



<http://dx.doi.org/>

<http://www.nutricaoanimal.ufc.br>

Nota Técnica

Medicina Veterinária

## **Benefícios do uso de minerais sob a forma orgânica no balanceamento de rações para ruminantes (\*): Nota Técnica**

### ***Benefits of using minerals in organic form in balancing rations for ruminants (\*): Technical Note***

**Resumo:** Os animais de produção necessitam receber suplementação mineral de modo a atender suas necessidades de macro e micro minerais. O uso de minerais orgânicos (quelatados ou complexados) em dietas de ruminantes melhora a biodisponibilidade e a absorção. Como são ligados a moléculas orgânicas, eles evitam interações antagônicas no rúmen e no intestino, garantindo maior desempenho reprodutivo e produtivo, além de reduzir o impacto ambiental. Os elementos minerais essenciais aos organismos vivos representam cerca de cinco por cento (5 %) do peso vivo de um animal adulto (MacDowell, 1999). Desta forma, um boi de 500 kg tem aproximadamente 25 kg do seu peso constituído por elementos minerais. Segundo MacDowell, 1999, e de acordo com Teixeira, 2001, os elementos minerais essenciais denominados de macro - minerais, são formados por sete (7) elementos, sendo os seguintes: Cálcio (Ca); Fósforo (P); Potássio (K); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Enxofre (S) e Cloro (Cl). Os elementos minerais essenciais classificados como micro minerais, são formados por dezoito (18) minerais, de acordo com MacDowell, 1999. Os micros – minerais essenciais são os seguintes: Arsênio; Boro; Cádmiio; Cromo; Cobalto; Cobre; Flúor; Iodo; Ferro; Lítio; Manganês; Molibdênio; Níquel; Selênio; Sílica; Estanho; Vanádio; Zinco. Portanto, atualmente, vinte e cinco (25) elementos minerais são reconhecidos como essenciais à dieta dos animais domésticos. Vale ressaltar que alguns destes elementos foram reconhecidos recentemente, como é o caso do Cromo, tido como essencial na última revisão do National Research Council - NRC, bovinos de corte, em 1996. A absorção do mineral orgânico no trato intestinal não sofre o processo de competição iônica, normalmente determinada pela presença de maior concentração de íons minerais.

**Palavras-chave:** minerais, animais de produção, suplementação mineral, dietas de ruminantes

**Abstract:** Livestock require mineral supplementation to meet their macro and micro mineral needs. The use of organic minerals (chelated or complex) in ruminant diets improves bioavailability and absorption. Because they are bound to organic molecules, they avoid antagonistic interactions in the rumen and intestine, ensuring greater reproductive and productive performance, as well as reducing environmental impact. Essential mineral elements for living organisms represent about five percent (5%) of the live weight of an

adult animal (MacDowell, 1999). Thus, a 500 kg steer has approximately 25 kg of its weight made up of mineral elements. According to MacDowell, 1999, and according to Teixeira, 2001, the essential mineral elements, called macro-minerals, are formed by seven (7) elements, which are: Calcium (Ca); Phosphorus (P); Potassium (K); Magnesium (Mg); Sodium (Na); Sulfur (S) and Chlorine (Cl). The essential mineral elements classified as micro minerals are formed by eighteen (18) minerals, according to MacDowell, 1999. The essential micro minerals are as follows: Arsenic; Boron; Cadmium; Chromium; Cobalt; Copper; Fluorine; Iodine; Iron; Lithium; Manganese; Molybdenum; Nickel; Selenium; Silica; Tin; Vanadium; Zinc. Therefore, currently, twenty-five (25) mineral elements are recognized as essential to the diet of domestic animals. It is worth noting that some of these elements have been recognized recently, as is the case of Chromium, considered essential in the last review by the National Research Council - NRC, beef cattle, in 1996. The absorption of organic minerals in the intestinal tract does not undergo the process of ionic competition, normally determined by the presence of a higher concentration of mineral ions.

Keywords: minerals, livestock, mineral supplementation, ruminant diets

---

<http://dx.doi.org/>

Autor para correspondência. E-mail:

Recebido em 20.09.2022. Aceito em 30.12.2022

**(\*) Marcos Sampaio Baruselli, Zootecnista, CRMV 897 / Z, Gerente de Relações Institucionais da Tortuga – SP.**

## 1. INTRODUÇÃO

Por definição, elemento é um material que não pode ser decomposto em uma forma mais simples, por meios químicos comuns (STORER, 1984). Os elementos comuns ao protoplasma, isto é, comuns à matéria viva, são Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O) e Nitrogênio (N). Estes quatro elementos representam juntos cerca de noventa e cinco por cento (95 %) de toda a matéria viva existente. Os conceitos físico-químicos inseridos nos elementos são muitos e interligados. De uma forma simplista estes conceitos podem ser apresentados da seguinte forma:

- As partículas de um elemento chamam-se átomos (blocos construtores básicos).
- Os átomos se compõem de partículas ainda menores

denominadas de protons, neutrons e elétrons.

- Experimentos físicos permitiram contá-los, determinar seu peso atômico e verificar suas cargas elétricas.
- Átomo: considera-se que tem forma esférica, com um núcleo central em torno do qual giram os elétrons (assemelha-se ao sistema solar).
- Embora os átomos sejam neutros, a maior parte é instável.
- A instabilidade dos átomos se deve a órbita onde giram os elétrons que são capazes de entrar em reações químicas e, portanto, ligarem-se a outros átomos.
- Por possuírem cargas elétricas, os elementos podem se ligar por meio de uma reação de transferência de elétrons para formar moléculas que constituem

as substâncias do organismo animal.

Segundo STORNER, 1984, o total de elementos identificados é de noventa e dois (92). Segundo ARISTÓTOLES, 384 – 322 A.C., todos os seres vivos nutrem-se de substâncias idênticas aquelas que compõem seu próprio organismo. Os elementos minerais essenciais aos organismos vivos representam cerca de cinco por cento (5 %) do peso vivo de um animal adulto (MacDowell, 1999). Desta forma, um boi de 500 kg tem aproximadamente 25 kg do seu peso constituído por elementos minerais. Segundo MacDowell, 1999, e de acordo com Teixeira, 2001, os elementos minerais essenciais denominados de macro - minerais, são formados por sete (7) elementos, sendo os seguintes:

**Cálcio (Ca); Fósforo (P); Potássio (K); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Enxofre (S) e Cloro (Cl).** Os elementos minerais essenciais classificados como micro

minerais, são formados por dezoito (18) minerais, de acordo com MacDowell, 1999. Os micros – minerais essenciais são os seguintes: **Arsênio; Boro; Cádmio; Cromo; Cobalto; Cobre; Flúor; Iodo; Ferro; Lítio; Manganês; Molibdênio; Níquel; Selênio; Sílica; Estanho; Vanádio; Zinco.** Portanto, atualmente, vinte e cinco (25) elementos minerais são reconhecidos como essenciais à dieta dos animais domésticos. Vale ressaltar que alguns destes elementos foram reconhecidos recentemente, como é o caso do Cromo, tido como essencial na última revisão do National Research Council - NRC, bovinos de corte, em 1996. Outros minerais, antes da década de 80, como é o caso do Selênio, eram tidos somente como elementos minerais tóxicos.

As exigências de minerais para bovinos de corte, assim como a concentração máxima tolerável do mineral na dieta, segundo o NRC, 1996, estão na Tabela 1.

**Tabela 1 - Exigências de minerais e concentrações máximas de tolerância de minerais para bovinos de corte (NRC, 1996).**

MINERAL	UNIDADE (KG DE MS)	CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO	GESTAÇÃO	LACTAÇÃO	CONC. MÁXIMA
Cobalto	mg / kg	0,1	0,1	0,1	10
Cobre	mg / kg	10	10	10	100
Iodo	mg / kg	0,5	0,5	0,5	50
Ferro	mg / kg	50	50	50	1000
Selênio	mg / kg	0,1	0,1	0,1	2
Zinco	mg / kg	30	30	30	500
Manganês	mg / kg	20	40	40	1000
Molibdênio	mg / kg				5
Níquel	mg / kg				50
Cromo	mg / kg				1000
Sódio	%	0,06 – 0,08	0,06 – 0,08	0,10	
Magnésio	%	0,1	0,12	0,20	0,40
Potássio	%	0,6	0,6	0,7	3
Enxofre	%	0,15	0,15	0,20	0,40

Fonte; NRC, 1996.

Com o objetivo de esclarecer o fato de que as exigências de minerais podem ser alteradas por diversos fatores, a Tabela 2 mostra a concentração de

minerais exigida na matéria seca para alguns minerais em dietas de bovinos submetidos a condições de estresse.

**Tabela 2 - Concentração na matéria seca sugerida para alguns nutrientes em bovinos com Stress.**

Nutriente	Requerimento mg/kg	Sugerido em estresse mg/kg	% sugerida de aumento da exigência
Zinco	30	100	+ 230 %
Cobre	10	15	+ 50 %
Selênio	0.1	0.2	+ 100 %
Ferro	50	200	+ 300 %
Manganês	20	70	+ 250 %

Fonte: NRC, 1996 (Gado de corte).

Foi reconhecido pelo NRC – BOVINOS DE CORTE, 1996, que o estresse aumenta os requerimentos de minerais, possivelmente em razão de fatores que incluem menor absorção e maior eliminação de minerais em casos de estresse. Além do stress, existem outros fatores que afetam os requerimentos de minerais dos

ruminantes, entre eles, tipo e nível de produção animal, fatores climáticos e de manejo, momento fisiológico, idade, raça; forma química do mineral no alimento, suas interações com outros nutrientes da dieta, entre outros, o que torna muito difícil estabelecer com precisão uma exata suplementação mineral para animais a pasto.

## **2. Minerais sob a forma orgânica:**

Palavras chaves e definições importantes para a compreensão efeitos dos minerais orgânicos:

**Homeostase:** manutenção das condições estáticas, ou constantes, do meio interno. Significa a tendência à estabilidade do meio interno do organismo. Os fisiologistas chamam de homeostasia o alto nível de controle corporal interno, do

qual os minerais contribuem de forma significativa.

**Estresse:** conjunto de reações do organismo a agressões de ordem física, psíquica, infecciosa, e outras, capazes de perturbar-lhe a homeostase. O metabolismo dos minerais é fortemente alterado pelo estresse.

**Fisiologia integrativa:** nova ciência que descreve os mecanismos físico-químicos de controle homeostático que regulam as variações fisiológicas, levando em conta os sinais bioquímicos, onde os elementos minerais participam de forma decisiva.

**Metabolismo:** é o nome dado a uma série de processos químicos que ocorrem nos seres vivos. Atividades como ingestão e digestão de alimentos e a assimilação, pelo corpo, dos alimentos digeridos, são processos químicos conhecidos coletivamente como metabolismo. Os processos químicos do corpo resultam da interação dos íons, átomos e moléculas que formam a substância do animal.

**Assimilação:** Ou anabolismo, é um conjunto de fenômenos bioquímicos que se processam no organismo vivo, destinados a regenerar, a partir de substâncias simples, a matéria viva que se gasta durante a fase catabólica do metabolismo.

**Catabolismo:** É o oposto de anabolismo; desassimilação; queima de substâncias no organismo.

**Biodisponibilidade:** a biodisponibilidade de elementos essenciais na forma orgânica pode ser definida como a proporção absorvida, transportada ao sítio de ação e convertida na sua forma fisiologicamente ativa.

**Minerais orgânicos:** são íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral (AAFCO, 2000).

A AAFCO – Association American Feed control oficial, 2000, que define as normas e os padrões dos alimentos destinados à produção animal, estabeleceu ainda as seguintes classificações de minerais orgânicos, segundo o tipo de ligação que apresentam os minerais orgânicos ou minerais complexados:

► **Quelato metal aminoácido:** resultado da reação de um sal metálico solúvel com aminoácidos, em proporção molar 1:1, 1:2 (preferencialmente) ou 1:3, a fim de se criar ligações covalentes combinadas. O peso molecular aproximado dos aminoácidos hidrolisados deve ser de 150 Daltons, visto que o peso molecular total não deve ultrapassar 800 Daltons;

► **Complexo metal aminoácido:** obtido da complexação de um sal metálico solúvel e um ou mais aminoácidos;

► **Complexo metal aminoácido específico:** semelhante ao anterior, mas resultado da ligação com um aminoácido específico;

► **Metal proteinado:** resultado da quelatação de um sal metálico solúvel com uma proteína parcialmente hidrolisada;

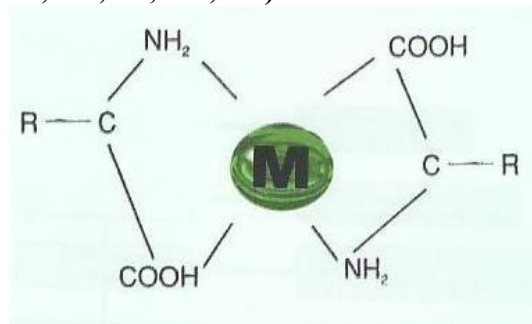
► **Complexo metal-polissacarídeo:** obtido através da complexação de um sal

metálico solúvel e uma solução de polissacarídeos.

### **2.1. Quelatos:**

Do grego *chele*, garra, ou pinça, a quelatação consiste na formação de anéis heterocíclicos, constituídos por um átomo metabólico central que coordena duas ou mais espécies iônicas ou moléculas ligadas às posições ativas do mesmo (MALLETO, 1984). Segundo Silvano Maletto, 1990, a quelatação é uma invenção da natureza que torna possível a circulação dos íons metais nos organismos vivos na forma biodisponível e, portanto, menos tóxica. De fato, no organismo animal existem moléculas onde os minerais fazem parte da sua constituição, como por exemplo, a hemoglobina que contém ferro, a enzima glutation–peroxidase, que contém selênio e a vitamina B12, que contém cobalto. Podemos definir quelato como sendo um metal que passa por um complexo mecanismo industrial que por fim torna-se ligado a um agente quelatante (ou ligante), resultando num composto de alta biodisponibilidade e baixa toxicidade, capaz de suprir com maior eficiência as exigências de minerais dos ruminantes. Por definição, um quelato forma-se quando duas ou mais partes separadas e únicas de uma mesma molécula ligante (neste caso, um aminoácido) formam ligações coordenadas covalentes e iônicas com o mesmo átomo de um metal. ASMEAD, 1996, comenta que pelo menos dois, às vezes três aminoácidos podem ligar-se ao mesmo átomo de metal, criando moléculas anelares bicíclicas (tipo dipeptídeo) e tricíclicas (tipo tripeptídeo). Uma vez quelado o mineral, os produtos que o compõem já não são aminoácidos ou íons de metal. Eles compartilham propriedades com os metais e aminoácidos, conservando, porém, propriedades exclusivas.

**Figura 1 – Estrutura de um quelato (VANDERGRIFT, 1983). O centro, representado pela letra M, pode ser ocupado por elementos pertencentes à primeira série dos metais de transição (Cr; Mn; Fe; Co; Ni; Cu; Zn).**



Para ser classificado como mineral quelatado, o agente quelante presente deve necessariamente (KRATZER; VOHRA, 1986 apud SPEARS, 1996) conter, no mínimo, dois grupos funcionais (oxigênio, nitrogênio, amino, hidroxila), capazes de doar um par de elétrons e combinar-se, através de ligações covalentes com um metal formando um anel heterocíclico com o metal. As ligações covalentes necessárias para a síntese de minerais orgânicos são resultantes da superposição das órbitas externas das moléculas.

As ligações covalentes consomem altas quantidades de energia para a sua formação, sendo o tipo de união que se observa nas ligações peptídicas entre os aminoácidos e que só podem ser desfeitas por procedimentos drásticos como a hidrólise em ácido forte e alta temperatura (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2000). O conhecimento das interações e ligações entre as moléculas é o que permite a produção de minerais orgânicos estáveis, podendo desta forma, alterar, desmontar e montar estruturas moleculares de interesse nutricional e

zootécnico, aumentando assim a sua eficiência funcional.

## **2.2. Complexo metal polissacarídeo:**

Estas macromoléculas que vem sendo chamadas de carboquelatos são as novas conquistas na evolução das técnicas de quelação e já mostraram que apresentam um elevado grau de compatibilidade quando fornecidos com suplementos minerais e rações concentradas. Os compostos provenientes da reação de fosforilação podem ser conceituados como sendo um produto proveniente da análise enzimática de leveduras específicas fermentado sobre um substrato aditivado com fósforo e outros íons metálicos formando complexos orgânicos muito ricos em metabólicos e de alta biodisponibilidade. Os compostos moleculares de fosforilação, quando se ligam ao fósforo por meio de estruturas derivadas de complicados processos industriais fosforilativos, agem como potentes ativadores metabólicos para os microorganismos ruminais e para todas as células do organismo do ruminante. Os carboaminofosfoquelatos podem ser definidos como complexos de quelação e

de transquelação com os minerais associados a um processo de fosforilação sem essenciais modificações da estrutura molecular de coordenação, obtendo desta forma compostos novos que, além da elevada biodisponibilidade e baixa toxicidade, possuem outras interessantes funções biológicas para os ruminantes, entre as quais incluem:

- ▶ **Melhora o ganho de peso e a conversão alimentar;**
- ▶ **Reduz as despesas com medicamentos;**
- ▶ **Reduz a morbidade e a mortalidade de bezerros;**
- ▶ **Estão sendo considerados promotores de crescimento naturais;**
- ▶ **Constitui-se de uma alternativa econômica e ambientalmente correta.**

O fungo empregado no processo de síntese do carboquelato é uma cepa selecionada da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, mais conhecida como fermento de padaria ou levedo de cerveja (AMABIS; TRICÁRICO). A levedura é um fungo unicelular que se reproduz rapidamente por brotamento ou gemulação quando dispõe de substrato orgânico (DAVIS, 1967; AMABIS, 1995). Existem pelo menos duas formas de utilizar leveduras na alimentação de ruminantes, sendo uma por meio da síntese dos carboquelatos onde as leveduras entram como parte integrante do processo industrial dos complexos, e outra por meio de leveduras vivas desidratadas que retomam a atividade de crescimento e reprodução assim que entram em contato com um substrato adequado para o seu desenvolvimento. Por definição do compendio brasileiro de alimentação animal, 1998, microingredientes ou aditivos são toda substância ou mistura de substâncias adicionadas aos produtos destinados à alimentação animal com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades desejáveis e suprimir as

propriedades indesejáveis. São exemplos de micronutrientes: Acidificantes, adsorventes, aglutinantes, aromatizantes, palatabilizantes, conservantes, corantes, enzimas, probióticos (microrganismos), prebióticos, promotores de crescimento e /ou de eficiência alimentar.

#### **Algumas definições de probióticos incluem:**

1. Parker (1974): São organismos ou substâncias que contribuem para o balanço da microbiota intestinal;
2. Atherton et al (1987): Qualquer produto capaz de auxiliar a flora intestinal a manter a dominação sobre os microrganismos patogênicos;
3. Fuller (1989): São suplementos alimentares à base de microrganismos vivos, que afetam positivamente o hospedeiro, promovendo o equilíbrio da microbiota intestinal;
4. Harvenaar et al. (1992): Culturas de microrganismos vivos que beneficiam o hospedeiro pelo estímulo das propriedades existentes na microbiota natural.

A parede celular da levedura que pode estar presente em pré e próbióticos é composta principalmente por polissacarídeos, podendo ser homo ou hetero – polímeros. A estrutura básica consiste em (1-3) -beta-D-glucanos (VALERIO, 1994). A parede celular da levedura apresenta também uma porção significativa de proteínas associadas a um ou mais componentes dos polissacarídeos. Cerca de 50 % da parede celular das leveduras é representada pela matriz estrutural constituída por um complexo manano – protéico. Sabe-se que, partindo destes complexos, é possível isolar cerca de 60 diferentes tipos de manano – proteínas (VALERIO, 1994). Este substrato rico em mananos funciona como sítios receptores de bactérias patogênicas. Os microorganismos gram – negativos patogênicos ligam-se à parede celular das

leveduras em vez de se unirem às células epiteliais, deslocando-se ao longo dos intestinos sem colonização (PETER FERTEK, 2003). Portanto a parede celular das leveduras pode funcionar como uma superfície de ataque competitiva para os microrganismos patogênicos (LYON), sendo ainda de opinião comum o fato de que os polissacarídeos, mais especificamente os glucanos e manano - ligossacarídeos provenientes da parede celular possuem ação imuno- estimulantes (VALERIO). LYON, 2003 relata que produtos desta natureza estão sendo classificados como promotor natural de crescimento. Os problemas que surgiram em função da retirada dos promotores de desempenho do mercado, como os antibióticos, podem ser parcialmente solucionados com o uso dos carboquelatos. A parede celular das leveduras traz uma série de benefícios ao processo digestivo de ruminantes, entre os quais incluem:

- ▶ **Diminuição da produção de substâncias tóxicas no trato intestinal por reduzirem o número de microrganismos patogênicos;**
- ▶ **Aumento da proliferação dos microrganismos benéficos, como por exemplo, *Lactobacillus* melhorando o processo digestivo dos alimentos;**

- ▶ **Aumento da população de protozoários no rúmen com reflexos positivos na degradabilidade da fibra;**
- ▶ **Promove benefícios para a saúde entérica através do aumento da resistência do animal aos microrganismos patogênicos;**
- ▶ **Maior estabilidade do processo digestivo como um todo (homeostase ou manutenção da estabilidade do trato intestinal).**

PETER FERKET, 2003, menciona que os efeitos benéficos do uso das leveduras na alimentação de bovinos incluem ainda aumento da barreira de muco das vilosidades intestinais, redução do índice de renovação de enterócitos e estímulo da integridade do revestimento intestinal. O aumento das concentrações de microrganismos benéficos e maior atividade microbiana devem resultar em maior atividade de processo digestivo e destruição de intermediários metabólicos que podem resultar em disfunção ruminal (TRICÁRICO).

O princípio do uso dos microingredientes pró e/ou prebióticos na dieta de bovinos está relacionado com uma fermentação ruminal mais estável e conseqüentemente uma modificação benéfica de todo o processo digestivo.

**Tabela 3 – Efeito do uso de carboquelato em suplementos minerais no consumo de matéria seca (MS) de feno, de matéria orgânica (MO) digestível, de Fibra Detergente Neutra (FDN) e Fibra Detergente Acida (FDA).**

Consumo (kg/dia)	Suplementação mineral	
	Sem carboquelato	com carboquelato
MS de feno *	1,33	1,55
MO digestível **	1,29	1,42
FDN digestível ***	0,70	0,80
FDA digestível ****	0,26	0,31

\*: P<0,05; \*\*: P<0,1; \*\*\*: P=0,14; \*\*\*\*: P=0,12

Fonte: LANGWINSKII, 2001

Com uma digestão ruminal mais eficiente há um impacto positivo sobre o

consumo de matéria seca que resulta em melhor desempenho animal

(LANGWINSKI, 2001, citado por OSPINA).

Os minerais quando na forma orgânica, além da apresentarem maior biodisponibilidade, são mais tolerados pelo organismo animal quando comparados às fontes inorgânicas, em razão de fatores que incluem a sua

neutralidade. Experimentos feitos com ratos de laboratório recebendo duas diferentes fontes de cromo mostraram que o cromo na forma orgânica foi muito mais tolerado pelo organismo animal que o cromo inorgânico, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4. Comparação da toxicidade do cromo na forma de sal (cloreto de cromo) ou na forma orgânica (cromo orgânico):**

<b>Componentes</b>	<b>mg /kg P.V.</b>	<b>mortalidade até 96 horas</b>
<b>Cloreto de cromo</b>	<b>85</b>	<b>1/5</b>
	<b>160</b>	<b>4/5</b>
	<b>135</b>	<b>5/5</b>
<b>Cromo orgânico</b>	<b>420</b>	<b>0/5</b>
<b>Sulfato de zinco</b>	<b>125</b>	<b>0/5</b>
	<b>175</b>	<b>2/5</b>
	<b>225</b>	<b>5/5</b>
<b>Zinco quelato aminoácido</b>	<b>480</b>	<b>0/5</b>

**Fonte: Adaptado de ASHMEAD, 1980.**

De um modo geral, os minerais orgânicos são mais tolerados (menos tóxicos) pelo organismo animal do que os sais minerais inorgânicos em razão de fatores que incluem a sua neutralidade e a sua maior estabilidade. Tal fato é particularmente importante quando se pretende suplementar selênio. O selênio desempenha um papel fundamental nos sistemas antioxidantes, sobretudo na forma de selenoproteínas (LYONS, 2003). O problema de ordem prática do selênio ainda existe, uma vez que muitas indústrias ainda utilizam na nutrição animal o selenito de sódio inorgânico. Porém para que níveis ideais de antioxidantes sejam atingidos, o selênio deve ser administrado em estado natural, ou seja, selenoaminoácidos contidos nas plantas ou selênio orgânico industrial. Apenas sob esta forma consegue ser armazenado em quantidade suficiente para suprir as necessidades do sistema antioxidante (LYONS, 2003). Os benefícios do uso do selênio orgânico incluem redução de morbidade e

mortalidade, maior eficiência alimentar e melhor qualidade da carne e do leite (LYONS, 2003).

SPEARS, 1989, sugere que os minerais orgânicos não somente apresentam uma maior absorção, mas também uma diferença pós - absorção com rotas metabólicas diferenciadas daquelas dos minerais na forma de sais. O experimento de SPEARS foi elaborado com ovinos suplementados com uma dieta deficiente em zinco por 42 dias visando avaliar o efeito da suplementação de Zn na forma orgânica e na forma de ZnO. No experimento um terço dos animais recebeu o tratamento controle sem suplementação de zinco, um terço recebeu Zn-metionina e um terço recebeu ZnO. Os seguintes resultados foram encontrados:

► Os ovinos do tratamento controle tiveram menor conversão alimentar e ganho de peso diário (em torno de 70 % do ganho observado para os tratamentos

com suplementação), ficando assim demonstrada a essencialidade do Zn dietético;

► O desempenho dos animais suplementados com Zn – metionina e ZnO foram similares; a atividade da fosfatase alcalina foi superior nos animais suplementados com zinco, não havendo diferença entre as fontes;

► A excreção urinária de Zn tendeu ( $P = 0,14$ ) a ser menor no tratamento com zinco metionina e a retenção diária de Zn foi 2,75 vezes maior no tratamento com o mineral orgânico que no tratamento com ZnO ( $P < 0,01$ ).

Estes resultados evidenciam diferenças no metabolismo pós - absorção dos minerais orgânicos, assumindo que o ganho diário de peso, a conversão alimentar e a atividade da fosfatase alcalina são indicadores de biodisponibilidade.

SPEARS, 1989, avaliou os níveis plasmáticos de zinco de 8 ovinos que ingeriram cápsulas contendo 300 mg de zinco na forma de Zn – metionina ou ZnO com o objetivo de avaliar a absorção e o metabolismo de zinco em animais recebendo doses farmacológicas do mineral. A concentração plasmática de zinco foi mensurada nos tempos 0, 6, 12 e 24 horas após o fornecimento das cápsulas.

Os resultados mostraram que a porcentagem de aumento no Zn plasmático 6 horas após a infusão, foi em torno de 28 % para as duas fontes de Zn. No entanto os níveis plasmáticos 12 e 24 horas após a infusão foram maiores nos animais recebendo Zn – metionina, evidenciando metabolismo diferenciado do zinco pós - absorção quando na forma orgânica, com resultados que sugerem uma maior retenção do mineral no organismo animal quando suplementado na forma orgânica. PEREIRA, 2002, comenta que para que esta hipótese seja verdadeira, é necessário que o zinco

orgânico tenha sido absorvido e transportado no organismo como tal, dando suporte a teoria da estabilidade levantada por MALETTO.

Assim, pode-se dizer hoje que a forma absorvida do mineral pode ser mais importante que a quantidade absorvida de mineral, sendo esta observação de grande interesse para a saúde e para o desempenho animal.

### **2.3. Suplementação de Cromo sob a forma orgânica:**

Em função das controvérsias com relação ao papel da suplementação do cromo na nutrição animal, o Board on Agriculture Committee on Animal Nutrition, 1996, instituiu uma comissão que efetuou uma revisão da literatura sobre o tema, a qual concluiu existir evidências de que o cromo é um elemento essencial e sua adoção na prática da suplementação mineral era necessária (NRC, 1997). O mesmo comitê mencionou que a suplementação com cromo poderia ser benéfica à saúde e ao bem-estar animal em condições de estresse, mas os fatores que interferiam na sua eficácia e que determinariam níveis eficientes de suplementação não estavam bem relacionados.

Atualmente trabalhos científicos têm mostrado a importância do Cr para bovinos, quando há estresse emocional, físico e metabólico, resultante da intensificação das práticas produtivas, que propicia uma maior susceptibilidade às doenças e alterações metabólicas (BURTON, 1995; MOWAT, 1997, citados por EMBRAPA, Gado de corte). O Cr funciona como componente integral e biologicamente ativo do fator de tolerância à glicose (GTF) que potencializa a ação da insulina na célula. O átomo de Cr, do GTF, facilita a interação entre a insulina e os receptores dos tecidos musculares e gordurosos (MERTZ, 1987, citado por EMBRAPA,

gado de corte). Assim, o GTF com o Cr+3 é um mensageiro químico que se liga a receptores na superfície das células dos tecidos, estimulando sua capacidade de usar a glicose como combustível metabólico, ou armazenar sob a forma de glicogênio (Anderson). O GTF é importante não só para o metabolismo dos carboidratos, como também para os de proteínas e lipídeos, e os hormônios do crescimento (Burton, 1995, citado por EMBRAPA).

Em condições de estresse há aumento dos níveis sanguíneos de glicose e, simultaneamente, do hormônio cortisol, provocando mobilização das reservas de Cr nos tecidos. O cortisol é antagônico à insulina e, nessa situação, o Cr mobilizado, para ação da insulina, é eliminado pela urina (Mertz, 1992, citado por EMBRAPA), o que possivelmente aumenta a necessidade dietética de cromo. O cortisol tem também efeito imunossupressor do sistema imunológico (resposta imune humoral, células imunomediadoras). Quando o Cr é insuficiente, a ação da insulina é prejudicada, e há alteração nos metabolismos dos carboidratos, aminoácidos e lipídeos, que se soma ao efeito supressor do sistema imunológico (resposta imuno-humoral, células imunomediadoras) mediado pelo cortisol (Mertz, 1992, citado por EMBRAPA).

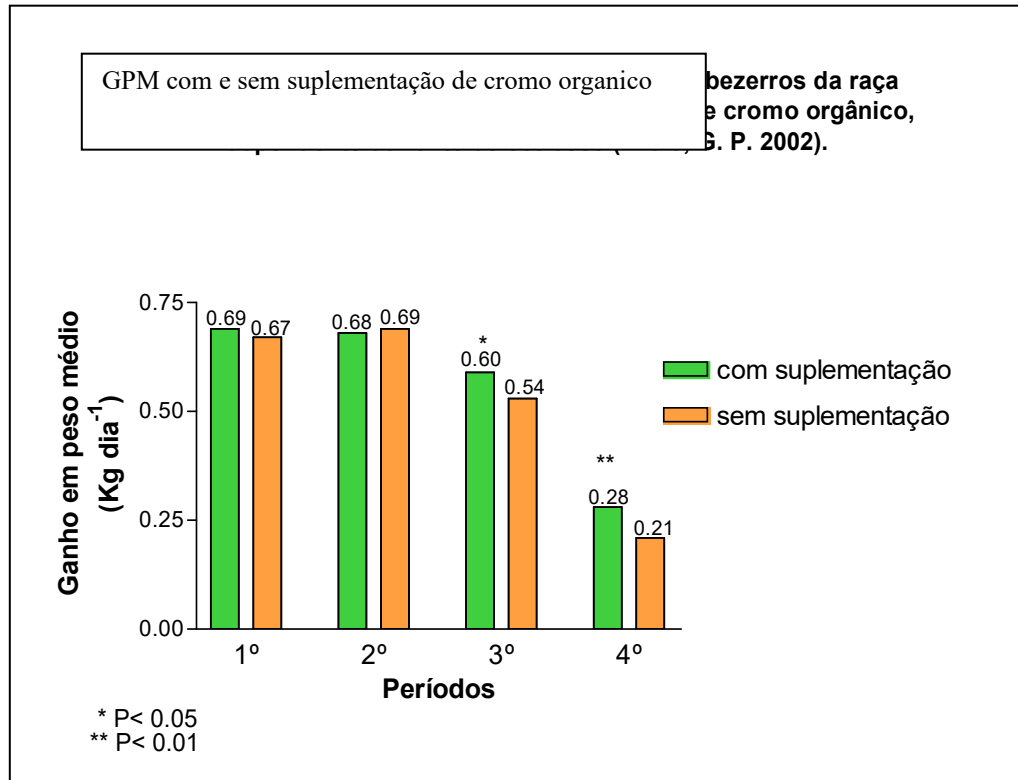
Experimento conduzido por MELO, 2002, no Setor de Bovinocultura de leite da Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista – UNESP de Jaboticabal – SP, com 3 repetições, em esquema fatorial 2x2x2, no qual o fator A constituiu na

presença ou ausência de sombra, o fator B, na presença ou ausência de transporte e o fator C, na suplementação ou não com cromo orgânico na dose de 1 mg por animal por dia, via oral na forma de carboaminofosfoquelato de cromo, demonstrou que a suplementação com cromo orgânico na presença de estresse tem efeito significativo no ganho de peso, na conversão alimentar e em alguns parâmetros sanguíneos de bezerros. O comportamento dos animais alojados em estaca foi diferente daqueles alojados em casinha tropical. Os bezerros na estaca apresentaram freqüentes alterações na freqüência respiratória, enquanto os alojados em casinha não apresentaram desconforto térmico.

Observou-se que o estresse por insolação promoveu desconforto, maior incidência de doenças respiratórias e diarreia, e menor desempenho dos bezerros na estaca quando comparado aos animais alojados em casinha tropical.

A suplementação com cromo orgânico teve efeito significativo sobre o ganho de peso a partir do terceiro período, coincidindo com o período no qual a temperatura do ambiente superou o limite crítico superior. Para o terceiro período, o ganho em peso dos animais não suplementados foi de 10,28% inferior ao dos animais suplementados com cromo orgânico (0,603 kg X 0,541 kg), (P<0,05). No quarto período, o ganho de peso para os animais não suplementados, foi, em média, 29,57 % inferior aos registrados para os animais suplementados (P<0,01).

**Figura 2 – Ganho em peso médio, diário, por período, de bezerros da raça holandesa, submetidos ou não à suplementação com cromo orgânico (MELO, 2002).**

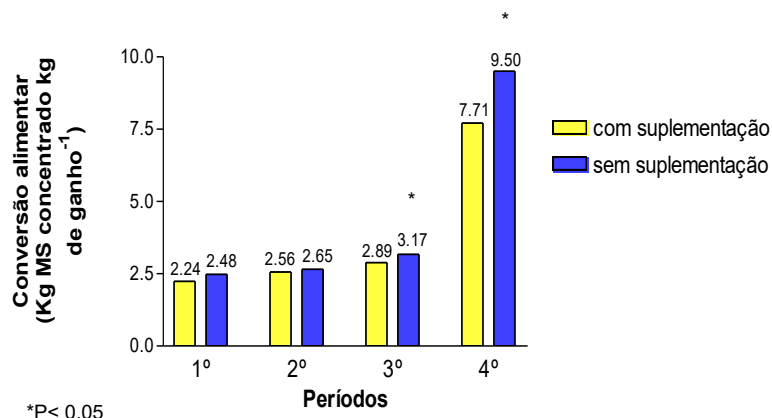


A conversão alimentar, expressa em kg de MS de concentrado por kg de

ganho de peso, também foi afetada significativamente pelo fator cromo orgânico (P<0,05).

**Figura 3 – Conversão alimentar média, por período, de bezerros da raça holandesa, submetidos ou não à suplementação com cromo orgânico (MELO, 2002).**

**Figura 3: Conversão alimentar média, por período, de bezerros da raça holandesa, submetidos ou não à suplementação com cromo orgânico (Melo, G. P. 2002).**



No terceiro período, os animais suplementados com cromo apresentaram conversão alimentar de 2,89 contra 3,17 kg MS por kg de ganho e não suplementados. A ausência da suplementação com cromo determinou piora na conversão alimentar dos bezerros de 8,80 % para o terceiro período. No período subsequente, o efeito do fator cromo também foi significativo ( $P < 0,05$ ), sendo que a ausência da suplementação com cromo orgânico determinou uma piora na conversão alimentar de 18,89 %, em relação aos animais suplementados (MELO, 2002).

BIZINOTO, 2005, avaliou na FAZU – Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba – MG, o desempenho de ganho em peso de bovinos de grupos raciais distintos (zebuínos e mestiços holandês-zebu) mantidos em método de pastejo sob lotação rotacionada na região do Triângulo Mineiro, recebendo suplementos minerais enriquecidos com

cromo nas formas orgânica e iônica e submetidos ou não ao sombreamento artificial.

A metodologia do experimento consistiu em manter os animais em pastejo intensivo, durante as estações seca e chuvosa, com oferta ou não de minerais orgânicos e de sombra.

Para tal 20 bovinos de cada grupo racial foram distribuídos equitativamente nos seguintes tratamentos: T1 = Suplementação mineral com fonte inorgânica de cromo, sem sombra; T2 = T1 mais sombra; T3 = Suplementação mineral com fonte orgânica de cromo, sem sombra; T4 = T3 mais sombra.

O sombreamento foi fornecido por meio da construção de sombrites de 3,4 metros de altura e com 18 m<sup>2</sup> / animal. A suplementação mineral orgânica foi adotada a partir de fontes denominadas de complexo metal - polissacarídeo, no caso carboquelato de cromo na dose de 40 mg /kg de produto, fornecido a vontade por meio de cochos de minerais.

Os resultados da tabela 5 referem-se ao período de maio a novembro,

período que coincide com a época da seca, onde os ganhos de peso foram menores.

**Tabela 5. Desempenho de bovinos da raça Nelore submetidos ou não ao sombreamento e à suplementação com cromo na forma orgânica durante o período da seca.**

Tratamentos	Fonte de cromo no suplemento mineral	
	Iônica (kg /animal dia)	Orgânica (kg/animal/dia)
Sem sombra	0,188	0,313
Com sombra	0,247	0,440

Os resultados encontrados de maio a novembro demonstraram que os ganhos de peso dos animais da raça Nelore que tiveram acesso à sombra foram 28,9 % superiores sobre os não sombreados, entre os grupos suplementados com cromo na forma orgânica. Já dentre os que receberam sombra, a superioridade também foi manifestada pelos bovinos

suplementados com cromo na forma orgânica, onde o ganho de peso deste grupo foi 43,9 % maior.

Ao longo de todo o experimento, o ganho de peso também foi maior para o lote de animais com acesso à sombra e a suplementação mineral orgânica (Tabela 6).

**Tabela 6. Desempenho de bovinos da raça Nelore submetidos ou não ao sombreamento e a suplementação com cromo na forma orgânica ao longo de todo o período experimental (420 dias).**

Trat.	GMD (kg)	T1:T2:T3:T4		T1:T3 / T2:T4		T1:T4	
		Dif. (kg)	%	Dif (kg)	%	Dif (kg)	%
T 1	0.516						
T 2	0.572	0.056	10.9				
T 3	0.590	0.018	3.1	0.074	14.3		
T 4	0.653	0.063	10.7	0.081	14.2	0.137	26.6

Nota-se na tabela 6 que o lote de animais que receberam sombreamento e suplementação mineral orgânica apresentou um ganho de peso de 0,653 kg / dia, superior em 26,6 % ao ganho de peso do lote testemunha que não recebeu sombra nem suplementação mineral orgânica. Os resultados encontrados por BIZINOTO, 2005, evidenciam que bovinos de corte mantidos a pasto, mesmo os de origem zebuína como os da raça Nelore necessitam de sombreamento e que quando a sombra está associada à suplementação com cromo orgânico, ocorre um expressivo aumento do desempenho em ganho de peso. BIZINOTO, 2005, constatou também o consumo de suplementos minerais de animais que dispõem de sombra é menor, quando comparado com o consumo de animais que permanecem ao sol.

A Tabela 7 mostra uma redução média de 11,1 % (P<0,05) no consumo dos suplementos minerais com oferta de sombra, provavelmente devido à redução do estresse calórico proporcionado pela sombra. Outra justificativa para o menor consumo de minerais por animais com oferta de sombra é que o estresse calórico ocasiona maiores perdas de minerais e dificuldade na manutenção da homeostasia (HERRERA, 2003). Com o aumento da perda de minerais e decorrência do estresse calórico (GARCIA, 2002; ARAGON, 2003) ocorre um aumento das exigências de minerais e isto pode ter interferido no consumo de suplementos por parte de animais estressados.

**Tabela 7 – Consumo médio diário dos suplementos minerais com oferta ou não de sombra aos animais, durante 225 dias de experimento.**

Suplemento mineral	sem sombra	com sombra
Consumo (gramas / UA / dia)	140,1 a	126,1 b

Nota:

Medias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa (Teste SNK a 5 % de probabilidade)

### **2.3. Suplementação de Enxofre para ruminantes:**

As formas de Enxofre encontradas na natureza estão na forma de sulfitos e sulfatos. Entre as formas com maior frequência estão as seguintes:

**FeS<sub>2</sub>; CuFeS<sub>2</sub>; ZnS; CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O; NaSO<sub>4</sub>.10H<sub>2</sub>O.**

No organismo animal o Enxofre pode ser encontrado na forma mineral inorgânica, encontrada em menor quantidade, como também na forma de compostos orgânicos, como aminoácidos, vitaminas, hormônios, entre outros, esta

sim em maior quantidade. O Enxofre na forma de sulfato encontrado no organismo animal auxilia na desintoxicação, ativando entre outras coisas a excreção de molibdênio, amenizando, neste caso, os efeitos nocivos do excesso de molibdênio (BONDI). A concentração de Enxofre no organismo animal varia entre 0,15 % (BONDI, 1987) a 0,20 % (ANDRIGUETTO, 1982; GEORGIEVSKII, 1987) do peso corporal do animal, podendo variar de acordo com uma série de fatores, entre eles a idade do animal. Alguns autores consideram que o Enxofre representa até 0,25 % do peso de

um animal. A concentração de Enxofre no organismo tende a aumentar com a idade, provavelmente em função do aumento da concentração de enxofre nos músculos, na pele e nos pelos (GEORGIEVSKII). Em termos médios, e para efeito de cálculo, um animal de 450 kg de peso corporal possui cerca de 0,9 kg de Enxofre em seu organismo.

O NRC, 1996, considera as necessidades de Enxofre para bovinos de corte como sendo de 0,15 % do total de matéria seca. Para vacas em lactação a estimativa do requerimento é de 0,20 % (TEIXEIRA, 2001). Contudo, o próprio NRC afirma que os requerimentos de Enxofre para bovinos de corte não estão bem definidos, fazendo-se necessária a realização de mais pesquisas. O desempenho animal também interfere diretamente na necessidade de Enxofre na dieta, sendo que animais em fase de crescimento apresentando elevados ganhos de peso possuem maiores requerimentos, ele sendo valido para os requerimentos de proteína bruta do animal. Outros autores também divergem das exigências estabelecidas pelo NRC, uma vez que existem trabalhos de pesquisa que apresentam vantagens com a administração de doses maiores de Enxofre para bovinos de corte submetidos a elevados ganhos de peso.

Para efeito de cálculo das exigências de Enxofre, em condições normais, tem-se a seguinte situação:

- **Categoria animal: bovino adulto de 450 kg (1 UA)**
- **Consumo estimado de MS = 2,2 % PV**
- **Ingestão estimada de MS = 10 kg / dia**
- **Exigência de S (NRC, 1996) = 0,15 % da MS consumida / dia;**
- **Exigência de S = 15 g / animal de 450 kg / dia**

Fatores inerentes aos alimentos ou às dietas, como as frações orgânicas ou inorgânicas do mineral em certo alimento, a disponibilidade e a forma química desse elemento nos ingredientes da dieta, e ao animal, como nível de produção e nutrição prévia, juntamente com os aspectos relacionados às inter-relações (antagonismos e sinergismos) entre os minerais também influenciam as exigências dos minerais (COELHO DA SILVA & LEÃO, 1979, citados por VALADARES, 2006).

A localização do Enxofre no organismo animal, em ordem decrescente de concentração pode ser assim expressada, segundo BONDI, 1987:

**Pelos > cartilagem > fígado > ossos > músculos > pele > unha > testículos > sangue.**

Pode-se dizer sem chance de errar que o Enxofre está presente em todos os tecidos do organismo animal, uma vez que faz parte da constituição dos aminoácidos sulfurados. Alguns autores, segundo ISLABÃO, 1987, consideram o Enxofre como um composto orgânico devido suas características químicas. Na tabela periódica o Enxofre faz parte do grupo dos não metais, assim como o Selênio. O teor de Enxofre no leite é de 0,03 %, sendo que a maior parte está na forma de aminoácidos sulfurados. Outros órgãos com alta concentração no organismo são bile e esperma. O conteúdo de Enxofre nas proteínas varia de acordo com a composição dos aminoácidos, sendo que em média, é de 1 % (GEORGIEVSKII, 1979). Sendo assim, o nível de Enxofre nos alimentos está diretamente relacionado ao teor de proteína deste alimento e a composição de aminoácidos dele. Assim sendo, alimentos e tecidos com baixo teor de proteína, também possuem baixo teor de Enxofre, sendo que o contrário também é verdadeiro.

Nas plantas existe grande variação de proteína bruta e de Enxofre na matéria seca, sendo o nível de Enxofre muito crítico na cana de açúcar (0,04 % da matéria seca) e elevado na alfafa (0,22 %), segundo CARVALHO, 2005.

Na prática, o melhor indicador para saber da real necessidade da suplementação de Enxofre para bovinos de corte é o teor de proteína da dieta. Assim sendo, bovinos de corte criados a pasto devem receber mais atenção a respeito da suplementação deste elemento sempre que houver deficiência de proteína das pastagens, fato que ocorre com maior frequência no período seco do ano. Já, bovinos de corte em sistema de confinamento recebendo dietas com elevados teores de Nitrogênio Não Protéico – NNP, também devem receber atenção especial quanto a suplementação de Enxofre. Outro aspecto prático importante referente a necessidade da suplementação de Enxofre para bovinos de corte mantidos a pasto, refere-se ao período de rebrota das pastagens. Nesta fase, a proteína contida na matéria seca está em grande parte na forma de nitrogênio não protéico. Portanto, a suplementação de Enxofre se faz mais necessária, uma vez que, na deficiência de Enxofre, a produção total de proteína é reduzida (GIL et al, 1973, citado por TAYAROL, 1993).

Em algumas análises químicas de pastagens tropicais excessivamente maduras, nota - se que o teor de Enxofre não é suficiente sequer para atender as exigências básicas dos animais. Solos excessivamente degradados ou mesmo solos arenosos, apresentam baixa concentração deste mineral, sendo inclusive limitante para a produção de forragem. Outro fator que agrava a deficiência de Enxofre são as sucessivas queimadas dos pastos. Relatos de SENGGER, 1997, citados por MANCIO, mostram que no Rio Grande do Sul, o

teor médio de Enxofre encontrado nas pastagens foi de 0,17 % da matéria seca. No Brasil, são escassos os trabalhos de pesquisa sobre os efeitos da suplementação do Enxofre, assim como são escassas as análises químicas referentes às concentrações de Enxofre nos solos e nas pastagens.

As Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos, UFV, 2006, indicam teores de 0,10 % de Enxofre na MS de capim braquiária; 0,17 % de Enxofre na MS de coast cross e 0,14 % de Enxofre na MS de capim elefante, em média.

Em termos práticos, a suplementação de Enxofre para bovinos de corte se faz mais necessária nas seguintes situações:

- **Pastagens excessivamente maduras;**
- **Pastagens secas e com baixos teores de proteína;**
- **Fenos e silagens de má qualidade;**
- **Pastagens em estágio vegetativo inicial (rebrota);**
- **Solos e pastagens com elevados teores de molibdênio;**
- **Solos e pastagens com altos teores de elementos tóxicos;**
- **Bovinos em confinamentos com altas doses de NNP na dieta**
- **Bovinos submetidos a elevados ganhos de peso;**
- **Animais expostos ao estresse (exemplo: estresse térmico).**

Os efeitos da deficiência de Enxofre incluem queda do

desenvolvimento dos animais jovens, inibição do ganho de peso, redução da produção de leite e de vários outros índices zootécnicos (TEIXEIRA). A razão principal da baixa produção dos animais deficientes em Enxofre deve-se ao decréscimo do número de microrganismos no trato digestivo dos ruminantes, com conseqüente decréscimo da eficiência do metabolismo protéico. Animais expostos por longos períodos à deficiência de Enxofre apresentam um quadro de fraqueza e apatia, com diminuição do consumo de alimentos, salivação excessiva, lacrimejamento, e, em caso de a deficiência persistir, pode levar o animal a morte (GEORGIEVSKII).

Segundo o GUIA ASBRAM, PECUARIA DE CORTE, 2005, as manifestações clínicas relacionadas à deficiência de Enxofre incluem, além das já mencionadas, apatia e acúmulo de ácido láctico no rúmen. Cerca de 30 % do lactato é convertido em proprionato no rúmen quando o nível de Enxofre é adequado (CARVALHO, 2005).

Em ruminantes, os caminhos da conversão do sulfato em aminoácidos sulfurados ocorrem por meio dos microrganismos presentes no trato digestivo que, segundo BONDI, pode ser ilustrado da seguinte forma:

**SO<sub>4</sub> → SO<sub>3</sub> → S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → cisteína → homocisteína → metionina → proteína**

Basicamente, este é o processo de transformação in vivo de Enxofre inorgânico em compostos orgânicos com presença de Enxofre. Somente por meio desta transformação é que o Enxofre presente na dieta dos ruminantes pode ser incorporado aos aminoácidos, às vitaminas do complexo B e a outros compostos orgânicos que contém este mineral. Esta ocorrência somente é possível de se concretizar nos ruminantes

por intermédio dos microrganismos do trato digestivo, evidenciando mais uma vez a importância da flora microbiana na utilização deste elemento, particularmente os microrganismos da família das sulfobactérias (MALETTO, 1993).

São tantas e interligadas as funções bioquímicas e os grupos de compostos orgânicos que contém Enxofre que torna - se muito difícil enumerar todas elas. O que se pode dizer do enxofre é que este mineral tem muitas funções no metabolismo do organismo animal, com destaque para a síntese dos aminoácidos sulfurados, diversos hormônios, como a insulina, vitaminas, como tiamina e biotina e enzimas, o que torna o Enxofre essencial para o metabolismo de proteínas, gorduras e carboidratos. Como exemplo de compostos orgânicos com presença de Enxofre, tem-se ainda a heparina, uma glicoproteína rica em polissacarídeos sulfurados que contém ação anticoagulante, a cordroitina, importante mucopolissacarídeo constituinte dos ossos, paredes dos vasos sanguíneos e o colágeno, que é essencial para a formação dos tendões e das cartilagens (MURRAY, 1990, citado por MANCIO, 2001).

A maioria dos trabalhos de pesquisa com suplementação de Enxofre sinaliza um potente efeito promotor de crescimento. Nota-se também que as formas orgânicas são mais bem utilizadas e produzem melhores respostas zootécnicas que as formas inorgânicas (MALETTO; SARAN, 2005). Em ruminantes, a suplementação de Enxofre é particularmente importante em dietas que contém Nitrogênio Não Protéico – NNP. Há uma necessidade de se estabelecer uma relação entre a quantidade de Nitrogênio e de Enxofre para aumentar o metabolismo protéico e conseqüentemente do desempenho animal. De acordo com

ANDRIGUETTO, 1982, a relação N:S é de 15 :1.

Contudo, outros autores estabelecem uma relação mais estreita, como é o caso de BONDI e GEORGIEVSKII, que consideram a relação ideal como sendo de 10:1. Ao que tudo indica parece que a relação entre o Nitrogênio e o Enxofre gira em torno de 10 a 15:1, sendo esta uma faixa de variação constante no tecido animal (LOUSLI, 1952, citado por MANCIO). O

que está claro entre os autores é que na ausência de enxofre, a assimilação do nitrogênio fica seriamente prejudicada, assim como também fica prejudicada a digestão da celulose.

A Embrapa de São Carlos – SP pesquisou a adição de Enxofre na dieta de bovinos de corte confinados e encontrou resultados positivos, tanto para a ingestão de matéria seca, como para a ingestão de energia, conforme mostra a Tabela 8.

**Tabela 8: Consumo médio diário de matéria seca pelos novilhos confinados nos tratamentos experimentais:**

Parâmetro	tratamentos		
	1	2	3
Relação N : S	47:1	19:1	11:1
Consumo de cana (em % do P.V.)	1,8 (b)	1,9 (ab)	2,0 (a)
Consumo de energia ED Mcal / animal / dia	8,0 (b)	9,2 (a)	10,4 (a)

P <0,05

Fonte: EMBRAPA, São Carlos - SP.

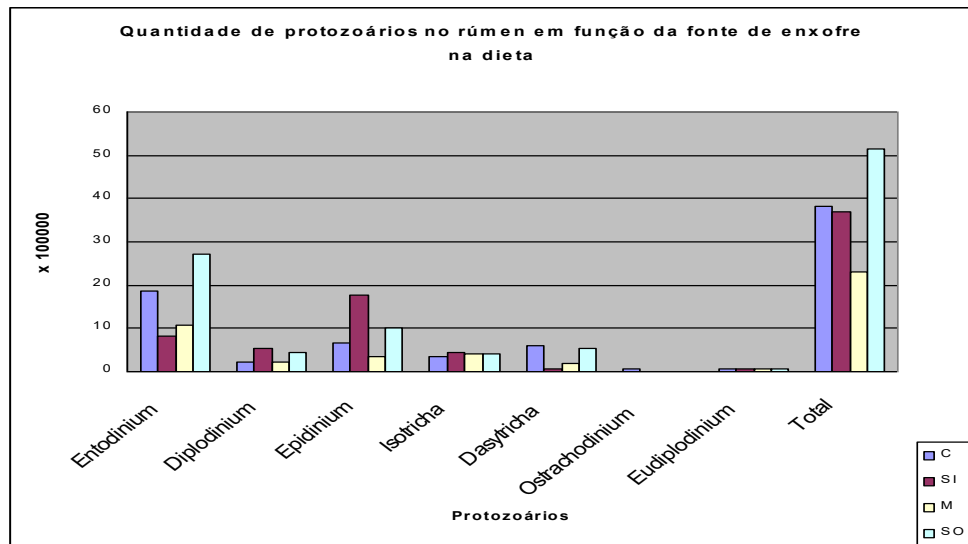
A suplementação de Enxofre na forma de metionina tem proporcionado resultados semelhantes à suplementação do sulfato (GEORGIEVSKII). Já o enxofre ventilado, ou flor de enxofre, tem mostrado que possui apenas um terço da atividade da metionina e do sulfato, comparativamente. Em termos relativos, as disponibilidades, tomando-se a metionina como padrão 100, foram de 80 % para o sulfato de sódio e de 38,3 % para o enxofre elementar ou flor de enxofre (JOHNSON, 1971, citado por TAYAROL, 1993).

ZANETI & ARLINDO SARAN, 2005, trabalhando com bovinos de corte

confinados e suplementados com Enxofre Orgânico (complexo metal polissacarídeo) comparado a outras duas fontes de enxofre e a um lote testemunha, observou aumento da população de protozoários no rúmen quando os animais foram suplementados com Enxofre Orgânico.

A figura 4 ilustra os resultados obtidos por ZANETTI, onde: C = controle ou sem enxofre (0,09 % de S na MS); SI = enxofre inorgânico ou flor de enxofre (0,20 % de S na MS); M = metionina (0,20 % de S na MS; SO = Enxofre Orgânico ou carboquelato de enxofre (0,20 % de S na MS).

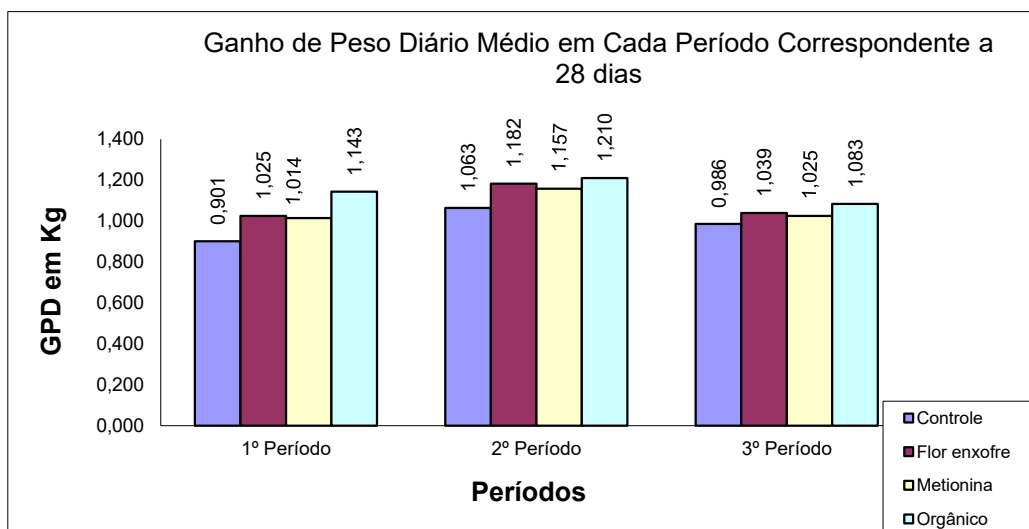
**Figura 4. Quantidade de protozoários no rúmen em função da fonte de enxofre na dieta (ZANETTI & SARAN, USP de Pirassununga – SP, 2005).**



ZANETTI avaliou ainda o ganho de peso de bovinos de corte confinados suplementados ou não com estas diferentes fontes de Enxofre. Os resultados mostram que o lote sem suplementação de Enxofre apresentou o menor ganho de peso, mostrando a importância do Enxofre para o ganho de

peso diário de bovinos de corte confinados. Entre todos os tratamentos, aquele suplementado com Enxofre Orgânico apresentou maior ganho de peso, com diferença estatística no primeiro período de confinamento (28 dias), conforme as Figura 5.

**Figura 5 - Resultado em GP com o uso de diferentes fontes de enxofre na dieta de bovinos em confinamento.**



**P<0,01 no primeiro período**

**Fonte: ZANETTI, USP, 2005**

Pesquisas realizadas por McDowell, 1983, demonstram que,

quando bovinos foram suplementados e suas dietas continham apenas 0,04 –0,10

% de S, o ganho de peso aumentou de 7 a 260 %.

As fontes inorgânicas de Enxofre incluem: sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  que contém 22,6 % de S); sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$  que contém 29,4 % de S); sulfato de amônia (24,3 % de S); e flor de enxofre ou enxofre ventilado (96 % de S). A fonte orgânica de Enxofre é um complexo metal polissacarídeo chamado de carboquelato de Enxofre que contém cerca de 21 % de S de elevada biodisponibilidade.

Os efeitos do excesso de Enxofre, isto é, enxofre em doses acima de 0,35 % da matéria seca, pode diminuir a biodisponibilidade de outros elementos minerais, como Zinco e Manganês (BONDI), além de inibir o ganho de peso, e, dependendo da fonte de Enxofre, ocasionar problemas gastrointestinais (GEORGIEVSKII). O NRC, 1980, contudo, considerava a dose máxima tolerada de Enxofre como sendo de 0,40 % da matéria seca. Vale ressaltar que a tolerância do organismo animal ao mineral depende, entre outras coisas, diretamente da fonte e da forma química, onde formas orgânicas são mais toleradas que inorgânicas (MALETTO). Os ruminantes, diferentemente dos monogástricos, aparentam tolerar maiores níveis de Enxofre na dieta, principalmente quando o mineral provém de ingredientes alimentares naturais, e não de fontes inorgânicas. Os sintomas de intoxicação de Enxofre, segundo TEIXEIRA, 2001, incluem tremores musculares, inquietação, falta de ar, hálito com odor de sulfeto de hidrogênio e prostração.

### **Comentários finais:**

Em resumo, a suplementação mineral faz-se necessária para o aumento da saúde e da produção animal sempre

que houver deficiência mineral na dieta animal e/ou situações de estresse que terminam por aumentar os requerimentos dietéticos em minerais dos animais domésticos. A suplementação mineral depende não somente do conteúdo de minerais em um suplemento, mas também da capacidade de absorção e utilização dos mesmos pelos animais, sendo este fato de suma importância para a manutenção do equilíbrio homeostático e para o aumento do desempenho zootécnico de bovinos de corte. Neste contexto, os minerais orgânicos são mais eficientes quando comparados com os minerais inorgânicos por apresentarem maior absorção, maior capacidade de retenção no organismo e maior capacidade de promover efeitos na mineralização, o que termina conferindo aos minerais orgânicos uma melhor relação custo / benefício na prática da suplementação mineral de bovinos.

### **Bibliografia:**

- Anais do Simpósio Internacional sobre exigências nutricionais de ruminantes – Viçosa – MG, 1995.
- Anais do ZOOTEC, Uberaba, 2003
- Animal Nutrition – Aron A. Bondi, 1987.
- Bovinocultura de corte – fundamentos da exploração racional – FEALQ – 1993
- Cattle ailments – Recognition and treatment / cattle diseases, 1987.
- Guia Prático para a correta suplementação pecuária / Bovinos de corte, ASBRAM, 2003.
- Minerais e aditivos para bovinos / Anais do 8 Simpósio sobre Nutrição de bovinos - FEALQ, 2006.
- Mineral Nutrition of Animals – Georgievskii, 1979.
- National academy of sciences – Requirements of Domestic Animals, 1966.
- Novos conceitos em nutrição – 2 SINLEITE – UFLA, 2001.

- NRC, bovinos de corte, 1996.
- Nutrição de ruminantes – FUNEP – Jaboticabal, 2006.
- Nutrição de bovinos a pasto / Fernando Carvalho, 2005.
- Pastagens nos ecossistemas brasileiros / XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – SBZ, 1995.
- Os Dez Mandamentos da Suplementação Mineral / Sebastião Silva; Marcos S. Baruselli, 2001.
- Tabela de Composição química e valores energéticos de alimentos / Embrapa, concórdia – SC, 1991.
- V Simpósio de Produção de Gado de corte, Viçosa, 2006.
- AAFCO, Association of American Feed Control Officials, 1994.
- AAFCO, Association of American Feed Control Officials, 2000.
- AMABIS & MARTHO; *Biologia dos Organismos: classificação, estrutura e função dos seres vivos*, 1995.
- ARTHINGTON, J. D.; Supplemental Dietary Chromium does not influence ACT, cortisol or immune responses in young calves inoculated with bovine herpesvirus. *Journal of Animal Science*. V.75, pag. 217 – 223, 1997.
- ASHMEAD, H. W.; *Quelated mineral nutrition – Institute Publishers*, 1981.
- ASHMEAD, H. W.; *The roles of amino acid chelates in animal nutrition – Ed. Noyes*, 1993
- ASHMEAD, H. W.; *Minerais Aminoácidos Quelatos – Albion publicações*, 1989.
- AURÉLIO B. H.; *Novo dicionário AURÉLIO da língua Portuguesa*, 1975.
- BALSALOBRE, M.A.; *Suplemento com cromo na dieta de ruminantes. Informativo Direto do Campo / Bellman Nutrição Animal*, 2003.
- BARUSELLI, M. S.; *Disponibilidade de minerais para bovinos de corte. VII Simpósio Nordeste de Alimentação de Ruminantes. V.3, pag. 19 - 25*, 1998.
- BARUSELLI, M. S.; *A nova era da mineralização. Leite Brasil / ano XIV / número 1 / 1999.*
- BARUSELLI, M. S.; *Biodisponibilidade de minerais para bovinos de corte. Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia - anais do CONEZ - 98, pag. 189 – 200*, 1998.
- BARUSELLI, M. S.; *As propriedades dos minerais orgânicos - Noticiário Tortuga / ano 43 / número 403 / pag.8-9 / 1997.*
- BARUSELLI, P. S.; *Atividade ovariana pós-parto e eficiência reprodutiva em vacas Nelore suplementadas com minerais quelatados. A Hora Veterinária – ANO 24, N 143*, 2005.
- BURTON, J. L.; MALLARD, B. A.; MOWAT, D. N.; *Effects of supplemental Chromium on immune responses of periparturient and early lactation dairy cows. Journal of Animal Science. V. 71, pag. 1532 – 1539*, 1993.
- CAZES, R. L.; *Cromo orgânico – Boletim Técnico Tortuga / ano 2 / número 2*, 1997.
- CAZES, R. L.; *Minerais orgânicos, imunidade, resistência e reprodução – Boletim Técnico Tortuga / ano 1 / número 4*, 1996.
- CHANG, X.; MOWAT, D. N.; *Supplemental chromium and niacin for stressed feeder calves. Canadian Journal of Animal Science. V. 75 / pag.351 – 358*, 1995.
- DAVIS, B. D.; *Microbiologia VOL. III – Infecções Bacterianas e Micóticas*, 1973.
- FORMIGONE et al.; *Valutazione degli effetti del “sugarphós” sulle Fermentazioni ruminali : osservazioni in vitro – Università di Bologna, Itália*, 2000.
- GARCIA, O.S.; *Minerais orgânicos: um avanço na nutrição animal. In: OSPINA, H.P.; BARCELOS, J.O.J. (eds.) Nutrição mineral em ruminantes. Ed.2 / UFRGS / Porto Alegre –RS*, 1998.
- GEORGIEVSKII, 1979; *Mineral Nutrition of Animals*.
- GUYTON & HALL; *Tratado de fisiologia médica. Ed. Guanabara Koogan*, 2002.

- JUAN TRICÁRICO; Hitos em el uso exitoso de los cultivos de levedura como modificadores ruminales; Alltech, 2003.
- JUNQUEIRA & CARNEIRO; Biologia Celular e Molecular; 7º Edição; Editora Guanabara, 2000.
- KEGLEY, E. B.; SPEARS, J.W.; Immune response and disease resistance of calves feed chromium nicotinic acid complex or chromium chloride. Canadian Journal of Dairy Science. V.79 / pag. 1278 – 1283, 1996.
- LINDERMANN, M.; Organic chromium : The missing link in farm animal nutrition? Feeding Times / V. 1 / número3 / pag. 8 – 15, 1996.
- LUBERT STRYER; Bioquímica, 1996.
- MALETTO, S.; Alla riscoperta dei minerali – Informatore zootécnico, anno XLIV, número 3, pag. 51 – 84, 1997.
- MALETTO, S.; Organic compound of minerals in cattle feeding. Anais do Simpósio Internacional sobre exigências Nutricionais de ruminantes – UFV- MG, pag. 177 – 191, 1995.
- MALETTO, S.; Absorção e interferência dos elementos minerais no organismo animal. Microelementos: Importância na sanidade. Primeiro simpósio sobre nutrição mineral, São Paulo -SP, 1984.
- MALETTO, S.; Tropismos de órgãos e/ou aparelhos dos complexos minerais de transquelação. Nota técnica número 2, Torino, Italia, 1996.
- MOWAT, D. N. C.; Chelated chromium for stressed feeder calves. Canadian Journal of animal Science, V. 73, pag. 49 –55, 1993
- Nääs, I.I. 2003; Desafios para a produção de leite nos trópicos – Conforto Térmico; Anais do ZOOTEC – V Congresso Internacional de Zootecnia, Uberaba – MG.
- NRC – Nutrient requeriment of beef cattle, 1996.
- O'DONOGUE et al.- The effect of proteinated trace minerals on fertility and somatic cell counts of dairy cattle. J. dairy Sci. 79, Sup. 1 Abst. P 262, 1995.
- OSPINA, H. P.; Efeito de quatro níveis de carboquelatos em sais mineralizados sobre o consumo e a digestibilidade de feno de baixa qualidade em bezerros. Anais da XXXVII reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, 2000.
- OSPINA, H. P.; A Nutrição de Ruminantes e os Complexos Orgânicos de Minerais; Apoio Cultural Tortuga Cia Zootecnica Agraria.
- OTTO MACK JUNQUEIRA; FCA – UNESP Jaboticabal; Boletim Técnico VETNIL, 2000.
- PEARSE LYONS; Dominando a Natureza – Aplicações Práticas de Tecnologias Naturais; Alltech, 2003.
- PEHRSON, B. et al. – Glutation peroxidase activity in heifers fed diets supplemented with organic and inorganic selenium compounds. Swed. J. Agric. Res., 1989.
- PEREIRA, MARCOS NEVES; Minerais orgânicos em dietas para ruminantes. II simpósio sobre ingredientes na alimentação animal; CBNA, 2002.
- PETER FERKET; Manipulando a saúde intestinal em um mundo sem antibióticos; Alltech, 2003.
- SHEILA, MORAES – Avaliação da deficiência sub-clínica de Zn em vacas de cria e a relação com a higidez sanitária de suas crias – EMBRAPA, Campo Grande-MS, 1999.
- SHEILA, MORAES; Novos Microelementos Minerais e Minerais Quelatados na Nutrição de Bovinos; EMBRAPA, Campo Grande, 2001.
- TEIXEIRA, A. S.; Determinação da biodisponibilidade relativa de cálcio do carboquelato de cálcio produzido pela Tortuga. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Zootecnia, 1999.
- TEIXEIRA, JULIO CESAR; Nutrição de Ruminantes; Lavras – MG – UFLA, 2001.
- VALERIO, CITRO; Il ruolo dei frutto oligosaccaridi in alimentazione animale, 1994.

VILARES, B. V.; Bovino Chianina nos  
Trópicos; Unesp de Botucatu – SP, 1975.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License