

## Suplementação de dietas para bezerros nelore recém-desmamados com fontes de zinco orgânica e inorgânica

*Supplementation of diets to nelore calves at weaning with organic and inorganic zinc sources*

VILELA Flávio Garcia<sup>1\*</sup>; ZANETTI, Marcus Antônio<sup>2</sup>; SARAN NETTO, Arlindo<sup>2</sup>; FREITAS JÚNIOR, José Esler<sup>3</sup>; RENNÓ, Francisco Palma<sup>1</sup>; BARLETTA, Rafael Villela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Nutrição e Produção, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, Programa de Pós-Graduação de Doutorado do Departamento de Zootecnia, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

\*Endereço para correspondência: fgvilela@usp.br

### RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes fontes de zinco na dieta de bezerros Nelore em relação à resposta imunológica e fisiológica. Foram utilizados 60 bezerros recém desmamados, com 220kg de peso vivo, distribuídos em quatro tratamentos: A - sem suplementação de zinco; B - 30mg de zinco na forma de sulfato de zinco/kg de matéria seca; C - 30mg de zinco na forma de zinco aminoácido/kg de matéria seca; D- 30 mg de zinco na forma de zinco proteinato/kg de matéria seca. A cada 28 dias, os animais foram pesados e coletou-se amostras de sangue para análises de zinco, fosfatase alcalina e imunoglobulinas G e M. Os animais permaneceram em pastagem de *Brachiaria brizantha* e tiveram à disposição um suplemento mineral completo, fornecido “*ad libitum*” no cocho. As análises de zinco foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica enquanto as análises de fosfatase alcalina e imunoglobulinas G e M mediante utilização de kit LabTest. Quanto aos níveis de imunoglobulina M, os tratamentos zinco aminoácido e zinco proteinato não diferiram entre si, porém foram superiores aos tratamentos controle e sulfato de zinco. Em relação aos níveis de zinco, o tratamento zinco aminoácido foi superior apenas ao sulfato de zinco. Não houve diferença nos níveis de fosfatase alcalina, imunoglobulina G e ganho de peso entre os tratamentos, o que indica não ter havido vantagem na utilização da fonte orgânica sobre a inorgânica.

**Palavras-chave:** bovinos, disponibilidade, minerais, respostas fisiológica

### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of different zinc sources in the diet of Nelore calves in relation to immune and physiological response. Sixty weaned calves, with 220kg body weight were submitted to four treatments: A- without zinc supplementation; B- 30mg of zinc as zinc sulfate/kg of dry matter; C- 30mg of zinc as amino acid zinc/kg of dry matter; D- 30mg of zinc as proteinate zinc/kg of dry matter. Every 28 days, the animals were weighted and sampled for blood zinc analysis, phosphatase alkaline and immunoglobulins G and M. The calves were kept in *Brachiaria brizantha* pastures with ad libitum access to a mineral mixture. Zinc was analyzed by atomic absorption spectrophotometer while phosphatase alkaline and immunoglobulins G and M were analyzed using the LabTest kit. Regarding the levels of immunoglobulin M, the amino acid zinc and proteinate zinc treatment did not differ but were superior than control and zinc sulfate treatment. In relation to zinc levels, amino acid zinc treatment was only superior to zinc sulphate. There was no difference on phosphatase alkaline, immunoglobulin G and body weight among treatments indicating that there was no advantage of using organic sources over the inorganic.

**Keywords:** availability, cattle, minerals, physiological response

## INTRODUÇÃO

O zinco faz parte de um grande número de enzimas (fosfatase alcalina) e ainda atua como cofator de outras. Sua deficiência em ruminantes causa redução no crescimento, ingestão de alimentos e conversão alimentar, além de diminuir o crescimento do testículo e causar problemas ósseos e diminuição da imunidade (SPEARS et al., 2004).

Há uma grande variação no teor de zinco tanto no solo, quanto nas forragens. Para diagnosticar a deficiência, o nível de zinco sanguíneo é bastante utilizado, e níveis entre 0,4 e 0,6mg/dL são considerados deficientes e podem causar lesões severas nos ruminantes (McDOWELL, 2003).

Os bovinos são mais susceptíveis à deficiência de zinco no período de crescimento rápido, ou seja, no primeiro ano de vida. Bezerros de corte podem apresentar baixos níveis de zinco sérico ao desmame. A deficiência de zinco pode ser desencadeada pela simples falta do elemento na dieta, pela presença de substâncias inibidoras da dieta, ou quando processos infecciosos agudos ou crônicos são instalados e em condições de estresse prolongado (SPEARS, 2003). Quando o estresse está instalado, ocorre mobilização de uma proteína, denominada metalotioneína, dependente de zinco. Essa proteína funciona como agente vigilante do órgão que necessita de zinco para sua manutenção e função, assim, mobiliza o zinco endógeno e armazena-o no fígado. Esse mecanismo tem a função de manter a integridade do sistema de defesa contra agentes infecciosos (bactérias, vírus, toxinas) e atua na regeneração do tecido lesado (SPEARS, 2003).

O efeito do Zn sobre marcadores da imunidade tem sido estudado por várias décadas (PEAKE et al., 2003). O Zn é um elemento traço essencial para o

desenvolvimento normal e função de células imunes, tais como os neutrófilos e as células *natural killer*, para as funções de linfócitos T e produção de citocinas. A deficiência de Zn pode ser demonstrada pela depressão na produção de imunoglobulinas (G e M).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da suplementação de diferentes fontes de zinco em bezerros recém desmamados sobre a resposta do sistema imunológico (medida através da determinação dos níveis de imunoglobulinas), aos níveis de fosfatase alcalina (indicador da biodisponibilidade de zinco), ao estresse e ao ganho de peso.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo em Pirassununga-SP, por um período de 112 dias. Foram utilizados 60 bezerros da raça Nelore, recém desmamados com idade média de oito meses, e suplementados a pasto (*Brachiaria brizantha*) com três diferentes fontes de zinco (sulfato de zinco, zinco aminoácido e zinco proteinato) adicionado à mistura mineral de acordo com as exigências de requerimento (NRC, 2000).

Os animais com peso inicial médio de 220kg foram distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos: sem suplementação de zinco; 30mg de Zn na forma de sulfato de zinco/kg de MS; 30mg de Zn na forma de zinco aminoácido/kg de MS ; 30mg de Zn na forma de zinco proteinato/kg de MS. Os quatro grupos de 15 animais foram distribuídos em quatro piquetes de braquiárias, e cada piquete possuía uma área de 6,7ha e um cocho para

suplementação mineral. A mistura mineral foi fornecida “*ad libitum*”. Foi efetuado um rodízio de piquetes semanalmente para controlar o efeito de cada piquete.

O experimento foi realizado entre os meses de julho e outubro de 2008. A cada 28 dias realizou-se uma amostragem da pastagem de braquiária para verificar a composição bromatológica (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica da pastagem de braquiária

Amostra	MS %	PB	EE	FDN	FDA	Ca	P	Zn (mg/kg)
Braquiária 1	36,48	4,52	1,56	77,78	44,98	0,60	0,08	16,28
Braquiária 2	35,78	4,67	1,68	79,82	45,29	0,55	0,07	15,96
Braquiária 3	36,77	4,34	1,34	79,52	44,33	0,61	0,08	16,98
Braquiária 4	36,21	4,51	1,49	80,19	45,46	0,60	0,08	15,90

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; Zn = zinco.

Os animais foram pesados a cada 28 dias. As amostras de sangue foram coletadas da veia jugular em tubos vacutainer de 10ml para análise de zinco plasmático, fosfatase alcalina e imunoglobulinas G e M. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Minerais e em seguida centrifugadas a 2000xg durante 15 minutos. O sobrenadante foi armazenado em tubos eppendorf a -20°C. As análises de zinco foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica (MILES et al., 2001), enquanto as análises de fosfatase e imunoglobulinas mediante utilização de kit LabTest. A fosfatase alcalina foi analisada pelo método cinético, por meio do analisador bioquímico SBA 200 (CELM<sup>®</sup>), enquanto as análises de imunoglobulinas mediante fracionamento eletroforético das proteínas plasmáticas em gel de agarose, com o tampão Tris-glicina, pH 9,5. A separação eletroforética foi realizada em duas sequências: diluição do plasma em água destilada com adição de 0,6µl em cada poço do gel e corrida das amostras por 35 minutos; outra

alíquota do plasma foi tratada com 2-Mercaptoetanol que após a desidratação em sacos de diálise, foi usado para nova eletroforese. Com os resultados da concentração de proteínas plasmáticas totais, proteína do plasma por eletroforese e proteínas do plasma tratado pelo 2-Mercaptoetanol, foi possível determinar a concentração de imunoglobulinas G e M. A leitura foi feita por um densitômetro Celm DS 35, comprimento de onda de 520 nanômetros.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com 15 animais por tratamento. Os dados de fosfatase alcalina, Zn, Ig G e Ig M foram analisados como medidas repetidas no tempo, mediante uso de PROC MIXED do programa SAS, versão 9.1 (SAS INSTITUTE, 2004).

Para as variáveis medidas ao longo do tempo, o modelo incluiu o tratamento (fonte), o tempo (dias de coleta), e a interação entre o tempo e o tratamento como efeitos fixos.

Foi utilizado efeito aleatório de animal dentro de dieta e o método de Kenward-Rogers foi utilizado para o cálculo dos

graus de liberdade do denominador de F-testes. Os efeitos do tratamento em dias de coleta específicos foram determinados através da opção PDIFF com médias obtidas por meio do LSMEANS. Foi adotado o nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ; Tabela 3) nos níveis plasmáticos de zinco em função de suas diferentes fontes. Apesar dos níveis de zinco situarem-se em uma faixa considerada por McDowell (2003) como um valor considerado deficiente, pois os valores estão entre 0,4 e 0,6mg/dL (Tabela 2), os maiores níveis de zinco plasmáticos

foram encontrados no tratamento que utilizou como fonte, zinco aminoácido em relação ao sulfato de zinco. Entretanto, apenas na coleta com 84 e 112 dias é que foi verificada essa diferença (Tabela 2). De acordo com McDowell (2003), níveis séricos normais de zinco estão entre 0,72 e 1,17mg/dL, e animais com níveis abaixo de 0,68mg/dL são considerados deficientes. Wright et al (2008) ao trabalharem com duas fontes de zinco (zinco proteinato e sulfato de zinco) também encontraram maiores níveis de zinco plasmático para o tratamento que utilizou a forma orgânica. Como observado na Figura 1, os níveis de zinco plasmático a partir da coleta de 28 dias foram maiores para os tratamentos com zinco aminoácido ( $P < 0,05$ ).

Tabela 2. Valores médios encontrados das variáveis em resposta a suplementação de zinco (controle, sulfato de zinco, zinco aminoácido e zinco proteinato) em função dos dias de coleta de sangue e de pesagem

Dias	Zn plasmático <sup>1</sup>				Fosfatase Alcalina <sup>2</sup>			
	Contr.	Sulf. Zn	Zn AA	Zn prot.	Contr.	Sulf. Zn	Zn AA	Zn prot.
0	0,469 <sup>a</sup>	0,383 <sup>a</sup>	0,537 <sup>a</sup>	0,441 <sup>a</sup>	190 <sup>a</sup>	183 <sup>a</sup>	212 <sup>a</sup>	219 <sup>a</sup>
28	0,542 <sup>a</sup>	0,554 <sup>a</sup>	0,570 <sup>a</sup>	0,515 <sup>a</sup>	301 <sup>a</sup>	298 <sup>a</sup>	284 <sup>a</sup>	317 <sup>a</sup>
56	0,460 <sup>a</sup>	0,423 <sup>a</sup>	0,531 <sup>a</sup>	0,583 <sup>a</sup>	240 <sup>a</sup>	240 <sup>a</sup>	242 <sup>a</sup>	231 <sup>a</sup>
84	0,474 <sup>ab</sup>	0,382 <sup>b</sup>	0,611 <sup>a</sup>	0,402 <sup>b</sup>	240 <sup>a</sup>	231 <sup>a</sup>	245 <sup>a</sup>	260 <sup>a</sup>
112	0,498 <sup>ab</sup>	0,455 <sup>b</sup>	0,595 <sup>a</sup>	0,597 <sup>a</sup>	242 <sup>a</sup>	250 <sup>a</sup>	273 <sup>a</sup>	263 <sup>a</sup>
Dias	Imunoglobulina G <sup>3</sup>				Imunoglobulina M <sup>4</sup>			
	Contr.	Sulf. Zn	Zn AA	Zn prot.	Contr.	Sulf. Zn	Zn AA	Zn prot.
0	2,10 <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>
28	2,23 <sup>b</sup>	2,38 <sup>ab</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,16 <sup>b</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>
56	2,06 <sup>a</sup>	2,11 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	2,03 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>
84	2,09 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	2,12 <sup>a</sup>	2,11 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>
112	2,06 <sup>a</sup>	2,09 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>
Dias	Ganho de peso <sup>5</sup>							
	Contr.	Sulf. Zn	Zn AA	Zn prot.	-	-	-	-
0	*	*	*	*	-	-	-	-
28	-59,50 <sup>b</sup>	-76,17 <sup>b</sup>	-35,71 <sup>ab</sup>	69,03 <sup>a</sup>	-	-	-	-
56	538,05 <sup>a</sup>	309,49 <sup>b</sup>	266,61 <sup>b</sup>	321,39 <sup>ab</sup>	-	-	-	-
84	2,37 <sup>b</sup>	54,75 <sup>b</sup>	207,12 <sup>a</sup>	135,69 <sup>ab</sup>	-	-	-	-
112	404,71 <sup>b</sup>	499,95 <sup>ab</sup>	473,77 <sup>ab</sup>	635,67 <sup>a</sup>	-	-	-	-

<sup>1</sup>mg/dL; <sup>2</sup>U/L; <sup>3</sup>g/dL; <sup>4</sup>g/dL; <sup>5</sup> gramas; \* Sem dados.

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Cont = dieta controle; Sulf.Zn = zinco inorgânico (sulfato de zinco); ZnAA = zinco aminoácido (zinco orgânico); ZnProt = zinco proteinato (zinco orgânico).

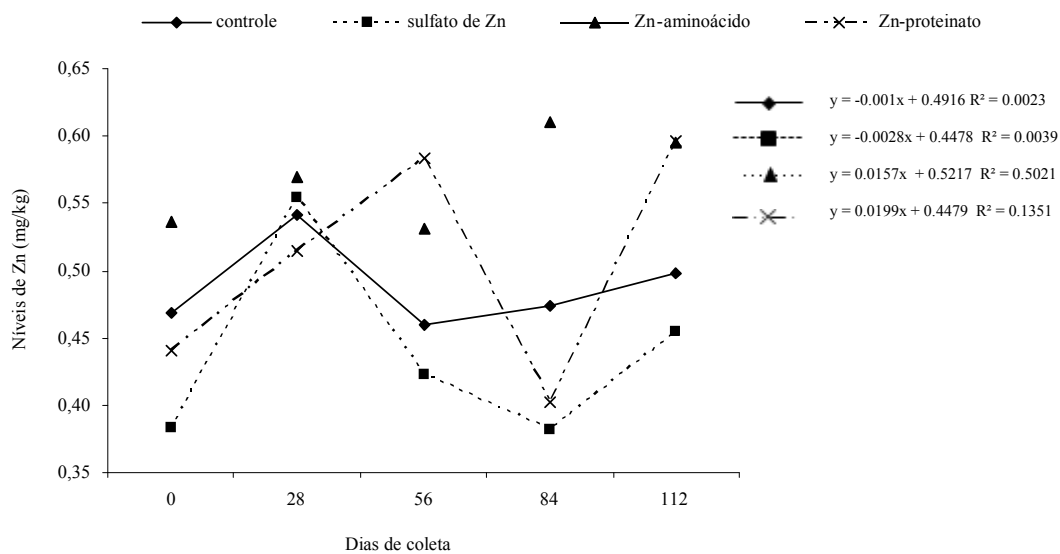


Figura 1. Níveis de zinco plasmáticos em função das fontes de suplementação observados em bezerros com 0, 28, 56, 84 e 112 dias de coleta

Wright & Spears (2004) relataram que as concentrações de zinco no plasma foram similares em bezerros suplementados com 20mg/kg de zinco inorgânico ( $ZnSO_4$ ) ou zinco orgânico (Zn proteinato) porém, quando o zinco é fornecido em concentrações relativamente altas, ou seja, concentrações muito superiores às exigências nutricionais, bezerros suplementados com zinco orgânico apresentam maior concentração de zinco no plasma do que os alimentados com zinco inorgânico.

Engle et al. (1997) afirmaram que as fontes de zinco (orgânico e inorgânico) não afetaram as concentrações de zinco plasmático em seu estudo. Entretanto, quando bezerros foram suplementados com 500mg de zinco/kg, o zinco orgânico teve melhor absorção do que o zinco inorgânico, baseado, sobretudo, nas maiores concentrações de zinco no plasma (WRIGHT & SPEARS, 2004).

Ainda Engle et al. (1997) registraram os valores de concentração de zinco plasmático entre  $0,82 \pm 0,10$ mg/dL e  $1,07 \pm 0,38$ mg/dL, e concluíram que dietas deficientes de zinco não afetam

as concentrações no plasma de bezerros. A concentração sérica de zinco tem sérias limitações para o estabelecimento do *status* de zinco nos animais (OLSON et al., 1999). Essas limitações são decorrentes da grande variação nas concentrações plasmáticas de zinco, devido aos mecanismos envolvidos na absorção intestinal de zinco. Segundo Mcdowell (2003), esta absorção pode variar de 15 a 60%.

Não houve diferença significativa nos níveis de fosfatase alcalina em função das diferentes fontes de zinco ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). Ao se assumir que a atividade da fosfatase alcalina é um indicador de biodisponibilidade, pode-se afirmar com base nestes dados, que a disponibilidade do zinco em sulfato de zinco, zinco aminoácido e zinco proteinato não diferiram, quando o nível dietético de zinco foi propositalmente mantido de acordo com as exigências nutricionais (NRC, 2000). Apesar dos níveis plasmáticos maiores de zinco, quando se utilizou zinco aminoácido, estes não se refletiram em uma maior atividade de fosfatase alcalina.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) conforme a Tabela 3, entre as fontes de zinco testadas em relação aos níveis de imunoglobulina G. Entretanto, na coleta realizada com intervalo de 28 dias (Tabela 2), houve diferença entre os animais que receberam zinco aminoácido em comparação ao controle. Não foi observada relação entre maiores concentrações plasmática de zinco e concentrações de imunoglobulinas G, embora a deficiência de zinco esteja relacionada com a diminuição de imunoglobulinas.

Houve diferença ( $P<0,05$ ; Tabela 3) nos níveis de imunoglobulina M (IgM), o que pode ser também observado nas coletas com intervalos de 56; 84 e 112 dias (Tabela 2). A resposta imune celular específica inclui o sistema de linfócitos T e B. Estas células são responsáveis pela

síntese de anticorpos (imunoglobulinas), pelo estabelecimento de resistência ao micro-organismo invasor e morte dos micro-organismos. Bonham et al., (2002) e Chandra, (1990) demonstraram que a função das células T foi afetada em humanos com deficiência moderada de Zn. As funções dos linfócitos T, tais como hipersensibilidade retardada e atividade citotóxica, são suprimidas durante a deficiência de Zn, mas restauradas pela suplementação. A participação do Zn na resposta imune celular específica é realizada através do seu papel na expansão clonal de linfócitos (SHANKAR & PRASAD, 2001), pela inibição da apoptose e pela manutenção da integridade da membrana celular através da ligação do Zn ao grupamento tiol (O'DELL, 2001).

Tabela 3. Valores médios encontrados das variáveis em resposta à suplementação de zinco

Item	Fonte				Media	CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	Cont	Sulf.Zn	ZnAA	ZnProt			Fonte	Tempo	T x F
FA (U/L)	242,60 <sup>a</sup>	240,40 <sup>a</sup>	251,20 <sup>a</sup>	258,00 <sup>a</sup>	248,05	30,75	0,912	<0,001	0,730
IgG (g/dL)	2,11 <sup>a</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,35 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	2,22	16,44	0,074	<0,001	0,031
Zn <sup>2</sup>	0,50 <sup>ab</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,50 <sup>ab</sup>	0,505	35,58	0,003	<0,001	0,002
IgM (g/dL)	0,28 <sup>b</sup>	0,29 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,32	31,11	0,020	<0,001	0,085
GPV	221,41 <sup>a</sup>	197,56 <sup>a</sup>	227,95 <sup>a</sup>	290,44 <sup>a</sup>	234,34	-	0,087	<0,001	<0,001

Cont = dieta controle; Sulf.Zn = zinco inorgânico (sulfato de zinco); ZnAA = zinco aminoácido (zinco orgânico); ZnProt = zinco proteinato (zinco orgânico).

<sup>1</sup>Probabilidade de efeito fixo de tempo, fonte e interação tempo vs fonte (T x F) ajustado pelo PROC MIXED; <sup>2</sup>mg/dL; médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem ( $P>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Não houve diferença entre os tratamentos ( $P<0,05$ ) em relação ao ganho de peso (Tabela 3), porém podem ser observadas diferenças em todos os intervalos de pesagem (28; 56; 84 e 112 dias). Todos os animais, com exceção daqueles que utilizaram zinco proteinato apresentaram perda de peso

nos primeiros 28 dias (Tabela 2), o que provavelmente ocorreu devido ao *stress* da desmama. O *stress* acelera o consumo de zinco e a principal consequência da alteração metabólica é a falta de apetite e depressão da resposta imune aos agentes agressores, o que resulta na diminuição das imunoglobulinas presentes no sangue.

Os resultados para ganho de peso são diferentes dos encontrados por Ward et al. (2002), que observaram maiores ganhos de peso para os animais que utilizaram zinco na forma orgânica. Spears & Kegley (2002) também reportaram pesos a desmama maiores para bezerras suplementados com zinco orgânico quando comparado a grupos controle que recebiam óxidos ou sulfatos de zinco.

Bezerros Nelore, recém desmamados, criados a pasto apresentaram baixos níveis de zinco plasmático mesmo com a suplementação em níveis recomendados. Níveis estes que foram utilizados tanto na forma orgânica como na forma inorgânica.

Ao se assumir que o nível plasmático de zinco, a atividade da fosfatase alcalina, os níveis de imunoglobulinas G e M e o ganho de peso são indicadores de biodisponibilidade, pode-se afirmar com base neste experimento, que a disponibilidade do zinco orgânico (zinco aminoácido e zinco proteinato) foi melhor do que a dieta controle e o sulfato de zinco apenas em relação aos níveis de imunoglobulina M. Portanto, pode-se inferir que nesta pesquisa não houve vantagem da utilização da fonte orgânica sobre a inorgânica.

## REFERÊNCIAS

BONHAM, M.; O'CONNOR, J.M.; HANNIGAN, B.M.; STRAIN, J.J. The immune system as a physiological indicator of marginal copper status. **British Journal of Nutrition**, v.87, p.393-403, 2002.

CHANDRA, R.K. Micronutrients and immune function. An Overview. **Journal of the American Medical Association**, v.587, p.9-16, 1990.

ENGLE, T.E.; NOCKELS, C.F.; KIMBERLING, C.V.; WEABER, D.L.; JOHNSON, A.B. Zinc repletion with organic and inorganic forms of zinc and protein turnover in marginally zinc deficient calves. **Journal of Animal Science**, v.75, p.3074-3081, 1997.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. New York: Academic Press, 2003, 625p.

MILES, P.H.; WILKINSON, N.S.; McDOWELL, L.R. **Analysis of mineral for animal nutrition research**. 3 ed. Gainesville: University of Florida, 2001, 118p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. 232p.

O' DELL, B.L. Role of zinc in plasma membrane function. **Journal of Nutrition**, v.130, p.1432-1436, 2001.

OLSON, P.A.; BRINK, D.R.; KICKOK, D.T.; CARLSON, M.P.; SCHNEIDER, N.R.; DEUTSCHER, G.H.; ADAMS, D.C.; COLBURN, D.J.; JOHNSON A.B. Effects of supplementation of organic and inorganic combinations of copper, cobalt, manganese, and zinc above nutrient requirement levels on postpartum two year old cows. **Journal of Animal Science**, v.77, p.522-532, 1999.

PEAKE, J.M.; GERRARD, D.F.; GRIFFIN, J.F.T. Plasma zinc and immune markers in runners in response to a moderate increase in training volume. **International Journal Sports Medicine**, v.24, p.212-216, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. Version 8.2, Cary, NC, 2004.

SHANKAR, A.H.; PRASAD, A.S. Zinc and immune function: The biological basis of altered resistance to infection. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, p.4475-4635, 2001. Suppl. 2.

SPEARS, J.W. Trace mineral bioavailability of ruminants. **Journal of Nutrition**, v.133, p.1506-1509, 2003. Suppl.

SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B. Effect of zinc source (zinc oxide vs. zinc proteinate) and level of performance, carcass characteristics and immune response of growing and finishing steers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2747-2752, 2002.

SPEARS, J.W.; SCHLEGEL, P.; SEAL, M.C.; LLOYD, K.E. Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. **Livestock Production Science**, v.90, p.211-217, 2004.

WARD, J.D.; SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B. Effect of trace mineral source on mineral metabolism, performance and immune response in stressed cattle. **Journal of Animal Science**, v.80, p.300. 2002. Suppl. 1.

WRIGHT, C.L.; SPEARS, J.W. Effect of zinc source and dietary level a zinc metabolism in Holstein calves. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.1085-1091, 2004.

WRIGHT, C.L.; SPEARS, J.W.; WEBB JÚNIOR., K.E. Uptake of zinc from zinc sulfate and zinc proteinate by ovine ruminal and omasal epithelia. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1357-1363, 2008.

Data de recebimento: 22/11/2010

Data de aprovação: 19/09/2011