

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GEFFERSON ALMEIDA DA SILVA

**EFEITO DO COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO DE ZINCO, MANGANÊS E COBRE
SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE,
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**



PALOTINA-PR

2017

GEFFERSON ALMEIDA DA SILVA

**EFEITO DO COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO DE ZINCO, MANGANÊS E COBRE
SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE,
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, área de concentração Saúde Animal, linha de pesquisa em Patologia Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Camilo Alberton

PALOTINA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S576 Silva, Gefferson Almeida da
Efeito do complexo metal-aminoácido de zinco, manganês e cobre sobre o desempenho e a saúde de leitões em fase de creche, crescimento e terminação/ Gefferson Almeida da Silva -- Palotina, 2017
73f.

Orientador: Geraldo Camilo Alberton.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

1. Microminerais orgânicos. 2. Sistema locomotor. 3. Excreção mineral. I. Geraldo Camilo Alberton. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 636.4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor PALOTINA
Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA ANIMAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de GEFERSON ALMEIDA DA SILVA intitulada: EFEITO DO COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO DE ZINCO, MANGANÊS E COBRE SOBRE DESEMPENHO E A SAÚDE DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE, CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Palotina, 21 de Fevereiro de 2017.


GERALDO CAMILO ALBERTON

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


SERGIO RODRIGO FERNANDES

Avaliador Externo (UFPR)


DAIANE GULICH DONIN

Avaliador Externo (UFPR)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Gefferson Almeida da Silva, filho de Geralda Francisca de Almeida e Aparecido Cardoso da Silva, nasceu na cidade de São José das Palmeiras no estado do Paraná, dia 20 de Dezembro de 1991.

Fez curso Técnico em Agropecuária pelo Colégio Agrícola de Toledo – PR, concluindo em 2008.

Iniciou o curso de Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, 2009, concluído em Janeiro de 2015.

Em Março de 2015 iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Ciência Animal na Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Foi efetivado pela empresa Agroceres PIC, em agosto de 2016, onde atualmente desempenha a função de Assistente de Serviços Técnicos.

Os problemas não são eternos, sempre têm solução. O único que não se resolve é a morte. A vida é curta, por isso ame-a! Viva intensamente e recorde: Antes de falar... escute! Antes de escrever... pense! Antes de criticar... examine! Antes de ferir... sinta! Antes de orar... perdoe! Antes de gastar... ganhe! Antes de render... tente de novo! Antes de morrer... viva!

William Shakespeare

À minha família e amigos!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O ato de agradecer por algo ou alguma coisa, somente é possível pela dádiva da vida que nos é concedida todos os dias. Dessa forma, agradecimento maior eu dedico à Ele, Deus, por ter proporcionado grandes oportunidades a cada dia de minha vida, inspiração para começar, força para continuar e garra para terminar. Sem Ele nada seria possível, obrigado Senhor.

À minha família, base de educação e caráter, se hoje sou o que sou, devo a vocês que dedicaram parte de suas vidas para ver um filho crescer e lutar pelos seus sonhos. Dedicção especial para minha mãe Geralda F. Almeida, mulher de fibra, guerreira e de muita fé, que sempre colocou seus filhos acima de tudo e hoje colhe lindos frutos. Tenha certeza que tudo que fez por nós será retribuído com muito carinho, amor e dedicação até o último dia de sua vida.

À minha esposa Fabiana, pelo companheirismo e apoio nos momentos difíceis. A ausência é muitas vezes necessária para que um sonho se torne realidade, na vida passamos por momentos difíceis que se tornam fáceis de serem superados quando contamos com o apoio de pessoas de confiança.

Aos meus mestres Geraldo Alberton e Daiane Donin, pelos ensinamentos, discernimento e acima de tudo pela confiança que sempre tiveram em meu trabalho. Para tudo na vida precisamos de modelo a seguir e saibam que tenho em vocês o modelo de excelência e profissionalismo. Agradeço também a todos os docentes da UFPR, que me proporcionaram ensino de qualidade e que se dedicam a essa exemplar profissão com tanto esmero.

Aos meus amigos de maneira geral, pelo apoio, companheirismo e parceria. Compartilho com vocês essa conquista, todos sabem o que representam para mim e a importância que exercem em minha vida e conquistas.

À minha casa UFPR-Setor Palotina, que forma profissionais de excelência com ensino público de qualidade.

À empresa Zinpro por financiar as pesquisas, em especial ao Ton Kramer e Alba Fireman.

À CAPES pela bolsa fornecida, que possibilitou minha dedicação exclusiva durante o período do meu mestrado.

RESUMO

A suplementação de minerais ligados a moléculas orgânicas influencia o desempenho produtivo e a saúde dos suínos em função da maior biodisponibilidade dos minerais complexados. Com o objetivo de avaliar o papel dos minerais complexados zinco, manganês e cobre para suínos na fase de creche, crescimento e terminação, dois experimentos foram conduzidos. O primeiro teve por objetivo determinar o efeito da suplementação de complexo de minerais orgânicos (metal-aminoácidos) composto por zinco, manganês e cobre (Zn/50ppm; Mn/20ppm e Cu/10ppm - Availa® Sow FF, Zinpro Corp.) no desempenho produtivo e integridade do aparelho locomotor de animais em crescimento e terminação. Um total de 180 animais foi utilizado, 90 fêmeas e 90 machos castrados, com 62 dias de idade, delineados em blocos casualizados, esquema fatorial, com dez repetições por tratamento e sexo. O desenho experimental foi composto por dois tratamentos, sendo T1 (Controle), animais que não receberam suplementação de minerais orgânicos e T2 (Tratamento), os animais que foram suplementados com minerais orgânicos (0,75g/kg). No dia 112º (D12) os suínos foram submetidos à avaliação de casco, no D115 foram pesados e no D117 foram abatidos. Após a desossa, análise foi realizada nos côndilos mediais e laterais da porção distal do úmero. Os animais de T2 apresentaram melhor desempenho para os parâmetros zootécnicos: peso final ($P=0,0311$), ganho de peso (GP) ($P=0,0211$) e ganho de peso diário (GPD) ($P=0,0211$). Com relação ao GP, T2 apresentou 3,10 kg a mais em comparação ao controle, sendo que nas fêmeas o aumento foi de 4,07 kg em média e, nos machos de 2,45 kg. A prevalência de lesões de casco foi de 100% e a suplementação reduziu a incidência de lesões na unha acessória ($P=0,0200$) e rachadura no talão-sola ($P=0,0235$). A incidência de osteocondrose foi 19,13%, sem influência da suplementação. A inclusão de minerais c Zn, Mn e Cu durante a fase de terminação melhora o peso final, GP, GPD e integridade do casco. No segundo experimento o objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de cobre orgânico (Cu-metionina) na dieta de leitões em substituição ao sulfato de cobre (CuSO_4), sobre o desempenho produtivo, estresse oxidativo e excreção ambiental no período de creche. Foram alojados 96 machos não castrados, com 21 dias de vida e peso médio de 6 kg, distribuídos em 48 gaiolas experimentais suspensas, providas de comedouro e bebedouro. Os tratamentos avaliados foram T1: 10ppm de CuSO_4 ; T2: T1 + 25ppm de Cu orgânico; T3: T1 + 50ppm de Cu orgânico; T4: T1 + 75ppm de Cu orgânico; T5: T1 + 100ppm de Cu orgânico e T6: T1 + 150ppm de CuSO_4 . As médias de peso (P), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) foram mensurados semanalmente. Foram coletadas amostras de sangue aos 0, 20 e 40 dias para análise do estresse oxidativo (EO) e fezes coletadas ao final do teste para análise de excreção de Cu. Não houve efeito para nenhuma variável de desempenho no período total ($p>0,05$) entre tratamentos, contudo algumas diferenças foram observadas na análise de interação (tratamento x tempo) para as variáveis CR e CA na segunda ($P=0,0084$ para CA), terceira ($P=0,0059$ e $0,0066$) e quarta semana ($P=0,0081$ e $0,0078$). Houve efeito linear ascendente ($P=0,0041$) do nível de inclusão de Cu sobre a excreção deste mineral nas fezes, independente da fonte de suplementação. Não houve diferença entre os tratamentos quanto ao escore de fezes dos leitões e quanto ao EO. Conclui-se que nas condições experimentais o aumento dos níveis de adição de Cu na dieta, quer seja na forma de sulfato ou na forma orgânica, não melhora o desempenho zootécnico, mas aumenta a excreção deste elemento nas fezes.

Palavras chave: Microminerais orgânicos, sistema locomotor, excreção mineral.

ABSTRACT

The supplementation of minerals binded to organic molecules influences the productive performance and health of the swine due to the higher bioavailability when complexed. In order to determine the effect of complexed minerals zinc, manganese and copper to swine in nursery and growing-finishing phases, two trials were conducted. The first one to determine the effect of supplementing complexed organic minerals (metal-aminoacids) composed of zinc, manganese and copper (Zn/50ppm; Mn/20ppm e Cu/10ppm - Availa® Sow FF, Zinpro Corp.) on productive performance and integrity of locomotor system of animals in growing-finishing phase. A total of 180 animals were used, 90 females and 90 castrated males, with 62 days of age, distributed in randomized blocks, factorial scheme, with ten replicates per treatment and sex. The experimental design was composed of two treatments, being T1 (Control), animals that did not receive supplementation and T2 (Treatment) animals that were supplemented with organic minerals (750g / t). On day 112th (D112) the pigs were submitted to hull evaluation, on D115 were weighed and on D117 were slaughtered. After deboning, the blind analysis was performed on the medial and lateral sides of the distal portion of the humerus. The animals of T2 presented better performance for the zootechnical parameters: final weight ($P = 0.0311$), weight gain (WG) ($P = 0.0211$) and average daily gain (ADG) ($P = 0.0211$). Regarding WG, T2 had 3.10 kg more when comparing to control, and females increased by 4.07 kg on average and males by 2.45 kg. The prevalence of hull injuries was 100% and supplementation reduced the incidence of accessory nail injuries ($P = 0.0200$) and crack in the bead-sole ($P = 0.0235$). The incidence of osteochondrosis was 19.13%, without influence of supplementation. The inclusion of organic minerals Zn, Mn and Cu during finishing phase improved the final weight, WG, ADG and hull integrity. The second trial had the objective of evaluate the supplementation of organic copper (Cu-methione) in piglets diet in substitution to copper sulfate (CuSO_4), on the productive performance, oxidative stress and environmental excretion in the nursery period. Ninety six castrated males were housed, with 21 days of life and average weight of 6 kg, distributed in 48 suspended experimental cages, equipped with feeder and water source. The treatments evaluated were T1: 10 ppm of CuSO_4 ; T2: T1 + 25ppm of organic Cu; T3: T1 + 50ppm of organic Cu; T4: T1 + 75ppm organic Cu; T5: T1 + 100ppm of organic Cu and T6: T1 + 150ppm of CuSO_4 . The averages of weight (W) feed intake (FI), weight gain (WG), average daily gain (ADG) and feed conversion (CA) were measured weekly. Blood samples were collected at 0, 20 and 40th days for analysis of oxidative stress (OS) and faeces were collected at the end of the test for Cu excretion analysis. There was no effect for any performance variable in the total period ($p > 0.05$), however when evaluating specific periods, some differences were evidenced. However, some differences were observed the analysis of interaction (treatment x time) for the variables CR and CA in the second ($P=0.0084$ for CA), third ($P=0.0059$ and 0.0066) and fourth week ($P=0.0081$ and 0.0078). There was linear upward effect ($p = 0.0041$) to level of Cu inclusion on faeces excretion of this mineral, regardless of the source of supplementation. There was no difference between the treatments regarding faeces score of the piglets and the OS. It was concluded that in the experimental conditions the increase of the levels of addition of Cu in the diet, in the form of sulphate or in the organic form, does not improve the zootechnical performance, but increases excretion of this element in the faeces.

Key-words: Organic microminerals, locomotor system, mineral excretion.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - REQUERIMENTO DE MINERAIS PARA SUÍNOS EM FASE DE CRECHE, CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO (KG DIETA).....	15
TABELA 2 - NÍVEIS DE MINERAIS RECOMENDADOS PELA INDÚSTRIA AMERICANA (KG DIETA).....	16

CAPÍTULO 1

TABELA 1 - QUANTIDADE DE ZINCO, MANGANÊS E COBRE INORGÂNICOS E ORGÂNICOS UTILIZADOS NAS DIETAS EXPERIMENTAIS.	31
TABELA 2 - RESULTADOS DE DESEMPENHO PRODUTIVO E RENDIMENTO DE CARÇA DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO SUPLEMENTADOS OU NÃO COM METAL-AMINOÁCIDO DE ZN, MN E CU EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AOS MINERAIS INORGÂNICOS (AVAILA®SOW – ZINPRO).....	35
TABELA 3 - RESULTADOS REFERENTES À VARIÁVEL ESPESSURA DE TOUCINHO, DESDOBRADOS PARA SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUPLEMENTADOS OU NÃO COM METAL-AMINOÁCIDO DE ZN, MN E CU (AVAILA®SOW – ZINPRO).....	36
TABELA 4 - RESULTADOS REFERENTES À VARIÁVEL CONSUMO DE RAÇÃO, DESDOBRADOS PARA SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUPLEMENTADOS OU NÃO COM METAL-AMINOÁCIDO DE ZN, MN E CU (AVAILA®SOW – ZINPRO).....	36
TABELA 5 - OCORRÊNCIA DE OSTEOCONDROSE (%) EM ANIMAIS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUPLEMENTADOS OU NÃO COM MINERAIS ORGÂNICOS (METAL-AMINOÁCIDO ZN, MN E CU - AVAILA®SOW - ZINPRO), COMPARAÇÃO ENTRE TRATAMENTO E SEXO.....	37
TABELA 6 - INCIDÊNCIA DE LESÕES DE CASCO DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO SUPLEMENTADOS OU NÃO COM MINERAIS ORGÂNICOS (METAL-AMINOÁCIDO ZN, MN E CU – AVAILA® SOW – ZINPRO).....	38

TABELA 7 -COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS, BASE ALIMENTAR (%) DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUBMETIDOS A PROTOCOLO EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS ZN, MN E CU (AVAILA@SOW – ZINPRO).	41
---	----

CAPÍTULO 2

TABELA 1 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO	55
TABELA 2 - MÉDIAS DE CONSUMO DE RAÇÃO E CONVERSÃO ALIMENTAR (CR E CA) DESDOBRADOS DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO	56
FIGURA 3 - COMPORTAMENTO DAS VÁRIAVES CA E CR DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO.	56
TABELA 3 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO DOIS NÍVEIS DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE INORGÂNICO	57
TABELA. 4 - ESCORE DE FEZES E MEDICAÇÃO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE SUPLEMENTADOS COM NÍVEIS CRESCENTES DE CU ORGÂNICO NA DIETA.	59
TABELA 5 – MÉDIA DOS POTENCIAIS DE REDUÇÃO DOS GRUPOS NA COLETA 2.	61

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - EXCREÇÃO FECAL DE Cu EM LEITÕES DESMAMADOS, ALIMENTADOS COM DIETA CONTROLE, 50, 100 PPM DE Cu ORGÂNICO E 250 PPM DE CuSO₄.20
- FIGURA 2 - DEMONSTRAÇÃO DO CONCEITO DE ESTRESSE OXIDATIVO COMO DESEQUILÍBRIO ENTRE SUBSTÂNCIAS PRÓ-OXIDANTES E ANTIOXIDANTES.....25

CAPÍTULO 2

- FIGURA 1 - VISÃO INTERNA LABSUI – (UFPR) – PALOTINA.....50
- FIGURA 2 -COLETA DE SANGUE PELA VEIA JUGULAR EM LEITÃO.51
- FIGURA 3 - COMPORTAMENTO DAS VÁRIAVES CA E CR DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO.56
- FIGURA 4 - VALORES MÉDIOS DOS NÍVEIS DE EXCREÇÃO DE CU EM SUÍNOS EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM NÍVEIS INORGÂNICOS E GRADIENTES DE SUPLEMENTAÇÃO DE CU ORGÂNICO.60
- FIGURA 5 - DADOS ANALISADOS EM CADA COLETA POR DIFERENTES MÉTODOS ESTATÍSTICOS, SENDO: A) ANALISADO POR ANOVA DE DUAS VIAS COM PÓS-TESTE DE HOLM-SIDAK.62
- FIGURA 6 - GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS COM MÉDIA. AS BARRAS INDICAM DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS DE MÉDIA ENTRE OS GRUPOS ASSINALADOS. ONDE NÃO ESTÁ INDICADO, $P < 0,05$62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 REQUERIMENTO MINERAL	15
2.2 MINERAIS ORGÂNICOS	16
2.2.1 Absorção	17
2.2.2 Biodisponibilidade	18
2.3 MINERAIS E IMPACTO AMBIENTAL	19
2.4 MINERAIS E DESEMPENHO	21
2.5 MINERAIS E QUALIDADE DE CARNE.....	22
2.6 MINERAIS E ESTRESSE OXIDATIVO	24
2.6.1 Cu e sua importância para o sistema antioxidante em suínos	26
3 OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
CAPÍTULO 1 - EFEITO DOS MINERAIS ORGÂNICOS ZINCO, MANGANÊS E COBRE NO DESEMPENHO PRODUTIVO E SISTEMA LOCOMOTOR DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL DE MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CU ORGÂNICO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, ESTRESSE OXIDATIVO E EXCREÇÃO FECAL EM LEITÕES DE CRECHE	47
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
REFERÊNCIAS	63
4 CONCLUSÃO GERAL	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXO	73
ANEXO 1 - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS DIETAS.	73

1 INTRODUÇÃO

A produção de suínos representa importante papel na economia brasileira e mundial. Tal representatividade se deve a constante evolução produtiva que o setor vem sofrendo em melhoramento genético, ambiência, sanidade, nutrição e manejo. Quando avaliamos a produção suinícola brasileira podemos observar expressivo crescimento nos últimos anos, com aumento em mais de 600% nas exportações e 40% na produção de carne. O Brasil exporta para mais de 69 mercados, e classifica-se como quarto maior produtor e exportador de suínos no ranking mundial. Com relação à produção, somente é superado pela China, União Europeia e Estados Unidos. Na exportação, é superado pelos EUA, União Europeia e Canadá (ABPA, 2016).

Apesar de toda evolução observada no setor, ainda existe muito para aprimorar e evoluir. Na nutrição, mesmo tendo alcançado o equilíbrio nutricional, no que diz respeito aos microminerais, existe ampla necessidade de adequação de acordo com os diferentes microminerais e as diferentes fases de vida dos animais.

Os minerais são de fundamental importância para inúmeros processos metabólicos. Os macroelementos participam principalmente das funções estruturais e fisiológicas. Já os microelementos, participam de funções metabólicas incluindo a resposta imune, reprodução e crescimento. Sua ação primária é a de catalizadores dos sistemas celulares enzimáticos. Nestes, os minerais agem principalmente em associações com proteínas como proporção fixa de metalenzimas em que a interação entre minerais e enzimas melhora as atividades catalíticas das mesmas (VIEIRA, 2005).

Os microminerais possuem baixa biodisponibilidade, o que segundo Mabe (2001) pode estar relacionado com a formação de complexos com outras substâncias no trato digestivo reduzindo a solubilidade desses elementos. Esse fato justifica o interesse crescente em explorar fatores que aumentam a absorção ou metabolização dos elementos traços. Neste sentido, fontes orgânicas de minerais têm sido utilizadas devido a sua maior biodisponibilidade.

Embora os minerais orgânicos estejam sendo produzidos desde a década de 70 pelas indústrias brasileiras, sua utilização na nutrição animal é recente e a

discussão de sua importância está baseada em suas ações específicas nas células e sua maior biodisponibilidade em relação aos minerais inorgânicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 REQUERIMENTO MINERAL

Estabelecer quantidades ideais de minerais nas dietas de suínos é desafiante quando a maioria das estimativas é baseada nos níveis mínimos necessários para evitar quadro clínicos de deficiência e não necessariamente para promover a produtividade ou, mais especificamente, aumentar a imunidade.

Os trabalhos relacionados com as exigências minerais foram em grande maioria realizados nos anos 60 e 70 e podem não ser adequados para os suínos atuais. Isso se reflete na revisão do NRC (2012) que não apresentou alterações com relação às revisões passadas (TABELA 1). As diferenças nos requerimentos de nutrientes são os resultados de diferentes metas de produção e diferentes estados fisiológicos dos animais e genética.

TABELA 1 - REQUERIMENTO DE MINERAIS PARA SUÍNOS EM FASE DE CRECHE, CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO (KG DIETA).

Mineral (mg)	Pré-inicial (4 - 15 Kg)		Inicial (15 - 25 Kg)		Crescimento I (25 - 50 Kg)		Crescimento II (50 - 75 Kg)		Terminação I (75 - 100 Kg)		Terminação II (100- 125 Kg)	
	TB ¹	NRC ²	TB	NRC	TB	NRC	TB	NRC	TB	NRC	TB	NRC
Cu	13,4	6	12	5	9,6	4	8,4	3,5	7,2	3	6	3
Fe	90	100	80	100	64	60	56	50	48	40	40	40
I	1,12	0,14	1	0,14	0,8	0,14	0,7	0,14	0,6	0,14	0,5	0,14
Mg	45	4	40	3	32	2	28	2	24	2	20	2
Se	0,41	0,3	0,36	0,25	0,29	0,2	0,26	0,15	0,22	0,15	0,18	0,15
Zn	123	100	110	80	88	60	77	50	66	50	55	50

1 Tabelas Brasileiras - Rostagno (2011);

2 National Research Council (1998)/(2012).

Há escassez de informações sobre os requisitos minerais para linhagens de suínos atuais, sendo que em 1998, Van Lunen e Cole já alertavam que as necessidades minerais para crescimento dos híbridos suínos modernos com rápido crescimento seriam cerca de duas vezes o nível exigido pelos suínos de crescimento lento.

Com o objetivo de potencializar a produtividade, minerais são frequentemente fornecidos nas rações em níveis bem acima dos recomendados. Estes por sua vez levam em consideração a classe do animal, desempenho, fonte e biodisponibilidade dos minerais. Recentemente, foi realizado levantamento dos níveis comumente fornecidos em dietas nos estados americanos por Flohr et al. (2016) (TABELA 2). É possível verificar a grande variação nos níveis de inclusão, com alguns extremamente superiores àqueles recomendados na TABELA 1. Estes são fornecidos para garantir boas taxas de desempenho e para satisfazer as necessidades do animal criado sob diferentes sistemas de produção, bem como para melhorar o seu estado imunológico e de saúde.

TABELA 2 - NÍVEIS DE MINERAIS RECOMENDADOS PELA INDÚSTRIA AMERICANA (KG DIETA).

Microminerais (mg/kg)	Peso vivo (kg)				
	(7 - 11 Kg)	(11 - 23 Kg)	(23 - 55 Kg)	(55 -100 Kg)	(100 Kg - Abate)
Mg (mg)	24,2 - 55	9 - 55	6,6 - 40	6,4 - 40	3,3 - 40
Zn (mg)	75 - 3294	65,8 - 3030	30,4 - 150	30,4 - 131,2	30,4 - 131,2
Fe (mg)	61,1 - 166,7	60,9 - 166,7	39,5 - 123,8	32,9 - 123,8	30,9 - 103,01
Cu (mg)	11,2 - 248,5	11,2 - 326,5	4,6 - 242,1	3,9 - 161,7	3,1 - 160,8
I (MG)	0,3 - 1	0,3 - 1	0,22 - 1	0,16 - 1	0,15 - 1
Se (mg)	0,22 - 0,3	0,14 - 0,3	0,14 - 0,3	0,11 - 0,3	0,12 - 131,2

FONTE: Adaptado de Flohr et al. (2016).

2.2 MINERAIS ORGÂNICOS

Minerais orgânicos são compostos formados por íons metálicos sequestrados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que conferem alta disponibilidade biológica, alta solubilidade e estabilidade. Estes são fundamentais para inúmeras reações metabólicas de nutrientes e reparação tecidual (TOMLINSON et al., 2004).

Há diferenças entre os vários tipos de minerais orgânicos e com o objetivo de padronizar tais diferenças a American Feed Control Officials (AAFCO, 2005) categorizou minerais nas seguintes definições:

- Complexo Metal Aminoácido específico: Produto resultante da formação de complexo entre metal sal solúvel com aminoácido pré-determinado;
- Complexo Metal Aminoácido: Produto resultante da formação de complexo entre metal sal solúvel com aminoácido;

- Quelato Metal Aminoácido: Produto resultante da reação de íon metálico de sal metálico solúvel com aminoácidos com relação molar de um mol de metal para um a três (de preferência dois) moles de aminoácidos, formando ligações covalentes coordenadas. O peso médio dos aminoácidos hidrolisados deve ser aproximadamente 150 e o peso molecular resultante do quelato não deve exceder 800;
- Metal Proteinado: Produto resultante da quelação de sal solúvel com aminoácidos e/ou proteínas parcialmente hidrolisadas;
- Complexo Metal Polissacarídeo: Produto resultante da formação de complexo entre sal solúvel com solução de polissacarídeos declarados como ingredientes.
- Metal Propionato: Produto resultante da reação de sal metálico solúvel com ácido propiônico.

2.2.1 Absorção

Historicamente, os microminerais são incluídos nas dietas em sua forma inorgânica, ou seja, associados a sais inorgânicos como sulfatos e óxidos (RICHARDS, et al., 2010). Quando estes chegam ao estômago, ocorre dissociação das moléculas, liberando os íons metálicos como Zn^{++} , Mn^{++} , entre outros.

O transporte dos íons para o interior das células no intestino acontece de duas maneiras: pela difusão passiva e transporte ativo, ou seja, para que esses íons sejam absorvidos e atinjam a corrente sanguínea, órgãos e tecidos, eles necessitam estar atrelados a agente ligante ou molécula transportadora, que permita a passagem através da parede intestinal. Muitas vezes estes íons não encontram o agente ligante e acabam sendo excretados. Nessas condições podem ocorrer perdas pela reação com compostos, como coloides insolúveis ou no processo de competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção (HERRICK, 1993).

No intuito de aumentar a disponibilidade para o animal, a suplementação extra de minerais pode causar efeitos prejudiciais, como diarreia e desequilíbrios que podem levar a redução da biodisponibilidade de outros minerais, além de não melhorarem sua concentração no sangue e causarem poluição ambiental. 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, 2005).

A competição é especialmente acirrada entre os íons minerais Cu, Zn, e Fe, que disputam a mesma via de absorção. Deste modo, dieta com altos níveis de cobre pode bloquear a absorção do Zn e do Fe, levando a deficiência destes últimos. Outros exemplos são o ácido fítico e fosfatos, que podem reduzir ou inibir a disponibilidade de minerais (CABELL e EARLE, 1965; VOHRA et al., 1965).

Contudo, os minerais orgânicos apresentam absorção superior aos inorgânicos, pois geralmente usam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, o que faz com que não tenham problemas de interações com outros minerais. A absorção dos minerais orgânicos pode ocorrer sob duas formas: o mineral pode ser ligado à borda em escova sendo absorvido pela célula epitelial ou como ocorre na maioria das vezes onde o agente é absorvido levando junto a si o metal. O mecanismo pelo qual o agente melhora a utilização do mineral, depende da capacidade do ligante sequestrar o mineral, ou de sua habilidade em competir com outros ligantes, formando complexos solúveis com o mineral (KRATZER e VOHRA, 1996). Conforme Spears (1996) o ligante pode formar complexo estável no trato intestinal, evitando com isso que o mineral forme complexos insolúveis, dificultando a sua absorção.

2.2.2 Biodisponibilidade

Biodisponibilidade de nutriente é definida como sendo a fração ingerida que é absorvida, estando assim prontamente disponível para ser utilizado no metabolismo animal. A biodisponibilidade dos minerais sofre influência de vários fatores, em especial os microminerais, sendo estes: forma química, condições de processamento, nível de consumo do mineral, digestibilidade da dieta, tamanho da partícula, idade e espécie animal, interações com outros minerais e nutrientes, agentes quelantes, inibidores, estado fisiológico do animal e qualidade da água (MILES e HENRY, 2000).

Usualmente os minerais orgânicos são considerados de alta biodisponibilidade. São absorvidos por rotas metabólicas diferenciadas e apresentam baixa interferência ou antagonismo com outros minerais no trato gastrintestinal (ACDA e CHAE, 2002).

Por se tratarem de compostos mais estáveis, possibilitam melhor aproveitamento pelo organismo em decorrência da maior quantidade de mineral que chega ao intestino e aos sítios de ação quando comparados com fontes inorgânicas. Os minerais na forma orgânica utilizam as vias de absorção e o transporte das moléculas às quais estão ligadas, chegando diretamente aos tecidos e aos sistemas enzimáticos específicos, vias estas que somente são possíveis devido a menor vulnerabilidade às interações adversas no intestino (ASHMEAD, 1993).

Lensing e Klis (2006) observaram que a suplementação de 30% da recomendação de minerais orgânicos sugerido pelo NRC foram suficientes para manter o desempenho de frangos de corte até 42 dias de idade. Maior biodisponibilidade para fontes orgânicas de cobre foi relatada por Guo et al. (2001) para Cu-lisina e Cu-propionato, quando comparados com o sulfato de cobre, em frangos.

Leeson (2008) conduziu pesquisa com frangos de corte recebendo dietas contendo minerais de fontes inorgânicas, na forma de sulfato (100 ppm Zn, 90 ppm Mn, 30 ppm Fe e 5 ppm Cu) e comparou com redução nos níveis de inclusão com substituição por minerais orgânicos em 80, 60, 40 ou 20%. Mesmo aves recebendo 20% de minerais orgânicos apresentaram desempenho semelhante ao do grupo controle, sem afetar a saúde e a mortalidade, além de resultar na diminuição dos níveis de minerais excretados.

Leitões desmamados alimentados com dieta contendo proteínas de cobre, ferro, zinco ou manganês comparados com animais alimentados com dieta suplementada com microminerais inorgânicos, apresentaram maiores níveis destes minerais no fígado, indicando aumento na biodisponibilidade dos metais proteínatos (SCHIAVON et al., 2000). Estes resultados indicam que minerais de fontes orgânicas e inorgânicas podem seguir rotas metabólicas diferentes no organismo animal (RUPIC et al., 1998).

2.3 MINERAIS E IMPACTO AMBIENTAL

Quando abordamos o impacto ambiental, cobre e zinco são particularmente preocupantes, uma vez que as fontes inorgânicas de sulfato de cobre e óxido de zinco são frequentemente fornecidas em níveis superiores às exigências fisiológicas dos animais de modo a promoverem a taxa de crescimento e evitar refugagem e

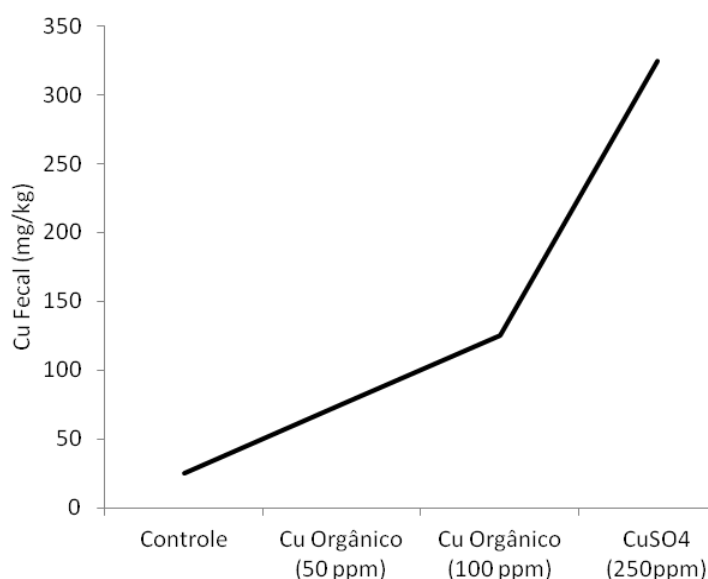
diarreia. Sua excreção contribui para poluição do solo e água, podendo ser tóxicos para plantas e animais, bem como para a microbiota do solo (CLOSE, 2003).

Smits e Henman (2000) avaliaram o desempenho de crescimento e terminação de suínos alimentados com dietas suplementadas com CuSO_4 (150 ppm de Cu) ou Cu orgânico (Bioplex™) (40 ppm de Cu). Animais alimentados com dietas contendo Cu orgânico (40 ppm) alcançaram níveis semelhantes de desempenho em relação os alimentados com 150 ppm de Cu na forma de sulfato. Benefício adicional foi observado com relação à quantidade de Cu excretada nas fezes, que foi de três a quatro vezes mais baixa no grupo alimentado com Cu orgânico.

Pierce et al. (2001) também mediram o conteúdo de Cu fecal de suínos em crescimento, quando os animais foram alimentados com dieta controle ou dietas contendo CuSO_4 ou Bioplex™ Cu. Animais alimentados com Cu orgânico tiveram desempenho similar aos alimentados com fonte inorgânica de Cu, mas tiveram redução de 46% nas concentrações de Cu fecal.

Veum et al. (2004) demonstraram redução na excreção de Cu quando Bioplex™ Cu foi suplementado em vez de CuSO_4 em dietas de leitões em creche. Embora não houve diferença significativa na taxa de crescimento, para excreção fecal de Cu a redução foi expressiva (FIGURA 1).

FIGURA 1 - EXCREÇÃO FECAL DE Cu EM LEITÕES DESMAMADOS, ALIMENTADOS COM DIETA CONTROLE, 50, 100 PPM DE Cu ORGÂNICO E 250 PPM DE CuSO_4 .



FONTE: Adaptado de Veum et al. (2004).

2.4 MINERAIS E DESEMPENHO

Os microminerais como Cu, Zn e Mn exercem importantes funções no organismo animal, atuando na resposta imunológica e contribuindo para resistência contra as infecções, permitindo assim melhores desempenhos produtivos. Esses se destacam por fazerem parte de enzimas que atuam na formação e ação de células na defesa do organismo, bem como enzimas antioxidantes que protegem o organismo contra espécies reativas de oxigênio – estresse oxidativo (CORTINHAS, 2009; McDONALD, 2002).

Segundo Pechova et al. (2006) o Zn é o principal micromineral prevalente no meio intracelular, além de atuar no metabolismo dos carboidratos, proteínas e ácido nucléico. Desempenha importante papel no sistema imune por ser componente essencial de mais de 300 enzimas, incluindo as envolvidas na síntese de DNA e RNA e conseqüentemente, na replicação e proliferação das células imunes (SPEARS e WEISS, 2008). Atua no crescimento de microrganismo e enterócitos que revestem as vilosidades da parede intestinal podendo afetar a digestão e absorção dos nutrientes (LI et al., 2001).

Rambo et al. (2012) ao avaliar o efeito do Zn suplementar (orgânico) e ractopamina sobre o ganho de peso e características de carcaça de suínos na fase de recria-terminação, observaram que os suínos suplementados com Zn orgânico tiveram melhor GPD durante crescimento e terminação que os suínos que foram suplementados com Zn na forma inorgânica.

O Cu tem ação como promotor de crescimento quando suplementado acima das exigências (MENTEN, 1995). Segundo Carvalho et al. (2003) o Mn juntamente com Cu e Zn constituem as metaloenzimas fundamentais para o sistema imunológico.

Em estudo realizado por Muniz et al. (2010) com o objetivo de comparar os efeitos de fontes orgânicas e inorgânicas de microminerais sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e a deposição de minerais em tecidos e órgãos de leitões desmamados, utilizando rações com minerais de fontes orgânicas e inorgânicas (Cu, Zn, Fe, Mn e Se) no período dos 24 aos 57 dias de idade, melhora foi observada no ganho diário de peso ($p=0,06$) e na conversão alimentar ($p=0,05$) nos animais suplementados com minerais orgânicos.

Resultados semelhantes foram apontados por Federizzi (2013) ao avaliar o efeito de dieta com suple complexo metal-aminoácido de Zn, Mn e Cu sobre o

desempenho e integridade do aparelho locomotor de suínos. Neste estudo os machos do grupo suplementados com minerais orgânicos (50 ppm Zn, 20 ppm Mn e 10 ppm Cu) ganharam 950 g de peso na fase de creche que os machos do grupo inorgânico (80 ppm Zn, 30 ppm Mn e 15 ppm Cu). Na fase de terminação os machos suplementados também apresentaram maior ganho de peso, sendo a diferença de 1,750 kg.

Ward (1996) relata que a resposta de crescimento de leitões foi semelhante entre aqueles alimentados com 250 ppm de zinco como Zn-met e os que receberam 2000 ppm de zinco como óxido de zinco. Lee et al. (2001) verificaram maior ganho de peso em suínos que receberam ração com 120 ppm de Zn-met em relação aos animais do grupo controle que consumiram ração contendo ZnSO₄.

Creech et al. (2004) ao comparar dieta controle para suínos com níveis normais de minerais inorgânicos (Zn, Cu, Fe, Mn, Se) a dieta com minerais orgânicos ou quelatados, em quantidade reduzida, não encontraram diferença no desempenho de animais na fase de creche e crescimento.

Muniz (2007) estudando minerais de fontes orgânicas em dietas de leitões desmamados encontrou melhor ganho de peso e conversão alimentar para animais que receberam minerais de fontes orgânicas.

Em aves Figuero et al. (2013) avaliando o efeito da substituição de minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesada observou que ao incluir 66% de minerais orgânico em substituição aos inorgânicos tiveram respostas positivas referente a produtividade.

Embora os estudos com utilização de fontes orgânicas de minerais demonstrem resultados variados em relação ao desempenho, o que se observa é que as respostas são mais consistentes no que se refere à melhora nas taxas de absorção, aumento das concentrações plasmáticas e teciduais e redução das taxas de excreção de minerais.

2.5 MINERAIS E QUALIDADE DE CARNE

A avaliação dos minerais orgânicos tem se concentrado principalmente no desempenho zootécnico, o que é de interesse primário para grande parte das indústrias. Dessa forma poucas pesquisas tem sido feitas com minerais orgânicos com objetivo de avaliar os efeitos sobre características de carcaça e qualidade de

carne em suínos. Em estudo realizado por Aksu et al. (2011) com aves, os mesmos relataram que concentrações reduzidas de Cu, Zn, e Mn orgânico na dieta, não tiveram nenhum efeito sobre o valor do pH em filés de peito e que os filés do grupo alimentado com minerais inorgânicos foi significativamente menor comparado ao grupo tratado com minerais orgânicos.

Gowanlock et al. (2013) realizaram estudo avaliando seis dietas com os níveis de minerais recomendado pelo NRC 1998 e 2012 (1. dieta basal sem adição de microminerais Cu, Fe, Mn, e Zn; 2. basal + 50% NRC Cu, requisitos de Fe, Mn, e Zn; 3. basal + 100% NRC Cu, Fe, Mn, e requisitos de Zn; 4. basal + 25 mg de Zn / kg; 5. basal + 50 mg de Zn / kg, e 6. basal + 50 mg de Fe / kg), avaliando crescimento, eficiência alimentar, parâmetros hematológicos, características de carcaça e qualidade de lombo de suínos em fase de crescimento e terminação. Não houve diferenças entre os tratamentos para as variáveis características de carcaça, pH do lombo, cor e perda por gotejamento.

Estudo realizado por Taylor-Pickard e Nollet (2013) utilizando formas orgânicas e inorgânicas de minerais (Zn, Cu, Mn, Se e Fe), com inclusão reduzida para a forma orgânica durante as fases de crescimento e terminação, mostrou que os animais suplementados com minerais orgânicos apresentaram melhor ou igual desempenho zootécnico e características de carcaça, acarretando em redução de custos para os animais que receberam suplementação com minerais orgânicos.

Rambo et al. (2012) avaliaram características de carcaças de animais suplementados com Zn orgânico (metal-aminoácido) e ractopamina. Os suínos suplementados tiveram maior peso de carcaça quente em detrimento aos animais que receberam ractopamina e Zn inorgânico (ZnO). Tais resultados corroboram com estudos realizados por Osama et al. (2012) que avaliaram os efeitos do Zn, Mg e Cu suplementos 50% ou 100% e combinações de acordo com as recomendações para frango de corte e observaram que aves alimentadas com dieta suplementada com 50% Zn + 50% Mn + 50% Cu, adicionado como minerais orgânicos tiveram melhor desempenho de crescimento, características de carcaça, qualidade da tíbia acompanhada com diminuição da deposição mineral na tíbia, fígado e excretas.

No entanto, em estudo realizado por Stephenson et al. (2015) ao avaliar características de carcaças de suínos em fase de terminação suplementados com Zn orgânico (ZnAA) e inorgânico (ZnO), não houve diferença ($P > 0,05$) para rendimento de carcaça, peso de carcaça, espessura de toucinho e profundidade de lombo. Da

mesma forma Ma et al. (2013) ao avaliarem o efeito da suplementação de Cu, Fe, Mn e Zn (orgânico x inorgânico) atendendo as recomendações propostas pelo NRC 1998, com suínos em fase de crescimento e terminação não encontraram efeitos significativos para desempenho e qualidade de carcaça.

2.6 MINERAIS E ESTRESSE OXIDATIVO

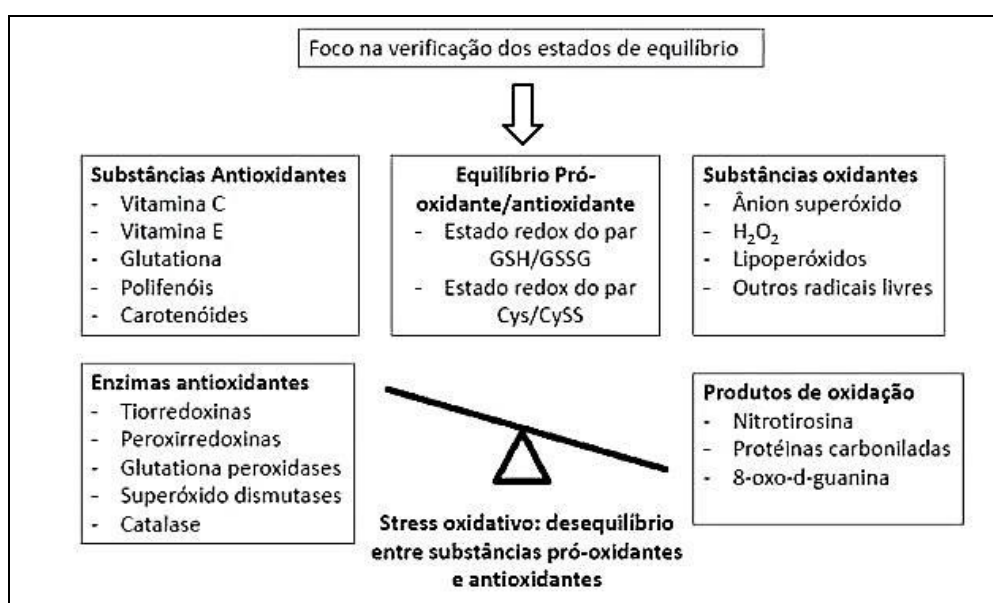
O estresse oxidativo é um fenômeno marcado por processos contínuos fisiológicos, cumprindo funções biológicas relevantes. Durante os processos metabólicos, radicais livres atuam como mediadores para a transferência de elétrons em várias reações bioquímicas. Sua produção, em proporções adequadas, possibilita a geração de ATP, por meio da cadeia transportadora de elétrons; fertilização; ativação de genes e participação de mecanismos de defesa durante o processo de infecção (BARBOSA et al., 2010). Contudo, a produção excessiva desses radicais pode conduzir a danos oxidativos, tendo como um dos principais efeitos a peroxidação lipídica, que causa lise das células pelos efeitos da interação entre os radicais livres e os fosfolipídios de membrana. A produção contínua de radicais livres durante os processos metabólicos desencadeia o desenvolvimento de mecanismos de defesa antioxidante.

De acordo com Jones (2006), o estresse oxidativo pode ser mais apropriadamente definido como alteração na sinalização e controle redox. O autor baseia esta proposição em diversos achados que apontam para efeitos significativos na função celular, sinalização para crescimento e proliferação celular, adesão de monócitos ao endotélio e resposta a apoptose induzida por peróxido; efeitos estes influenciados pela variação do estado redox de pares tais como cisteína e cistina (Cys/CySS) e gluatitona e glutatona dissulfeto (GSH/GSSG), especialmente o primeiro. Tal estado é calculado através da equação de Nernst, sendo o resultado expresso em mV, e, quanto mais negativo, indica estado mais reduzido do par redox, assim como, quanto mais positivo, indica estado mais oxidado. O autor ressalta o fato de que, devido aos potenciais destes diferentes pares redox não se encontrarem em equilíbrio em condições fisiológicas, o conceito de balanço único entre sistemas pró-oxidantes e antioxidantes seria uma simplificação inaceitável para consideração de existência de estresse oxidativo. Além disso, aponta que alterações em potenciais de determinados pares redox, como Cys/CySS, podem indicar estresse oxidativo sem

haver comprometimento do balanço global de substâncias pró-oxidantes e antioxidantes (JONES, 2006). Demonstração do conceito de estresse oxidativo como desequilíbrio entre substâncias pró-oxidantes e antioxidantes e objetos de estudo para caracterizar cada condição pode ser observada na FIGURA 2.

A concentração de equilíbrio do par Cys/CySS em plasma apresenta-se alterada mais em função das concentrações de substâncias pró-oxidantes e antioxidantes, o que sugere que este par redox pode indicar situações de estresse oxidativo sistêmico (JONAS et al., 2002).

FIGURA 2 - DEMONSTRAÇÃO DO CONCEITO DE ESTRESSE OXIDATIVO COMO DESEQUILÍBRIO ENTRE SUBSTÂNCIAS PRÓ-OXIDANTES E ANTIOXIDANTES.



FONTE: MACHADO (2015).

A definição proposta por Jones (2006) de que estresse oxidativo pode ser mais bem expresso como alteração na sinalização e controle redox, em que pode se observar estresse oxidativo por meio da alteração de determinado circuito redox sem a necessária ocorrência de desequilíbrio redox global, indica que parâmetros que possibilitem a detecção de eventuais situações de estresse oxidativo, bem como sua quantificação, seriam mais úteis, pois possibilitariam a compreensão de determinadas condições que levam ao desequilíbrio no estado redox do animal sob mesma ótica. Dessa forma, o monitoramento do estado redox do animal sob diferentes circunstâncias pode viabilizar intervenções antes de se observarem situações de

estresse compatíveis com redução nos índices produtivos ou, posteriormente, doença (MACHADO, 2015).

2.6.1 Cu e sua importância para o sistema antioxidante em suínos

Durante as 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 os minerais exercem no organismo animal estes estão presentes em níveis de 2,8 a 3,2% do peso vivo do suíno (BERTECHINI, 2006). Os minerais desempenham papel importante na proteção do organismo frente aos danos celulares causados pelo estresse oxidativo. Nesse caso, atuam fazendo parte de enzimas que reagem com radicais livres e evitam danos celulares como as metaloenzimas. Esta interação eletroquímica é necessária para a ativação de diversas enzimas, como é o caso do cobre (Cu) que compõe uma das mais importantes enzimas antioxidantes, a SOD (CuZnSOD), (BEZERRA et al., 2015).

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, 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. Contudo, quando em níveis elevados nas rações de leitões, resulta em maiores quantidades deste microelemento nas fezes, maior absorção e conseqüente deposição no fígado (ADEWOLE et al., 2016). Dove e Haydon (1992) 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.

3 OBJETIVOS

Investigar a participação dos minerais orgânicos (Zn, Cu e Mg) na produção de suínos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito da suplementação de cobre, zinco e manganês, sobre o desempenho produtivo, integridade dos cascos e incidência e severidade de osteocondrose e rendimento de carcaça de suínos em fase de terminação.

Avaliar o efeito da suplementação de cobre na forma orgânica sobre o desempenho produtivo, sanidade, estresse oxidativo e excreção fecal de cobre em leitões em fase de creche.

CAPÍTULO 1 - EFEITO DOS MINERAIS ORGÂNICOS ZINCO, MANGANÊS E COBRE NO DESEMPENHO PRODUTIVO E SISTEMA LOCOMOTOR DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO

Gefferson Almeida da Silva^{1*}; Fernanda Griebeller Fernandez²; Daiane Güllich Donin³,
Geraldo Camilo Alberton⁴

RESUMO

A suplementação de minerais em sua forma complexada influencia o desempenho produtivo e a integridade do aparelho locomotor. O objetivo do presente estudo foi determinar o efeito da suplementação de complexo de minerais orgânicos (metal-aminoácidos) composto por (Zn/50ppm; Mn/20ppm e Cu/10ppm - Availa® Sow FF, Zinpro Corp.) no desempenho produtivo e integridade do aparelho locomotor. Foram utilizados 180 animais, fêmeas e machos castrados, com 62 dias de idade, delineados em blocos casualizados, esquema fatorial, com dez repetições por tratamento e sexo. O desenho experimental foi composto por dois tratamentos, sendo controle (T1) animais que não receberam suplementação de minerais orgânicos e tratamento (T2) os animais que foram suplementados com minerais orgânicos (0,75g/kg). No dia 112^o (D112) os suínos foram submetidos à avaliação de casco, no D115 foram pesados e no D117 foram abatidos. Após a desossa, análise às cegas foi realizada nos côndilos mediais e laterais da porção distal do úmero. Os animais do T2 apresentaram melhor desempenho para os parâmetros zootécnicos: peso final ($P=0,0311$), ganho de peso (GP) ($P=0,0211$) e ganho de peso diário (GPD) ($P=0,02110$). Com relação ao GP, T2 apresentou 3,10 kg a mais em comparação ao controle, sendo que nas fêmeas o aumento foi de 4,07 kg em média e nos machos de 2,45 kg. A prevalência de lesões de casco foi de 100% e a suplementação reduziu a incidência de lesões na unha acessória ($P=0,0200$) e rachadura no talão-sola ($P=0,0235$). A incidência de osteocondrose foi 19,13%, sem influência da suplementação. Suplementar suínos com minerais orgânicos Zn, Mn e Cu durante a fase de terminação, melhora o peso final, GP, GPD e integridade do casco.

Palavras-chave: Ganho de peso, osteocondrose, minerais complexados, cevados.

¹ Discentes de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Palotina, PR, Brasil. E-mail: gefferson.a.silva@gmail.com

² Médica Veterinária, autônoma.

³ Prof^a. Dr^a., de Suinocultura do Departamento de Zootecnia na Universidade Federal do Paraná, UFPR, Palotina, PR, Brasil. E-mail: dds@ufpr.br;

⁴ Prof. Dr., do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Paraná, UFPR, Palotina, PR, Brasil. E-mail: alberton@ufpr.br *Autor para correspondência

EFFECT OF ORGANIC MINERALS ZINC, MANGANESE AND COPPER ON GROWTH PERFORMANCE AND LOCOMOTOR SYSTEM OF FINISHING PIGS

ABSTRACT

Supplementation of complexed minerals influences the productive performance and the integrity of the locomotor system. The aim of this study was to determine the effect of complex supplementation of organic minerals (metal-amino acids) consisting of (Zn / 50ppm; Mn / 20ppm and Cu / 10ppm - Availa® Sow FF Zinpro Corp.) on growth performance and integrity of locomotor system. One hundred and eighty animals, females (n=90) and castrated males (n=90), 62 days old were used, outlined in a randomized block factorial design with ten replicates per treatment and sex. The experimental design consisted of two treatments: control (T1) animals without supplementation and treatment (T2) the animals were supplemented with organic minerals (750g/t). On 112 day (D112) pigs were submitted to evaluation of hoof on D115 were weighed and D117 were slaughtered. After boning, a blind analysis was performed on the medial and lateral condyles of the distal humerus. Supplemented animals (T2) had higher scores on the performance parameters of final weight (P = 0.0311), weight gain (P = 0.0211) and average daily gain (P = 0.02110). For WG, T2 showed 3.10 kg gain more compared to the control, in females the increase was 4.07 kg on average and in males 2.45 kg. The prevalence of lesions hoof was 100%. The supplementation reduced the incidence of damage to the accessory nail (P = 0.0200) and bead-soles crack (0.0235). The incidence of osteochondrosis was 19.13%, with no influence of supplementation. Supplementing pigs with organic minerals Zn, Mn and Cu during the finishing phase improved the weight gain, average daily gain, final weight and hull integrity.

Key-words: Weight gain, osteochondrosis, complexed minerals, swine.

INTRODUÇÃO

O suprimento de minerais nas concentrações exigidas para o correto funcionamento do metabolismo animal é crucial para o crescimento, reprodução, bom desenvolvimento do tecido tegumentar, manutenção da integridade intestinal, desenvolvimento do sistema imunológico bem como proteção aos danos celulares causados pelo estresse oxidativo (RICHARDS et al., 2010a; NRC, 2012). Contudo, os níveis suplementados frequentemente excedem os requeridos, o que resulta em elevada excreção no meio ambiente (CARLSON et al., 1999; HILL et al., 2000; THOMAZ et al., 2015). Dado o impacto causado ao meio ambiente, medidas mais eficientes de utilização dos compostos minerais são exigidas. A utilização de compostos orgânicos em substituição aos inorgânicos é uma alternativa para reduzir

a excreção destes no meio ambiente (VEUM et al., 2004; BURKETT et al., 2009; JOLLIFF e MAHAN, 2012).

Os minerais zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) são frequentemente incluídos em dietas para suínos na forma de sais inorgânicos como óxidos e sulfatos. Entretanto, o baixo pH gástrico possui potencial dissociativo dos minerais, resultando na formação de antagonismos entre os minerais ou entre minerais e ácido fólico, podendo dessa forma prejudicar a absorção e sua biodisponibilidade (SANDSTRÖM, 2001; RICHARDS et al., 2010b). Minerais orgânicos podem, portanto, ser mais biodisponíveis que os inorgânicos quando administrado aos suínos e aves (YU et al., 2000; BALLANTINE et al., 2002; LEESON e SUMMERS, 2001; CREECH et al., 2004).

A maior absorção proveniente da suplementação de minerais complexados desencadeia diversos efeitos no organismo dos animais, dentre eles, melhorias na integridade do aparelho locomotor. Os problemas locomotores reduzem produtividade do rebanho, levando ao descarte precoce dos animais destinados a reprodução e comprometimento zootécnico dos destinados ao abate (ANIL et al., 2009; VAN RIET et al., 2013). Os minerais têm papel crucial na integridade dos cascos, no processo cicatricial das feridas, na velocidade de reparação do tecido epitelial e integridade celular (TOMLINSON et al., 2004). Na deficiência destes, o tamanho do osso, a estrutura da cartilagem, a resistência óssea e o crescimento ósseo são afetados (McDOWELL, 2003). Com base no exposto o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da suplementação de complexo metal-aminoácido (Zn, Mn e Cu) no desempenho produtivo e na integridade do aparelho locomotor de suínos em fase de terminação.

MATERIAL DE MÉTODOS

O experimento foi realizado em granja de suínos de engorda, localizada no município de Toledo, Paraná. O protocolo experimental foi previamente aprovado pela comissão de ética no uso de animais – CEUA da Universidade Federal do Paraná – UFPR setor Palotina sob o número 16/2013.

Foram utilizados 180 híbridos comerciais (Penarlan e Agrocere PIC) divididos em 90 fêmeas e 90 machos (cirurgicamente castrados) com peso médio inicial de $21,6 \pm 1,16$ kg e 61 dias de vida até o abate. Os animais foram alojados em

baías de piso compacto (1,09 m²/animal) equipada com bebedouro tipo chupeta e comedouro tipo calha. Alimentados em manejo de restrição, quatro vezes ao dia até o 56º dia do experimento e, a partir deste momento, três vezes ao dia, até o final. Os mesmos foram pesados na saída da creche e blocados inicialmente por peso e sexo. O delineamento foi composto por dez repetições (10 baías de fêmeas e 10 de machos).

Ambas as dietas experimentais foram à base de soja e milho. Os tratamentos foram constituídos por dieta controle (T1) sem adição de minerais orgânicos e dieta tratamento (T2) com substituição parcial de Zn, Mn e Cu, sob a forma de complexo metal-aminoácido⁵, com inclusão de 0,75 g/kg, o que resultou em 50 mg/kg de Zn, 20 mg/kg de Mn e 10 mg/kg de Cu. Os níveis de Zn, Mn e Cu inorgânicos foram reduzidos para inclusão do complexo conforme descrito na TABELA 1. O complexo metal-aminoácido utilizado no presente estudo resulta da complexação de um metal (Zn, Mn, Cu) com aminoácido específico (metionina). De cada lote de ração foi coletado 1 kg de amostra para estudos posteriores. Em cada lote de ração foi realizada a análise com o Microtracer[®] para confirmar a presença do complexo metal-aminoácido na dieta T2 e a ausência na dieta T1.

TABELA 1 - QUANTIDADE DE ZINCO, MANGANÊS E COBRE INORGÂNICOS E ORGÂNICOS UTILIZADOS NAS DIETAS EXPERIMENTAIS.

	Controle (T1)		Tratamento (T2)	
	Inorgânico	Orgânico	Inorgânico	Orgânico
Zn (Mg/kg)	80	0	30	50
Mn (Mg/kg)	15	0	5	10
Cu (Mg/kg)	175	0	155	20

FONTE: O Autor (2017)

Os animais foram pesados no alojamento bem como ao final do período experimental. Os dados referentes ao consumo de ração por baía foram computados para o cálculo de conversão alimentar (CA) e pesos para o cálculo do ganho de peso (GP) e ganho de peso diário (GPD).

Uma semana antes do abate, foi realizada avaliação de casco em 4 a 5 animais por baía, que foram contidos no tronco de contenção apropriado para prática. A avaliação das lesões foi efetuada nos membros esquerdos, como descrito por Deen et al. (2009).

⁵ Availa[®] Sow FF, Zinpro Corp.

Durante o processo de abate, antes da evisceração, o número do brinco foi marcado no membro anterior com caneta especial. Após todos os procedimentos de abate, evisceração e divisão das carcaças, pesaram-se as meias-carcaças para obtenção do peso de carcaça quente. Em seguida procedeu-se à armazenagem desse produto em câmara frigorífica a 3°C, para o estabelecimento do *rigor mortis*. Após 24 horas, as meias-carcaças foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria, sendo, em seguida, avaliados os valores de espessura de toucinho entre as 10^a e 11^a vértebras torácicas com o auxílio do equipamento Ultrafom (UFOM)⁶. Calcularam-se os rendimentos de carcaça por divisão dos pesos.

Após a refrigeração, as carcaças foram encaminhadas para sala de desossa, e os membros anteriores esquerdos foram colocados em uma cuba. Posterior a desossa, foi realizada análise às cegas, com a avaliação dos cêndilos medial e lateral da porção distal do úmero. As lesões de osteocondrose foram classificadas em cinco escores conforme Jorgensen (2000) onde 0 - normal; 1 - pequena invaginação na cartilagem; 2 - cartilagem espessada com destaque para a forma do osso; 3 - cartilagem espessada, afastada do osso, com saliência e formando uma prega; 4 - Osteocondrose dissecante (OCD) - cartilagem espessada e abas de formação.

Os dados foram analisados no programa SAS (2008). Para avaliação das variáveis de desempenho foi realizada análise de variância, no modelo fatorial 2x2 (tratamento e sexo). Os escores de osteocondrose foram agrupado em dois, com lesão e sem lesão e foram comparadas pelo teste de Qui-quadrado (χ^2). A avaliação do efeito da osteocondrose e das lesões de cascos nos parâmetros zootécnicos foi realizada pela análise de variância. A análise da lesão de casco foi realizada por meio de regressão logística, que avaliou os efeitos do tratamento, sexo, interação sexo x tratamento. Os escores dos vários tipos de lesão de casco foram utilizados para classificar os suínos quanto à presença de lesão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os animais suplementados com minerais orgânicos tiveram melhor desempenho para os parâmetros zootécnicos de peso final ($P=0,0311$), ganho de peso ($P=0,0211$) e ganho de peso diário ($P=0,0211$), conforme observado na TABELA 2. O grupo T2 apresentou 3,10kg de ganho a mais em comparação ao

⁶ SFK Ltd., Denmark.

controle. Nas fêmeas o aumento foi de 4,07 kg, sendo que em machos que também receberam esta suplementação, o aumento foi de 2,45 kg em comparação ao grupo controle. Para GPD, a diferença média foi de 0,25 kg em animais suplementados com minerais orgânicos, não tendo sido observada interação entre os sexos ($P>0.05$). O consumo de ração apresentou resultado significativo para tratamento ($P=0,0259$) e para sexo ($P=0,0032$), sendo que os machos e os animais suplementados foram os que mais consumiram ração. Em relação à CA o desempenho das fêmeas foi melhor ($P=0,0040$).

O melhor GP encontrado no presente estudo ratifica os resultados encontrados por Federizzi (2014) em estudo realizado com animais em fase de creche e terminação, suplementados ou não com complexo metal-aminoácidos (Zn, Mn e Cu). Os machos suplementados apresentaram na fase de creche e terminação maior GP (950g e 1750g) em detrimento aos machos do grupo controle. Rambo et al. (2012) em estudo realizado com o objetivo de avaliar o efeito de zinco orgânico (Availa Zn[®]) e ractopamina sobre o GPD e características de carcaça de suínos em fase de recria-terminação, verificaram que suínos suplementados com Zn orgânico (metal-aminoácido) tiveram maior GPD (1,02kg) em comparação aos que receberam ZnO (0,97kg). O mesmo resultado foi relatado por Muniz et al. (2010) que observaram maior GPD em fêmeas e machos castrados suplementados com minerais orgânicos durante a fase de creche. Resultados divergentes do presente estudo foram relatados por alguns autores ao avaliarem o efeito da suplementação de minerais orgânicos para suínos sobre o desempenho zootécnico (MA et al., 2015; CREECH et al., 2004; CASE e CARLSON, 2002).

O melhor desempenho decorrente da suplementação do complexo de minerais orgânicos pode ser atribuído principalmente ao efeito dos minerais sobre a integridade intestinal (vilosidades), modulação do sistema imune e microbiota intestinal. O Zn melhora o desenvolvimento morfológico e funcional da mucosa intestinal, maximizando a digestão e absorção dos nutrientes, replicação celular, estimulando o crescimento de microrganismos e formação dos enterócitos que recobrem as vilosidades intestinais (LI et al., 2001). Além disso, o Zn está envolvido em inúmeros processos metabólicos e sua deficiência resulta em redução da resposta imune dos animais (RINK e KIRCHNER, 2000; KLASING, 2001). O Cu por sua vez está intimamente ligado à defesa do organismo contra os radicais livres, impedindo assim o estresse oxidativo (JONDREVILLE et al., 2002). Segundo McDonald et al.

(2002) e Cortinhas (2009) o efeito dos minerais no sistema imune está ligado à diminuição dos fatores imunossupressores com potencial capacidade de afetar o desempenho e saúde dos animais. Dada à alta demanda energética exigida pelo sistema imune, uma vez ativado, os nutrientes serão redirecionados para a manutenção da resposta imunológica ao invés do desempenho produtivo. Como os minerais foram suplementados em ambas as dietas, mudando somente a forma de inorgânicos para orgânicos, podemos inferir que o melhor desempenho apresentado pode ser justificado pelo efeito positivo na integridade intestinal e não sobre a microbiota.

O maior consumo de ração (TABELAS 2 e 4) também foi relatado em estudo realizado por Vieira et al. (2010), onde observaram marcante diferença ao comparar o consumo de machos e fêmeas. Os machos castrados consomem em torno de 7 a 16% mais alimento do que fêmeas. Estas diferenças estão relacionadas à presença ou ausência de hormônios esteróides sexuais, responsáveis pela deposição diferenciada de gordura e músculo na carcaça. O incremento no consumo na fase de terminação culmina na maior ingestão de energia que quando em excesso será depositada na forma de gordura, aumentando assim o ganho de peso, como observado no grupo dos machos castrados.

TABELA 2 - RESULTADOS DE DESEMPENHO PRODUTIVO E RENDIMENTO DE CARÇA DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO SUPLEMENTADOS OU NÃO COM METAL-AMINOÁCIDO DE ZN, MN E CU EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AOS MINERAIS INORGÂNICOS (AVAILA®SOW – ZINPRO).

Parâmetro	T1		T2		Tratamento		Sexo		CV	Probabilidade		
	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	T1	T2	Macho	Fêmea		Trat.	Sexo	TxS
Peso inicial (kg)	22.17	20.91	21.75	21.57	21.54	21.66	21.96	21.24	5.52	NS	NS	NS
Peso final (kg)	121.04	119.42	123.18	123.49	120.23b	123.33a	122.11	121.45	2.62	0.0311	NS	NS
GP (kg)	98.87	98.51	101.44	101.92	98.69b	101.68a	100.15	100.21	2.85	0.0211	NS	NS
GPD (g/dia)	0.850	0.840	0.870	0.870	0.845b	0.870a	0.860	0.855	2.85	0.0211	NS	NS
CA (kg ração/kg ganho)	2.32	2.21	2.28	2.22	2.26	2.25	2.30a	2.21b	2.69	NS	0.004	NS
CR (kg)	229.31	217.83	228.85	226.45	223.57b	227.67a	229.09a	222.16b	3.79	0.0125	0.0002	0.0064
Rendimento de carça												
Peso carça (kg)	91.10	89.33	90.02	93.12	90.56	91.22	90.21	91.57	3.43	NS	NS	NS
ET (mm)	15.64	12.99	15.50	15.91	14.45b	15.57a	14.31	15.70	11.99	0.0485	NS	0.0317
Percentual de carne (%)	61.25	62.64	61.58	61.19	61.41	61.91	61.94	61.38	1.77	NS	NS	NS
Rendimento (%)	75.13	74.46	74.20	75.97	74.66	75.21	74.79	75.08	3.73	NS	NS	NS

NS: Não significativo ($P>0.05$).

FONTE: O Autor (2017)

TABELA 3 - RESULTADOS REFERENTES À VARIÁVEL ESPESSURA DE TOUCINHO, DESDOBRADOS PARA SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUPLEMENTADOS OU NÃO COM METAL-AMINOÁCIDO DE ZN, MN E CU (AVAILA®SOW – ZINPRO).

Parâmetro	Tratamento	Sexo	
		Macho	Fêmea
Espessura de Toucinho	T1	15.64 ^a	12.99 ^{Bb}
	T2	15.50	15.91 ^A

*Letras maiúsculas inferem diferença significativa para coluna (entre sexos) e letras minúsculas inferem diferença significativa na linha (entre tratamentos).

FONTE: O Autor (2017)

TABELA 4 - RESULTADOS REFERENTES À VARIÁVEL CONSUMO DE RAÇÃO, DESDOBRADOS PARA SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUPLEMENTADOS OU NÃO COM METAL-AMINOÁCIDO DE ZN, MN E CU (AVAILA®SOW – ZINPRO).

Parâmetro	Tratamento	Sexo	
		Macho	Fêmea
Consumo de Ração	T1	229.32 ^a	219.93 ^{Bb}
	T2	228.86	226.49 ^A

*Letras maiúsculas inferem diferença significativa para coluna (entre sexos) e letras minúsculas inferem diferença significativa na linha (entre tratamentos).

FONTE: O Autor (2017)

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) entre a suplementação mineral e as variáveis de peso da carcaça, porcentagem de carne magra e rendimento de carcaça (TABELA 2). No entanto, espessura de toucinho (ET) teve efeito significativo para tratamento ($P=0.0259$) sendo que os animais que receberam os minerais orgânicos apresentaram maior valor de ET. Para esta variável houve interação entre tratamento e sexo. As fêmeas em T1 tiveram menor ET em comparação aos machos e as fêmeas T2 apresentaram maior ET em comparação as fêmeas de T1 (TABELA 3).

Em estudo realizado por Rambo et al. (2012) avaliando características de carcaças de animais suplementados com Zn orgânico (metal-aminoácido) e ractopamina, observou-se que os suínos suplementados com Zn orgânico e ractopamina tiveram maior peso de carcaça quente (em detrimento aos animais que receberam ractopamina e Zn inorgânico (ZnO). No entanto, em estudo realizado por Stephenson et al. (2015) ao avaliar características de carcaças de animais suplementados com Zn orgânico (metal-aminoácido) e inorgânico (ZnO), não se observou diferença ($P>0,05$) para rendimento de carcaça, peso de carcaça, espessura de toucinho e profundidade de lombo.

O aumento de espessura de toucinho nos animais do T2 pode ser decorrente do alto consumo dos animais e possível desbalanço nutricional. Quando

o consumo de energia aumenta acima do necessário para crescimento magro máximo, aumenta a razão deposição de gordura/tecido magro, a espessura de toucinho e a conversão alimentar. O consumo excessivo de alimentos em dietas com menores conteúdos de energia poderá influenciar na ingestão de proteína ou outros nutrientes, contrariando a exigência animal, sem nenhum benefício à produção, e, podendo ser prejudicial à eficiência da dieta (BERTECHINI, 2006). Além do desbalanço nutricional, estudos recentes apontam para o efeito do Zn sobre a deposição de gordura na carcaça.

Segundo Tang e Shay (2001) o Zn possui alguns efeitos semelhantes à insulina, tais como o reforço da lipogênese e transporte de glicose. Oh e Choi (2004) ao avaliarem o efeito do Zn sobre a lipogênese em adipócitos de bovino, relataram que o Zn pode provocar o aumento da acumulação de lipídios no citosol, aumentando a expressão do fator de transcrição e, em seguida, genes responsáveis pela síntese de triglicerídeos. A incidência de osteocondrose neste estudo foi de 19,13% (TABELA 5). Embora este valor seja alto, ainda é muito inferior ao que foi observado em estudo realizado por Federizzi (2014), com suínos de engorda (45.15%). Grevenhof et al. (2012) também observaram incidência de 41% nos suínos de engorda. A incidência de OC em T2 foi de apenas 16%, o que significa 6% menor do que a frequência observada no grupo T1, e menor do que o observado no campo. Os leitões utilizados neste estudo vieram de porcas suplementadas com complexo metal-aminoácido na gestação, e considerando a nutrição fetal e a nutrição de leitões, estes animais podem ter apresentado melhora no resultado geral.

TABELA 5 - OCORRÊNCIA DE OSTEOCONDROSE (%) EM ANIMAIS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUPLEMENTADOS OU NÃO COM MINERAIS ORGÂNICOS (METAL-AMINOÁCIDO ZN, MN E CU - AVAILA®SOW - ZINPRO), COMPARAÇÃO ENTRE TRATAMENTO E SEXO.

Parâmetro	n	T1		T2		Tratamento		Sexo	
		M.	F.	M.	F.	T1	T2	M.	F.
Sem Osteocondrose*	132 (80.98%)	72	84	85	83	78	84	78.5	83.5
Com Osteocondrose**	31 (19.01%)	28	16	15	17	22	16	21.5	16.5

*Diferença significativa ($P=0.0022$) foi evidenciada ao se comparar a presença e ausência de osteocondrose.

** Ao se classificar as lesões de osteocondrose (0, 1, 2, 3 e 4) não houve efeito ($P>0.05$) para tratamento, sexo, tratamento e sexo, peso inicial e peso final.

FONTE: O Autor (2017)

De acordo com Frantz et al. (2008) suplementação de Cu e Mn pode reduzir a gravidade das lesões de osteocondrose.

Quando foi analisada a interação entre as variáveis de lesões de osteocondrose, escore de osteocondrose, GP, peso final e inicial, não se observou efeito significativo ($P>0.05$). Estes dados diferem dos dados apresentados por Busch e Wachmann (2011) e Alberton et al. (2007) que relatam correlação positiva para alto ganho de peso e alta deposição de carne magra na carcaça com lesões de osteocondrose.

O rápido crescimento pode prejudicar a formação do tecido ósseo principalmente por falhas na maturação, aumentando a pressão biomecânica, podendo influenciar a ocorrência de osteocondrose em determinadas faixas etárias durante o crescimento dos leitões (VAN GREVENHOF et al., 2012). No entanto para Ytrehus et al. (2007), as cartilagens em crescimentos são nutridas por canais que sofrem padrão de regressão altamente previsíveis de acordo com a idade. Todos os animais que foram avaliados apresentaram lesões de casco (TABELA 6), mas o efeito dessa variável não foi influenciado pelo GPD e peso final ($P>0.05$).

TABELA 6 - INCIDÊNCIA DE LESÕES DE CASCO DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO SUPLEMENTADOS OU NÃO COM MINERAIS ORGÂNICOS (METAL-AMINOÁCIDO ZN, MN E CU – AVAILA® SOW – ZINPRO).

Lesões de Casco	Tratamento		P
	T1	T2	
Geral	100 (49/49)*	100 (48/48)	
Rachadura Horizontal da Parede	24.48 (12/49)	37.5 (18/48)	0.1657
Rachadura Vertical da Parede	73.46 (36/49)	79.16 (38/48)	0.5094
Unha acessória	42.85 (21/49)	20.83 (10/48)	0.0200
Crescimento e erosão do talão	67.34 (33/49)	66.66 (32/48)	0.9432
Rachadura talão-sola	79.59 (39/49)	58.33 (28/48)	0.0235
Unha	85.71 (42/49)	77.08 (37/48)	0.2742
Linha branca	93.87 (46/49)	93.75 (45/48)	0.9791

*Número de animais com lesões/ total de animais avaliados

FONTE: O Autor (2017)

Os resultados encontrados de alta incidência de lesões de casco estão de acordo com estudos realizados por Mouttotou et al. (1997) e Mouttotou et al. (1999) nos Estados Unidos que em 3.974 suínos avaliado de 17 diferentes granjas, 93,8% dos animais apresentaram alguma lesão nos cascos. Na Suécia Olsson et al. (2016), em trabalho experimental com 72 leitões, observou mais de 75% dos animais com lesões na almofada plantar e na junção entre a almofada plantar e sola

e mais 40% dos animais com lesões na linha branca, parede e sola. Mostrando ser problema a se considerar, levando em consideração que em reprodutoras os resultados são semelhantes, Kramer et al. (2013) avaliou 1766 matrizes de 26 granjas comerciais e constatou que 99% das matrizes apresentavam lesão no aparelho locomotor. Resultado similar foi reportado por Seddon et al. (2014) ao avaliar 3541 matrizes no Canadá e constatar que 94% destas apresentavam lesão.

Avaliando isoladamente o tipo da lesão, nota-se efeito positivo na diminuição de lesões de unha acessória ($P=0,02$) e rachadura talão-sola ($P=0,023$). Em estudos recentes Anil et al. (2007) e Anil et al. (2011) demonstraram que a suplementação de Zn, Mn e Cu nas formas complexadas reduzem a incidência das lesões de casco em suínos. Os minerais Zn, Mn e Cu desempenham papel importante na produção e manutenção de tecidos queratinizados participando de vários processos enzimáticos (TOMLINSON et al., 2004). A inadequada suplementação, tanto em quantidade quanto em qualidade, ou alguma alteração no seu transporte para os queratinócitos resulta na produção de tecidos córneos de baixa resistência, predispondo os animais a problemas de cascos e claudicação (TOMLINSON et al., 2004; VAN RIET et al., 2013). Nocek et al. (2000), observou significativa redução da incidência de rachaduras na parede do casco, lesão de linha branca, dermatite digital, hemorragias e ulcerações de sola em vacas suplementadas com minerais complexados. Resultado semelhante foi relatado por Ballantaine et al., (2002), ao suplementar minerais orgânicos e inorgânicos, observou menor incidência de lesões de casco nos animais que receberam suplementação com minerais orgânicos.

As lesões de casco são multifatoriais, sendo principalmente associadas às falhas nutricionais, ambientais e de manejo (ANIL et al., 2007; MUELLING, 2009), sendo que o resultado da suplementação com minerais dependerá sempre dos outros fatores envolvidos no processo. Adicionalmente a resposta à suplementação é dependente da velocidade de crescimento dos cascos, que é de aproximadamente 6 mm por mês em adultos (VAN AMSTEL e DOHERTY, 2010) e 10 mm em jovens (JOHNSTON e PENNY, 1989). Sabendo que o casco de animal adulto em condições ideais mede 55 mm, e tendo conhecimento da velocidade de crescimento deste, podemos inferir que para sua completa renovação é necessário no mínimo cinco meses para total substituição do tecido córneo que constitui o casco. O período experimental foi de quatro meses, não havendo assim tempo hábil

para a substituição total do casco. Desta forma, a suplementação mineral em intervalo de tempo maior vem como alternativa para garantir melhorias na integridade do casco em condições adequadas de ambiente.

O ambiente impacta sobre a integridade do casco pelo amolecimento decorrente do contato com a água (BORDERAS et al., 2004), lesões por má condição do piso, baixa resistência e elasticidades decorrente da amônia produzida das fezes (GREGORY et al., 2006; HIGUCHI et al., 2009), que culminam no aparecimento de lesões que serão porta de entrada para infecções bacterianas gerando dor e desconforto proporcionado pela inflamação (VAN AMSTEL e DOHERTY, 2010). A suplementação mineral não possui potencial de sanar todos os problemas locomotores, levando em consideração que se trata de uma enfermidade multifatorial onde o ambiente apresenta grande contribuição para o aparecimento das lesões.

A suplementação de Zn, Mn e Cu orgânico (metal-aminoácido) em substituição parcial durante a fase de terminação, melhora o ganho de peso, ganho de peso diário e peso final. Impacta positivamente sobre conversão alimentar para fêmeas e reduz a incidência de lesões locomotoras de unha acessória e talão-sola.

TABELA 7 -COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS, BASE ALIMENTAR (%) DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO, SUBMETIDOS A PROTOCOLO EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS ZN, MN E CU (AVAILA®SOW – ZINPRO).

Ingredientes	Tratamento 1					Tratamento 2					
	Fases					Fases					
	Alojamento	Cres. 1	Cresc. 2	Terminação	Final	Alojamento	Cres. 1	Cresc. 2	Terminação	Final	
Macro Ingredientes											
Milho Grão 7,5%	66,53	70,99	74,2325	78,115	69,25	66,53	70,99	74,2325	78,115	69,25	
Oleo Soja	2,4	1,75	1,4	1,25	1,25	2,4	1,75	1,4	1,25	1,25	
Farelo de Soja 46%	23,75	20,05	18,35	14,65	22,4	23,75	20,05	18,35	14,65	22,40	
Far Carne 51% - Frimesa	4,5	4,5	3,3	3,3	5	4,5	4,5	3,3	3,3	5,00	
Sal Branco Comum	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,40	
Calcário 38% 2	0,55	0,5	0,75	0,725	0,575	0,55	0,5	0,75	0,725	0,575	
Micro Ingredientes											
DL-Metionina 99%	0,1425	0,1125	0,07	0,06	0,1075	0,1425	0,1125	0,07	0,06	0,108	
L-Lisina 78%	0,3375	0,32	0,2675	0,29	0,2825	0,3375	0,32	0,2675	0,29	0,283	
Treonina 98%	0,11	0,095	0,06	0,065	0,09	0,11	0,095	0,06	0,065	0,09	
Colina 70%	0,035	0,0375	0,025	0	0	0,035	0,0375	0,025	0	0	
Notox ¹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Sulfato Cobre Penta (25%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
Premix Vitamínico e Mineral ²	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	
Dysantic ³	.	0,1	.	.	.	.	0,1	.	.	.
Sulfato Cobre Penta (25%)	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	.	.	.	.	.
Sulfato de Manganês 31%	0,0065	0,0065	0,0065	0,0065	0,0065	.	.	.	.	.
Sulfato de Zinco 35%	0,01425	0,01425	0,01425	0,01425	0,01425	.	.	.	.	.
Availa Sow ⁴	.	.	.	.	.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Total (kg)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Níveis Nutricionais –Ração											
Nutriente	Unidade	Alojamento	Cres. 1	Cresc. 2	Terminação	Final	Alojamento	Cres. 1	Cresc. 2	Terminação	Final
Umidade	%	11,121	11,2	11,329	11,352	11,31	11,121	11,2	11,329	11,352	11,31
Proteína Bruta	%	19,511	18,078	16,825	15,422	19,262	19,511	18,078	16,825	15,422	19,262
Gordura Bruta	%	5,595	5,034	4,627	4,547	4,575	5,595	5,034	4,627	4,547	4,575
Fibra Bruta	%	2,91	2,745	2,659	2,562	2,771	2,91	2,745	2,659	2,562	2,771
Cinzas	%	5,148	4,775	4,554	4,361	4,99	5,148	4,775	4,554	4,361	4,99
Cálcio	%	0,802	0,782	0,781	0,779	0,846	0,802	0,782	0,781	0,779	0,846
Fósforo Total	%	0,48	0,469	0,419	0,406	0,498	0,48	0,469	0,419	0,406	0,498
Fósforo Disponível	%	0,398	0,395	0,352	0,35	0,431	0,398	0,395	0,352	0,35	0,431
E. Met. Suínos	Kcal	3399,917	3379,338	3370,037	3370,543	3365,043	3.399,92	3.379,34	3.370,04	3.370,54	3365,043
Lisina Total	%	1,213	1,104	0,99	0,911	1,151	1,213	1,104	0,99	0,911	1,151
Lisina Dig. Suínos	%	1,1	1	0,901	0,831	1,037	1,1	1	0,901	0,831	1,037
Sódio Total	%	0,243	0,204	0,197	0,196	0,207	0,243	0,204	0,197	0,196	0,207
Zinco	mg/kg	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80,00
Manganês	mg/kg	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15,00
Cobre	mg/kg	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175,00

¹ Notox® (Nutron) - Adsorvente de micotoxina; ² Premix Vitamínico e Mineral – supre por Kg de dieta: vitamina A 3,16 UI, vitamina D3 0,63 UI, vitamina E 10.40 UI, vitamina B1 0,45 UI e vitamina K3 1,01 UI. Para todas as dietas a inclusão de Zn 130,00 ppm, Cu 27,50 ppm e Mn 25,00 ppm; ³ Dysantic®(Vetanco) – Probiótico; ⁴Availa Sow® ((Zinpro, Eden Prairie, MN) - 50 ppm de Zn, 20 ppm de Mn e 10 ppm de Cu, na forma de complexos de aminoácidos. Em T1 os níveis de Zn, Mn e Cu, a partir de fontes inorgânicas, foram aumentados, na mesma proporção de inclusão dos complexos de metal-aminoácido de T2.

FONTE: O Autor (2017)

REFERÊNCIAS

- ALBERTON, G. C.; SOBESTIANSKY, Y.; BARCELLOS, D.; MORES, N.; DONIN, D, G.; OLIVEIRA, S. J. Doenças do aparelho locomotor. In: SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. Doenças dos suínos. 2ª ed. Goiânia: Cânone Editorial. v.2, 509-550, 2007.
- ANIL, S. S.; ANIL, L.; DEEN, J.; BAIDOO, S. K.; WALKER, R. D. Factors associated with claw lesions in gestating sows. *J. Swi. Heal. Prod.* v.15, 78-83, 2007.
- ANIL, S.S.; DEEN, J.; ANIL, L.; BAIDOO, S. K.; WILSON, M. E.; WARD, T. L. Evaluation of the supplementation of complexed trace minerals on the number of claw lesions in breeding sows. *Manipulating Pig Production XII*, Australasian Pig Science Association. Cairns, Australia, November, v.108, 22-25, 2009.
- BALLANTINE, H. T.; SOCH, M. T.; TOMLINSON, D. J.; JOHNSON, A. B.; FIELDING, A. S.; SHEARER, J. K.; VAN AMSTEL, S. R. Effects of feeding complexed zinc, manganese, copper, and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction, and lactation performance. *Prof. Anim. Sci.* v. 18, 211–218, 2002.
- BERTECHINI, A. G. *Nutrição de Monogástricos*. Lavras: UFLA, 301 p. 2006.
- BORDERAS, T.F.; PAWLUCZUK, B.; DE PASSILLE, A.M. & RUSHEN, J. Claw hardness of dairy cows: relationship to water content and claw lesions. *J. Dairy Sci.* v. 87, 2085-2093. 2004.
- BUSCH, M. E.; WACHMANN, H. Osteochondrosis of the elbow joint in finishing pigs from three herds: Associations among different types of joint changes and between osteochondrosis and growth rate. *Vet. J.* v. 118, 197–203, 2011.
- BURKETT, J. L.; STALDER, K. J.; POWERS, W. J.; BREGENDAHL, K.; PIERCE, J. L.; BAAS, T. J.; BAILEY, T.; SHAFER, B. L. Effect of inorganic and organic trace mineral supplementation on the performance, carcass characteristics, and fecal mineral excretion of phase-fed, grow-finish swine. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 1279–1287, 2009.
- CARLSON, M. S.; HILL, G. M.; LINK, J. E. Early- and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase-feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: Effect on metallothionein and mineral concentrations. *J. Anim. Sci.* v. 77, 1199–1207, 1999.
- CASE, C. L.; CARLSON, M. P.. Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. *J. Anim Sci.* v. 80, 1917-1924. 2002.
- CORTINHAS, C. S. Fornecimento de zinco, cobre e selênio orgânicos para vacas leiteiras e efeitos sobre a qualidade e saúde da glândula mamária. 89 f. Dissertação

(Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

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 supplementation and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *J. Anim. Sci.* v. 82, 2140–2147, 2004.

DEEN, J.; SCHUTTERT, M.; VAN AMSTEL, S.; OSSENT, P.; VAN BARNEVELD, R. Feet First from Zinpro: Lesion Scoring Guide. Zinpro Corporation, Eden Prairie, MN, USA, 2009.

FEDERIZZI, K. C. Efeito da suplementação de complexo metal-aminoácido de zinco, manganês e cobre sobre o desempenho zootécnico e integridade do aparelho locomotor de suínos. In Pós-Graduação em Ciência Animal. Palotina, PR. Universidade Federal do Paraná, 2014.

FRANTZ, N. Z.; NELSSSEN, J. L.; ANDREWS, G. A.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; DeROUCHEY, J. M.; DRITZ, S. S. Effect of dietary nutrients on osteochondrosis lesions and cartilage properties in pigs. *American J Vet. Research*, v. 69, 617-624. 2008.

GREGORY, N.; CRAGGS, L.; HOBSON, N. & KROGH, C. Softening of cattle hoof soles and swelling of heel horn by environmental agents. *Food and Chemical Toxicology*. v. 44, 1223-1227. 2006.

GREVENHOF, E. M.; HEUVEN. H. C. M.; WEEREN. P. R.; BIJMA, P. The relationship between growth and osteochondrosis in specific joints in pigs. *Livestock Science*, v. 143, 1, 85-90. 2012.

HIGUCHI, H.; KURUMADO, H.; MORI, M.; DEGAWA, A.; FUJISAWA, H.; KUWANO, A. & NAGAHATA, H. Effects of ammonia and hydrogen sulfide on physical and biochemical properties of the claw horn of Holstein cows. *The Canadian J Vet. Research*. v. 73, 15-20. 2009.

HILL, G. M.; CROMWELL, G. L.; CRENSHAW, T. D.; DOVE, C. R.; EWAN, R. C.; KNABE, D. A.; LEWIS, A. J.; LIBAL, G. W.; MAHAN, D. C.; SHURSON, G. C.; SOUTHERN, L. L.; VEUM, T. L. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentrations of zinc and copper to weanling pigs (regional study). *J. Anim. Sci.* v.78, 1010–1016, 2000.

JOLLIFF, J. S.; MAHAN D. C. Effect of dietary inulin and phytase on mineral digestibility and tissue retention in weanling and growing swine. *J. Anim. Sci.* v. 90, 3012–3022, 2012.

JONDREVILLE, C.; PREVY, P.S.; JAFFREZIC, A. Le cuivre dans l'alimentation du porc : oligo-élément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'homme et l'environnement. *INRA Productions Animales*. v. 15, 247-265, 2002.

JOHNSTON, A. M.; PENNY, R. H. Rate of claw horn growth and wear in biotin-supplemented and non-supplemented pigs. *Veterinary Record*. 125, 130-132. 1989.

JORGENSEN, B. Osteochondrosis/osteoarthritis and claw disorders in sows, associated with leg weakness. *Acta Vet Scand*. v. 41, 123-138, 2000.

KLASING, K. C. Protecting animal health and well-being: nutrition and immune function. *Scientific Advances in Animal Nutrition: Promise for the New Century*. NRC. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 2001.

KRAMER, T.; SOUZA, T. C. G. D.; TEIXEIRA, A. P.; ALBERTON, G. C. Prevalência de lesões de casco e porcas da região Sul e Sudeste do Brasil. *Anais do 16º Congresso Abraves*. Cuiabá, MT, Brasil, 2013.

LEESON, S.; SUMMERS J. D. *Scott's nutrition of the chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, ON, Canada, 2001.

LI, B. T.; VAN KESSEL, A. G.; CAINE, W. R.; HUANG, S. X.; KIRKWOOD, R. N. Small intestinal morphology and bacterial populations in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide. *Can. Journal of Animal Science*, 2001.

MA, Y. L.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELL, G. L.; COX, R. B. Evaluation of trace mineral source and preharvest deletion of trace minerals from finishing diets for pigs on growth performance, carcass characteristics, and pork quality. *Anim. Sci*. v. 90, 3833–3841. 2015.

McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. *Animal nutrition*. 6th ed. Edinburg: Pearson: 639, 2002.

McDOWELL, L.R. Copper and molybdenum. In: MCDOWELL, L.R. (Ed.). *Minerals in animal and human nutrition*. Amsterdam: Elsevier, 235-270, 2003.

MOUTTOTOU, N.; HATCHELL, F. M.; LUNDERVOLD, M.; GREEN, L. E. Prevalence and distribution of foot lesions in finishing pigs in south-west England. *The Veterinary Record*. v. 141, 115–120, 1997.

MOUTTOTOU, N.; HATCHELL, F. M.; GREEN, L. E. Foot lesions in finishing pigs and their associations with the type of floor. *The Veterinary Record*. 144, 629–632, 1999.

MILE, R. D.; HENRY, P. R. Relative trace mineral bioavailability. *Ciência Animal Brasileira*, 73-73, 2000.

MUELLING, C. K. W. Nutritional influences on horn quality and hoof health. *WCDS Advances in Dairy Technology*. 21, 283-291, 2009.

MUNIZ, M. H. B.; BERTO, D. A.; AUGUSTO, R. M. N.; NETO, M. A. T.; WECHSLER, F. S.; TIERZO, V. L.; HAUPTLI. Fontes de minerais orgânicos e inorgânicos para leitões desmamados. *Ciência Rural*, Santa Maria.40, 2163-2168, 2010.

NOCEK, J. E., A. B. JOHNSON, AND M. T. SOCHA. Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal-specific amino acid complexes. *J. Dairy Sci.* v. 83, 1553-1572. 2000.

NRC. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2012.

OH, S. C.; CHOI, B. C. Effects of Zinc on Lipogenesis of Bovine Intramuscular Adipocytes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* v. 17, 1378-1382, 2004.

OLSSON, A. C.; SVENDSEN, J.; BOTERMANS, J.; BERGSTEN, C. An experimental model for studying claw lesions in growing female pigs. *Livestock Science.* v. 184, 58–63, 2016.

RAMBO, Z.; SCHINCKEL, A.; WILSON, M. E.; WARD, T.; RICHERT, B. Effect of supplemental zinc source and ractopamine on grow-finish pig growth performance and carcass characteristics. *Midwest Animal Science Meeting*, 19-21, 2012.

RICHARDS, J.D.; ZHAO, J.; HARRELL, R. J.; ATWELL, C. A. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine Dibner Novus International, Inc., St. Charles, MO 63304, USA *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* v. 23, 1527 – 1534. 2010a.

RICHARDS, J. D. J.; ZHAO, R. J.; HARRELL, C. A. Atwell; Dibner J. J. . Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 23, 1527–1534, 2010b.

RINK, L.; KIRCHNER, H. Zinc-altered immune function and cytokine production. *J. Nutr.* v. 130, 1407–1411. Saylor, 2000.

SANDSTRÖM, B. Micronutrient interactions: Effects on absorption and bioavailability. *Br. J. Nutr.* v. 85, 181–185, 2001.

AS INSTITUTE INC. System for Microsoft Windows, Release 9.2, Cary, NC, USA, 2002-2008. (Cd-rom).

SEDDON, Y.; RIOJA-LANG, F.; EITHER, S.; BROW, J. Evaluation of lameness prevalence in large Canadian sow herd and an intervention to reduce prevalence. *Proceedings of the 23rd International Pig Veterinary Society (IPVS) Congress.* Cancun, Mexico. 2014.

STEPHENSON, E. W.; WOODWORTH, J. C.; TOKACH, M. D.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S. The effects of increasing organic or inorganic zinc on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. Swine Day Article.* 28. 2015.

- TANG, X.; SHAY, N. F. Zinc has an insulin-like effect on glucose transport mediated by phosphoinositol-3-kinase and Akt in 3T3-L1 fibroblasts and adipocytes. *J. Nutr.* v. 13, 1414- 1420. 2001.
- THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H.; PASCOAL, L. A. F.; ASSIS, M. M.; RUIZ, U. S.; AMORIM, A. B.; SILVA, S. V.; ALMEIDA, V. V.; MELO, G. M. P.; ROBLES HUAYNATE, R. A. Inorganic and organic trace mineral supplementation in weanling pig diets. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* 1071-1081. 2015.
- TOMLINSON, D. J.; MULLING, C. H.; FAKLER, T. M. Formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *J Dairy Sci.* v. 87, 797-809, 2004.
- VAN AMSTEL, S.; DOHERTY, T. Claw horn growth and wear rates, toe length, and claw size in commercial pigs: a pilot study. *J Swine Health Prod.* v. 18, 239-243. 2010.
- VAN GREVENHOF, E. M.; HEUVEN, H. C. M.; VAN WEEREN, P. R.; BIJMA, P. The relationship between growth and osteochondrosis in specific joints in pigs. *Liv. Sci.* 143, v. 85-90. 2012.
- VAN RIET, M. M. J.; MILLET, S.; ALUWÉ, M.; JANSSENS, G. P. J. Impact of nutrition on lameness and claw health in sows. *Liv. Sci.* v. 156, 24-35, 2013.
- VEUM, T. L.; CARLSON, M. S.; WU, C. W.; BOLLIGER, D. W.; ELLERSIECK, M. R. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. *J Anim Sci.* v. 82, 1062-1070. 2004.
- VIEIRA, S. L.; SILVA, C.; MUHLBACH, P.; MAIORKA, A.; FORBES, J. M.; DUNGELHOEF, M.; FELIX, A. P.; OLIVEIRA, S. G. Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos. Londrina: Phytobiotics, 1, 2010.
- YTREHUS, B.; CARLSON, C. S.; EKMAN, S. Etiology and pathogenesis of osteochondrosis. *Vet Pathol.* 429-448, 2007.
- YU, B.; HUANG W.; CHIOU, P. W. Bioavailability of iron from amino acid complex in weanling pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* v. 86, 39–52, 2000.

CAPÍTULO 2 - EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CU ORGÂNICO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, ESTRESSE OXIDATIVO E EXCREÇÃO FECAL EM LEITÕES DE CRECHE

Gefferson Almeida da Silva^{1*}; Daiane
Güllich Donin³, Geraldo Camilo Alberton⁴

RESUMO

Os minerais apresentam diversas funções no organismo animal, com potencial para impactar diretamente no desempenho produtivo, reprodutivo e sanitário dos mesmos. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da suplementação de cobre (Cu) orgânico (Cu-aminoácido) na dieta de leitões em substituição ao sulfato de cobre (CuSO₄), sobre o desempenho produtivo, estresse oxidativo e excreção fecal do mineral no período de creche. Foram alojados 96 machos não castrados, com 21 dias de vida e peso médio de 6 kg, distribuídos em 48 gaiolas experimentais suspensas, providas de comedouro e bebedouro. Os tratamentos avaliados foram T1: 10ppm de CuSO₄; T2: T1 + 25ppm de Cu orgânico; T3: T1 + 50ppm de Cu orgânico; T4: T1 + 75ppm de Cu orgânico; T5: T1 + 100ppm de Cu orgânico e T6: 150ppm de CuSO₄. As médias de peso (P), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) foram mensurados semanalmente. Coletaram-se amostras de sangue aos 0, 20 e 40 dias para análise do estresse oxidativo (EO) e fezes ao final do teste para análise de excreção de Cu. Não houve efeito para nenhuma variável de desempenho no período total ($p > 0,05$) entre tratamentos, contudo algumas diferenças foram observadas para na análise de interação (tratamento x tempo) par as variáveis CR e CA na segunda ($p = 0,0084$ para CA), terceira ($p = 0,0059$ e $0,0066$) e quarta semana ($p = 0,0081$ e $0,0078$). Houve efeito linear ascendente ($p = 0,0041$) do nível de inclusão de Cu sobre a excreção deste mineral nas fezes, independentemente da forma de suplementação. Não houve diferença entre os tratamentos quanto ao escore de fezes dos leitões e quanto ao EO. Conclui-se que nas condições experimentais o aumento dos níveis de adição de Cu na dieta, quer seja na forma de sulfato como na forma orgânica, não melhora o desempenho zootécnico e a saúde dos animais, mas aumenta a excreção deste elemento nas fezes.

Palavras-chave: aminoácidos, conversão alimentar, estresse oxidativo.

EFFECT OF ORGANIC CU SUPPLEMENTATION ON PERFORMANCE, OXIDATIVE STRESS AND FECAL EXCRETION OF PIGLETS IN NURSERY

ABSTRACT

The minerals have many functions in the animal body, it has the potential to directly impact the productive, reproductive and health performance of them. The aim of this study was to evaluate the effect of organic Cu supplementation (Cu + amino acid) in piglets diet replacing copper sulfate (CuSO_4), on performance, oxidative stress and environmental excretion in nursery period. Ninety six uncastrated male were housed, with 21 days old, weighing 6 kg. They were distributed in 48 experimental cages suspended, provided the feeder and water drinkers. The treatments were T1: 10ppm CuSO_4 ; T2: T1 + 25ppm organic Cu; T3: T1 + 50ppm organic Cu; T4: T1 + 75ppm organic Cu; T5: T1 + 100ppm of organic Cu and T6: 150ppm CuSO_4 . The average weight (P), feed intake (FI), weight gain (WG), average daily gain (ADG) and feed conversion (FC) were measured weekly. Blood samples were collected at 0, 20 and 40 days for analysis of oxidative stress (OS) and feces at the end of the test for Cu excretion analysis. There was no effect for any performance variable in the total period ($p > 0.05$), but for a period some differences were observed. There was ascending linear effect ($p = 0.0041$) of Cu inclusion level of excretion of this mineral in the stool, whatever the form of supplementation. There was ascending linear effect ($p = 0.0041$) of Cu inclusion level of excretion of this mineral in the stool, whatever the form of supplementation. There was no difference between treatments for fecal score of the piglets and on the EO. It follows that in experimental conditions the increasing addition levels of Cu in the diet, either in the form of sulfate in the organic medium does not improve the performance and health of the animals and increases the excretion of this element in feces.

Key-words: amino acids, feed, oxidative stress.

INTRODUÇÃO

A adequada suplementação de microminerais em dietas para suínos se faz necessária dada à importância destes no crescimento, reprodução, sistema imune, bem como na defesa do organismo contra o estresse oxidativo e consequentes danos celulares (NRC, 2012). No entanto, adição de níveis acima do recomendado em dietas para leitões em fase de creche é usualmente empregado, o que resulta em elevada excreção no ambiente (HILL et al., 2000; FLOHR et al. 2016). Como resultado, há mais pressão para reduzir a concentração de minerais às dietas sem que haja comprometimento do desempenho dos animais.

Dessa forma, formulações com concentrações necessárias para atender e não exceder os requisitos pode provocar redução na excreção, além de redução no custo das dietas. Compostos orgânicos atendem com menor excreção ambiental em

detrimento as moléculas inorgânicas e possuem menores taxas de inclusão (VEUM et al., 2004; JOLLIFF e MAHAN, 2013), sendo que estes podem também ser mais biodisponíveis (YU et al., 2000; LEESON, 2003; CREECH et al., 2004). O objetivo do presente estudo em leitões em fase de creche consistiu em avaliar Cu orgânico frente ao inorgânico com diferentes níveis de inclusão de Cu orgânico, sobre desempenho zootécnico, estresse oxidativo, incidência de diarreia e excreção fecal.

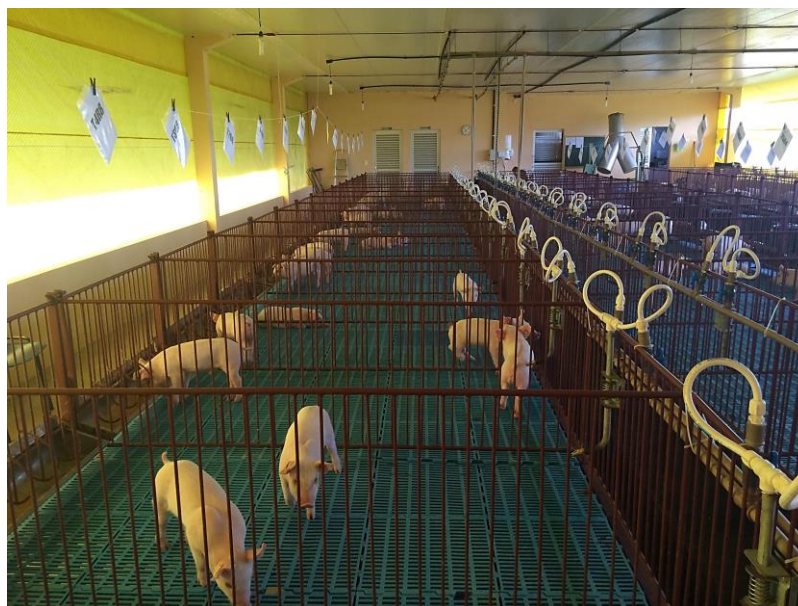
MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado previamente pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Paraná – UFPR, sob o protocolo 22/2015. O mesmo foi conduzido no Laboratório de Sanidade Suína (LABSUI) localizado na Universidade Federal do Paraná (UFPR), no município de Palotina - PR - Brasil, com o objetivo de determinar o efeito da suplementação de Cu complexado (Availa® Cu, Zinpro Corp.), em diferentes níveis, em substituição ao sulfato de Cu (CuSO_4) nas dietas de leitões pós-desmame.

Foram alojados 96 leitões machos não castrados, recém-desmamados, híbridos (Duroc x Large White x Landrace), com aproximadamente 21 dias de idade e peso médio de 6,2 kg. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em 48 gaiolas, com dois leitões por gaiola. As gaiolas eram suspensas cerca de 0,5 m do chão, com piso plástico vazado, equipadas com comedouro tipo calha e bebedouro tipo chupeta (FIGURA 1).

Para compor os grupos experimentais os animais foram selecionados na granja de origem, para tal foram avaliados critérios visuais, como aparência geral, ausência de sinais clínicos de diarreia, tosse, hérnia inguinal ou umbilical, artrite ou febre, sendo também avaliado fator peso médio.

FIGURA 1 - VISÃO INTERNA LABSUI – (UFPR) – PALOTINA



FONTE: O autor (2017).

A temperatura nas instalações experimentais foi controlada por meio de sistema de aquecimento e ventilação automáticos, sendo mantida de forma a proporcionar conforto térmico aos animais. A disposição dos animais nas instalações experimentais se deu de acordo com os tratamentos adotados. Optou-se pelo delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, onde cada tratamento era composto por 16 animais, e cada gaiola representava uma repetição.

Seis dietas a base de milho e farelo de soja foram formuladas para atender ou exceder os requerimentos nutricionais da espécie (ROSTAGNO, 2011), de acordo com a idade dos animais: pré-inicial (1 a 14 dias de avaliação) e inicial (15 a 35 dias de avaliação).

A partir do alojamento, todos os grupos receberam rações experimentais isonutritivas, diferindo apenas quanto à inclusão de Cu. Os tratamentos consistiram em T1: Dieta controle com níveis de cobre recomendados pelo NRC (10ppm CuSO_4); T2: 10ppm de CuSO_4 + 25ppm de Cu na forma orgânica; T3: 10ppm de CuSO_4 + 50ppm de Cu orgânico; T4: 10ppm de CuSO_4 + 75ppm de Cu orgânico; T5 10ppm de CuSO_4 + 100ppm de Cu orgânico e T6: 150ppm de Cu na forma inorgânica (CuSO_4).

Variáveis de desempenho zootécnico, tais como consumo de alimento, ganho de peso e conversão alimentar serão mensuradas semanalmente. No alojamento e uma vez ao final de cada semana, os animais serão pesados, bem

como foi quantificado o total de alimento consumido. As informações coletadas relativas ao consumo de ração e ao peso corporal dos animais foram utilizadas para ao cálculo da conversão alimentar (CA) e do ganho médio diário (GMD) dos animais.

Utilizando-se do método de Sobestiansky & Barcellos (2007) o escore fecal dos animais foi avaliado todos os dias pela manhã e classificado recebendo pontuação de acordo com a consistência fecal, tal qual como se segue: 1 (normal), 2 (pastosa) e 3 (líquida).

Para análise de estresse oxidativo foi coletado sangue dos animais ao 0, 20 e 40 dias. A cada coleta foram coletados quatro animais de cada tratamento de acordo com o seguinte protocolo: aproximadamente 2-3mL de sangue era coletado por meio de punção sanguínea na veia jugular com auxílio de seringa heparinizada evitando-se hemólise da amostra (FIGURA 2).

FIGURA 2 -COLETA DE SANGUE PELA VEIA JUGULAR EM LEITÃO.



FONTE:O autor (2017).

Todo procedimento de coleta e procedimento das amostras seguiram o protocolo proposto por MACHADO (2015).

Para análise de excreção fecal foram coletadas amostras de fezes de todos os animais na última semana de alojamento. Pelo método de cromatografia foi quantificada a concentração de Cu nas fezes.

Os dados de desempenho vs. níveis de cobre orgânico foram analisados com medidas repetidas no tempo em modelos mistos (PROC MIXED), nos quais foram considerados os efeitos fixos de inclusão de cobre orgânico na ração (4 graus de liberdade – GL), dias de pesagem (5 GL) ou períodos de avaliação de desempenho (4 GL), e suas interações. O efeito aleatório de baía aninhado ao efeito fixo de inclusão de cobre orgânico foi considerado no modelo. Para as variáveis peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e ganho de peso diário (GPD), a estrutura de erros mais adequada foi a Componentes de Variância (VC) conforme os critérios de informação de Akaike corrigido (AICC) e Bayesiano (BICC). Para as variáveis consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA), a estrutura de erros mais adequada foi a Diagonal Principal [UN(1)] de acordo com os mesmos critérios de informação. As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) para os efeitos fixos e para as suas interações foram comparadas pelo teste de Fischer (PROC LSMEANS). Quando o efeito de inclusão de cobre orgânico foi significativo, procedeu-se a análise de regressão (PROC REG) das variáveis em relação aos níveis de suplemento mineral com cobre orgânico até segunda ordem (regressão quadrática). As variáveis GP total e CR total foram submetidas à análise de variância (PROC GLM) em relação à inclusão de cobre orgânico na ração. Procedeu-se, também, a análise de regressão (PROC REG) dessas variáveis em relação aos níveis de inclusão de suplemento mineral com cobre orgânico até segunda ordem (regressão quadrática).

Para avaliação de desempenho vs. níveis de cobre inorgânico foram analisados com medidas repetidas no tempo em modelos mistos (PROC MIXED), nos quais foram considerados os efeitos fixos de inclusão de cobre inorgânico na ração (1 grau de liberdade – GL), dias de pesagem (5 GL) ou períodos de avaliação de desempenho (4 GL), e suas interações. O efeito aleatório de baía aninhado ao efeito fixo de inclusão de cobre inorgânico foi considerado no modelo. Para as variáveis CR, GP e GPD, a estrutura de erros mais adequada foi a Componentes de Variância (VC) conforme os critérios de informação de Akaike corrigido (AICC) e Bayesiano (BICC). Para as variáveis PC e CA, a estrutura de erros mais adequada foi a Diagonal Principal [UN(1)] de acordo com os mesmos critérios de informação.

As médias que apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) para os efeitos fixos e para as suas interações foram comparadas pelo teste de Fischer (PROC LSMEANS). As variáveis GP total e CR total foram submetidas à análise de variância (PROC GLM) em relação à inclusão de cobre inorgânico na ração.

Para a avaliação das variáveis não paramétricas de escore fecal os resultados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis. Na análise de estresse oxidativo as amostras foram avaliadas por meio de método de variância de duas vias (ANOVA) com pós-análise de Holm-Sidak realizando-se a comparação entre todos os grupos.

Adotou-se o nível de significância de 5% para todas as análises, que foram realizadas no programa *Statistical Analysis System (SAS)*, versão 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho Zootécnico

Ao se avaliar os dados de desempenho zootécnico, para peso médio, ganho de peso e ganho de peso diário não se observou efeito de tratamento e interação tratamento e tempo, tanto para os níveis orgânicos (TABELA 1) como para inorgânico (TABELA 2). Para as variáveis consumo de ração e conversão alimentar, não houve diferença entre o tratamentos ($P=0,6062$ e $0,8933$), no entanto, interações foram observadas na segunda, terceira e quarta semana (TABELA 3), quando desdobradas e avaliadas podemos observar efeito quadrático em todas as variáveis (FIGURA 3). Nas condições experimentais o que se observa é que a suplementação com 10ppm de Cu é suficiente para atender a necessidade deste nutriente no organismo de leitões em fase de creche. Estes resultados estão de acordo com Huang et al. (2010), que ao determinar os efeitos de diferentes fontes de cobre (inorgânico e orgânico) e energia (sebo e glicerol) sobre o desempenho de crescimento, concluíram que o desempenho produtivo não foi afetado pela fonte de suplementação mineral.

Assim como Creech et al. (2004), em experimento com suínos nas fases de creche e crescimento, alimentadas com dietas contendo níveis normais de minerais (Zn, Cu, Fe e Mn) ou alimentados com dietas contendo minerais provenientes de fontes orgânicas, nenhuma diferença significativa no desempenho dos animais foi

verificada. Da mesma forma, Lebel et al. (2014) não relataram diferenças para desempenho zootécnico quando avaliam o efeito da suplementação de Cu e Zn orgânicos (Bioplex[®], Alltech, Nicholasville, KY, USA) ou inorgânicos (CuSO₄ e ZnSO₄) (10mg/Kg e 100mg/Kg) e presença e ausência de manano oligossacarídeos (0.1% de Bio-Mos[®], Alltech, Nicholasville, KY, USA).

Zhao et al. (2014) suplementaram leitões com plasma (Appetein, APC Inc., Ankeny, IA) e Cu orgânico (Bioplex Cu, Alltech Inc., Nicholasville, KY) em condições ambientais diferentes e relatam efeito positivo da suplementação de Cu na concentração de 200ppm nos primeiros 10 dias pós-alojamento. No entanto, nas demais fases, não se observou efeito da suplementação de 200ppm ou 0 ppm de Cu na dieta.

A possibilidade de reduzir o nível de inclusão de minerais traços nas dietas também foi verificada por Fremaut (2003) e Burkett et al. (2005), uma vez que os melhores resultados de desempenho dos suínos foram observados quando os níveis de adição de oligoelementos foram reduzidos em 50%, 30% e 50% em relação aos níveis normais, respectivamente, considerando uma adição na forma orgânica, corroborando a resultados da presente investigação.

TABELA 1 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO

Característica ^I	Tempo (dias)	Níveis de cobre orgânico (ppm)										Média	EP	Valor P		
		0		25		50		75		100				Cobre	Tempo	Cu x T
		Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP					
PC (kg)	0	6,40	0,16	6,12	0,19	6,05	0,04	6,21	0,18	6,23	0,21	6,20 ^F	0,07	0,4138	< 0,0001	0,4147
	7	7,47	0,23	7,14	0,21	7,01	0,20	7,26	0,24	7,09	0,26	7,19 ^E	0,10			
	14	10,35	0,27	9,71	0,26	9,55	0,25	9,77	0,34	9,53	0,31	9,78 ^D	0,13			
	21	13,42	0,29	12,64	0,30	12,40	0,26	12,86	0,49	12,55	0,41	12,77 ^C	0,16			
	28	16,89	0,34	15,79	0,22	16,19	0,27	16,20	0,51	16,20	0,49	16,25 ^B	0,17			
	35	20,13	0,43	19,09	0,66	19,29	0,33	19,39	0,57	19,39	0,48	19,46 ^A	0,21			
	Média	12,44	0,73	11,75	0,67	11,75	0,71	11,95	0,71	11,83	0,71	11,94	0,31			
GP (kg)	0 a 7	1,06	0,09	1,03	0,11	0,97	0,13	1,05	0,11	0,85	0,13	0,99 ^E	0,05	0,5919	< 0,0001	0,0521
	8 a 14	2,89	0,07	2,57	0,08	2,51	0,10	2,57	0,13	2,44	0,10	2,60 ^D	0,05			
	15 a 21	3,07	0,15	2,93	0,08	2,79	0,06	3,09	0,22	3,02	0,17	2,98 ^C	0,07			
	22 a 28	3,54	0,05	3,25	0,08	3,79	0,10	3,34	0,11	3,65	0,13	3,51 ^A	0,05			
	29 a 35	3,24	0,16	3,30	0,25	3,10	0,13	3,24	0,09	3,19	0,08	3,22 ^B	0,06			
	Média	2,76	0,15	2,61	0,16	2,63	0,16	2,66	0,15	2,63	0,16	2,66	0,07			
	Total ^{II}	13,80	0,28	13,07	0,19	13,16	0,23	13,29	0,40	13,15	0,37	13,30	0,14				0,4586
GPD (kg/dia)	0 a 7	0,152	0,013	0,147	0,016	0,139	0,019	0,150	0,016	0,122	0,019	0,142 ^E	0,007	0,5915	< 0,0001	0,0519
	8 a 14	0,412	0,010	0,367	0,012	0,358	0,014	0,368	0,019	0,349	0,014	0,371 ^D	0,007			
	15 a 21	0,438	0,022	0,418	0,012	0,399	0,009	0,442	0,031	0,432	0,024	0,426 ^C	0,010			
	22 a 28	0,506	0,007	0,465	0,011	0,541	0,015	0,477	0,015	0,521	0,018	0,502 ^A	0,008			
	29 a 35	0,463	0,022	0,471	0,035	0,443	0,019	0,463	0,013	0,455	0,011	0,459 ^B	0,008			
	Média	0,394	0,022	0,374	0,023	0,376	0,023	0,380	0,022	0,376	0,023	0,380	0,010			
	Total ^{II}	18,47	0,26	17,95	0,24	17,77	0,24	18,30	0,45	17,72	0,46	18,04	0,15				0,4718
CR (kg)	0 a 7	1,22	0,07	1,18	0,09	1,16	0,05	1,27	0,09	1,02	0,09	1,17 ^E	0,04	0,6062	< 0,0001	< 0,0001
	8 a 14	3,12 ^b	0,10	2,80 ^c	0,08	3,52 ^a	0,11	2,89 ^{bc}	0,05	2,83 ^{bc}	0,17	3,03 ^D	0,06			
	15 a 21	3,90 ^{ab}	0,09	3,66 ^b	0,10	2,40 ^c	0,10	4,06 ^a	0,26	3,73 ^{ab}	0,11	3,55 ^C	0,11			
	22 a 28	5,37 ^{bc}	0,08	5,56 ^b	0,16	6,00 ^a	0,09	5,15 ^c	0,14	5,26 ^{bc}	0,10	5,47 ^A	0,07			
	29 a 35	4,86	0,06	4,76	0,02	4,69	0,06	4,95	0,07	4,88	0,06	4,83 ^B	0,03			
	Média	3,69	0,24	3,59	0,27	3,55	0,29	3,66	0,25	3,54	0,25	3,61	0,11			
	Total ^{II}	18,47	0,26	17,95	0,24	17,77	0,24	18,30	0,45	17,72	0,46	18,04	0,15				0,4718
CA (kg ração/kg ganho)	0 a 7	1,18	0,08	1,23	0,12	1,31	0,19	1,25	0,07	1,34	0,13	1,26 ^B	0,05	0,8933	< 0,0001	< 0,0001
	8 a 14	1,08 ^b	0,02	1,09 ^b	0,03	1,42 ^a	0,06	1,13 ^b	0,04	1,15 ^b	0,05	1,18 ^B	0,03			
	15 a 21	1,29 ^a	0,05	1,25 ^a	0,03	0,86 ^b	0,02	1,33 ^a	0,05	1,25 ^a	0,05	1,19 ^B	0,03			
	22 a 28	1,52 ^{bc}	0,02	1,71 ^a	0,07	1,59 ^{ab}	0,04	1,55 ^{bc}	0,05	1,45 ^c	0,03	1,56 ^A	0,02			
	29 a 35	1,52	0,07	1,46	0,10	1,53	0,06	1,53	0,03	1,54	0,04	1,52 ^A	0,02			
	Média	1,32	0,04	1,35	0,05	1,34	0,06	1,36	0,03	1,35	0,04	1,34	0,02			
	Total ^{II}	18,47	0,26	17,95	0,24	17,77	0,24	18,30	0,45	17,72	0,46	18,04	0,15				0,4718

^IPC: peso corporal; GP: ganho de peso; GPD: ganho de peso diário; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar

^{II}O valor de probabilidade é referente a análise de variância (ANOVA) em relação aos níveis de cobre orgânico na ração

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste F (P<0,05)

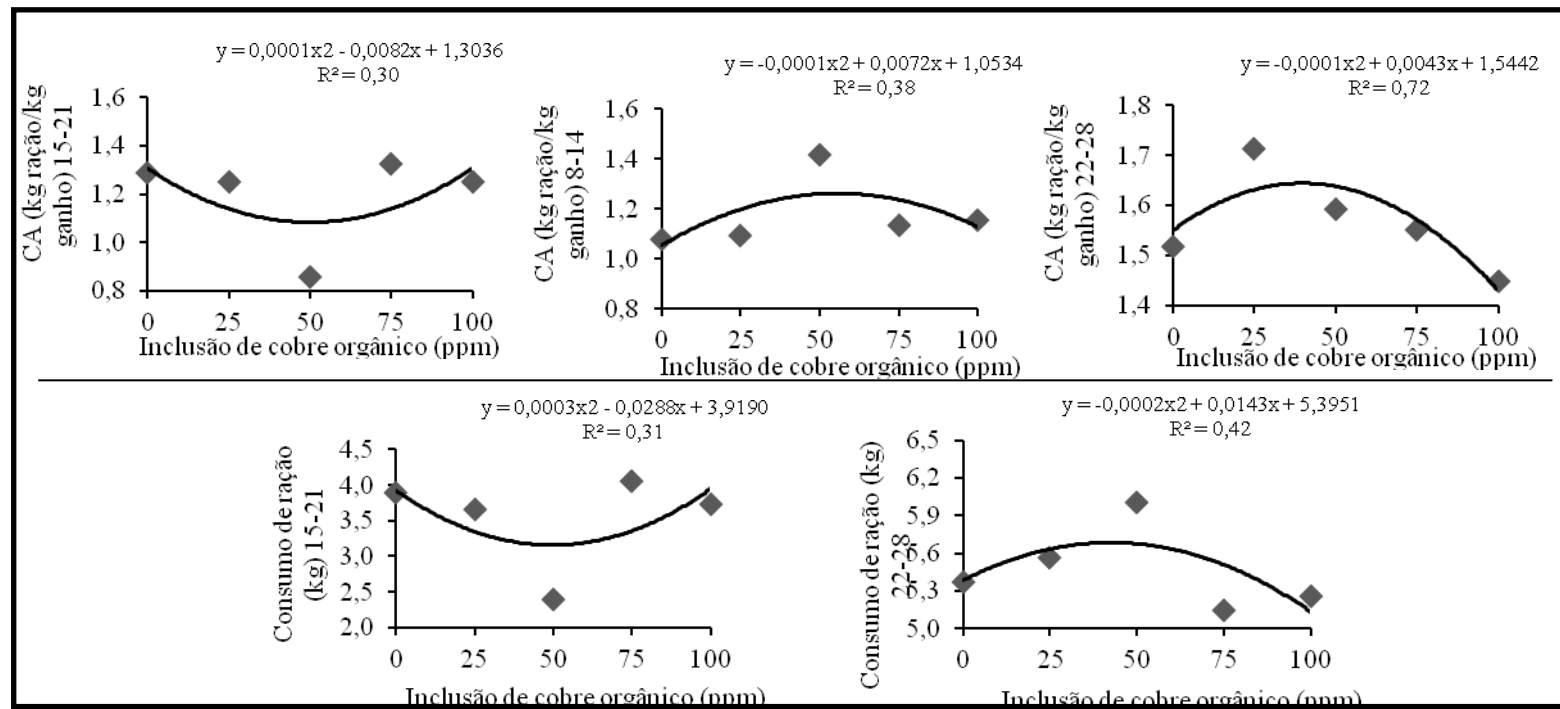
FONTE: O Autor (2017)

TABELA 2 - MÉDIAS DE CONSUMO DE RAÇÃO E CONVERSÃO ALIMENTAR (CR E CA) DESDOBRADOS DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO.

Variável	Níveis de cobre orgânico (ppm)					Valor P		Mín - Máx	
	0	25	50	75	100	Linear	Quad	X	Y
CR_15-21	3,90	3,66	2,40	4,06	3,73	0,9405	0,0059	49,59	3,21
CR_22-28	5,37	5,56	6,00	5,15	5,26	0,1803	0,0081	42,14	5,70
CA_8-14	1,08	1,09	1,42	1,13	1,15	0,2925	0,0084	56,23	1,26
CA_15-21	1,29	1,25	0,86	1,33	1,25	0,9971	0,0066	50,02	1,10
CA_22-28	1,52	1,71	1,59	1,55	1,45	0,0908	0,0078	39,99	1,63

FONTE: O Autor (2017)

FIGURA 3 - COMPORTAMENTO DAS VÁRIAVES CA E CR DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE ORGÂNICO.



FONTE: O Autor (2017)

TABELA 3 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO DOIS NÍVEIS DE SUPLEMENTO MINERAL COM COBRE INORGÂNICO

Característica ^I	Tempo (dias)	Níveis de cobre inorgânico (ppm)				Média	EP	Valor P		
		10		150				Cobre	Tempo	Cu x T
		Média	EP	Média	EP					
PC (kg)	0	6,40	0,16	6,22	0,17	6,31 ^F	0,12	0,0997	< 0,0001	0,1240
	7	7,47	0,23	7,06	0,17	7,26 ^E	0,15			
	14	10,35	0,27	9,70	0,19	10,03 ^D	0,18			
	21	13,42	0,29	12,72	0,21	13,07 ^C	0,20			
	28	16,89	0,34	16,12	0,30	16,50 ^B	0,24			
	35	20,13	0,43	19,32	0,33	19,72 ^A	0,28			
	Média	12,44	0,73	11,86	0,70	12,15	0,50			
GP (kg)	0 a 7	1,06	0,09	0,84	0,12	0,95 ^D	0,08	0,0823	< 0,0001	0,8226
	8 a 14	2,89	0,07	2,64	0,09	2,76 ^C	0,06			
	15 a 21	3,07	0,15	3,02	0,04	3,04 ^B	0,08			
	22 a 28	3,54	0,05	3,40	0,15	3,47 ^A	0,09			
	29 a 35	3,24	0,16	3,20	0,11	3,22 ^B	0,09			
	Média	2,76	0,15	2,62	0,16	2,69	0,11			
	Total ^{II}	13,80	0,28	13,09	0,24	13,45	0,20				0,0749
GPD (kg/dia)	0 a 7	0,152	0,013	0,119	0,017	0,136 ^D	0,011	0,0824	< 0,0001	0,8222
	8 a 14	0,412	0,010	0,377	0,012	0,395 ^C	0,009			
	15 a 21	0,438	0,022	0,431	0,005	0,435 ^B	0,011			
	22 a 28	0,506	0,007	0,486	0,022	0,496 ^A	0,012			
	29 a 35	0,463	0,022	0,457	0,015	0,460 ^B	0,013			
	Média	0,394	0,022	0,374	0,022	0,384	0,015			
CR (kg)	0 a 7	1,22	0,07	1,09	0,06	1,16 ^E	0,05	0,3005	< 0,0001	0,3675
	8 a 14	3,12	0,10	2,91	0,09	3,01 ^D	0,07			
	15 a 21	3,90	0,09	3,81	0,04	3,86 ^C	0,05			
	22 a 28	5,37	0,08	5,28	0,14	5,32 ^A	0,08			
	29 a 35	4,86	0,06	4,93	0,04	4,90 ^B	0,04			
	Média	3,69	0,24	3,60	0,24	3,65	0,17			
Total ^{II}	18,47	0,26	18,02	0,28	18,24	0,19	0,2619			
CA (kg ração/kg ganho)	0 a 7	1,18	0,08	1,46	0,16	1,32 ^B	0,09	0,1028	< 0,0001	0,5966
	8 a 14	1,08	0,02	1,10	0,03	1,09 ^C	0,02			
	15 a 21	1,29	0,05	1,26	0,02	1,28 ^B	0,03			
	22 a 28	1,52	0,02	1,57	0,05	1,54 ^A	0,03			
	29 a 35	1,52	0,07	1,55	0,04	1,54 ^A	0,04			
	Média	1,32	0,04	1,39	0,04	1,35	0,03			

^IPC: peso corporal; GP: ganho de peso; GPD: ganho de peso diário; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar

^{II}O valor de probabilidade é referente a análise de variância (ANOVA) em relação aos níveis de cobre orgânico na ração

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste F (P<0,05)

FONTE: O Autor (2017)

Mello et al. (2012) ao avaliarem o efeito da suplementação de seis dietas com diferentes níveis de inclusão de minerais orgânicos (0%, 25%, 50%, 75%, 100% e 100% inorgânico) observaram que o aumento dos níveis de minerais orgânicos nas dietas determinou aumento linear ($P < 0,05$) no ganho de peso diário e redução linear ($P < 0,01$) na conversão alimentar no período de 21 a 53 dias de idade. Durante todo o período experimental (21 a 63 dias de idade), verificou-se efeito quadrático dos níveis de minerais orgânicos ($P < 0,01$) no ganho de peso diário e conversão alimentar e o melhor nível estimado foi de 65%.

Embora não tenha havido diferença no desempenho de suínos alimentados com dietas contendo fontes orgânicas e inorgânicas, os resultados apresentam a possibilidade de reduzir a quantidade de alguns oligoelementos, obtendo o mesmo desempenho de leitões, como demonstrado por Mello et al. (2012), que ao comparar os níveis de suplementação de minerais em forma orgânica, observaram que o nível de 25% do que é necessário promoveu desempenho semelhante aos animais alimentados com dieta contendo a exigência total. Da mesma forma, a possibilidade de reduzir até 30% da necessidade de minerais em dietas para suínos foi demonstrada por Burkett et al. (2005), quando suplementados na forma orgânica.

Incidência de diarreia

As duas primeiras semanas após o desmame são consideradas críticas devido ao estresse ocasionado pelo desmame e às limitações fisiológicas e imunológicas dos leitões, a associação destes fatores irão prejudicar o desempenho produtivo e predispor o aumento de diarreia. Entretanto, nenhum efeito dos tratamentos foi verificado na incidência de diarreia em leitões e animais medicados (TABELA 4), provavelmente devido à baixa contaminação ambiental, uma vez que as instalações foram limpas, desinfetadas e houve longo período de vazio sanitário antes do início do experimento, associado a peso adequado de leitões na fase de desmame.

TABELA. 4 - ESCORE DE FEZES E MEDICAÇÃO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE SUPLEMENTADOS COM NÍVEIS CRESCENTES DE CU ORGÂNICO NA DIETA.

Tratamentos	Escore de fezes			Total	Medicações		Total
	1	2	3		Sim	Não	
T1	86.85 b	10.09 a	3.06	100	15,63	84,38	100
T2	94.56 a	4.8 b	0.64	100	6,25	93,75	100
T3	90.23 a	7.85 ab	1.92	100	14,58	85,42	100
T4	91.19 a	6.73 ab	2.08	100	11,46	88,54	100
T5	89.75 a	7.69 ab	2.56	100	9,38	90,63	100
T6	89.11 a	8.17 ab	2.72	100	9,38	90,63	100
<i>p</i>	0.0003	0.0188	0.1071	-	0,3027	0,3027	-

KW: teste de Kuskal Wallis.

FONTE: O Autor (2017)

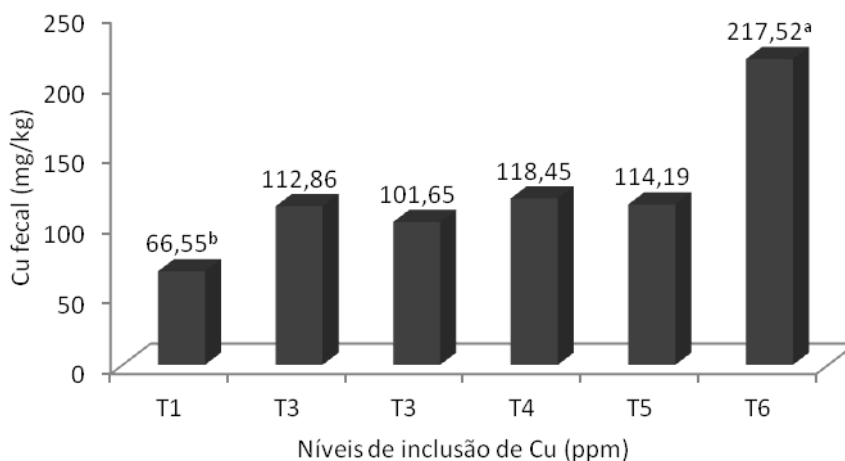
Excreção Fecal

A maior suplementação mineral resultou em maior excreção de Cu nas fezes (FIGURA 4). Efeito quadrático foi observado ($y = -107,49x^2 + 157,11x - 62.325$, $R^2 = 1$) e também no teste de média entre os tratamentos T1 e T6 ($P = 0.0041$), onde T6 apresentou maior excreção.

Tais resultados corroboram com Smits e Henman (2000) que ao avaliarem o desempenho de suínos em crescimento e terminação, alimentados com dietas suplementadas com CuSO₄ (150 ppm de Cu) ou Cu orgânico (BioplexTM) (40 ppm de Cu), relataram que os animais alimentados com dietas contendo Cu orgânico a 40 ppm alcançaram níveis semelhantes de desempenho em relação os alimentados com 150 ppm Cu de CuSO₄. No entanto, a quantidade de Cu excretada nas fezes foi de três a quatro vezes mais baixa no grupo alimentado com Cu orgânico.

Pierce et al. (2001) também mediram o conteúdo Cu fecal de suínos em crescimento, quando os animais foram alimentados com dieta controle ou dietas contendo CuSO₄ ou Cu orgânico. Animais alimentados com Cu orgânico tiveram desempenho similar aos alimentados com fonte inorgânica de Cu, mas tivera redução de 46% nas concentrações de Cu fecal. Resultado semelhante foi apontado por Veum et al. (2004) que demonstraram redução na excreção de Cu quando Cu orgânico foi suplementado em vez de CuSO₄ em dietas de leitões em creche. Embora não tenha sido observado diferença significativa na taxa de crescimento, para excreção fecal de Cu a redução foi expressiva.

FIGURA 4 - VALORES MÉDIOS DOS NÍVEIS DE EXCREÇÃO DE CU EM SUÍNOS EM FASE DE CRECHE ALIMENTADOS COM NÍVEIS INORGÂNICOS E GRADIENTES DE SUPLEMENTAÇÃO DE CU ORGÂNICO.



FONTE: O Autor (2017)

Armstrong et al (2004) também concluiu que a excreção fecal de Cu foi diminuída quando 125 ppm de Cu como Citrato de Cobre (CuCit) foi suplementada em comparação aos 250 ppm de Cu como Sulfato (CuSO₄). Burkett et al (2009), em dois experimentos conduzidos para comparar os efeitos da suplementação de minerais traços no desempenho, composição de carcaça e excreção de minerais nas fezes de suínos alimentados em fase de crescimento observaram que as digestibilidades aparentes de Cu e Zn fecais foram significativamente reduzidas quando os suínos foram alimentados com dietas contendo fontes inorgânicas de minerais traços suplementares em comparação com os suínos alimentados com dietas contendo minerais orgânicos suplementares.

Mello et al, (2012), verificaram em estudo com leitões pós-desmame que o aumento dos níveis de adição de minerais orgânicos em pré-mistura determinou aumento linear ($P < 0,01$) nas concentrações de Cu e Zn nas fezes.

Thomaz et al, (2015) ao comparar os níveis de Cu (50% vs 100%), independentemente da fonte, observou-se que os animais alimentados com dietas suplementadas com 50% das recomendações tinham quantidades inferiores de Cu nas fezes em comparação com os alimentados com dietas suplementadas com 100% do que é necessário.

O principal benefício de usar minerais orgânicos é devido à maior disponibilidade destes para os animais. Como a quantidade de nutrientes excretada

é diretamente proporcional à concentração destes na dieta, com a adição de minerais orgânicos na alimentação dos suínos, é possível reduzir o nível de inclusão de minerais na dieta, atingindo o mesmo desempenho e ainda reduzindo a quantidade de minerais excretados, evitando a suplementação excessiva.

Estresse Oxidativo

Não se observou efeito da suplementação de Cu, independente do nível e tipo de fonte sobre redução do estresse oxidativo.

Na primeira coleta, antes de iniciados os tratamentos, evidenciou-se a similaridade de condições de todos os grupos, uma vez que não houve diferença estatística entre as médias de potencial de redução dos diferentes tratamentos.

Na segunda coleta (TABELA 5), pode-se observar tendência a diferenças estatísticas apenas entre os grupos T4 e T5 ($P=0,08$) quando analisado com pós-teste de Holm-Sidak. Ao se utilizar análise menos restritiva, a Fisher LSD, pode-se observar também diferença do T4 ($P=0,07$) em relação ao T6, além de mantida a diferença em relação a T5. Apesar do P ser maior do que o geralmente aceito, a dispersão, assim como o baixo número amostral, sugere que essas diferenças seriam mais evidenciadas em número maior de amostras por grupo.

TABELA 5 – MÉDIA DOS POTENCIAIS DE REDUÇÃO DOS GRUPOS NA COLETA 2.

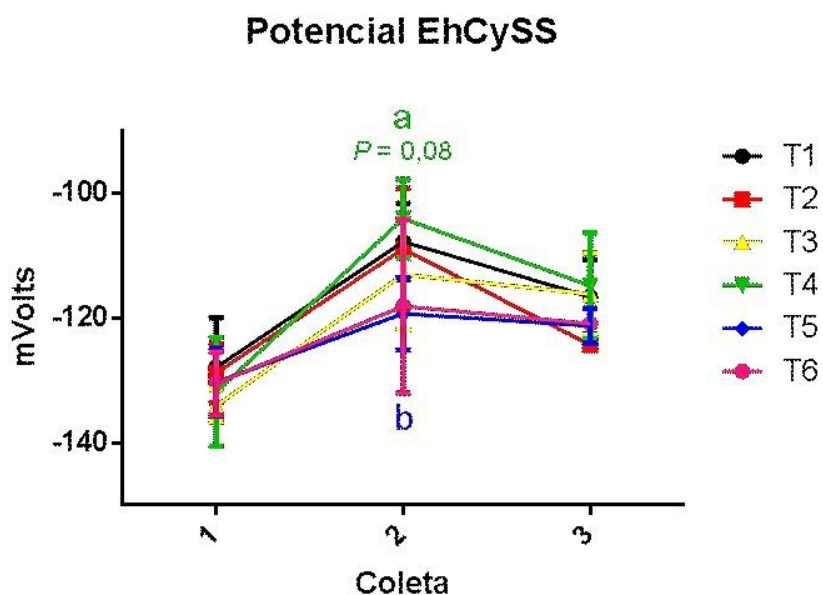
Grupo	Potencial de redução (mV)
T1	-107,7
T2	-108,86
T3	-112,96
T4	-104,03
T5	-119,26
T6	-118,07

FONTE: O Autor (2017)

Na terceira coleta, apesar de os pontos não estarem totalmente sobrepostos, nenhuma diferença pode ser notada, o que pode ser consequência do baixo número amostral.

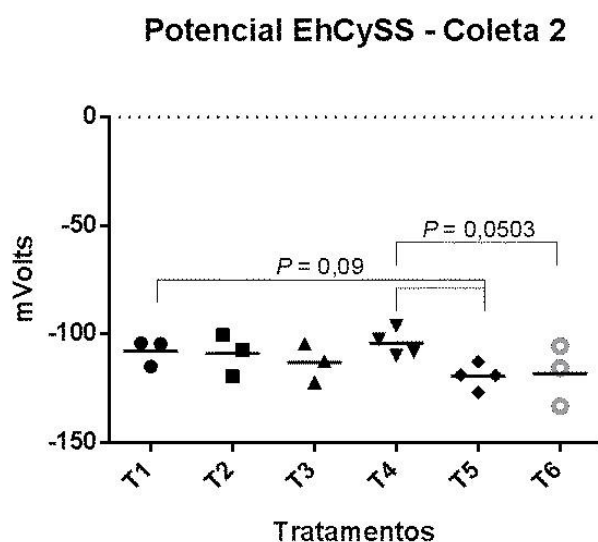
Para evidenciar as diferenças percebidas entre os grupos na coleta 2, eles podem ser plotados de outra forma, como se vê na (FIGURA 5), utilizando-se as informações da análise de dados com pós teste de Fisher LSD.

FIGURA 5 - DADOS ANALISADOS EM CADA COLETA POR DIFERENTES MÉTODOS ESTATÍSTICOS, SENDO: A) ANALISADO POR ANOVA DE DUAS VIAS COM PÓS-TESTE DE HOLM-SIDAK.



FONTE: O Autor (2017)

FIGURA 6 - GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS COM MÉDIA. AS BARRAS INDICAM DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS DE MÉDIA ENTRE OS GRUPOS ASSINALADOS. ONDE NÃO ESTÁ INDICADO, $P < 0,05$.



FONTE: O Autor (2017)

Desde 1961, observa-se relação entre altos níveis de cobre na dieta (>125ppm) e ganho de peso na produção animal, assim como conversão alimentar em suínos pós desmame. Bunch e colaboradores observaram essa correlação, além de fornecerem primeira pista do funcionamento deste mecanismo, relacionando

ganho de peso e alteração da flora intestinal, apesar de até hoje nem todos os mecanismos envolvidos nessa correlação estarem estabelecidos (BUNCH et al., 1961; FRY et al., 2012).

De acordo com Huang et al. (2015), semelhantemente aos achados de Fry e colaboradores em 2012, em trabalho que avaliou parâmetros redoxes na adição de cobre na dieta de suínos pós desmame, os animais que recebem 225mg/kg de CuSO₄ na dieta apresentam níveis mais baixos de GSH no tecido hepático assim como, no duodeno, níveis mais baixos de citocromo c oxidase e mais altos de atox-1, indicando que animais suplementados com TBCC (Tribasic copper chloride) aparentaram estresse oxidativo no duodeno mais baixo do que os que receberam CuSO₄ (FRY et al., 2012; HUANG et al., 2015).

Os resultados mais perceptíveis no nível de oxidação foram vistos aos 20 dias de tratamento nos grupos T4 e T5, em que o maior aporte de cobre parece tê-los tornados mais “reduzidos” do que os demais grupos. Vale notar que os grupos mais reduzidos, são os que, de acordo com a literatura, têm os maiores benefícios do suplemento. Uma carga microbiana diferente poderia significar um nível menor de desafios que causam inflamação crônica e menor nível de oxidação. No trabalho de Machado (2015) um comportamento semelhante foi observado em relação à prevalência ou não de diarreia (MACHADO, 2015).

Dessa forma, conclui-se que a suplementação de altos níveis de Cu em dieta de suínos em fase de creche, não exerce efeito sobre desempenho produtivo, incidência de diarreia e diminuição de estresse oxidativo.

REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, T. A., D. R. COOK, M. M. WARD, C. M. WILLIAMS, AND J. W. SPEARS. Effect of dietary copper source (cupric citrate and cupric sulfate) and concentration on growth performance and fecal copper excretion in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1234–1240. 2004.

BUNCH, R. J.; SPEER, V. C.; HAYS, V. W.; HAWBAKER, J. H.; CATRON, D. V. Effects of Copper Sulfate, Copper Oxide and Chlortetracycline on Baby Pig Performance¹, 2. *Journal of Animal Science*, v. 20, n. 4, 1961.

BURKETT, J. L.; STALDER, KENNETH J.; SCHWAB, C. R.; POWERS, WENDY J.; BAAS, TOM J.; AND MABRY, JOHN W. Growth Comparison and Fecal Mineral Excretion of Inorganic and Organic Trace Mineral Supplementation in Swine. *Animal Industry Report: AS 651, ASL R2036*. 2005.

CREECH, B. L.; SPEARS, J. W.; FLOWERS, W. L.; HILL, G. M.; LLOYD, K. E.; AMSTRONG, 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.

FLOHR, J. R.; DEROUCHÉY, J. F. T.; WOODWORTH, J. C.; TOKACH, F. D.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S. A survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *Journal of Swine Health and Production*, 24(6): p. 290–303. 2016.

FREMAUT, D. Trace mineral proteinates in modern pig production: reducing mineral excretion without sacrificing performance. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium* (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds). Nottingham University Press, UK, p. 171-178. 2003.

FRY, R. S., ASHWELL, M. S.; LLOYD, K. E.; O'NAN, A. T.; FLOWERS, W. L.; STEWART, K. R.; SPEARS, J. W. Amount and source of dietary copper affects small intestine morphology, duodenal lipid peroxidation, hepatic oxidative stress, and mRNA expression of hepatic copper regulatory proteins in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* v. 90, p. 3112–3119. 2012.

HILL, G. M., G. L.; CROMWELL, T. D.; CRENSHAW, C. R.; DOVE, R. C.; EWAN, D. A.; KNABE, A. J.; LEWIS, G. W.; LIBAL, D. C.; MAHAN, G. C.; SHURSON, L. L.; SOUTHERN, T. L. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentrations of zinc and copper to weanling pigs (regional study). *J. Anim. Sci.* v. 78, p. 1010-1016. 2000.

HUANG, Y. L.; ASHWELL, M. S.; FRY, R. S.; LLOYD, K. E.; FLOWERS, W. L.; SPEARS, J. W. Effect of dietary copper amount and source on copper metabolism and oxidative stress of weanling pigs in short-term feeding. *J. Anim. Sci.* v. 93, p. 2948–2955. 2015.

JOLLIFF, J. S.; MAHAN, D. C. Effect of dietary calcium and phosphorus on the digestibility of organic, inorganic, and innate trace minerals in a corn-soybean meal based diet for grower swine. *J. Anim. Sci.* v. 91, p. 2775–2783. 2013.

LEBEL, A.; MATTE, J. J.; GUAYA, F. Effect of mineral source and mannan oligosaccharide supplements on zinc and copper digestibility in growing pigs. *Archives of Animal Nutrition*, v. 68, p. 370–384. 2014.

LEESON, S.. A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure? In: *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. T. P. Lyons and K. A. Jacques Eds. Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom. 2003.

MELLO, G.; BERTO, D. A.; TIERZO, V. L. Sources of organic trace minerals in diets for weaned piglets. *R. Bras. Zootec.* v.41, n.8, p.1872-1877, 2012.

MACHADO, P. C. J. Impacto do estado redox do par cys/cyss na eficiência produtiva e em variáveis imunológicas de suínos e bovinos. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Do Paraná, 2015.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Fwine, 11tZ Revised Kdition. National Academy Press Washington, USA. 2012.

PIERCE, J. J.; DRIVER, J.; HARTE-DENNIS D.; HENMAN. Reducing phosphorus and copper excretion from poultry and swine using phytase and organic minerals. In: Addressing Animal Production and Environmental Issues (G.B. Havenstein, ed). College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. 2001.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia. 2011.

SAS INSTITUTE INC. System for Microsoft Windows, Release 9.2, Cary, NC, USA, 2002-2008. (Cd-rom).

SMITS, R. J. & HENMAN, D. J. Practical experiences with Bioplexes in intensive pig production. In: Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds). Nottingham University Press, UK, pp. 293-300. 2000.

SOBESTIANSKY, J; BARCELLOS, D. Monitoramentos clínicos. In: Doenças dos Suínos, 2 ed. Goiânia : Cãnone Editorial, p. 889-892. 2012.

THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H.; PASCOAL, L. A.; ASSIS, M. M.; RUIZ, U. S.; AMORIM, A. B.; & ROBLES-HUAYNATE, R. A. Inorganic and organic trace mineral supplementation in weanling pig diets. An Acad Bras Cienc. v. 87, n. 2. 2015.

VEUM, T. L.; CARLSON, M. S.; WU, C. W.; BOLLINGER, D. W.; ELLERSIECK, M. R. 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.

YU, B.; HUANG W.; CHIOU. P. W. Bioavailability of iron from amino acid complex in weanling pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 86, 39-52, 2000.

ZHAO, J.; ALLEE, G.; GERLEMANN, G.; MA, L.; GRACIA, M. I.; PARKER, D. VAZQUEZ-ANON, M.; HARRELL, R. J. Effects of a Chelated Copper as Growth Promoter on Performance and Carcass Traits in Pigs. Asian Australas. J. Anim. Sci. 27:965-973. 2014.

4 CONCLUSÃO GERAL

O uso dos minerais Zn, Cu e Mg orgânicos em dieta de suínos em fase de crescimento e terminação promoveu melhoria do desempenho produtivo e sistema locomotor em comparação ao uso de minerais inorgânicos.

Nas condições experimentais a suplementação de níveis basais de Cu inorgânico para leitões de fase de creche, promoveu o mesmo efeito produtivo que a suplementação de diferentes níveis de minerais orgânicos, além de menor excreção de Cu no ambiente. Novos estudos são necessários para melhor entendimento.

REFERÊNCIAS

- ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal). Carne Suína. 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/mercado-externo>. Acesso em 22/11/2016.
- 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.
- ADEWOLE, D. I; KIM, I, H, AND NYACHOTI, C, M. Gut health of pigs: challenge models and response criteria with a critical analysis of the effectiveness of selected feed additives — A Review. *Journal of Animal Science*. v. 29, n. 7, p. 909-924, 2016.
- AKSU, T., M. AKSU, M. A. YORUK, AND M. KARAOGLU. Effects of organically-complexed minerals on meat quality in chickens. *Poultry Science*, v. 52, p. 558–563. 2011.
- ASHMEAD, H. D. The roles of amino acid chelates in animal nutrition. Park Ridge: Noyes Publications, 504 p. cap. 3, p. 207-230. 1993.
- BARBOSA, K. B. F; COSTA, N. M. B; ALFENAS, R. C. G; Oliveira DE PAULA, S; Valéria, P; MINIM, R; BRESSAN, J. Oxidative stress: concept, implications and modulating factors. *Revista de Nutrição, Campinas*, v.23, p. 629-643, 2010.
- BERTECHINI, A. G. Nutrição de Monogástricos. Lavras: Editora UFLA, 2006.
- BEZERRA, B. M. O; EVANGELISTA, J. N. B; NUNES-PINHEIRO, D. C. S. Impacts of oxidative stress in swine: Challenges and Perspectives. A review. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v.9, p. 699-715, 2015.
- CABELL, C. A.; EARLE, I. P.; Additive effect of calcium and phosphorus on utilization of dietary zinc. *Journal of Animal Science*, v. 24, p. 800-806, 1965.
- CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; MCDOWELL, L. R. Nutrição de bovinos a pasto. *Belo Horizonte*, p.427, 2003.
- CLOSE, W. H. Trace mineral nutrition of pigs revisited: meeting production and environmental objectives. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, v. 14, 2003.
- CORTINHAS, C. S. Fornecimento de zinco, cobre e selênio orgânicos para vacas leiteiras e efeitos sobre a qualidade e saúde da glândula mamária. 89 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.
- CREECH, B. L.; SPEARS, J. W.; FLOWERS, W. L.; HILL, G. M.; LLOYD, K. E.; AMSTRONG, 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.

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.

FEDERIZZI, C.K. Efeito da suplementação de complexo metal-aminoácido de zinco, manganês e cobre sobre o desempenho zootécnico e integridade do aparelho locomotor de suínos. *Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Paraná. Palotina, 2014.*

FIGUERO, J. P.; COSTA, F. G. P.; GIVISIEZ, P. E. N.; LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; FIGUEREDO-LIMA, D. F.; SARAIVA, E. P.; SANTANA, M. H. M. Substituição de minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.65, n.2, p.513-518, 2013.

FLOHR, J. R.; DEROUCHÉY, J. F. T.; WOODWORTH, J. C.; TOKACH, F. D.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S. A survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *Journal of Swine Health and Production*, p. 290–303, 2016.

GOWANLOCK, D. W.; MAHAN, D. C.; JOLLIFF, J. S.; MOELLER, S. J.; HILL, G. M. Evaluating the NRC levels of Cu, Fe, Mn, and Zn using organic minerals for grower-finisher swine *Journal of Animal Science*. v. 9, p. 5680–5686, 2013.

GUO, R.; HENRY, P. R.; HOLWERDA, R. A.; CAO, J.; LITTELL, R. C.; MILES, R. D.; AMMERMAN, C. B. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. *Journal of Animal Science*, v. 79, p. 1132-1141, 2001.

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.

JONAS, C. R. et al. Extracellular thiol/disulfide redox state affects proliferation rate in a human colon carcinoma (Caco2) cell line. *Free radical biology & medicine*, v. 33, n. 11, p. 1499–506, 1 dez. 2002.

JONES, D. P. Redefining oxidative stress *Antioxidants & redox signaling*, v. 8, n. 9-10, p. 1865–79, 2006.

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

LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J. Evaluation of metalamino 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, p.734-1740, 2001.

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

LEESON, S. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. World Poultry, v. 3, p. 14-16. 2008.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Commercial poultry nutrition. Ontario: University books, p.398, 2005.

LENSING, M.; KLIS V.D. Evaluation of the use of Bioplex trace minerals at very low dosages in a high performance broiler flock. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 2006.

LI, B. T.; VAN KESSEL, A. G.; CAINE, W. R.; HUANG, S. X.; KIRKWOOD, R. N. Small intestinal morphology and bacterial populations in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide. Canadian Journal Animal Science. v.81, p. 511–6. 2001

MA, Y. L.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELL, G. L.; COX, R. B. Evaluation of trace mineral source and preharvest deletion of trace minerals from finishing diets for pigs on growth performance, carcass characteristics and pork quality. Journal of Animal Science, v. 90, p. 3833–3841, 2015.

MABE, I. Efeitos da suplementação dietética com quelatos de zinco e de manganês na produção de ovos e morfologia intestinal de galinhas poedeiras. 94p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, USP. 2001.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. Animal nutrition. 6th ed. Edinburg: Pearson: p. 639, 2002.

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

MACHADO, P. C. J. Impacto do estado redox do par cys/cyss na eficiência produtiva e em variáveis imunológicas de suínos e bovinos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Do Paraná, 2015.

MENTEN, J. F. M. Eficácia, efeito sinérgico e modo de ação de agentes antimicrobianos como promotores do crescimento de suínos. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 106p. (Tese de Livre Docência) – Universidade de São Paulo, 1995.

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

MUNIZ, E. B.; ARRUDA, A. M. V.; FASSANI, E. J.; FEIXEIRA, A. S.; PEREIRA, E. S. Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte. *Revista Caatinga*, v.20, n.1, p.05-14. 2007.

MUNIZ, M. H. B.; BERTO, D. A.; AUGUSTO, R. M. N.; NETO, M. A. T.; WECHSLER, F. S.; TIERZO, V. L. Fontes de minerais orgânicos e inorgânicos para leitões desmamados. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.10, p.2163-2168, 2010.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Swine, 9th Revised Edition. National Academy Press, Washington, USA.1988.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Swine, 11th Revised Edition. National Academy Press Washington, USA. 2012.

OSAMA, M.; EL-HUSSEINY.; SAMIA M. H.; RIDA, A. A.; SOHAIR A. A.; LAILA D.; AHMAD A. O. Effects of feeding organic zinc, manganese and copper on broiler growth, carcass characteristics, bone quality and mineral content in bone, liver and excreta. *Journal of Poultry Science*. v.11, n. 6, p. 368-377, 2012.

PECHOVA, A.; PAVLATA, L.; LOKAJOVA, E. Zinc supplementation and somatic cell count in Milk of dairy cows. *Acta Veterinaria Brno*, v. 75, n. 3, p. 355-361, 2006.

PIERCE, J., J.; DRIVER, J.; HARTE-DENNIS D.; HENMAN. Reducing phosphorus and copper excretion from poultry and swine using phytase and organic minerals. In: *Addressing Animal Production and Environmental Issues*. College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. 2001.

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, p.215-236, 1997.

RAMBO, Z.; SCHINCKEL, A.; WILSON, M. E.; WARD, T.; RICHERT, B. Effect of supplemental zinc source and ractopamine on grow-finish pig growth performance and carcass characteristics. *Midwest Animal Science Meeting*, 2012.

RICHARDS, J. D.; ZHAO, J.; HARRELL, R. J.; ATWELL, C. A.; DIBNER, J. J. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*. v.23, p. 1527 – 1534, 2010.

RICHARDS, M. P. Zinc, copper and iron metabolism during porcine fetal development. *Biological Trace Element Research*, v.69, p. 27-36. 1999.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia. 2011.

RUPIC, V.; IVANDIJA, L.; LUTEROTTI, S.; DOMINIS-KRAMRIC, 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.

SCHIAVON, S. BAILONI, L.; RAMANZIN, M.; VINCENZI, R.; SIMONETTO, A.; BITTANTE, G. Effect of proteinate or sulphate mineral source on trace elements in blood and liver of piglets. *Journal Animal Science*, v. 78, p.131-139, 2000.

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

SMITS, R. J. & HENMAN, D. J. Practical experiences with Bioplexes in intensive pig production. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium* (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds). Nottingham University Press, UK, pp. 293-300. 2000.

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, p.259-275, 1996.

SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, [S.l.], v. 176, n. 1, p. 70-76, 2008.

STEPHENSON, E. W.; WOODWORTH, J. C.; TOKACH, M. D.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S. The Effects of increasing organic or inorganic zinc on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports V. 1, Issue 7, Swine Day Article 28*. 2015.

TAYLOR-PICKARD, J. A.; NOLLET, L. Performance, carcass characteristics and economic benefits of total replacement of inorganic minerals by organic forms in growing pig diets. *Journal of Applied Animal Nutrition*, v. 2, p. 1-3, 2013.

TOMLINSON, D. J.; MULLING, C. H.; FAKLER, T. M. Formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *J Dairy Sci.* v.87, p. 797-809, 2004.

VAN LUNEN, T. A. & COLE, D. J. A. Growth and body composition of highly selected boars and gilts. *Animal Fcience*, v.67, p.107-116, 1998.

VEUM, T. L.; CARLSON, M. S.; WU, C. W.; BOLLINGER, D. W.; ELLERSIECK, M. R. 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*, p. 153 – 172, 2005.

VOHRA, P.; GRAY, G. A.; KRATZER, F. H. Phytic acid-metal complexes. Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine, v. 120, p. 447-449, 1965.

WARD, T.L. Zinc-methionin improves growth performance of starter pigs. Journal of Animal Science, v. 74, p. 173-182, 1996.

ANEXO

ANEXO 1 - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS DIETAS.

	Ingredientes (%)			
	Pré-inicial	Pré-1	Inicial-1	Inicial-2
Milho moído	204	365	460	620
Farelo de Soja	220	215	225	300
Açúcar Cristal	10	10	15	10
Farelo de Bolachas	100	-	-	-
Soro de Leite em pó	50	-	-	-
Óleo Soja	13,4	10	-	20
DL-Metionina	0,69	-	-	-
L-Lisina	1,06	-	-	-
L-Treonina	0,67	-	-	-
L- Tryptophan	0,18	-	-	-
Nc pré inicial	400	400	-	-
Nc inicial1	-	-	300	-
Nc inicial 2	-	-	-	50
Total	1.000	1.000	1.000	1.000
Níveis Nutricionais Calculados				
	Pré-inicial	Pré-1	Inicial-1	Inicial-2
E. Met. Suínos	3.556,22	3.491,01	3.399,59	3.352,71
Kcal/KG				
Proteína Bruta	21,9 26	21,2 44	19,9 75	19,5 34
Gordura Bruta	8,076	6,649	5,505	4,877
Fibra Bruta	2,196	2,326	2,682	3,194
Lactose	16,086	12,336	6,018	0
Cinzas	6,169	5,74	5,289	5,426
Cálcio Disponível	0,884	0,815	0,803	0,853
Fósforo Disponível	0,533	0,51	0,455	0,403
Lisina	1,58	1,45	1,305	1,23
Metionina	0,634	0,564	0,486	0,443
Cistina	0,284	0,279	0,26	0,246
Met+Cist.	0,917	0,842	0,745	0,689
Treonina	1,011	0,928	0,823	0,763
Triptofano	0,316	0,291	0,247	0,221
Arginina	1,009	1,017	1,034	1,136
Lis:M+C	0,58	0,581	0,571	0,56
Lis:Tre S	0,64	0,64	0,631	0,62

Premix Vitamínico e Mineral – supre por Kg de dieta: vitamina A 3,16 UI, vitamina D3 0,63 UI, vitamina E 10.40 UI, vitamina B1 0,45 UI e vitamina K3 1,01 UI. Para todas as dietas a inclusão de Zn 2000 ppm, Cu 10 ppm e Mn 85 ppm; Availa Cobre® ((Zinpro, Eden Prairie, MN) - na forma de complexo de Cu metionina foi suplementado em níveis de 25ppm (T2), 50ppm (T3), 75ppm(T4) e 100 ppm (T5). Em T1 e T6 os níveis de Cu, a partir de fontes inorgânicas, foram 10ppm e 150ppm respectivamente.