



ARTIGO 260

MINERAIS QUELATADOS NA NUTRIÇÃO DE SUÍNOS

Chelated Minerals In Nutrition Piglets

Marisa Senra Condé¹, Sérgio De Miranda Pena², Carlos Magno da Rocha Júnior³, Bruno Grossi Costa Homem¹, Gabriela Peluso Demartini¹, Ana Gabriela Barros e Silva¹

RESUMO: Objetivou-se com esta revisão de literatura mostrar a importância dos minerais na nutrição de suínos, principalmente na dieta de leitões, abordando a utilização de minerais quelatados. Os minerais quelatados vêm sendo estudados por vários pesquisadores, pois podem apresentar melhor biodisponibilidade em relação aos minerais inorgânicos, além de proporcionar maior rapidez na absorção, devido ao seu transporte facilitado, resultando em melhorias na vida útil dos animais. Estudos mostraram que o suplemento de minerais na forma orgânica foi mais eficiente em relação aos minerais inorgânicos, otimizando o número de leitões nascidos vivos, e propiciando reflexos positivos nos parâmetros de desempenho para leitões na fase de creche. Os resultados do uso de minerais quelatados têm sido promissores, no qual destaca-se a maior biodisponibilidade, que possibilita a redução do nível de inclusão dos minerais, minimizando o impacto ambiental dos dejetos.

Palavras-chave: Biodisponibilidade, Exigências nutricionais, Minerais quelatados

ABSTRACT: The objective of this literature review show the importance of minerals in swine nutrition, especially in the diet of piglets, addressing the use of chelated minerals. The chelated minerals have been studied by various researchers, they may present better bioavailability compared to inorganic minerals, in addition to providing increased speed of absorption, due to its easy transport, resulting in improvements in life of the animals. Studies have shown that supplementation of minerals in organic form was more efficient compared to inorganic minerals, optimizing the number of piglets born alive, and providing a positive impact on performance parameters for piglets in the nursery phase. The results of the use of chelated minerals have been promising, in which there is the highest bioavailability, which can reduce the level of inclusion of minerals, minimizing the environmental impact of slurry.

Key words: Bioavailability, Nutrient requirements, Chelated minerals

¹Estudantes do curso Bacharel em Zootecnia do IF Sudeste MG, Câmpus Rio Pomba. E-mail: marisa.senra@yahoo.com.br

²Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia, IF Sudeste MG, Câmpus Rio Pomba.

³Professor Temporário do IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba.



INTRODUÇÃO

Os minerais constituem parte importante do organismo animal, representando de 2,8 a 3,2% do peso vivo dos suínos (BERTECHINI, 2012).

A suplementação mineral para aves e suínos, aumentou nos últimos anos, por uma série de fatores relacionados à produção desses animais, como: melhoramento genético resultando em animais com maior velocidade de ganho de peso; leitegadas numerosas; alta precocidade; alta produção de ovos; retirada ou redução do uso de farinhas de origem animal nas rações, em razão de problemas de doenças, sendo essas, fontes ricas de minerais; rações à base de ingredientes vegetais, pobre em minerais; uso de rações de maior densidade de nutrientes, implicando também em aumento da suplementação dos minerais e aumento da preocupação com a excreção mineral no ambiente. Assim, todos esses fatores influenciaram de forma decisiva para aumentar os cuidados no fornecimento mineral para uma nutrição mais adequada das aves e dos suínos modernos (BERTECHINI, 2012).

A suplementação mineral é usualmente fornecida sob as formas salinas inorgânicas, que normalmente apresentam custo mais baixo. Entretanto, a biodisponibilidade desses minerais é variável, pois na forma de íons livres, bastante reativos, competem com outros minerais pelo sítio de absorção, formando complexos insolúveis com outras moléculas da dieta, tornando-se indisponíveis, além de serem excretados em grande quantidade. Isso faz com que seja crescente o interesse por determinar e estudar fatores que aumentem a absorção ou a metabolização dos elementos minerais. Neste sentido, um aspecto a ser considerado sobre suplementação mineral, diz respeito ao uso de minerais na forma orgânica, cuja

estrutura molecular permite absorção diferenciada, garantindo melhor aproveitamento dos microminerais (CLOSE, 1998).

Segundo a ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFICIAL (2000), os minerais quelatados (MQ) são íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral. Eles são mais facilmente absorvidos, mais passíveis de propiciar um melhor desempenho, qualidade de carcaça, tempo de prateleira de produtos avícolas e suínolas, além de serem altamente disponíveis aos animais.

Objetivou-se com esta revisão de literatura mostrar a importância dos minerais na nutrição de suínos, abordando a utilização de minerais quelatados.

MINERAIS QUELATADOS

Para se obter uma boa nutrição, é necessário que o animal receba quantidades adequadas de nutrientes, incluindo-se os minerais, a fim de evitar o comprometimento da sua saúde e do seu desempenho produtivo (FIGUEIREDO Jr. et al., 2013). Os minerais são considerados de grande importância na alimentação de suínos e aves, pois participam de uma série de processos bioquímicos, essenciais ao crescimento e desenvolvimento, destacando a formação óssea (BRITO et al., 2006). Dessa forma, várias tentativas têm sido feitas para torná-los mais biodisponíveis, ao protegê-los das condições do trato gastrointestinal.

Na tentativa de aumentar a disponibilidade para o animal, uma suplementação extra de minerais pode causar efeitos prejudiciais, como diarreias e desequilíbrios, que podem levar a redução da biodisponibilidade de outros minerais, além de não melhorarem sua concentração



no sangue e causarem poluição ambiental. Um exemplo disso é o que ocorre com o sulfato de manganês, cuja disponibilidade é baixa, e, quando se aumenta a inclusão deste na dieta, o problema é solucionado, mas causa efeito negativo na disponibilidade do fósforo, cálcio e ferro (LEESON e SUMMERS, 1997).

Os MQ vêm sendo estudados por alguns pesquisadores, pois podem apresentar melhor biodisponibilidade em relação aos minerais inorgânicos (MACIEL et al., 2010). Eles proporcionam maior rapidez na absorção e seu transporte é facilitado, resultando em melhorias na vida útil de suínos e aves, além de melhorarem a qualidade de carcaça e ovos. Partindo do pressuposto de que são mais facilmente absorvidos e retidos pelos animais, os MQ podem ser adicionados a uma concentração muito mais baixa na dieta do que os minerais inorgânicos, sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho produtivo, e podem, potencialmente, reduzir a excreção de minerais (NOLLET et al., 2007), diminuindo a poluição ambiental.

Estudos com MQ ou quelatados têm sido desenvolvidos com a finalidade de garantir a absorção do mineral no trato intestinal, sem entrar no processo de competição iônica, normalmente determinada pela presença de maior concentração dos íons minerais. Os MQ diferenciam-se por otimizar a absorção de microminerais essenciais para a maioria dos processos fisiológicos. Esta otimização torna mais eficiente determinados fenômenos, como o desenvolvimento do sistema imunológico (Zn, Mn e Cu), circulação sanguínea (Fe e Cu), formação óssea (Zn), empenamento (Se) e os demais processos em que os microminerais participam direta ou indiretamente (SANTOS, 2006).

Um ligante forma um composto solúvel com o mineral sendo com isso melhor absorvido pela mucosa intestinal

(CLYDESDALE, 1998). O ligante pode formar um complexo estável no trato intestinal, evitando com isso que o mineral forme complexos insolúveis, dificultando a sua absorção (SPEARS, 1996).

Os MQ têm sua absorção garantida através de um mecanismo de transporte passivo em nível de jejuno. Não sofre competição por possuir seus próprios aminoácidos ao entrar no trato digestivo. O aminoácido ligado funciona como um transportador do mineral, carregando-o através de todo o organismo, visto que os aminoácidos atendem às necessidades específicas de tecidos e sistemas. Quando as fontes de microminerais chegam ao estômago (onde o baixo pH determina forte acidez neste compartimento) as moléculas dos microminerais se dissociam, liberando íons metálicos livres (cátions) como Zinco, Manganês e Cobre. Em seguida ocorre a neutralização no intestino, onde os íons metálicos para serem absorvidos, necessitam primeiramente unir-se a uma molécula orgânica "de transporte", também chamada de agente ligante. Esta união, por ser eletricamente neutra, permite que o mineral passe através da parede intestinal, indo para a corrente sanguínea e conduzidos para os locais específicos, garantindo sua utilização no tecido que dele necessita (FONSECA, 2005).

Tradicionalmente, os animais são alimentados apenas com microminerais inorgânicos, como óxido e sulfatos, na esperança que quantidades suficientes deles consigam se unir às moléculas transportadoras no sistema digestivo do animal, para então serem absorvidos (ADITIVOS MICROMINERAIS, 2013). Porém, nem todos os minerais requeridos na nutrição animal são capazes de se ligar a uma molécula orgânica para formar os minerais traços orgânicos. Somente os minerais conhecidos como "elementos de transição" da tabela periódica têm esta capacidade (Mn, Fe, Co, Cu e Zn), pois



estes têm características químicas especiais intermediárias entre os elementos chamados metálicos (que se encontram à esquerda na tabela periódica) e os não metálicos (que se localizam à direita). Os minerais que se localizam a esquerda da tabela periódica geralmente formam ligações iônicas ou covalentes, sendo que os minerais de transição formam ligações chamadas covalentes coordenadas (eletricamente neutras) (ADITIVOS MICROMINERAIS, 2013).

Existe dificuldade em se determinar as exigências de minerais e muitas das estimativas levam em consideração o nível mínimo exigido para suprir um sintoma de deficiência e não necessariamente com o intuito de promover a produtividade ou aumentar a imunidade (CLOSE, 2003)

Outro aspecto que precisa ser considerado é que os minerais inorgânicos podem também interagir com outros componentes na dieta como o fitato, que possui alta afinidade de ligação com o cobre e zinco (MATEOS et al., 2005).

Em um trabalho realizado por WEDEKIND et al., (1992) trabalhando com galinhas poedeiras na fase de recria, foi demonstrado que uma alta concentração de fitato ou cálcio na dieta reduziu a biodisponibilidade de Zn do Sulfato de zinco, mas não afetou a biodisponibilidade do Zn na forma quelatada (Zn metionina).

FUNÇÕES E IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS PARA LEITÕES

Zinco (Zn)

O emprego do zinco inorgânico (ZnO) tem sido difundido na suinocultura como melhorador de desempenho, devido ao baixo custo e à eficiência no controle de diarreia pós desmame (POULSEN, 1995). A exigência nutricional de zinco para leitões é de 80 ppm (parte por milhão) a 100 ppm (NRC, 1998). Os níveis utilizados

como melhoradores de desempenho variam de 2.000 a 3.000 ppm (CASE e CARLSON, 2002; BUFF et al., 2005; GAUDRÉ e QUINIOU, 2009).

O uso de altas doses de óxido de zinco (2000 a 3000 ppm) na dieta de leitões, comprova a eficácia desta fonte mineral inorgânica na melhora do desempenho de animais. O efeito positivo no desempenho dos animais pode ser reflexo de uma redução na mortalidade pós desmame e diminuição na incidência de diarreia devido a *Escherichia coli* (RUTZ e LIMA, 2001).

Após o desmame precoce, algumas mudanças que ocorrem no trato gastrointestinal dos leitões são a atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas (PLUSKE et al., 1997). Esta modificação na arquitetura das vilosidades intestinais pode ocasionar diarreia, pois a diminuição das vilosidades intestinais e aumento na profundidade das criptas geram um quadro de menos células absorptivas e mais células secretórias, o que leva a uma diminuição do processo de absorção e um aumento da secreção. Assim, a ração no intestino delgado será pouco absorvida, transformando-se em substrato para as bactérias patogênicas como a *E. coli*. (NABUURS et al., 1993).

O zinco (Zn) como ativador de vários sistemas enzimáticos, participa de processos de secreção hormonal, especialmente os relacionados ao crescimento, reprodução, imunocompetência e estresse. O Zn atua também na síntese de queratina, colágeno e no metabolismo de ácidos nucléicos (RUTZ, 2007).

Os efeitos do zinco sobre a imunidade são bastante conhecidos. O complexo zinco-metionina pode ser mais disponível que as fontes inorgânicas de zinco e também pode ser absorvido de forma intacta, alterando o equilíbrio deste mineral no organismo (CHEVALIER et al, 1996).



Os resultados de biodisponibilidade de fontes quelatadas e inorgânicas são variados. 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) realizando estudo sobre a biodisponibilidade de diversas fontes de zinco observou uma biodisponibilidade do zinco de 117%, na forma de zinco metionina, em uma dieta purificada, 177% em uma dieta com soja isolada e 206% em uma dieta composta por milho e soja, comparada com 100% de biodisponibilidade do zinco para o sulfato de zinco. Este trabalho demonstra que as vantagens do uso de quelatos em relação à suplementação de minerais inorgânicos parecem não ser necessariamente evidentes em todas as circunstâncias. AOYAGI e BAKER (1993) verificaram que a biodisponibilidade aparente do quelato de zinco foi de 106% quando comparada à forma inorgânica de sulfato de zinco (100%).

HILL et al. (1986) observaram que o zinco-metionina aumentou o consumo de alimento comparado ao sulfato de zinco, mas não houve diferença para a eficiência alimentar. Posteriormente, HILL et al. (1987a) observaram maior absorção para o zinco-metionina, comparado com o cloreto de zinco, tanto em aves quanto em suínos. Isto sugere a possibilidade de diferenças de taxa de absorção e forma de transporte para estas fontes. Quando se avaliou o desempenho, HILL et al. (1987b) não verificaram diferença de ganho de peso e eficiência alimentar, em suínos e ratos alimentados com estas mesmas fontes.

SCHELL e KOMEYAY (1996) não verificaram efeito benéfico do zinco na forma quelatada quando comparada ao sulfato sobre o desempenho dos suínos. SWINKELS et al. (1996) avaliaram a capacidade do zinco-aminoácido quelatado

e do sulfato de zinco em restabelecer os níveis de zinco no soro e nos tecidos em suínos com deficiência de zinco e não verificaram diferença entre as fontes. WEDEKIND et al. (1994) concluíram que para suínos em crescimento e terminação, o sulfato de zinco e o zinco-metionina apresentam o mesmo desempenho. Este estudo também demonstrou que o zinco plasmático é um indicador pobre do status de zinco nos suínos. Em outra avaliação, WARD et al. (1996) concluíram que em relação à eficiência alimentar em suínos, o zinco-metionina que provê zinco a 250 ppm foi igual ao sulfato de zinco que provê zinco a 160 ppm ou óxido de zinco a 2000 ppm.

O zinco, na forma inorgânica (óxido), tem sido suplementado em altas taxas em dietas de suínos devido aos seus efeitos farmacológicos. Entretanto, a grande fração do zinco é excretada devido à sua baixa disponibilidade (AMMERMAN et al., 1995). Por outro lado, a maior disponibilidade do zinco de fontes orgânicas, como o zinco-lisina e o zinco metionina, pode reduzir a quantidade necessária deste mineral na dieta. Mas os resultados têm sido conflitantes. HAHN e BAKER (1993) não observaram melhora do desempenho de leitões desmamados alimentados com 3000 ppm de zinco a partir do zinco-lisina e zinco metionina. Este resultado também foi confirmado por SCHELL e KORNEGAY (1996) em leitões após o desmame (Tabela 1).

A concentração de zinco no soro foi maior nos suínos alimentados com sulfato de zinco comparado àqueles alimentados com óxido de zinco e zinco-metionina. Entretanto, quando baseada na concentração plasmática, uma biodisponibilidade equivalente tem sido observada entre o sulfato de zinco, zinco-lisina e o zinco-metionina (HAHN e BAKER, 1993). Também, CHENG et al. (1998) demonstraram que o sulfato de zinco



e o complexo zinco-lisina parecem ser igualmente efetivos como promotores do crescimento. Igualmente, SWINKELS et al. (1996) reportaram que o zinco, na forma de sulfato de zinco e zinco-metionina foi

igualmente efetivo. Por outro lado, WEDEKIND et al. (1992) verificaram que o complexo zinco-metionina foi mais disponível que o sulfato de zinco ou óxido de zinco.

Tabela 1: Efeito de altos níveis de zinco (3000 ppm) de diferentes fontes sobre o desempenho e concentração de zinco no soro de leitões.

Parâmetros	Óxido de Zinco	Zn-Metionina	Zn-Lisina	Sulfato de Zinco
Ganho de peso, kg	0,15 ^a	0,13 ^{ab}	0,12 ^{ab}	0,09 ^b
Consumo de ração, kg	0,26 ^a	0,26 ^a	0,21 ^{ab}	0,18 ^b
Eficiência alimentar	0,56	0,49	0,58	0,47
Zinco soro, mg.L ⁻¹	0,98 ^b	1,09 ^b	1,25 ^{ab}	1,42 ^a

Médias, na mesma linha, seguidas por letras diferentes, diferem entre si (P<0,05).

Fonte: Adaptado de SCHELL e KORNEGAY (1996).

Cobre (Cu)

O Cobre é um mineral utilizado em dietas de suínos na forma de sulfato e na forma quelatada. A suplementação de 10 ppm na dieta atende o requerimento nutricional para suínos na fase de desmame (NRC, 1998; MAPA, 2000).

O cobre está presente em baixa concentração no animal, em torno de 1,5 mg.kg⁻¹ de peso corporal, contudo desempenha funções essenciais no organismo animal. Sua essencialidade está voltada para a reprodução, crescimento, desenvolvimento ósseo e de tecidos conectivos, pigmentação dos cabelos, pelos, lã e plumas, formação do sangue e formação de uma série de enzimas cúpricas (GATTÁS e BARBOSA, 2004). O cobre, juntamente com o ferro é importante na formação da hemoglobina e de numerosas metaloenzimas. Enquanto o cobre estimula a erythropoiesis nos animais e participa mais especificamente na formação da heme, o ferro atua diretamente na formação da

hemoglobina (GATTÁS e BARBOSA, 2004).

O cobre também é utilizado para leitões em doses farmacológicas de 250 ppm. O efeito promotor do cobre em doses farmacológicas é atribuído ao seu efeito antimicrobiano (FULLER et al., 1960; AERESTRUP et al., 2004), aumento de substâncias mitogênicas no soro (ZHOU et al., 1994a e APGAR et al., 1995) e aumento de RNAm para hormônio do crescimento (ZHOU et al., 1994b). Tanto as formas quelatadas como as formas inorgânicas têm demonstrado efetividade como promotor de crescimento (ZHOU et al., 1994ab; APGAR et al., 1995; COFFEI et al., 1994).

O cobre é um micromineral essencial, exigido pelos suínos em níveis de 4 a 6 ppm na dieta. Contudo, há mais de 40 anos, este elemento vem sendo estudado como promotor do crescimento, particularmente de leitões recém-desmamados, quando adicionado em níveis muito superiores àqueles exigidos pelos animais (NRC, 1998).



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

Ferro (Fe)

Na suinocultura moderna, uma das maiores preocupações com mineral, refere-se ao ferro. Este é o micromineral de maior exigência dietética e também, o que se têm maiores estudos sobre a sua suplementação (BERTECHINI, 2012).

A deficiência de ferro do suíno está associada às condições de confinamento e, nas primeiras semanas de vida, é comum o leitão ter anemia (hipocrômica microcítica) (KEGLEY et al., 2002). Entre as causas dessa anemia, destacam-se: o baixo estoque de ferro do suíno ao nascimento (aproximadamente 50 mg), os reduzidos níveis de ferro no leite da porca e a elevada taxa de crescimento do animal (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

Uma das funções do ferro, esta ligada a formação direta da hemoglobina e no transporte de oxigênio (MONTEIRO, 2006). O ferro está presente em muitas enzimas responsáveis pelo transporte de elétrons (citocromos), pela ativação do oxigênio (oxidases e oxigenases) e pelo transporte de oxigênio (hemoglobina e mioglobina). O ferro também está presente nas enzimas hemoprotéicas (citocromos) e a função destas enzimas está associada nos mecanismos oxidativos de todas as células (UNDERWOOD, 1981).

Além da sua essencialidade, o ferro pode apresentar efeitos tóxicos quando em excesso, gerando um estresse oxidativo com danos irreparáveis à membrana lipídica celular, através de um aumento de radicais intermediários ricos em oxigênio. Este fato

pode ocorrer no caso das aplicações injetáveis de ferro dextrano, quando uma dose maciça deste mineral é fornecida ao leitão em uma única aplicação (PUNTARULO, 2005).

Para se atingir as exigências de ferro pelos animais, a sua suplementação torna-se vital para um bom desenvolvimento do animal, pelo fato da grande participação deste micronutriente em várias funções vitais do organismo, como o transporte de oxigênio no sangue, músculos e a transferência de elétrons no metabolismo de energia (LINDER, 1991).

Há numerosos fatores que afetam a absorção de ferro e sua biodisponibilidade, tais como idade, forma ou estado do ferro, espécie, dosagem e presença de outros nutrientes dos componentes da dieta alimentar tanto quelatado como inorgânico (ANDERSON e EASTER, 1999).

Poucos estudos foram conduzidos para determinar a biodisponibilidade de fontes orgânicas de ferro para os animais. SPEARS et al. (1992) comparando fontes de ferro metionina com fontes inorgânicas para suínos lactentes, concluíram por meio da concentração de hemoglobina que a biodisponibilidade do ferro quelatado foi de 180% quando comparado às formas inorgânicas consideradas como 100%.

Alguns estudos têm avaliado o status de ferro, nos leitões, mediante a suplementação de ferro na gestação. Geralmente, os resultados são pobres quando se utilizam fontes inorgânicas. Por outro lado, a utilização de ferro na forma de quelatos tem melhorado o nível de ferro hepático, formação de hemoglobina e o crescimento dos leitões (MATEOS et al., 2004). Uma possível explicação para estes resultados é que o ferro na forma de quelato 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, e, assim passaram sem problemas pela barreira digestiva



(KIEFER, 2005).

Selênio (Se)

O fornecimento de Selênio através da dieta para animais é resultado da inclusão de selenito de sódio (Na_2SeO_2), sendo que para aves e suínos a utilização do selênio quelatado (selenometionina= $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{NSe}$), em substituição ao selênio inorgânico, mostrou-se mais eficiente, pois melhora o desempenho dos animais e permite o aumento da concentração do micronutriente na musculatura, beneficiando o consumidor final (PIEDRAS, et al., 2005).

Na dieta de suínos, a utilização de selênio, além de proporcionar os benefícios já mencionados, ainda traz vantagens de comercialização, principalmente se o composto for fornecido ao leitão recém-nascido. Nos suínos em crescimento, a incorporação de selênio aos músculos é muito mais eficiente se ele for fornecido por selênio quelatado. Com a suplementação, os animais ganham em proteção antioxidante, maior durabilidade e frescor mais prolongado da carne. A utilização de selênio de levedura proporciona uma boa coloração à carne, diferentemente do selenito de sódio, cujo uso na dieta torna a carne suína mais pálida (PÁGINA RURAL, 2013).

O selênio tem influência na resposta imune dos animais. A capacidade dos neutrófilos produzirem peróxidos e combater os agentes invasores depende do status de Selênio e da atividade da glutathione peroxidase. Decréscimo da atividade da glutathione leva a destruição dos neutrófilos pelos radicais livres produzidos no combate ao antígeno (ARTHUR et al., 2003).

A suplementação de 0,3 ppm de selênio na dieta de aves e suínos, proporciona aumentos na atividade da enzima glutathione peroxidase, promovendo uma melhora na capacidade de defesa exercida pelas células polimorfonucleares

(WURYASTUTI et al., 1993), além de melhorias na atividade mitogênica dos linfócitos (LESSARD, et al., 1991). Para maximizar a resposta da glutathione peroxidase sugere-se o uso de 0,35 ppm de Selênio no período pós desmame (MEYER, 1981). PEPLAWSKI et al. (1981) constatou um aumento da produção de anticorpos em leitões desafiados com eritrócitos de ovelha suplementados com 0,5 ppm de Selênio na dieta.

Avaliando fontes (quelatado e inorgânico) e níveis (0,15 e 0,30 ppm) de selênio para porcas, MAHAN e PETERS (2004) verificou que o selênio quelatado aumentou o conteúdo de selênio no leite e a concentração de selênio no soro dos leitões em relação à fonte inorgânica e em relação ao aumento das doses, indicando que o selênio é transferido através da placenta e tecido mamário.

Avaliando a eficiência de fontes quelatadas e inorgânicas de selênio para suínos em crescimento e terminação, com doses variando de 0,05 a 0,30 ppm, MAHAN et al. (1999) demonstraram que não há efeito da fonte ou nível de selênio sobre o desempenho dos animais. Estes resultados são consistentes com o trabalho de MAHAN e PARRETT (1996) que demonstraram que não há resposta de desempenho quando fontes orgânicas ou inorgânicas de selênio são adicionadas em dietas de suínos em crescimento e terminação.

Cromo (Cr)

A função primária do cromo é ajudar a manter a homeostase glicêmica pela regulação da ação do hormônio insulina. Quando em presença de cromo em forma fisiologicamente ativa, os níveis de insulina necessários ao metabolismo normal são menores. Esse mineral tem, portanto, ação potencializadora da insulina, atuando como cofator e melhorando sua eficiência,



mas não se constituindo em substituto do hormônio, para promover a absorção de glucose pela célula. A deficiência experimental de cromo resulta no aparecimento dos seguintes sintomas: hiperglicemia durante o jejum, alteração na tolerância à glicose, níveis mais altos de insulina circulante, glicosúria, elevação do colesterol e triglicérides sanguíneos, decréscimo na capacidade da insulina se ligar à célula e decréscimo no número de receptores da insulina. O cromo é requerido para o funcionamento normal das células secretoras de insulina no pâncreas, prevenindo uma super-resposta da secreção de insulina mediante ao estímulo da glicose (ANDERSON et al., 1991).

A absorção do cromo na forma inorgânica, tais como cloreto crômico (CrCl_3) e óxido de cromo (CrO_3), em geral, é baixa, apresentando valores que não ultrapassam 3% (ANDERSON, 1987), e esta percentagem de absorção parece ser inversamente proporcional à quantidade de cromo ingerida pelo animal (HOSSAIN et al., 1998). A razão desta pobre absorção é em virtude da formação de complexos insolúveis durante processo digestivo, bem como a aderência de íons de cromo livres a carboidratos presentes na dieta (SILVA, 2007). Aminoácidos como a metionina e a histidina, assim como a vitamina C favorecem a absorção (GARCIA e GARNES, 2004), enquanto os fitatos e a excessiva quantidade de minerais no intestino com zinco, ferro e vanádio a inibem (GOMES, et al., 2005). Por outro lado, as formas quelatadas do cromo são bem utilizadas pelos suínos, podendo apresentar absorção intestinal na faixa de 15 a 30% (CHANG e MOWAT, 1992). Dentre elas, destacam-se o picolinato de cromo (KORNEGAY et al., 1997; Lindermann et al. 1995; MOONEY e CROMWELL, 1995; Page et al., 1993), o cromo nicotínico (CHANG, et al., 1995; LIMA e GUIDONI, 1999; MERTZ, 1993)

e o cromo-metionina (GARCIA-CASTILLO et al., 2004).

Há dados favoráveis a suplementação de Cromo (200 ppb) (parte por bilhão) na fase de crescimento e terminação pela melhoria de desempenho zootécnicos dos animais (PAGE et al., 1993; MOONEY e CROMWELL, 1997; LINDEMANN et al., 1995). No entanto os dados para uso desse mineral na fase de creche divergem. Alguns dados mostraram benefícios zootécnicos (VAN HEUGTEN e SPEARS, 1997; HARPER et al., 1995) e outros não (VAN de LIGT et al., 2002). Também já foram observadas diferenças na atividade do sistema imune com o uso dietético do cromo, sendo que o mesmo mostrou efeito na proliferação de linfócitos (VAN HEUGTEN e SPEARS, 1997) e aumento da produção de anticorpos (VAN HEUGTEN e SPEARS, 1997; VAN de LIGT et al., 2002).

WANG (1995) avaliando o efeito da adição de 200 ppb de cromo na forma de picolinato de cromo verificou que o cromo quelatado aumentou a absorção e retenção de nitrogênio e a digestibilidade da matéria seca. Em razão do aumento da eficiência de utilização do nitrogênio, o cromo quelatado tem efeito benéfico na redução do impacto ambiental dos dejetos suínos (LINDEMANN, 1996).

USO DE MINERAIS QUELATADOS PARA LEITÕES

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



comum o surgimento de diarreias (MUNIZ, et al., 2010).

O aumento do número de leitões nascidos vivos tem sido observado quando parte dos minerais inorgânicos foi substituído pelos mesmos elementos, mas na forma orgânica (MIRANDO et al., 1993; MAHAN e PETERS, 2004; LIMA et al. 2006).

Estudos mostraram que o suplemento de minerais na forma orgânica foi mais eficiente para leitões na fase de creche, com reflexos positivos nos parâmetros de desempenho, sem alterar a taxa de deposição de minerais nos tecidos e órgãos (MUNIZ, et al, 2010).

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

Avaliando a adição de Zn na forma orgânica para leitões recém-desmamados, MUNIZ et al. (2010) observaram que os níveis de zinco de fonte orgânica determinaram aumento linear no consumo de ração e no ganho de peso no período de 0 a 21 dias pós-desmame. Esses resultados comprovam respostas positivas do desempenho dos leitões ao aumento dos níveis de zinco na forma orgânica até os 21 dias pós-desmame.

COFFEY et al. (1994) observaram melhora no desempenho de suínos pós-desmame com o uso de cobre-lisina quando comparado com sulfato de cobre, enquanto que APGAR et al. (1994) não observaram diferença entre estas mesmas fontes sobre o desempenho dos suínos.

Quando mesmos níveis de cobre na forma orgânica ou inorgânica foram avaliados como melhoradores de desempenho para leitões, alguns autores demonstraram vantagens para as fontes orgânicas (COFFEY et al., 1994; APGAR et al., 1995).

Contudo, STANSBURY et al. (1990) não observaram diferença no desempenho de leitões desmamados quando avaliaram o cobre nas formas de quelatos orgânico e inorgânico comparadas ao sulfato.

VANTAGENS DO USO DE MINERAIS QUELATADOS

Ao final da década de 1980, surgiram os denominados “minerais quelatados” ou quelatos, uma forma de suplemento mineral no qual aumentariam a produtividade dos animais (KIEFER, 2005).

Os minerais exercem grande importância para a nutrição animal, já que são constituintes de células e tecidos, possuindo ainda função de regulação de diversos processos biológicos vitais (MONTEIRO, 2006).

Dentre as vantagens do uso de minerais na forma orgânica, ASHMEAD et al. (1985) destacam: Altas taxas de absorção; Maior tolerância no organismo animal: constituição de dois ou três anéis de aminoácidos ligantes para gerar estabilidade e resistir à ação das peptidases; Ausência de problemas de interações com outros nutrientes da dieta no momento da absorção; Possibilidade de redução dos níveis de suplementação, sem prejuízos ao desempenho; Redução da excreção de minerais nos dejetos, com redução da poluição ambiental; Melhor resposta dos animais a fatores estressantes; Não estão sujeitos à interferência de outras substâncias no processo de absorção; Chegam diretamente aos tecidos e sistemas enzimáticos específicos, utilizando as vias de absorção e transporte das moléculas que estão ligadas a eles; Otimizam as funções orgânicas, atendendo as reais necessidades do animal; Efeito promotor de crescimento; O quelato é pequeno o bastante, por isso é absorvido rapidamente sem entrar no



mecanismo competitivo com outros íons à luz do intestino; São compostos minerais mais estáveis, menos vulneráveis às interações minerais adversas na área intestinal; Maior biodisponibilidade.

A biodisponibilidade é definida como o grau que um nutriente ingerido é absorvido de maneira que possa ser utilizado no metabolismo do animal. Esta definição determina que o mineral deva estar disponível não somente em nível dietético, mas também em nível do tecido (JONDREVILLE e RÉVY, 2003). O conhecimento sobre a biodisponibilidade dos minerais nos ingredientes e fontes suplementares é importante para a formulação econômica de uma ração para garantir ótimo desempenho animal. No entanto a biodisponibilidade deve ser entendida como um valor "estimado" que reflete a absorção e a utilização do mineral sob condições de um experimento específico e não de uma propriedade inerente e específica de um ingrediente ou suplemento de ração (MILES e HENRY, 2000).

Devido a sua maior biodisponibilidade, os minerais quelatados podem substituir as fontes inorgânicas em níveis mais baixos, enquanto que o desempenho é mantido ou mesmo melhorado (SPEERS et al., 1992). Um importante aspecto relacionado ao uso mais baixo dos minerais quelatados é a possibilidade de redução da poluição ambiental (LEE et al., 2001).

FREMAUT (2003) revelou em seu estudo que na substituição de minerais inorgânicos por quelatos minerais nas dietas de suínos, houve 30% de redução da necessidade de minerais com quelatos e diminuição na excreção de minerais nos dejetos. Resultado semelhante foi encontrado por ACDA e CHAE (2002) em que a excreção fecal de Zn e Cu foram reduzidos em suínos alimentados com baixos teores de minerais quelatados.

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

CASE e CARLSON (2002) observaram que a quantidade de Zn excretado é o reflexo da concentração do mineral na dieta e é independente da fonte (quelatada x inorgânica). O mesmo foi encontrado por CARLSON et al. (2004).

Em frangos alimentados com minerais orgânicos, NOLLET et al. (2007) verificaram que a excreção de todos os minerais sob exame (46, 63, 73 e 55%, respectivamente, para Mn, Zn, Fe e Cu) foram menores em comparação com amostras de fezes de frangos de corte alimentados com dietas controle (sem minerais quelatados). A redução da excreção dos minerais contribui para diminuição do potencial poluidor dos dejetos de suínos e a contaminação do solo e de outros recursos naturais.

CONCLUSÕES

Os resultados do uso de minerais quelatados têm sido promissores, embora alguns trabalhos não apresentem respostas diferentes daquela proporcionada quando se fornece em maior concentração, o elemento mineral na forma inorgânica. A maior biodisponibilidade dos minerais na forma quelatada possibilita a redução do nível de inclusão dos minerais, minimizando o impacto ambiental dos dejetos. Apesar de resultados consistentes do aumento da biodisponibilidade dos minerais na forma quelatada, que poderia reduzir a inclusão destes na dieta, a adoção dos mesmos tem sido restrita devido ao alto custo.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ADITIVOS MICROMINERAIS, 2013. Uso de microminerais "orgânicos" na nutrição moderna. Disponível em: <http://www.aditivosmicrominerais.com.br/microminerasorgânicos>. Acesso em: 20/06/2013.

AERESTRUP, F.; HASMAN, H. Susceptibility of different bacterial species isolates from food animals to copper sulphate, zinc chloride and antimicrobial substances used for disinfection. **Veterinary Microbiology**, v. 100, p. 83-89. 2004.

AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS, A.J. **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**. San Diego: Academic Press, 1995. 441p.

ANDERSON, R.A. Chromium. In: ORLANDO, W.M. **Trace Elements in Human and Animal Nutrition**, FL: Academic. p.225-44. 1987.

ANDERSON, R.A.; POLANSKY, M.M.; BRYDEN, N.A. et al. Supplemental chromium effects on glucose, insulin, glucagon, and urinary chromium losses in subjects consuming controlled low chromium diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.54, p.909-916, 1991.

ANDERSON, B. K; EASTER, R.A. **A review of Iron Nutrition in Pigs. Pig Book**. Champaign: Illinois University, 1999. p. 75 – 89.

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

APGAR, G.A.; KORNEGAY, E.T.; LENDEMANN, M.D. et al. Evaluation of copper sulfate and copper lysine complex as growth promoters for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p.2640-2646. 1995.

ARTHUR, J.R.; MCKENZIE, R.C.; BECKETT, G.J. Selenium in the immune system. **Journal of Nutrition** v.133, p.1457S-1459S, 2003.

ASHMEAD, H.D.; GRAFF, D.J.; ASHMEAD, H. H. **Intestinal absorption of metal ions and chelates**. Springfield: Charles C Thomas, 1985. p.13-26.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL (AAFCO). **Official Publication**. Atlanta, 2000.



BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. 373 p.

BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J. et al. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Rev. Bras. Zootec.**, v.35, p.1342-1348, 2006.

BUFF, C.E.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R. et al. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.83, n.10, p.2380-2386, 2005.

CARLSON, M.S.; BOREN, C.A.; WU, C. . et al. Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma, and excretion of nursery pigs. **Journal 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, n.7, p.1917-1924, 2002.

CHANG, X.; MOWAT, D.N. Supplement chromium for stressed and growing feeder calves. **Jornal of Animal Science**, Chapaing, v.70. 559-565, 1992.

CHANG, X.; MOWART, D.N.; MALLARD, B.A. Supplemental chromium and niacin for stressed feeder calves. **Canadion Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 75, p. 351-358, 1995.

CHENG, J.; KORNEGAY, E.T.; SCHELL, T. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulphate and zincllysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1064-1074. 1998.

CHEVALIER, P.; SEVILLA, R.; ZALLES, L. et al. Effects of zinc supplementation on nutritional immune deficiency. **Nutrition Research**, v.16, p.369-379. 1996.

CLOSE, W.H. The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. **Biotechnology in the Feed Industry**. Nottingham University Press. Nottingham, UK, p.469-483. 1998.

CLOSE, W.H. Trace mineral nutrition of pigs revisited: meeting production and environmental objectives. **Rec. Adv. Anim. Nutr.** In Aust., University of New England, NSW 14: 133-142.2003.

CLYDESDALE, F.M. Mineral interactions in foods. In: BODWELL, C.E., ERDMAN, Jr. J.W. **Nutrient interactions**. New York: Marcel Dekker, p.257-268. 1998.

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.



FIGUEIREDO Jr., J.P.; COSTA, F.G.P.; GIVISIEZ, P.E.N. et al. Substituição de minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.2, p.513-518, 2013.

FONSECA, C.A. **Fontes e níveis de zinco no desempenho de bovinos terminados em confinamento e relativa biodisponibilidade.** Goiás: Universidade Federal de Goiás. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), UFG. Goiânia/GO.2005.

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. p. 171-178, 2003.

FULLER, R.; NEWLAND, L.G.M.; BRIGGS, C.A.E. et al. The normal intestinal flora of the pigs. IV. The effect of dietary supplements of penicillin, chlortetracycline or copper on the faecal flora. **J. Appl. Bacteriol.**, v. 23, p. 195-205, 1960.

GARCIA-CASTILLO, R.F.; GUTIÉRREZ-BANUELOS, H.; MELLADO- BOSQUE, M. et al. Cromo L-metionina em dietas basadas em sorgo y soya em cerdas primmerizas. **Revista Agraria – Nueva Epoca**, Buenavista, v. 1.p. 6-11, 2004.

GARCIA, A.G.; GARNES, P. M. Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la isulina. **Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social.** Colonia Juárez, v. 42, p. 347-352, 2004.

GATTÁS, G.; BARBOSA, F.F. Cobre na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.3, p.117 -133 novembro/dezembro de 2004.

GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.190-200, 2009 (supl. especial).

GOMES, M.R.; ROGERO, M.M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte. São Paulo**, v. 11. p. 262-266, 2005.

HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacological levels of Zinc. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3020-3024. 1993.

HARPER, A.F.; LINDEMANN, M.D.; KORNEGAY, E.T. Effect of supplemental dietary chromium on growth performance of weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.73, supl. 1, p.194. 1995.

HILL, D.A.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. et al. Zinc-amino acid complexes for swine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.121-130. 1986.

HILL, D.A.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. Effect of zinc source and picolinic acid on Zn uptake in an in vitro continuous-flow perfusion system for pig and poultry intestine segments. **Journal of Nutrition**, v.117, p.1704-1707. 1987a.



HILL, D.A.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. Effect of zinc source and picolinic acid on pig performance and zinc balance in rats. **Nutrition Report Intmal**, v.35, p.1007-1014. 1987b.

HOSSAIN, S.M.; BARRETO, S.L.; SILVA, C.G. Growth performance and carcass composition of broilers fed supplemental chromium from chromium yeast. **Animal Feed Science Technology**, New York, v.71, p. 217-228, 1998.

JONDREVILLE, C.; RÉVY, P.S. An update on use of organic minerals in swine nutrition. In: EASTERN NUTRITION CONFERENCE, 2003, Québec. **Proceedings...** Québec: Animal Nutrition Association of Canada, 2003. p.143-158.

KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; FLOWERS, W.L. et al. Iron methionine as a source of iron for the neonatal pig. **Nutrition Research**, v.22, n.10, p. 1209-1217, 2002.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n°3, p.206 –220, maio/junho de 2005.

KORNEGAY, E.T.; WANG, Z.; WOOD, C.M. et al. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75. P. 1319-1323, 1997.

LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B. J. et al. Evaluation of metal-amino chelates and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Asian- Aus. Journal of Animal Science**, v.14, p.1734-1740. 2001.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2° Edition. Guelph, Ontario: University Books, 1997.p.57-58.

LESSARD, M.; YANG, W.C.; ELLIOT, G.S. et al. Cellular immune responses in pigs fed a vitamin E and selenium deficient diet. **Journal of Animal Science**, v. 69, p.1575-1582, 1991.

LIMA, G.J.M.M.; GUIDONI, A.L. Níveis de cromo-ácido nicotínico em dietas de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agroecológica Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 433-439, 1999.

LIMA G.J.M.M.; CATUNDA F.; CLOSE W. et al. Positive effect on litter size when first-parity sows were fed diets containing a combination of organic and inorganic trace minerals. Allen D. Lemman Conference. **Anais...** p. 29. [CD. ROM].

LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; HARPER, A.F. et al. Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproduction sows. **Journal of Animal Science**, v.73, p. 457-465, 1995.

LINDEMANN, M.D. Organic chromium - the missing link in farm animal nutrition. In: LYONS, T.P.; JACQUES, K.A. **Biotechnology in the Feed Industry**. Nottingham University Press. Nottingham, UK, p.299-314. 1996.



LINDER, M.C. Nutrition and Metabolism of the trace elements. In: **Nutritional Biochemistry and Metabolism with clinical applications**. Second edition. Elsevier Science Publishing Company. New York, New York C.7, p. 215-276, 1991.

MACIEL, M.P.; SARAIVA, E.P.; AGUIAR, E.F. et al. Effect of using organic microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at the end of laying. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, p.344-348, 2010.

MAHAN, D.C.; PARRETT, N.A. Evaluating the efficacy of selenium-enriched yeast and sodium selenite on tissue selenium retention and serum glutathione peroxidase activity in grower and finisher swine. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2967-2974. 1996.

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium 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.2171-2179. 1999.

MAHAN D.C.; PETERS J.C. Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny. **Journal of Animal Science**. 82: 1343-1358, 2004.

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

MATEOS, G.G.; LAZARO, R.; ASTILLERO, J.R.; et al. Trace minerals: What text books don't tell you. In: Re-defining Mineral Nutrition. Nottingham University Press, UK, p-21-62, 2005.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of Nutrition**. Philadelphia, v. 123, p. 626-633, 1993.

MEYER, W.R.; MAHAN, D.C.; MOXON, A.L. Value of dietary selenium and vitamin E for weanling swine as measured by performance and tissue selenium and glutathione peroxidase activities. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 2, 1981.

MILES, R.D.; HENRY, P.R. Relative trace mineral bioavailability. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.1, n.2, p.73-93, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Normas e padrões de nutrição e alimentação animal. Brasília, 2000. 152 p.

MIRANDO M.A.; PETERS D.N.; HOSTETLER C.E. et al. Dietary supplementation of proteinated minerals influences reproductive performance of sows. **Journal of Animal Science**. 71(Suppl. 1) : 180, 1993.



MOONEY, K. W.; CROMWELL, G.L. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73. P. 3351-3357, 1995.

MOONEY, K.W.; CROMWELL, G.L. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potencial carcass modifiers in swine. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2661-2671, 1997.

MONTEIRO, D.P. **Utilização de um suplemento alimentar a base de ferro quelatado em substituição ao ferro dextrano na fase pré-inicial de vida dos leitões**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2006. Dissertação (Mestrado em ciências veterinárias) UFPR. Curitiba/PR. 2006.

MUNIZ, M.H.B.; BERTO, D.A.; HAUPTLI, L. et al. Fontes orgânicas e inorgânicas de zinco e cobre como melhoradores de desempenho em leitões desmamados. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.9, p.1999-2005, 2010.

NABUURS, M.J.A.; HOOGENDORN, A.; VAN DER MOLEN, E.J. et al. Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Research in Veterinary Science**, v.55, p.78-84, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of swine. 10 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189p.

NOLLET, L.; VAN DER KLIS, J.D.; LENSING, M. SPRING, P. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **J. Appl. Poult. Res.**, v.16, p.592-597, 2007.

PÁGINA RURAL. Selênio orgânico: vantagem para o criador, segurança para o consumidor. [http://: www.páginarural.com.br/artigostécnicos/animais/tecnologia](http://www.páginarural.com.br/artigostécnicos/animais/tecnologia). Acesso em: 15/07/2013.

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

PEPLOWSKI, M.A.; MAHAN, D.C.; MURRAY, F.A. et al. Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells. **Journal of Animal Science**, v. 51, p. 344-351, 1981.

PIEDRAS, S.R.N.; MORAES, P.R.R.; ISOLDI, L.A. et al. Comparação entre o selênio orgânico e o inorgânico empregados na dieta de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 31(2): 171 - 174, 2005.

PIMENTEL, J.L.; COOK, M.E.; GREGER, J.L. Bioavailability of Zinc-Methionine for Chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1637-1639, 1991.



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**, v.51, p.215-236, 1997.

POULSEN, H.D. Zinc oxide for weanling piglets. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Section A - Animal Science, v.45, p.159-167, 1995.

PUNTARULO, S. Iron oxidative stress and human health. **Molecular Aspects of Medicine**, Buenos Aires, v. 26. n. 4 - 5. p. 299-312, 2005.

RUTZ, F.; LIMA, G.J.M.M. O uso de antimicrobianos como promotores de crescimento no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Concórdia, SC: CNPSA, 2001. 10p. CD-ROM.

RUTZ, F.; PAN, E.A.; XAVIER, G.B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld**. In: <http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/141>. 2007. Acessado em: 06/09/2013.

SANTOS, J.E.P. Efetividade do uso de minerais orgânicos para bovinos. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS**, 8, 2006, Piracicaba, Anais... FEAIQ, p.191-213, 2006.

SCHELL, T.C.; KORNEGAY, E.T. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological level of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine or ZnSO₄. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1584-1593. 1996.

SILVA, L.M.G.S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. 2007, 52 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

SPEARS, J.W., SCHOENHERR, W.S., KEGLEY, E.B. et al. Efficiency of iron methionine as a source of iron for nursing pigs. **J. Anim. Sci.** 70 (Suppl. 1):243 (abstact), 1992.

SPEARS, J.W. Optimizing mineral levels and sources for farm animal. In: KORNEGAY, E, T. **Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment**. New York: CRC Press, 1996. p.259-275.

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

SWINKELS, J.W.G.M.; KORNEGAY, E.T.; ZHOU, W. et al. Effectiveness of a zinc amino acid chelate and zinc sulfate in restoring serum and soft tissue zinc concentrations when fed to zinc-depleted pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2420-2430. 1996.

UNDERWOOD, E. J **Sources of mineral. The mineral nutrition of livestock**. 2. ed. London: Famhan Royal. 1981. p. 9-19.



UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Edinburgh: CABI Publishing, 1999. 624p.

VAN de LIGT, J.L.G.; LINDEMANN, M.D.; HARMON, R.J. et al. Effect of chromium tripicolinate supplementation on porcine immune response during the postweaning period. **Journal of Animal Science**, v.80, p. 449- 455, 2002.

VAN HEUGTEN, E.; SPEARS, J. W. Immune response 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.

VEUM, T.L.; CARLSON, M.S.; WU, C.W. et al. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **Journal of Animal Science**, v.82, n.4, p.1062-1070, 2004.

WANG, Z. **Influence of supplemental chromium picolinate on nitrogen balance, dry matter digestibility and lean-ness in growing-finishing pigs**. M.S. Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. 1995.

WARD, T.L.; ASCHE, G.L.; LOUIS, G.F. et al. Zinc-methionine improves growth performance of starter pigs. **Journal of Animal Science**, v.74 (Suppl.1), p.182 (Abstr.). 1996.

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

WEDEKIND, K.J.; LEWIS, A.J.; GIESEMANN, M.A. et al. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2681-2689. 1994.

WURYASTUTI, H.; STOWE, H.D.; BULL, R.W. et al. Effects of vitamin E and Selenium on immune responses of peripheral blood, colostrum, and milk leukocytes of sows. **Journal of Animal Science**, v.71, p. 2464-2472, 1993.

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

ZHOU, W.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D. et al. Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2395-2403, 1994b.