva), assim, no presente experimento, o maior número de plaquetas nos animais que não receberam premix de microminerais nas rações é decorrente de anemia, uma vez que os valores de hematócrito, hemoglobina, hemoglobina corpuscular média e volume corpuscular médio também foram menores nesses animais.

O premix de minerais de fontes inorgânicas apresentava níveis de ferro, cobre, manganês e zinco superiores ao premix de minerais de fontes orgânicas (Tabela 1), contudo, mesmo em níveis menores nas rações o premix mineral orgânico proporcionou respostas semelhantes no desempenho e nos parâmetros sanguíneos dos animais,

sugerindo maior biodisponibilidade das fontes orgânicas de minerais para leitões desmamados.

CONCLUSÕES

Considerando o período total da fase de creche, o premix de microminerais em forma orgânica pode substituir o premix micromineral inorgânico das rações de leitões num nível de suplementação 50% inferior, sem prejuízo no desempenho, com menor custo da ração/kg de ganho de peso e sem alterar os parâmetros hematológicos dos leitões.

Os leitões respondem a adição de premix de microminerais em forma orgânica nas rações melhorando o desempenho e os parâmetros hematológicos até o nível de 65% e 82% de inclusão, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ARANTES, V.M.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; MALHEIROS, E.B.; BARROS, V.M.; PINTO, E.S.; BUDINO, F.E.L.; FRAGA, A.L.; HUAYNATE, A.R.; RUIZ, U.S. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados sobre o perfil de parâmetros sanguíneos. In: **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 193-205, 2007
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S.; GOMES, P.C. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. V.20, n.8, p. 969-974, 1985.
- BERTOL, T. M. Alimentação dos Leitões no Aleitamento e Creche. Suinocultura Intensiva para Técnicos de Nível Médio. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Suínos e Aves**, p. 93 –106, 27 e 28/08, 1997.
- BURKETT, J.L., STALDER, K.J., SCHWAB, C.R. et al. **Growth comparison and fecal mineral excretion of inorganic and organic trace mineral supplementation in swine**. Iowa State University Animal Industry Report. 8p. 2005.
- CARLSON, M.S.; BOREN, C.A.; WU, C.; HUNTINGTON, C.E.; BOLLINGER, D.W.; VEUM, T.L. Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as a polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma and excretion of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1359-1366, 2004.
- 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, p.1917-1924, 2002.
- COFFEY, R.D., CROMWELL, G.L., MONEGUE, H.J. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promoting for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2880-2886. 1994.
- CREECH, B.L.; SPEARS, J.W.; FLOWERS, W.L.; HILL, G.M.; LLOYD, K.E.; ARMSTRONG, T.A.; ENGLE, T.E. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2140–2147, 2004.
- FREMAUT, D. Trace mineral proteinates in modern pig production: reducing mineral excretion without sacrificing performance. In: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. **Proceedings... Alltech's Nineteenth Annual Symposium**, 2003. p.171-178.
- GARCIA-NAVARRO, C.E.; PACHALLY, J.R. **Manual de hematologia veterinária**. São Paulo: Livraria Varela, 1994. 169p.
- KANEKO, J.J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Academic Press, 4th Edition, California, 1989, 932p.
- LEESON, S. A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure? In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. **Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries**. Eds. Nottingham University Press, Nottingham. United Kingdom. 2003.
- MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effects of Dietary Levels of Selenium-Enriched Yeast and Sodium Selenite as Sources Fed to Growing-Finishing Pigs on Performance, Tissue Selenium, Serum Glutathione Peroxidase Activity, Carcass Characteristics, and Loin Quality. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2172-2179, 1999.

- MAMANI, N.J.P. **Efeitos da suplementação de altos níveis dietéticos de cobre e zinco no desempenho de leitões**. 1996 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MATEOS, G. G.; VALENCIA, D. G.; MORENO, E. J. Microminerales em alimentación de monogástricos. Aspectos técnicos y consideraciones legales. In: **XX CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA**, Barcelona. 2004. p. 275-323.
- MUNIZ, M. H. B. **Minerais de fontes orgânicas em dietas de leitões desmamados**. 2007. 67f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- NUNES, R. da C.; KRONKA, R.N.; SOBESTIANKSY, J. et AL. Retirada do suplemento micromineral e/ou vitamínico da ração de suínos em fase de terminação. Desempenho, níveis de minerais nos metacarpos e custo da ração. **Ciência Animal Brasileira**, v.3, p. 49-57, 2002.
- PAIK, I. Application of chelated minerals in animal production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.14, p.191-198. 2001
- POUND, W.G.; HOUP, K.A. **The biology of the pig**. London: Cornell University Press, 1978. P.245-275.
- RICHERT, B.T.; GOODBAND, R.D.; NELSEN, J.L. et al. Effect of chelated trace minerals on nursery pig growth performance. **Kansas Swine Day**, 111. 1994.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais (Tabelas Brasileiras para aves e suínos)**. Viçosa: UFV, 2005, CD.
- RUPIC, V.; IVANDIJA, L.; LUTEROTTI, S.; DOMINIS-KRAMARIC, M.; BOZAC, R. Plasma proteins and haematological parameters in fattening pigs fed different sources of dietary zinc. **Acta Veterinaria Hungarica**, v.46, p.111-123, 1998.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT. **User's guide**, version 6.11, 4.ed., v. 2. Cary: Sas Institute Inc., 1998.
- SPEARS, J. W. **Optimizing minerals levels and sources for farm animals**. In: **Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment**. E. T. Kornegay, Ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL., p.259-275, 1996.
- VEUM, T. L.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R.; HALLEY, J.T. Proteinated trace minerals and condensed fish protein digest in weanling pig diets **Journal of Animal Science** v.73(Suppl. 1), p.308, 1995.
- WALLACH, J.; KANAAN, S. **Interpretação de exames laboratoriais**. Rio de Janeiro: Medsi, 2003. 1067 p.
- ZHOU, W.; KORNEGAY, E.T.; VAN LAAR, H. et al. The role of feed consumption and feed efficiency in copper stimulated growth. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2385-2394. 1994.

CAPÍTULO 3

Concentração de minerais no plasma, tecidos e órgãos de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas de microminerais

RESUMO: Utilizaram-se 126 leitões de genética comercial, desmamados com idade média de 21 dias ($6,11 \text{ kg} \pm 0,42$). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos (Rações com 100% de inclusão de premix de microminerais inorgânico (PMI)- 3,00 kg/T; rações com 0%, 25%, 50%, 75% ou 100% de inclusão de premix de microminerais em forma orgânica (PMO), equivalente a 0; 0,75; 1,50; 2,25 ou 3,00 kg/T, respectivamente) sete repetições e três animais por baia. Não foi verificado efeito da regressão e dos tratamentos ($P>0,05$) sobre os níveis de microminerais no plasma dos leitões. Quando foram comparadas as médias do tratamento com PMI com cada um dos demais tratamentos, não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) nas concentrações de Fe no masseter e rins, de Zn no masseter e de Se no fígado. Porém, quando essa mesma comparação foi feita para os teores de Fe no fígado, Cu no fígado, masseter e rins, Zn no fígado e rins, Mn no masseter e rins, verificou-se que níveis de PMO entre 50% e 100% resultaram em mesmos teores desses elementos nos tecidos e órgãos, comparado com os animais que receberam PMI. Os leitões que receberam PMI apresentaram maior deposição de Mn no fígado ($P<0,05$). O premix mineral de fontes orgânicas pode ser incluído nas rações de leitões desmamados em menor nível em relação ao premix mineral de fontes inorgânicas, sem alterar a concentração de minerais no plasma, fígado, masseter e rins dos leitões.

Palavras chaves: cobre, ferro, manganês, selênio, suínos, zinco

**Minerals concentration in plasma, tissues and organs of weaned piglets fed diets
with organic source of microminerals**

ABSTRACT: One hundred and twenty-six weaned piglets with 21 days of age ($6.11 \text{ kg} \pm 0.42$) were used. A completely randomized block design was used, with six treatments (Diets with 100% inclusion of inorganic microminerals supplement (IMS) – 3.00 kg/T; diets with 0%, 25%, 50%, 75% or 100% of inclusion of organic microminerals supplement (OMS), equivalent to 0; 0.75; 1.50; 2.25 or 3.00 kg/T, respectively), seven replicates and three animals per plot. There was no significant regression and treatment effect microminerals levels in plasma. Comparing the treatment means with IMS with the other treatments, there were no significant differences ($P > 0.05$) as to concentrations of Fe in the masseter and kidney, Zn in the masseter and Se in the liver. However, when comparing the levels of Fe in the liver, Cu in the liver, masseter, and kidney, Zn in the liver and kidneys, Mn in the masseter and kidneys, SMO levels between 50% and 100% showed the same concentrations of these elements in tissues and organs, compared with animals fed SMI. The latter had higher deposition of Mn in liver ($P < 0.05$). The mineral supplement organic sources can be included in the diet at lower levels compared with mineral inorganic sources, without changing the concentration of minerals in plasma, liver, masseter and kidneys.

Key words: copper, iron, manganese, selenium, swines, zinc

INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos sobre fontes de minerais para rações animais datam da década de 50, quando se iniciou a suplementação mineral para resolver problemas ósseos e de desempenho. Por outro lado, a importância da suplementação mineral para suínos aumentou nos últimos anos, devido a vários fatores relacionados à produção como: melhoramento genético dos animais, predominância do sistema de criação em confinamento, retirada ou redução do uso de ingredientes de origem animal (ricos em minerais) e aumento na utilização de ingredientes de origem vegetal (pobres em minerais) nas rações, uso de rações com maior densidade de nutrientes e aumento da preocupação com o meio ambiente (Bertechini, 2006).

Normalmente, os elementos minerais são fornecidos aos suínos sob formas salinas inorgânicas e, mais recentemente, também nas formas de fontes orgânicas. Nesses últimos anos, devido a maior oferta no mercado de nutrição animal e o fato das pesquisas estarem aprofundando os conhecimentos sobre o papel dos microminerais no desempenho geral e saúde animal, o uso de minerais de fontes orgânicas têm sido crescente.

De acordo com Maletto (1984), as fontes orgânicas de minerais apresentam várias vantagens em relação às fontes inorgânicas, como maior absorção, alta estabilidade, alta disponibilidade, maior tolerância pelo organismo animal (menos tóxicos), menos problemas de interações com outros macros e microminerais da dieta e com componentes como gordura e fibra.

Os minerais estão presentes em níveis de 2,8 a 3,2% do peso vivo do suíno (Bertechini, 2006), contudo, nas primeiras semanas de vida os leitões utilizam suas reservas minerais adquiridas na fase fetal de maneira intensa, isso devido ao rápido crescimento corpóreo e ao baixo consumo de ração.

De acordo com as funções que exercem no organismo animal, os minerais são classificados em dois grandes grupos: aqueles relacionados com a construção e manutenção dos tecidos duros e moles e aqueles relacionados com a regulação dos processos biológicos e fisiológicos (Underwood, 1977), como as ações catalisadoras em sistemas enzimáticos (Vieira, 2005) associando-se às proteínas para formar as metaloenzimas.

O zinco, ferro, cobre, manganês e selênio estão entre os microelementos minerais identificados como importantes para a função imune normal e a resistência às doenças, pois a deficiência em um ou mais desses elementos pode comprometer a imunocompetência do animal (Costa, 2005). A suplementação mineral, portanto, é necessária na suinocultura moderna, e neste contexto, apesar de serem exigidos em baixos níveis nas rações, os microminerais assumem papel de importância.

Desse modo, com a pesquisa proposta objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de adição de premix mineral de fontes orgânicas de ferro, cobre, manganês, selênio e zinco nas rações, sobre as concentrações desses minerais no fígado, masseter, rim e plasma de leitões desmamados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista- UNESP, nas instalações de creche da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ, Câmpus Botucatu, localizada na região centro Sul do estado de São Paulo com latitude 22°53'09" (S), longitude 48°26'42" (O) e altitude de 804 metros. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno.

Utilizaram-se 126 leitões híbridos comerciais (machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 dias de idade e peso médio de $6,11 \text{ kg} \pm 0,42$. 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 mantinham a ventilação interna do galpão e um termômetro de máxima e mínima foi instalado a 0,80 m do piso das baias para auxiliar no controle diário de acionamento das fontes de aquecimento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos e sete repetições: Ração Basal sem a inclusão de premix mineral (RB); RB com 25% de inclusão de premix mineral orgânico (0,75 kg/T); RB com 50% de inclusão de premix mineral orgânico (1,50 kg/T); RB com 75% de inclusão de premix mineral orgânico (2,25 kg/T); RB com 100% de inclusão de premix mineral orgânico (3,00 kg/T); RB com 100% de inclusão de premix mineral inorgânico (3,00 kg/T). Os premixes minerais foram adicionados nas rações em substituição a casca de arroz moída.

Os premixes minerais foram elaborados por empresa comercial para fins de pesquisa e nos tratamentos com 100% de suplementação (3,00 kg/T de ração) forneciam níveis de minerais que, com exceção do manganês, atendiam as recomendações de suplementação propostas por Rostagno et al. (2005) para leitões na creche (Tabela 1).

Tabela 1: Níveis de minerais nos premixes, fornecidos nas rações pelos premixes e valores médios recomendados de suplementação nas rações pré-inicial e inicial, segundo Rostagno et al. (2005)

Mineral (mg/kg)	Premix inorgânico (PI) ¹	Premix orgânico (PO) ¹	Rações com PI ²	Rações com PO ²	Rostagno et al. (2005)
Ferro	34200,00	27000,00	102,60	81,00	84,00
Cobre	5500,00	4500,00	16,50	13,50	12,60
Manganês	16200,00	15800,00	48,60	47,40	42,00
Selênio	97,60	101,20	0,29	0,30	0,38
Zinco	58700,00	56200,00	176,10	168,60	105,00

¹ Valores analisados

² Rações com 3,00 kg/T de premix mineral

O período experimental foi de 42 dias (21 aos 63 dias de idade dos leitões), quando os animais receberam três tipos de rações, de acordo com o sistema de arraçãoamento por fases: Ração Pré-inicial de 0 a 14 dias (21 a 35 dias de idade); Ração Inicial 1 de 15 a 28 dias (36 a 49 dias de idade); Ração Inicial 2 de 29 a 42 dias (50 a 63 dias de idade). As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005), para cada uma das fases estudadas e fornecidas à vontade para os animais. A composição percentual e nutricional das rações pré-inicial, inicial 1 e inicial 2 são apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: Composição percentual das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche

Ingredientes (%)	Pré-Inicial (0-17 dias)	Inicial 1 (17-32 dias)	Inicial 2 (32-42 dias)
Milho	42,0000	50,0000	63,0000
Soja, Farelo	15,0000	22,0000	27,0000
Milho extrusado	8,5127	0,0000	0,0000
Soja integral extrusada	7,8000	9,0000	4,5000
Nuklospray K11 ¹	11,2000	3,0000	0,0000
Açúcar	1,4963	1,5363	0,7113
Óleo de soja	0,0000	1,0000	1,3000
Nuklospray K21 ¹	6,6000	5,5000	0,0000
Argo MD 20 ²	2,0000	3,0000	0,0000
Casca arroz moida ³	-	-	-
Calcário	0,6600	0,7300	0,6600
Fosfato Bicálcico	1,6700	1,5000	1,4000
Iodato de cálcio	0,0002	0,0002	0,0002
Cloreto de sódio	0,3200	0,4000	0,4700
L-Lisina HCl 78%	0,7300	0,5300	0,3400
DL-Metionina 99%	0,1540	0,1000	0,0500
L-Treonina 98%	0,3000	0,1900	0,0800
L-Triptofano 98%	0,0600	0,0250	0,0000
Cloreto de colina 60%	0,0635	0,0635	0,0635
Sucran ⁴	0,0150	0,0150	0,0150
Aroma lácteo ⁵	0,0300	0,0300	0,0300
Oxy-Nil Dry ⁶	0,0050	0,0050	0,0050
Ácido fumárico	1,0000	0,8000	0,0000
Premix mineral inorgânico ³	-	-	-
Premix mineral orgânico ³	-	-	-
Premix Vitamínico ⁷	0,0500	0,0500	0,0500
Denagard ⁸	-	0,2000	-
Halquinol 60% ⁹	0,0333	0,0250	0,0250

¹ Produtos lácteos comerciais da Sloten.

² Maltodextrin, produto comercial da Corn Products Brasil

³ Níveis de inclusão variáveis em função dos tratamentos.

⁴ Edulcorante, produto comercial da Pancosma.

⁵ Palatabilizante, produto comercial da Lucta.

⁶ Antioxidante, produto comercial da Inve.

⁷ Premix vitamínico fornecendo as seguintes quantidades por kg de ração: 9.000UI vit. A; 2.250UI vit D3; 22,5mg vit. E; 22,5 mg vit. K3; 2,03mg vit. B1; 6mg vit. B2; 3mg vit. B6; 30mcg vit. B12; 0,9mg ác. fólico; 14,03mg ác. pantotênico; 30mg niacina; 0,12mg biotina; 400mg colina.

⁸ Fumarato hidrogenado de tiamulina (10%), produto comercial da Novartis.

⁹ Promotor de Crescimento, produto comercial da Mcassab

Tabela 3: Composição nutricional calculada das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche¹

Níveis Nutricionais Calculados	Pré-Inicial	Inicial 1	Inicial 2
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3376	3345	3290
Proteína Bruta (%)	18,49	19,53	19,51
Lisina Digestível (%)	1,42	1,33	1,16
Metionina Digestível (%)	0,40	0,37	0,32
Treonina Digestível (%)	0,91	0,84	0,72
Triptofano Digestível (%)	0,25	0,23	0,20
Cálcio (%)	0,85	0,80	0,72
Fósforo Total (%)	0,68	0,63	0,60
Fósforo Disponível (%)	0,50	0,44	0,39

¹Valores calculados com base nos níveis nutricionais apresentados por Rostagno et al. (2005) ou pelos fabricantes das matérias primas

Tabela 4: Composição mineral calculada das rações pré- inicial, inicial 1 e inicial 2 fornecidas aos leitões durante a fase de creche¹

Rações	Minerais (mg/kg)	Nível de premix mineral					
		Orgânico				Inorgânico	
		0%	25%	50%	75%	100%	100%
Pré-inicial	Ferro	1162,50	1182,75	1203,00	1223,25	1243,50	1265,10
	Cobre	17,3059	20,6809	24,0559	27,4309	30,8059	33,8059
	Manganês	6,8835	18,7335	30,5835	42,4335	54,2835	55,4835
	Selênio	0,0672	0,1431	0,2190	0,2949	0,3708	0,3600
	Zinco	501,50	543,65	585,80	627,95	670,10	677,60
Inicial 1	Ferro	1199,50	1219,75	1240,00	1260,25	1280,50	1302,10
	Cobre	15,4235	18,7985	22,1735	25,5485	28,9235	31,9235
	Manganês	7,7366	19,5866	31,4366	43,2866	55,1366	56,3366
	Selênio	0,0614	0,1376	0,2132	0,2891	0,3650	0,3542
	Zinco	667,50	709,65	751,80	793,95	836,10	843,60
Inicial 2	Ferro	1233,60	1253,85	1274,10	1294,35	1314,60	1336,20
	Cobre	14,1990	17,5740	20,9490	24,3240	27,6990	30,6990
	Manganês	9,3342	21,1842	33,0342	44,8842	56,7342	57,9342
	Selênio	0,0611	0,1369	0,2128	0,2887	0,3646	0,3538
	Zinco	585,60	627,75	669,90	712,05	754,20	761,60

¹ Valores calculados com base nas análises das matérias primas das rações

Quando os animais atingiram idade média de 63 dias, foi realizada colheita de sangue a vácuo na veia cava (tubos de 5 mL com solução de EDTA a 3%), usando agulhas 40X9. Logo após as colheitas, as amostras de sangue foram centrifugadas durante 15 minutos a 2500 rpm em centrífuga clínica e o plasma foi transferido para eppendorf de 2 mL. Posteriormente, foi analisado os teores de Fe, Cu, Mn, Se e Zn no plasma.

No final do experimento, sete animais de cada tratamento foram abatidos após terem sido definidos por sorteio em cada um dos blocos (um por baia), para coleta de amostras de fígado, masseter e rim, para determinação das concentrações de Fe, Cu, Mn, Se e Zn.

As concentrações de microminerais no plasma, fígado, masseter e rim foram determinadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama, utilizando-se o aparelho VARIAN – Atomic Absorption Spectrophotometer.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o GLM do programa SAS[®] (1998). Foram considerados três animais por parcela para os teores de minerais no plasma e um animal por parcela para as concentrações de minerais no fígado, masseter e rim. Os efeitos dos níveis de suplementação de minerais de fontes orgânicas nas rações foram estudados pela análise de regressão, e para a comparação dos resultados obtidos entre o tratamento com premix mineral de fontes inorgânicas com cada um dos demais, foi utilizado o Teste de Dunnett – Hsu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das concentrações dos microminerais no fígado, masseter, rim e plasma estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Teores de minerais no fígado, masseter, rim e plasma de leitões alimentados com rações contendo níveis de premix mineral de fontes orgânicas ou inorgânicas¹

Mineral (ppm)	Tecido	Nível de premix mineral						Reg.	CV ³ (%)
		Orgânico					Inorgânico		
		0%	25%	50%	75%	100%	100%		
Fe	Fígado	133 ^b	206 ^b	227 ^b	308 ^a	297 ^a	328 ^a	Q ²	24,27
	Masseter	96 ^a	100 ^a	115 ^a	113 ^a	110 ^a	114 ^a	NS ⁵	24,38
	Rim	143 ^a	149 ^a	193 ^a	189 ^a	163 ^a	167 ^a	Q ¹	23,60
	Plasma	4,92 ^a	6,00 ^a	6,53 ^a	5,76 ^a	6,55 ^a	5,66 ^a	NS	37,07
Cu	Fígado	7,08 ^b	6,00 ^b	5,34 ^b	6,07 ^b	12,55 ^a	12,40 ^a	NS	13,37
	Masseter	2,86 ^b	2,42 ^b	3,05 ^b	3,20 ^b	8,81 ^b	6,63 ^a	NS	13,64
	Rim	3,61 ^a	2,62 ^b	3,68 ^a	3,76 ^a	7,13 ^b	4,23 ^a	NS	23,25
	Plasma	2,16 ^a	2,45 ^a	2,01 ^a	2,03 ^a	2,19 ^a	2,13 ^a	NS	13,50
Zn	Fígado	121 ^b	171 ^b	239 ^b	306 ^a	366 ^a	323 ^a	Q ²	17,88
	Masseter	130 ^a	136 ^a	140 ^a	159 ^a	149 ^a	140 ^a	NS	18,50
	Rim	133 ^b	144 ^b	171 ^a	170 ^a	184 ^a	180 ^a	Q ²	15,03
	Plasma	4,98 ^a	4,77 ^a	4,34 ^a	5,01 ^a	4,27 ^a	5,36 ^a	NS	28,79
Mn	Fígado	0,774 ^b	0,567 ^b	0,651 ^b	0,592 ^b	0,850 ^b	1,326 ^a	NS	10,54
	Masseter	0,216 ^b	0,241 ^b	0,245 ^b	0,276 ^b	0,573 ^a	0,603 ^a	NS	6,36
	Rim	0,231 ^b	0,244 ^b	0,231 ^b	0,220 ^b	0,521 ^a	0,553 ^a	NS	5,18
	Plasma	100 ^a	76 ^a	80 ^a	85 ^a	81 ^a	104 ^a	NS	52,21
Se ⁴	Fígado	0,085 ^a	0,079 ^a	0,082 ^a	0,081 ^a	0,086 ^a	0,084 ^a	NS	6,66
	Plasma	30 ^a	33 ^a	30 ^a	34 ^a	33 ^a	30 ^a	NS	26,10

¹Médias de cada nível de premix mineral de fontes orgânicas seguidas de letras distintas na linha diferem em relação ao tratamento com premix mineral de fontes inorgânicas pelo teste de Dunnett-Hsu ($P < 0,05$); Q¹ - efeito quadrático ($P < 0,05$); Q² - efeito quadrático ($P < 0,01$); ³Coefficiente de variação; ⁴ Valores para masseter e rim foram menores que o limite de quantificação do aparelho; ⁵ não significativo ($p > 0,05$).

Não foi verificado efeito da regressão e dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre os níveis de microminerais no plasma dos leitões.

De acordo com a literatura, níveis plasmáticos normais de minerais em suínos variam de 91 a 300 µg/dL para o ferro (Kaneko,1989; Pound & Houpt, 1978), 133 a 278 para o cobre (Kaneko,1989; Roof & Mahan,1982) e 100 a 250 µg/dL para o zinco (Pound & Houpt,1978). No presente estudo, os níveis obtidos para ferro e zinco, que foram em média de 590 µg/dL e 479 µg/dL, respectivamente, são superiores aos relacionados na literatura. Contudo, vários fatores podem afetar a concentração de minerais no plasma como, diferenças na biodisponibilidade das fontes, nível dietético, características físico-químicas do intestino e interação dos minerais.

Dentre os tecidos analisados as maiores concentrações de minerais foram verificadas no fígado dos leitões, concordando com os resultados obtidos por Roof & Maham (1982) para o zinco, Dove & Haydon (1992) para o cobre e Mateos et al. (2004) para ferro, evidenciando sua importância como órgãos de reserva.

Os níveis crescentes de suplementação de minerais em forma orgânica determinaram efeito quadrático na deposição de ferro no fígado ($Fe_f = 124,8163 + 6,1689X - 0,0530X^2$, $r^2 = 0,67$), nos rins ($Fe_r = 149,4286 + 1,64X - 0,0171X^2$, $r^2 = 0,36$) e na deposição de zinco no fígado ($Zn_f = 105,1429 + 8,1086 - 0,0720X^2$, $r^2 = 0,73$) e nos rins ($Zn_r = 133,2245 + 1,7591X - 0,0161X^2$, $r^2 = 0,57$), com pontos de máximo dessas equações obtidos quando o nível de premix mineral em forma orgânica variou entre 48% e 58%, conforme apresentado nas figuras 1, 2 e 3.

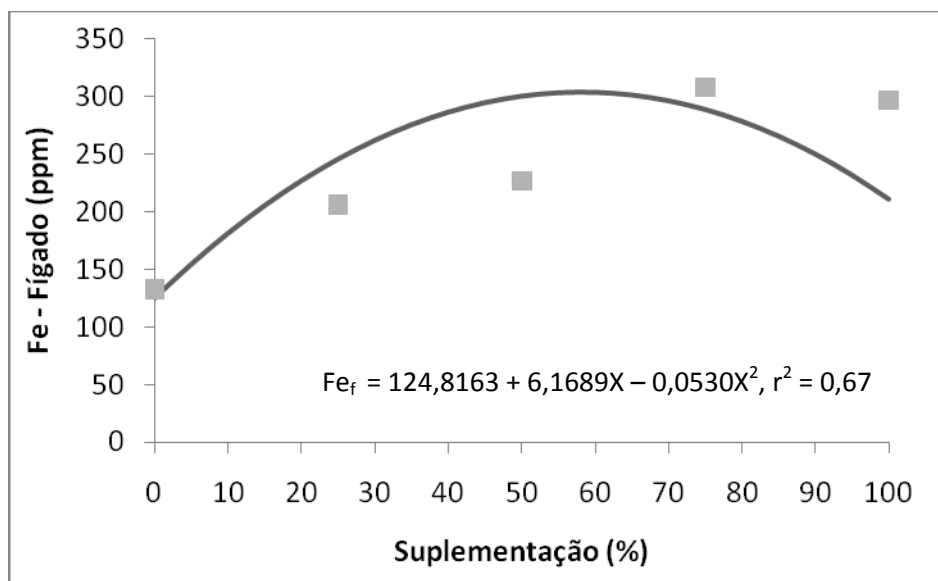


Figura 1 – Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de ferro (ppm) no fígado de leitões aos 63 dias de idade.

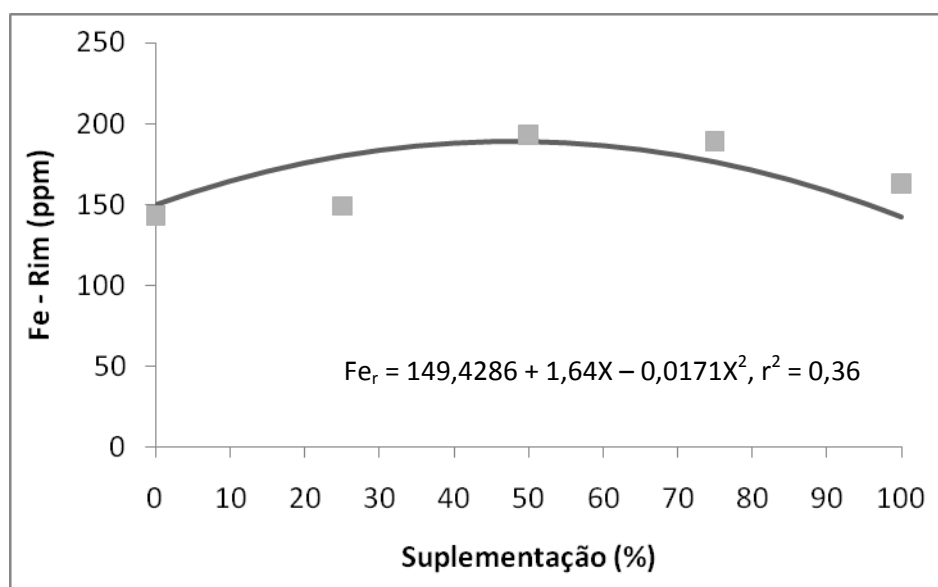


Figura 2 – Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de ferro (ppm) no rim de leitões aos 63 dias de idade.

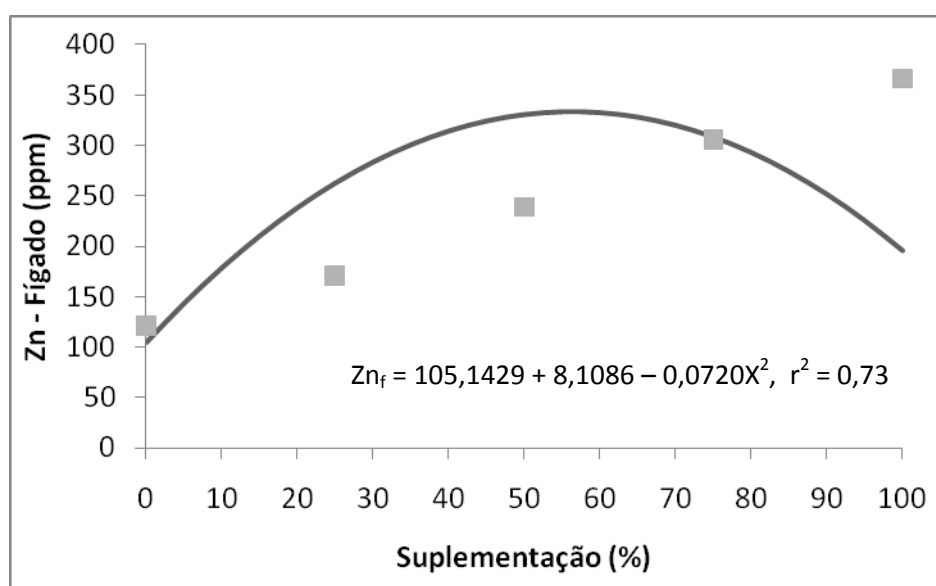


Figura 3 – Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de zinco (ppm) no fígado de leitões aos 63 dias de idade.

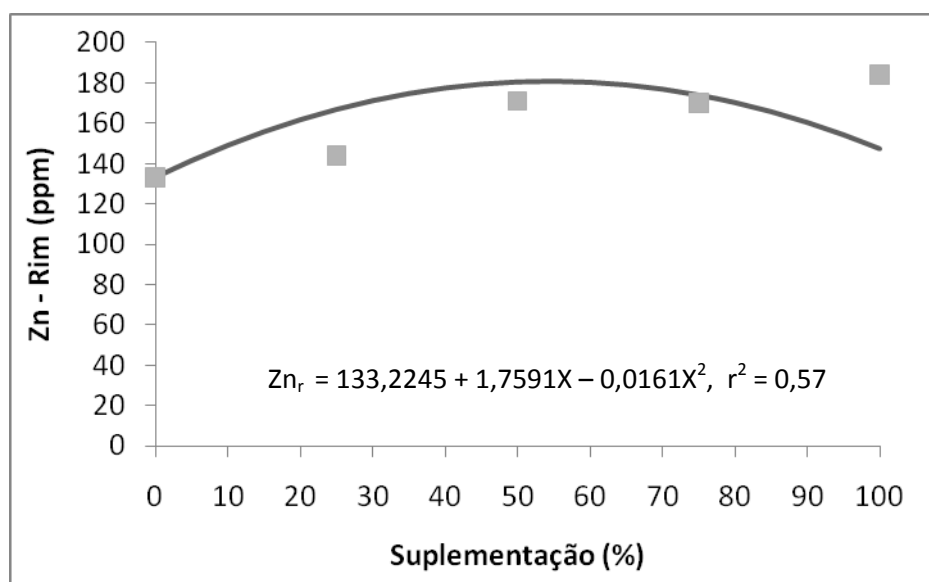


Figura 4 – Efeito dos níveis crescentes de microminerais em forma orgânica nas rações, sobre a concentração de zinco (ppm) no rim de leitões aos 63 dias de idade.

A comparação das médias do tratamento com premix mineral de fontes inorgânicas com cada um dos demais tratamentos, não demonstrou diferenças ($P>0,05$) nas concentrações de ferro no masseter e rim, de zinco no masseter e de selênio no fígado. Quando essa mesma comparação foi feita para os teores de ferro no fígado, cobre no fígado, masseter e rins, zinco no fígado e rins, e manganês no masseter e rins, verificou-se que níveis de suplementação de minerais de fontes orgânicas entre 50% e 100% resultaram em mesmos teores desses elementos nos tecidos e órgãos, comparado com os animais que receberam premix mineral de fontes inorgânicas. Porém, os leitões que receberam suplementação mineral inorgânica apresentaram maior deposição de manganês no fígado ($p<0,05$).

Considerando essas respostas e o fato de que os níveis analisados de minerais no premix de fontes orgânicas foram menores em 21,0% para o ferro, 4,3% para o zinco, 18,2% para o cobre, 2,5% para o manganês, e maior em 3,7% apenas para o selênio, se comparado com os níveis presentes no premix de fontes inorgânica, pode-se admitir maior biodisponibilidade desses minerais nas fontes orgânicas.

Os animais que não foram alimentados com dietas suplementadas apresentaram sintomas clássicos de paraqueratose. A causa primária desta enfermidade é a deficiência nutricional de zinco, que está diretamente relacionado à cicatrização de ferimentos. Estudos indicam que esse mineral concentra-se em tecidos feridos e exerce função na incorporação da cistina à proteína da pele, bem como na conversão de glicina e prolina em colágeno da pele. Os teores mais baixo de zinco no rim e no fígado dos animais que receberam suplementação de microminerais podem ser explicados pelo translocamento deste mineral para auxiliar à cicatrização dos ferimentos causados pela paraqueratose.

O ferro de fontes inorgânicas após absorvido é armazenado no fígado, e posteriormente enviado para a medula óssea, onde novos glóbulos vermelhos são

produzidos. Já o ferro de fontes orgânicas, é enviado para a medula óssea, onde se torna parte de novos glóbulos vermelhos antes que outras formas de ferro, que foram enviadas para o fígado, se incorporem a hemoglobina (Ashmead, H. D, 1989). A quantidade de ferro no fígado dos leitões que não receberam ração suplementa e daqueles que receberam 25 e 50% de suplementação foi baixa, possivelmente, desviado do fígado (órgão de reserva) para a síntese de hemoglobina.

Segundo Schiavon et al. (2000), a quelatação dos minerais com moléculas de proteínas aumenta a solubilidade e a biodisponibilidade dos minerais, pois leitões alimentados com rações suplementadas com microminerais (Fe, Zn, Cu e Mn) na forma de proteinato tiveram maior deposição de minerais no fígado, quando comparado com animais que foram suplementados com microminerais na forma de sulfatos. Resultados semelhantes foram verificados no presente experimento para o Fe e o Zn, pois mesmo em níveis de inclusões inferiores do premix mineral de fontes orgânicas nas rações, os teores hepáticos desses elementos foram semelhantes aos dos animais que receberam premix mineral de fontes inorgânicas.

Os resultados das pesquisas sobre avaliação da biodisponibilidade relativa de minerais de fontes orgânicas para suínos são inconsistentes, pois variam em função da fonte inorgânica do mineral usada como padrão (grau de solubilidade e fórmula química); da natureza orgânica do mineral; da interação do mineral com outros componentes da dieta; do teor e proporção dos outros minerais na dieta; do critério de resposta considerado para estimar a biodisponibilidade; da idade e estado fisiológico dos animais; do grau prévio de restrição mineral imposto aos animais (McDowell, 1992; Ammerman, 1995; Mateos et al., 2004) e dos alimentos já presentes no aparelho digestivo quando o mineral está para ser absorvido. O organismo absorve os minerais quelados quando estes satisfazem certos critérios. Quando os animais ingerem quelados

que não correspondem a essas exigências, ainda que possam ser quelados são rejeitados (Ashmead, H. D, 1989)

Ammerman et al. (1995) verificaram valores de biodisponibilidade semelhantes para o ferro nas formas de sulfato e proteinato, contudo, na forma de ferro-metionina apresentou menor biodisponibilidade. Spears et al. (1992), comparando fontes de ferro metionina com fontes inorgânicas, concluíram, com base na taxa de hemoglobina, que a biodisponibilidade do ferro orgânico foi de 180% quando comparado às fontes inorgânicas consideradas como 100%.

Alguns estudos que avaliam o nível de ferro nos leitões mediante a suplementação de ferro para matrizes durante a gestação, demonstram que, em relação as fontes inorgânicas, a utilização de ferro na forma de quelatos melhora o nível de ferro hepático, síntese de hemoglobina e o crescimento dos leitões (Mateos et al., 2004). A possível explicação para estes resultados é que o ferro na forma orgânica passa melhor pelas barreiras placentária e mamária. Outra explicação pode ser o fato de que os leitões tiveram acesso às fezes maternas, ricas em ferro, que quando ingerido pelos leitões, passam sem problemas pela barreira digestiva.

Baker et al. (1991) observaram aumento na biodisponibilidade do cobre para fontes orgânicas (cobre-lisina) quando comparado com fontes inorgânicas (óxido cúprico) por meio de estudo em que avaliaram a deposição de cobre no fígado de aves.

Pimentel et al. (1991) não observaram diferença na biodisponibilidade de zinco, na forma de zinco metionina, quando comparado com a forma inorgânica de zinco, entretanto Wedekind et al. (1992), avaliando a biodisponibilidade do zinco de diversas fontes para aves, utilizando como padrão o sulfato de zinco, verificaram para o zinco-metionona valores de 117% em uma dieta purificada, 177% em dieta com isolado de soja e 206% em dieta composta por milho e farelo de soja.

Lee et al. (2001) constataram aumento na concentração sanguínea de cobre e zinco em suínos jovens e frangos de corte bem como diminuição na concentração desses minerais nas fezes quando foram utilizadas fontes quelatadas dos minerais nas rações, concluindo que as fontes quelatadas são mais biodisponíveis e podem ser suplementadas em menores concentrações nas dietas quando comparadas com as fontes inorgânicas. Smits & Henman (2000) também relataram considerável redução da excreção de cobre com a utilização de fontes orgânicas de cobre em suínos na fase de crescimento.

CONCLUSÕES

O premix mineral de fontes orgânicas pode ser incluído nas rações de leitões desmamados em menor nível em relação ao premix mineral de fontes inorgânicas, sem alterar a concentração de minerais no plasma, fígado, masseter e rins dos leitões.

Níveis de inclusão de fontes orgânicas de ferro e de zinco 50% inferior maximiza a deposição desses minerais no fígado e nos rins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMMERMAN, C. B.; BAKER D. H.; LEWIS A. J. **Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins**. Academic Press, San Diego, CA. 1995
- ASHMEAD, H. D. **Conversations on Chelation and Mineral Nutrition**. Keats Publishing, 1989, 320p.
- BAKER, D. H.; ODLE, J.; FUNK, M. A.; WIELAND, T. M. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. **Poultry Science**, v. 70, p. 177-179, 1991.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006, 301p.
- COSTA, M. A. G. O papel do zinco e do cromo no desempenho de porcas. **Porkworld**, Paulínia, n.26, p. 58-60, 2005.
- DOVE, C. R.; HAYDON, K. D. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.805 – 810, 1992.
- KANEKO, J.J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Academic Press, 4th Edition, California, 1989, 932p.
- LEE, S. H.; CHOI, B. J.; CHAE, B. J.; LEE, J. K.; ACDA S. P. Evaluation of metal-amino acid chelates and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 14, n. 12, p. 1734-1740, 2001.
- 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, G.G., VALENCIA, D.G., MORENO, E.J. **Microminerales em alimentación de monogástricos. Aspectos técnicos y consideraciones legales**. In: XX CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, Barcelona. 2004. p.275-323.
- McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.
- PIMENTEL, J.L.; COOK, M.E.; GREGER, J.L. Bioavailability of Zinc-Methionine for Chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1637-1639, 1991.
- POUND, W.G.; HOUP, K.A. **The biology of the pig**. London: Cornell University Press, 1978. P.245-275.
- ROOF, M. D.; MAHAN, D. C. Effect of carbadox and various dietary copper levels for weanling swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, p.1109-1117, 1982.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais (Tabelas Brasileiras para aves e suínos)**. Viçosa: UFV, 2005, CD.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT. **User's guide**, version 6.11, 4.ed., v. 2. Cary: Sas Institute Inc., 1998.
- SCHIAVON, S.; BAILONI, L.; RAMANZIN, M. et al. Effect of proteinate or sulfate mineral sources on trace elements in blood and liver of piglets. **Animal Science**, v.71, p.131-139, 2000.
- SMITS, R. J.; HENMAN, D. J. Practical experience with bioplexes in intensive pig production. In: **Biotechnology in the Feed Industry**. Nottingham University Press. Nottingham, UK., p. 293-300, 2000.
- SPEARS, J. W.; SCHOENHERR, W. D.; KEGLEY, E. B. et al. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. **Journal of Animal Science**, v.70, p.243, 1992. Supplement 1.

- UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. Academic Press, New York, 545p., 1977.
- VIEIRA, S. L. Minerais Quelatados na Nutrição Animal. **Colégio Brasileiro de Nutrição Animal**, III Simpósio de Nutrição de Aves e Suínos, Cascavel – Pr, p. 153 – 172, 2005.
- WEDEKIND, K. J.; HORTIN, A. E.; BAKER, D. H. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimative for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxidase. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 178-187, 1992.

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

Diversas pesquisas foram realizadas com minerais de fontes orgânicas em níveis nutricionais ou promotores de crescimento para leitões, com o objetivo de diminuir os níveis de inclusão nas rações com resultados semelhantes ou até mesmo melhores aos obtidos com as fontes inorgânicas tradicionais. Os resultados do presente estudo mostram que é viável a utilização de fontes orgânicas de microminerais na alimentação de leitões desmamados em níveis reduzidos de suplementação, tanto no ponto de vista prático quanto econômico, uma vez que não houve prejuízos no desempenho, parâmetros hematológicos e deposição de minerais nos tecidos e órgãos.

A suplementação de microminerais de fontes orgânicas na dieta de leitões desmamados é uma das estratégias que também visam reduzir a contaminação ambiental provocada pela produção suinícola, pois maximiza a eficiência da utilização dos nutrientes e reduz a excreção.

As futuras pesquisas com fontes orgânicas de minerais devem definir melhor as condições nas quais as respostas no desempenho e saúde possam ser esperadas, além dos níveis ótimos de microminerais que devem ser suplementados nas dietas.