



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

CARLOS HENRIQUE MONTEMÓR

**DESEMPENHO E PERFIL METABÓLICO DE BOVINOS DA
RAÇA NELORE SUPLEMENTADOS COM CROMO
ORGÂNICO**

Londrina
2005

CARLOS HENRIQUE MONTEMÓR

**DESEMPENHO E PERFIL METABÓLICO DE BOVINOS DA
RAÇA NELORE SUPLEMENTADOS COM CROMO
ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Wilmar Sachetin Marçal

Londrina
2005

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M777d Montemór, Carlos Henrique.

Desempenho e perfil metabólico de bovinos da raça Nelore suplementados com cromo orgânico / Carlos Henrique Montemór. – Londrina, 2005.
82f. : il.

Orientador : Wilmar Sachetin Marçal.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, 2005.

Inclui bibliografia.

1. Minerais na nutrição animal – Teses. 2. Lipídeos – Metabolismo – Teses. 3. Colesterol – Teses. 4. Nelore (Zebu) – Teses. 5. Glicose – Teses. 6. Ganho de peso – Teses. 7. Veterinária – Teses. I. Marçal, Wilmar Sachetin. II. Universidade Estadual de Londrina. III. Título.

CDU 636.085

CARLOS HENRIQUE MONTEMÓR

**DESEMPENHO E PERFIL METABÓLICO DE BOVINOS DA
RAÇA NELORE SUPLEMENTADOS COM CROMO
ORGÂNICO**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wilmar Sachetin Marçal
Universidade Estadual de Londrina
(Orientador)

Prof. Dr. Edson Luis de Azambuja Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Félix Ribeiro de Lima
USP - Pirassununga

Londrina, 18 de fevereiro de 2005.

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão primordial da nossa existência, que me proporcionou o privilégio de ter uma família unida e muitos amigos.

Aos meus pais, Jurandir José e Marleni, pelo exemplo de simplicidade, esforço, amor e carinho. Aos meus irmãos e cunhadas, pelo carinho, e compreensão, que muitas vezes deixaram de executar suas atividades para ajudar as dos outros.

À Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Wilmar Sachetin Marçal, pela confiança, compreensão, participação, ensinamentos e dedicada orientação deste trabalho.

Ao amigo, Méd. Veterinário, Marcelo Kubota, pela prestimada colaboração nas atividades laboratoriais do laboratório do Hospital Veterinário.

Ao Méd. Veterinário Evandro Veras, que disponibilizou o Laboratório de Análises Clínicas do Centro Avançado de Diagnóstico (Laboratório CAD).

Ao Bioquímico, Edílson Cabrera, que muito nos ajudou nas análises laboratoriais no Laboratório CAD.

Aos funcionários da Fazenda Poty pela preciosa ajuda nas coletas de material e acompanhamento diário.

Aos funcionários do Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Universidade Estadual de Londrina, pela atenção e presteza dispensadas.

À Matsuda Nutrição Animal pela doação dos sais minerais, motivo do experimento.

À Becton & Dickinson por fornecer os materiais necessários às colheitas sangüíneas.

Aos colegas de curso, pela amizade, colaboração e convivência prazerosa.

Ao Prof. Luiz Leite, pela ajuda de todas as horas com seus conhecimentos de informática.

Às funcionárias da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela amizade e atenção que muito contribuíram para a finalização deste trabalho.

Enfim, a todas as pessoas que estiveram envolvidas direta e indiretamente com este trabalho, agradeço.

MONTEMÓR, Carlos Henrique. **Desempenho e perfil metabólico de bovinos da raça Nelore suplementados com cromo orgânico**. 2005. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2005.

RESUMO

O objetivo desse experimento foi avaliar os efeitos da suplementação com cromo orgânico sobre o desempenho e os teores de glicose, lipídios totais e de colesterol total em bezerros da raça Nelore criados a pasto. Utilizaram-se 20 bezerros, machos, Nelores, com peso inicial médio de 179 kg e 6 meses de idade. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com dois tratamentos: com suplementação de cromo e sem suplementação e 10 animais por tratamento. Observou-se que não houve efeito significativo ($P < 0,05$) da suplementação com cromo sobre o ganho médio de peso vivo, sendo 165,3 kg para o grupo suplementado com cromo e 152,9 kg para o grupo controle durante o período experimental. O consumo de sal mineral com cromo foi de 39 g/animal/dia e o consumo de sal mineral sem cromo foi de 62 g/animal/dia. Os valores médios de glicose plasmática não foram afetados pelo tratamento ($P < 0,05$) sendo de 72,8 mg/dL para o grupo controle e 74,46 mg/dL para o suplementado com cromo. O colesterol sérico total não sofreu efeito do tratamento ($P < 0,05$), sendo de 118,96 mg/dL para o grupo controle e de 122,42 mg/dL para o suplementado. Não foi observado efeito do cromo sobre o teor de lipídios séricos totais, sendo de 258,4 mg/dL e 266,4 mg/dL para os grupos controle e suplementado com cromo respectivamente. Pode-se concluir que a suplementação com cromo em animais sob pastejo, não teve efeito sobre o peso vivo, o ganho de peso, bem como os teores de glicose, lipídios totais e colesterol total no sangue.

Palavras-chave: Ganho de peso. Consumo de sais minerais. Glicose. Lipídios totais. Colesterol total.

MONTEMÓR, Carlos Henrique. **Performance and metabolic profile of Nelore steers supplemented with organic chromium.** 2005. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2005.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the effects of organic chromium supplementation on the performance, glucose concentration, total lipids and cholesterol in Nelore steers maintained on pasture. It was used twenty Nelore males steers, with initial medium weight of 179 Kg and 6 months of age. They were randomly distributed in two groups, being ten for the experimental and other ten for the control group. A chromium supplementation was given only for the experimental group. It was observed that there was no significant effect ($P < 0.05$) of the supplementation with chromium on the average weight gain, i.e, 165.3 Kg for the experimental group with chromium and 152.9 Kg for the control group during the experimental period. The mineral salt with Cr consumption was 39g/animal/day and the mineral salt without chromium consumption was 62g/animal/day. The average values of plasmatic glucose were not affected by the treatment ($P < 0.05$) being of 72.8 mg/dL for the control group and 74.46 mg/dL for the organic chromium supplemented group. The total cholesterol was not affected by the treatment ($P < 0.05$), being of 118.97 mg/dL for the control group and 122.42 mg/dL for the supplemented group. Chromium effect was not observed on total lipids, being 258.4 mg/dL and 266.4 mg/dL for the the control and supplemented group, respectively. It can be concluded that the chromium supplementation in animals under pasture, did not have effect on the alive weight, weight gain, as well as glucose, total lipids and total cholesterol levels in the blood.

Keywords: Beef cattle. Weight gain. Consumption mineral salt. Glucose. Total lipids. Total cholesterol.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Estrutura de um quelato: o centro, representado pela letra M pode ser ocupada por elementos pertencentes à primeira série dos metais de transição (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn).....14
- Figura 2** - Fluxograma demonstrando definições envolvidas na biodisponibilidade de elementos.....15
- Figura 3** - Processos envolvidos na absorção de metais na forma de sal simples ou de quelato.....18
- Figura 4** - Vias de transporte, acúmulo, utilização e excreção propostas para o Cr^{+3} , no organismo animal.....21
- Figura 5** - Dinâmica compartimentada do Cromo III no organismo animal e humano21
- Figura 6** - Primeiro modelo proposto para ação da molécula de GTF. A molécula de GTF era considerada uma interface entre a molécula de insulina (I) e os receptores (IR) encontrados na membrana celular24
- Figura 7** - Modelo de ação da cromodulina. Em A, observa-se a célula alvo, com o receptor de insulina na membrana celular desativado. Observa-se, também, a forma inativa da cromodulina. Em B, a insulina liga-se externamente aos receptores de insulina, ocorre ativação do receptor, o cromo transportado no sangue através da transferrina é internalizado na célula alvo e após ser incorporado pela apocromodulina ocorre uma modificação estrutural, formando a cromodulina, que se encaixa ao receptor de insulina internamente (C), ocorrendo amplificação do sinal para internalização da glicose. Em D, após a normalização sanguínea da glicose, a cromodulina é liberada do receptor de insulina e transportada até o sangue, sendo eliminada de forma intacta via urinária25
- Figura 8** - Evolução dos sinais clínicos da deficiência de minerais traços.....26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 CROMO INORGÂNICO	12
3.2 MINERAIS ORGÂNICOS E CROMO ORGÂNICO	12
3.2.1 Conceitos	12
3.3 BIODISPONIBILIDADE DOS MINERAIS ORGÂNICOS	15
3.4 DINÂMICA E FISILOGIA DO CROMO NO ORGANISMO	20
3.5 FORMA BIOLÓGICAMENTE ATIVA	23
3.6 DEFICIÊNCIA, TOXICIDADE E EXIGÊNCIAS	26
3.7 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A DEFICIÊNCIA DE CROMO	28
3.8 CROMO NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS	30
4 ARTIGO 1: DESEMPENHO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE SUPLEMENTADOS COM CROMO ORGÂNICO	35
5 ARTIGO 2: PERFIL METABÓLICO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE SUPLEMENTADOS COM CROMO ORGÂNICO	53
6 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária é um dos setores mais dinâmicos da economia brasileira, sendo necessária para produção e exportação de alimentos, trazendo substanciais divisas para o Brasil. Adotando-se tecnologias aplicadas ao campo é que se conseguirá quantidade e qualidade da produção animal e vegetal.

Dentre as tecnologias mais aplicadas na produção animal, destaca-se a nutrição mineral do gado bovino. Essa ciência vem crescendo a passos largos e tem originado grandes avanços, particularmente no Brasil. Nesse contexto, o cromo orgânico ou o elemento cromo (Cr) tem sido destacado recentemente em nutrição animal, merecendo especial interesse dos criadores, fabricantes e técnicos.

Até o desenvolvimento de técnicas analíticas precisas, como: espectrofotometria de emissão de chama, polarografia, amperometria, ativação neutrônica, cromatografia de gás líquido, absorção atômica, entre outras (BREMER NETO; PARDO; ALBAS [2002?]) grande quantidade de elementos minerais presentes nos tecidos vivos era denominada elementos traços e suas funções e seu metabolismo dificilmente eram estudados de forma mais abrangente (TEDESCHI, 2001).

Descobertas sucessivas sobre a essencialidade de alguns minerais presentes em pequenas concentrações no organismo, levaram a diagnosticar deficiências destes minerais em várias regiões do mundo e revelaram que estes minerais tinham importância nutricional e econômica consideráveis. Um dos últimos microminerais a ser descoberto foi exatamente o Cr. Existe um evidente aumento no interesse de suplementação de Cr para melhorar a saúde e o estado nutricional de ruminantes (TEDESCHI, 2001).

Na nutrição humana, o Cr é considerado um nutriente essencial e seus efeitos na tolerância à glicose têm sido amplamente revisados (ANDERSON; MERTZ ([199-] apud ARTHINGTON et al., 1997).

A influência do Cr alimentar no desempenho e reações de estresse em novilhos tem sido avaliada em diferentes estudos (CHANG; MOWAT, 1992; MOONSIE-SHAGEER; MOWAT, 1993). Reações imunológicas de vacas leiteiras (BURTON; MALLARD; MOWAT, 1993) e novilhos recém-desmamados (BURTON; MALLARD; MOWAT, 1994) também têm sido mensurados. A possibilidade de

melhorar a condição imunológica de novilhos estressados, por meio de manipulação nutricional, pode ser uma alternativa para se evitar a intervenção médico-veterinária e melhorar a produtividade (ARTHINGTON et al., 1997).

Informações sobre os benefícios de suplementação com Cr para animais de criação são escassos, mas alguns mostraram que essa suplementação aumentou a velocidade de ganho de peso, eficiência alimentar e resposta imune de novilhos estressados em crescimento (BURTON; MALLARD; MOWAT, 1993). No entanto, é importante destacar que não é qualquer fonte de Cr que pode ser utilizada. Segundo Peres (2001), as formas inorgânicas de Cr são muito pouco absorvidas e algumas chegam a ter efeitos tóxicos. O Cr precisa ser complexado com compostos orgânicos para ser absorvido e desempenhar funções possivelmente essenciais no metabolismo (PERES, 2001). Sabe-se que a suplementação mineral a partir dos minerais orgânicos, atende de forma prática e econômica as exigências de produção (BARUSELLI, 2000).

Aliado aos estudos sobre nutrição e suplementação mineral em gado bovino, nos últimos anos, tem-se estudado os componentes sangüíneos (perfil metabólico) para conhecer a saúde metabólica das vacas leiteiras (PAYNE; PAYNE, 1987).

A composição bioquímica do plasma sangüíneo reflete a situação metabólica dos tecidos animais podendo avaliar as lesões teciduais, transtornos no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e fisiológicos e desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (DIAZ GONZÁLEZ, 2001).

Segundo Diaz González e Scherer (2002), o estudo da composição bioquímica do sangue é de longa data, principalmente vinculado à patologia clínica em casos individuais. Na década de 1970, Payne e colaboradores, em Compton (Inglaterra), ampliaram a utilização deste estudo mediante o conceito de perfil metabólico, isto é, a análise de componentes sangüíneos aplicados a populações. O trabalho de Payne, aplicado inicialmente a rebanhos leiteiros, foi ampliado a outras espécies, com aplicações práticas no manejo alimentar (PAYNE; PAYNE, 1987).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho e o perfil metabólico de bovinos da raça Nelore suplementados com cromo orgânico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o ganho de peso vivo dos animais sob pastejo, utilizando suplemento de sal mineralizado contendo cromo orgânico;

Determinar o consumo de sal mineralizado contendo cromo orgânico em animais sob pastejo de *Brachiaria brizantha* e *decumbens*;

Mensurar algumas variáveis bioquímicas tais como: teor de glicose plasmática, colesterol sérico total e lipídios séricos totais para se conhecer o perfil metabólico de bovinos machos, suplementados com sal mineralizado contendo cromo orgânico;

Investigar a viabilidade econômica da suplementação de sal mineralizado contendo cromo orgânico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CROMO INORGÂNICO

O metal cromo é produzido em larga escala, sendo empregado em grandes quantidades em ligas com ferro e com metais não-ferrosos, bem como, na eletrodeposição. O CrO_3 -tri-óxido de cromo (óxido crômico) e o Cr_2O_3 tri-óxido de dicromo são usados para fins industriais. O Cr é o vigésimo-primeiro elemento mais abundante na crosta terrestre, em peso. É obtido em duas formas: ferrocromo e metais cromo puros, dependendo do uso a que se destina. O ferrocromo é uma liga contendo Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Carbono (C). No caso do Cr puro, os estados de oxidação (+II), (+III) e (+IV) são os mais importantes. O Cr (+II) é redutor, o Cr (+III) é o mais estável e o mais importante, e o Cr (+IV) é fortemente oxidante (LEE, 1996).

Traços de Cr são necessários na dieta de mamíferos. O Cr (+III) e a insulina estão ambos envolvidos na manutenção do nível normal de glicose no sangue. Em casos de deficiência de Cr, a velocidade de remoção da glicose do sangue reduz em 50%. Alguns casos de *diabetes* podem refletir um metabolismo alterado de Cr. O aspecto médico mais importante dos sais de Cr é o caráter cancerígeno dos mesmos, quando ingeridos em quantidades maiores. Compostos contendo Cr (+ VI), como os cromatos e dicromatos, são particularmente perigosos (LEE, 1996).

3.2 MINERAIS ORGÂNICOS E CROMO ORGÂNICO

3.2.1 Conceitos

No decorrer dos últimos anos, tem sido adotada, em nutrição animal, a suplementação de parte da exigência diária de certos elementos traços

(aproximadamente um quarto da exigência), na forma orgânica. As empresas de suplementos minerais vêm incluindo minerais, como o Cr, na forma orgânica, em suas formulações, mas não o descreve como componente da formulação, fato este explicado pela falta de informações na literatura (MELO, 2002).

Embora muitos trabalhos tenham demonstrado que elementos traços na forma orgânica melhoram o desempenho, pouco se sabe sobre o caráter físico destes compostos orgânicos e sobre os processos fisiológicos envolvidos, compreendendo o comportamento no trato digestório e a absorção e utilização pelos tecidos (HOLWERDA; ALBIN; MADSEN, 1995).

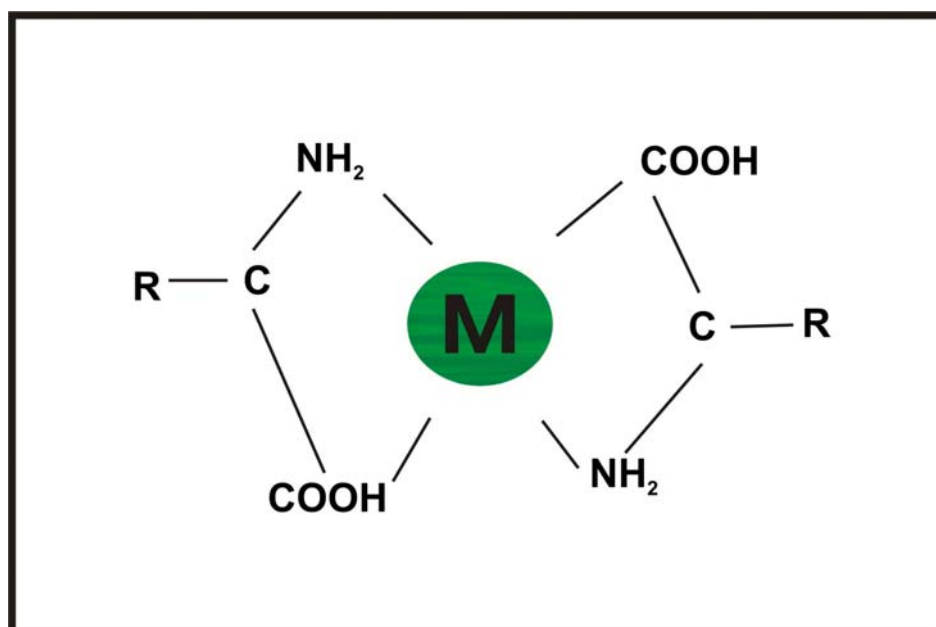
O uso de minerais orgânicos vem sendo destaque na nutrição animal nos últimos anos e acredita-se que em futuro próximo, os minerais orgânicos serão as principais fontes de minerais, em função de diversos fatores, tais como: absorção próxima a 100%; alta estabilidade; alta disponibilidade biológica; maior tolerância do organismo animal (menos tóxico); ausência de problemas de interações com outros macro e microminerais da dieta, o que pode acarretar na insolubilização de parte dos minerais; ausência de interações com outros nutrientes da dieta, como gordura e fibra, que podem formar ligações indesejáveis com os metais, insolubilizando-os. Os complexos de minerais orgânicos são estruturas moleculares menos tóxicas e mais biodisponíveis, promovendo suplementação com elevada margem de segurança, tanto para o animal como para o consumidor de carne e leite (BARUSELLI, 2000).

O cromo orgânico ou quelato é um composto formado por íons metálicos ligados a uma molécula orgânica como os aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos, que proporcionam a estes íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade (MORAES, 2000).

Metal quelado ou quelato é um metal que passa por um complexo mecanismo industrial que, por fim, torna-se ligado a um agente quelatante (ou ligante), resultando em um composto de alta biodisponibilidade e baixa toxicidade, capaz de suprir com maior eficiência as exigências de minerais dos ruminantes (BARUSELLI, 2000).

O termo quelato, é proveniente do grego “chel” (preso), e metal quelato é descrito como uma estrutura composta por um núcleo central e dois ligantes, formando uma estrutura heterocíclica (ASHMEAD, 1980 apud MELO, 2002). O ligante ou quelante contém, no mínimo, dois grupos funcionais, que podem

ser o oxigênio, o nitrogênio, o grupo amino ou o grupo carboxílico, capazes de doar um par de elétrons para formar uma ligação covalente com metal (SPEARS, 1996). A Association American Feed Control Officials (1990) define quelato, como sendo o produto resultante da reação de um íon metálico com aminoácido através de ligações covalentes. Apresenta relação molar (metal/aminoácido) entre 1:1 e 1:3, sendo preferível a relação de 1:2. O peso molecular da estrutura deve ser de aproximadamente 800 Dalton. Deste modo, pode ser absorvido diretamente pela membrana celular de células intestinais. A estrutura de um quelato pode ser observada na Figura 1.



Fonte: Vandergrift (1993).

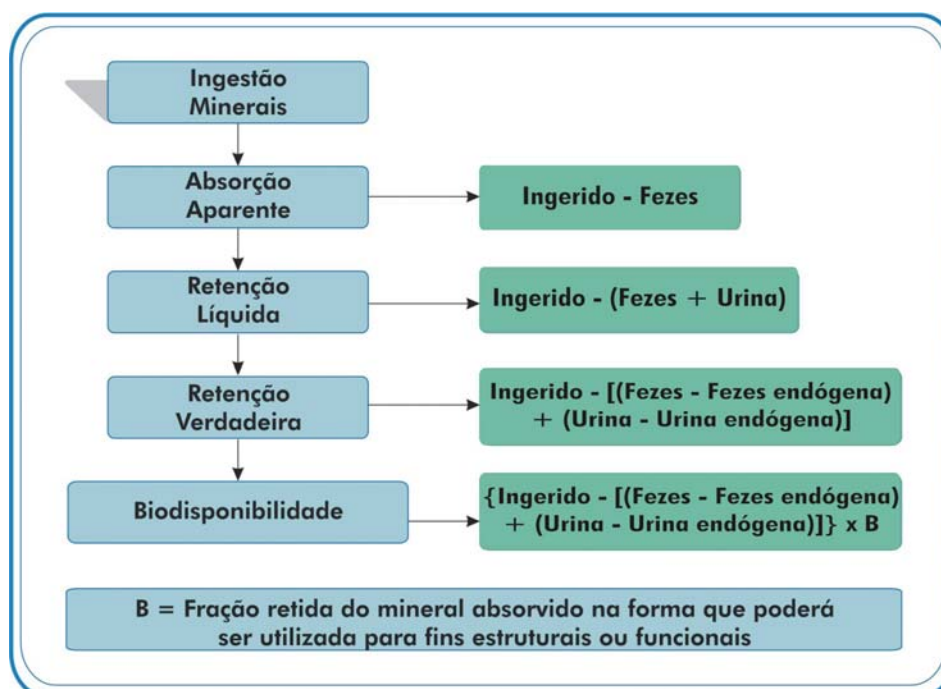
Figura 1 - Estrutura de um quelato: o centro, representado pela letra M pode ser ocupada por elementos pertencentes à primeira série dos metais de transição (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn).

Segundo Ashmead (1980 apud BARUSELLI 2000), os quelatos de minerais devem estar fundamentados em alguns pontos tecnológicos, dos quais podem ser citados: 1) **Tamanho**: o tamanho do quelato deve ser pequeno o bastante para que os minerais, com suas moléculas carregadoras, possam ser absorvidos sem sofrerem qualquer digestão; 2) **Estabilidade**: são compostos minerais estáveis. São menos vulneráveis às interações minerais adversas que ocorrem no aparelho digestório; e 3) **Neutralidade**: O composto final não possui carga elétrica. Com isto, o quelato pode ser absorvido no trato digestório do animal

na forma original, além de não sofrer possíveis interferências dos demais componentes da dieta, que o tornaria insolúvel.

3.3 BIODISPONIBILIDADE DOS MINERAIS ORGÂNICOS

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, como ilustrada na Figura 2 (HOLWERDA; ALBIN; MADSEN, 1995).



Fonte: Adaptado de Campen e Glahn (1999).

Figura 2 - Fluxograma demonstrando definições envolvidas na biodisponibilidade de elementos.

Muitos experimentos têm mostrado a maior disponibilidade de minerais, da ordem de 20 a 70% superior, quando fornecidos na forma quelatada, comparada com a forma inorgânica (MELLO, 1998).

Os percentuais de biodisponibilidade de alguns elementos traços na forma de sal simples e quelatos são descritos por Maletto (1997), citado por Baruselli (1999) e podem ser observados no Tabela 1.

Tabela 1 - Biodisponibilidade dos elementos minerais na forma orgânica e inorgânica

Elemento Mineral	Forma orgânica	Forma inorgânica
Cálcio	92 – 96%	22 – 53%
Magnésio	85 – 94%	26 – 48%
Ferro	87 – 94%	15 – 35%
Zinco	91 – 98%	15 – 29%
Cobre	86 – 92%	27 – 40%
Cobalto	85 – 89%	30 – 36%
Manganês	83 – 87%	12 – 24%

Fonte: Adaptada de Baruselli (1999).

Deve-se salientar, porém, que os minerais na forma orgânica nem sempre apresentam melhor biodisponibilidade, caso do Cr-levedura e do cloreto de cromo, do ferro etilenodiaminotetracético (EDTA) e do sulfato de ferro. O efeito do quelato depende basicamente das características do agente quelante, sendo importante a sua estabilidade no trato gastrointestinal e a solubilidade em água ou lipídios (SHAH, 1981).

O principal sítio de absorção de elementos traços é o intestino delgado. Existe a possibilidade de absorção de certas quantidades de cobre, ferro, zinco e manganês pelo intestino grosso. No caso particular do iodo, o principal sítio de absorção é o rúmen. Para alguns elementos como ferro, manganês e zinco a eficiência de absorção é inversamente proporcional ao status destes no organismo animal, estando envolvido, neste caso, um processo homeostático prevenindo a excessiva absorção e conseqüente acúmulo no organismo. Os elementos traços são transportados no sangue e estocados nos tecidos associados a proteínas ou a aminoácidos (GRACE; CLARK, 1991).

Os minerais metálicos na forma de sal simples, para serem absorvidos no intestino delgado, devem, durante o trânsito no trato gastrointestinal, dissociarem-se liberando íons metálicos (cátions). Grande parte dos minerais que

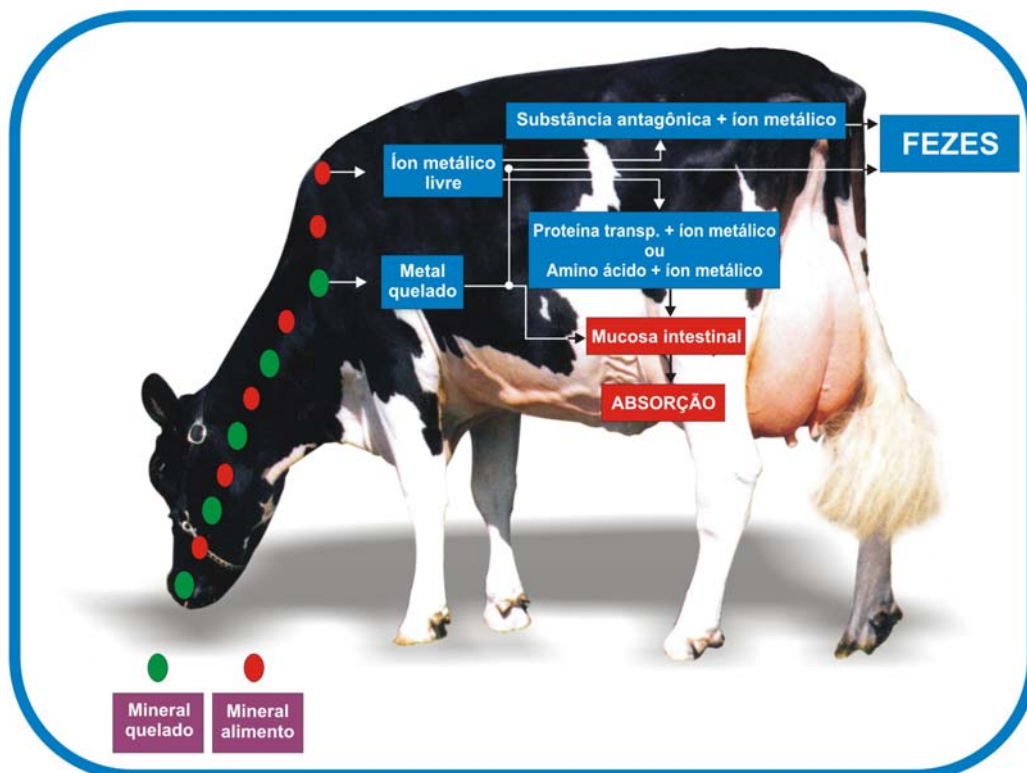
não se dissociarem em pH próximo à neutralidade do rúmem, poderá se dissociar no baixo pH presente no abomaso. Caso estes minerais não se dissociem antes de entrar no intestino delgado, não serão absorvidos (MELLO, 1998).

O simples fato de se dissociarem não garante a absorção, pois o processo de passagem pela membrana celular, no intestino delgado, é dependente de proteínas transportadoras, também denominadas ligantes. O complexo formado entre a molécula transportadora e o íon metálico deverá apresentar carga total neutra, caso contrário, não ocorrerá absorção. Aparentemente, para o selênio, esta regra não é totalmente aplicável, pois o elemento pode ser absorvido na forma de ânion e, por isso, apresenta absorção de 50% a 100% (CAMPEN; GLAHN, 1999). Os diversos microminerais competem entre si pelas proteínas transportadoras, sendo que o excesso de certos elementos minerais poderá reduzir a biodisponibilidade de um ou mais elementos (MELLO, 1998).

A absorção de minerais como zinco, cálcio e cromo no intestino delgado pode ser afetada por fatores como a presença de agentes infecciosos ou enteropatias e fatores relacionados ao hábito alimentar como a presença de óleo mineral, laxativos, consumo de grande quantidade de fibra, fitatos, oxalatos, micotoxinas e presença de elementos que quelam estes minerais (ERDMAN, 1983).

Chen, Tsai e Dyer (1973) testaram a influência de agentes quelantes (oxalato, fitato, citrato e EDTA) na absorção intestinal de cromo em ratos, e observaram redução na absorção quando foi incluído o fitato, e aumento na absorção, quando foi utilizado o oxalato.

A Figura 3, adaptada de Mello (1998) ilustra, de forma esquematizada, os processos envolvidos na absorção de microminerais.



Fonte: Adaptado de Mello (1998).

Figura 3 - Processos envolvidos na absorção de metais na forma de sal simples ou de quelato.

Existem poucos estudos envolvendo os processos de absorção de minerais quelados.

A hipótese básica utilizada no processo de quelação é que o mineral quelato tenha o mesmo sítio de absorção do aminoácido utilizado como quelante. Na membrana de células intestinais existem sítios específicos para absorção de aminoácidos neutros e para aminoácidos básicos. Com base nesta premissa, atualmente tem sido utilizado como quelante a metionina, também denominada na literatura como *Killer*, por ser absorvida rapidamente e em todos os sítios de absorção no intestino delgado. A separação do aminoácido quelante se dá no local onde o elemento mineral metálico é utilizado (ASHMEAD, 1980 apud MORAES, 2000).

Uma característica importante dos complexos orgânicos é a solubilidade em pH fisiológico e a estabilidade com que os ligantes orgânicos permanecem associados ao metal nestas condições. Como os quelatos, de modo geral, apresentam solubilidade próxima a 100% em pH 2,0, é de se esperar que, ao entrarem no intestino delgado, apresentem-se altamente solubilizados. No entanto,

os minerais na forma inorgânica têm solubilidade limitada no trato gastrointestinal (HOLWERDA; ALBIN; MADSEN, 1995).

Segundo Vandergrift (1993), somente a maior solubilidade no intestino delgado não é suficiente para justificar a maior biodisponibilidade dos minerais na forma orgânica. As teorias existentes para explicar, de forma aditiva, os resultados obtidos na literatura são: a) **disponibilidade**: pelo fato do quelato estar fixo a um ligante orgânico e apresentar carga neutra, não se ligaria a outros compostos que poderiam torná-lo insolúvel durante sua passagem pelo trato digestório, não sendo assim absorvido. Como o princípio de quelação é baseado na absorção direta do quelato pela membrana intestinal, não haveria necessidade, teoricamente, de proteínas transportadoras e, conseqüentemente, não haveria competição com outros minerais durante o processo de absorção; b) **tecido alvo**: o tipo de aminoácido utilizado durante o processo de quelação parece direcionar o tipo de tecido alvo no qual o mineral será absorvido (Quadro 1); c) **transporte no sangue**: existem indícios de que os minerais na forma quelada são transportados no sangue através de um sistema distinto daquele utilizado para minerais inorgânicos.

Mineral	Aminoácido quelante	Tecido alvo
Cobalto	Triptofano	Coração e rins
Cobalto	Metionina	Baço, coração e pulmões
Cobre	Triptofano	Músculo
Cobre	Histidina	Fígado

Fonte: Adaptada de Vandergrift (1993).

Quadro 1 - Alterações no órgão alvo do cobalto e do cobre em função do quelante utilizado na quelação.

Assim, é possível a absorção do mineral no trato intestinal, sem entrar na cadeia metabólica como acontece com todos os íons. Para a formação de compostos orgânicos como fonte de alguns microelementos minerais, pode-se utilizar numerosas moléculas como ligantes que têm funções específicas no metabolismo. As principais são: aminoácidos, ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido glucônico e o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) (MORAES, 2000).

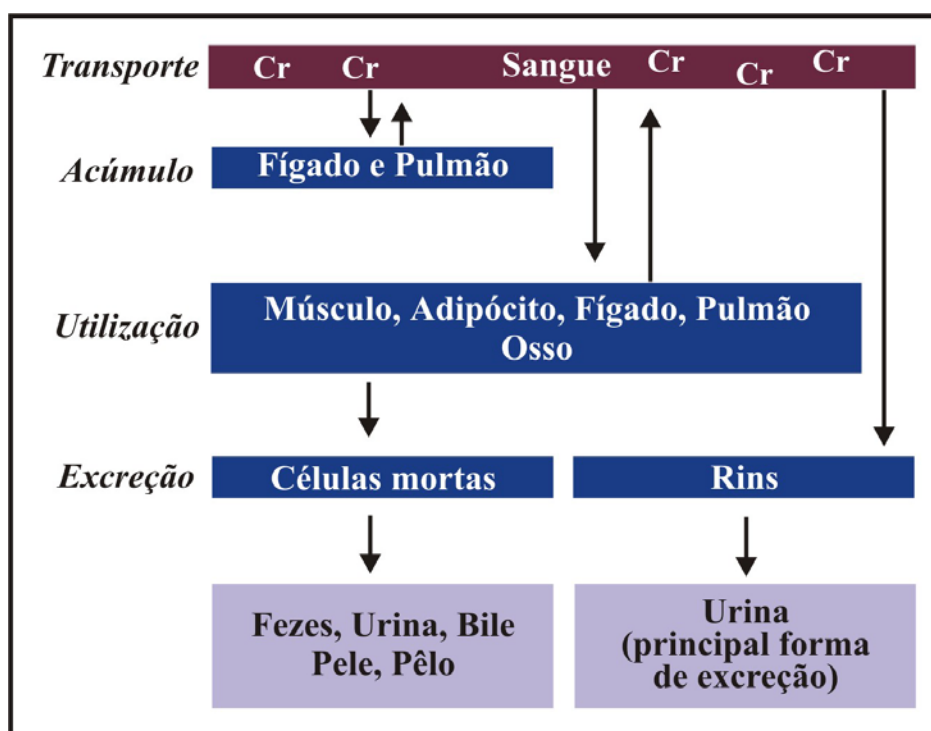
Segundo Spears (1996), novas pesquisas sobre minerais traços na forma orgânica devem ser realizadas, visando: melhorar a definição das condições

nas quais o desempenho e as respostas fisiológicas podem ser esperadas; nível de inclusão de minerais na forma orgânica em dietas; estudar o custo-benefício da adoção desta tecnologia; determinar o modo de ação dos quelatos nos ruminantes, visando elucidar o aumento no desempenho.

3.4 DINÂMICA E FISIOLOGIA DO CROMO NO ORGANISMO

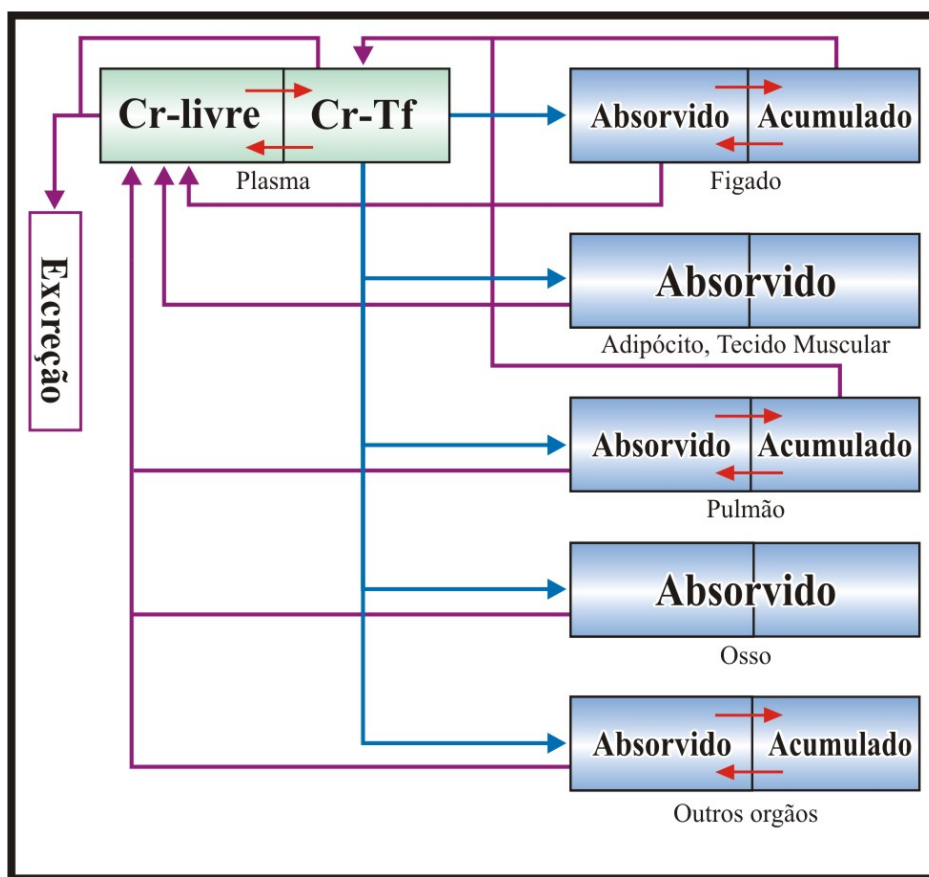
O cromo é absorvido no intestino delgado, com absorção mais ativa no jejuno e, em menor intensidade, no íleo e no duodeno (MOWAT, 1997).

A Figura 4 auxilia na compreensão da distribuição e excreção do cromo. Após a absorção, este é transportado no plasma pela transferrina e estocado por longos períodos no fígado e pulmões. A principal via de eliminação é através da urina. Na Figura 5, pode-se observar que o cromo total no plasma é distribuído em uma fração ligada à proteína transferrina e em uma fração livre. O órgão utiliza o cromo na forma ligada à proteína e o retorno deste se dá na forma livre. O cromo armazenado no fígado e nos pulmões apresenta uma meia vida de aproximadamente 4 dias. O cromo estocado nos demais órgãos apresenta meia vida inferior, de 1 ou 2 horas (NRIAGU; NIEBOER, 1988).



Fonte: Adaptado de Nriagu e Nieboer (1988).

Figura 4 - Vias de transporte, acúmulo, utilização e excreção propostas para o Cr^{+3} , no organismo animal.



Fonte: Adaptado de Nriagu e Nieboer (1988).

Figura 5 - Dinâmica compartimentada do cromo III no organismo animal e humano.

Estudos em seres humanos e animais de laboratório demonstraram que a forma na qual o elemento é suplementado é muito importante na resposta ao tratamento, visto que a forma orgânica é mais absorvida do que a inorgânica (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). O cromo orgânico apresentou uma absorção de 10 a 15% do total ingerido, contra 1 a 3% da forma inorgânica (CHANG; MOWAT, 1992). As razões da baixa disponibilidade do cromo na forma inorgânica podem estar relacionadas com a formação de óxidos de cromo insolúveis, interferência de outros elementos (zinco, ferro, vanádio) e baixa ou nenhuma conversão da forma inorgânica para orgânica pela falta de ácido nicotínico (MOWAT, 1997).

Muitos suplementos de cromo utilizados atualmente não estão na forma em que o organismo possa utilizá-los eficientemente, sendo que, neste caso, não é possível converter o cromo para forma biologicamente ativa do Fator de Tolerância à Glicose (GTF).

Anderson et al. (1996) avaliaram a biodisponibilidade relativa de nove diferentes compostos orgânicos e inorgânicos de cromo e concluíram que a deposição nos tecidos depende da forma de apresentação, sendo que o cromo na forma de cloreto apresentou os mais baixos resultados.

A dinâmica do cromo no organismo depende do estado de oxidação do elemento. Edel et al. ([19--]), em estudos com ratos e usando elemento marcado, observaram que o Cr^{+3} foi transportado quase que na sua totalidade no plasma sangüíneo, enquanto o Cr^{+6} encontrava-se associado aos glóbulos vermelhos. Depois de absorvido, o Cr^{+6} acumulou-se principalmente nos rins (concentração 10 vezes superior ao Cr^{+3}) e a concentração nos outros tecidos também foi mais uniforme e superior ao Cr^{+3} . Este último ocorreu em maior concentração no fígado (5,5 vezes superior ao Cr^{+6}). Com relação à excreção, o Cr^{+6} foi relativamente mais excretado e a principal via foi a urina. Desta forma, no estado de oxidação⁺³ o cromo foi retido no organismo, principalmente no fígado, vindo a ser, posteriormente, utilizado em condições específicas para elaboração de sua forma biologicamente ativa, o GTF.

Durante o estresse, o metabolismo da glicose diminuiu simultaneamente com o aumento da concentração do hormônio cortisol no sangue. O cortisol reage antagonicamente à insulina, prevenindo a entrada da glicose no tecido periférico (músculo e gordura), economizando-a para tecidos com elevada demanda (cérebro e fígado). Os fatores que provocaram a elevação da glicose sangüínea foram relacionados com a deficiência de cromo dietética (BURTON, 1995).

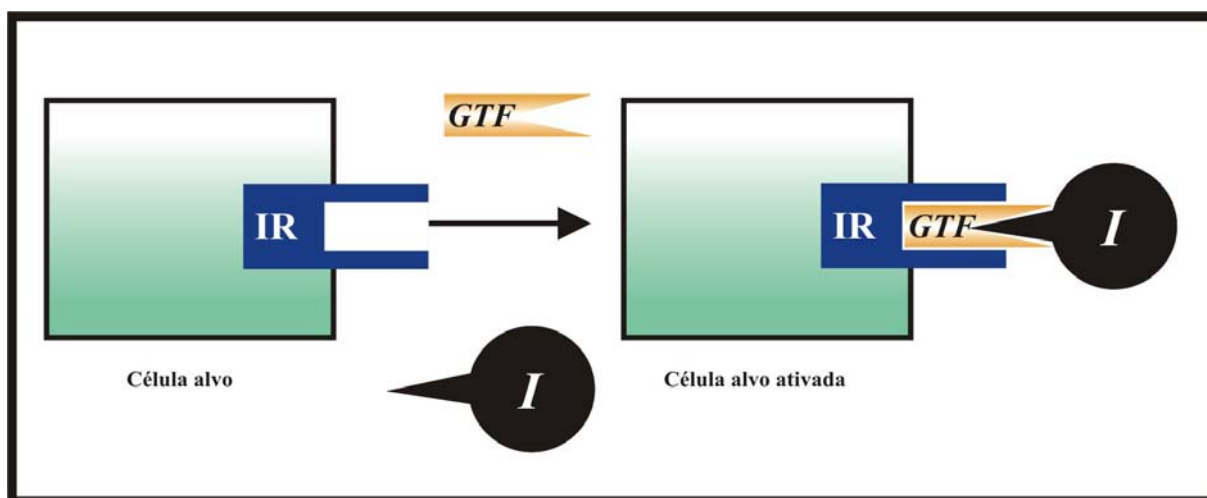
O teor de cromo da dieta não alterou a retenção e a distribuição do cromo no organismo, sendo a maior parte retida na carcaça (CHANG; MOWAT; SPEARS, 1992).

A concentração de cromo nos tecidos geralmente é maior nos animais que consomem mais amido do que naqueles cuja dieta é constituída por carboidratos simples. A dieta com mais amido envolve digestão e passagem mais lenta pelo intestino, comparada com a dieta contendo açúcares simples. O amido exerceria menor potencial osmótico e absorveria menos água no intestino e a passagem do cromo pelo trato gastrintestinal seria mais lenta, aumentando a absorção. Se essa hipótese for correta, componentes dietéticos que elevem o teor de água no intestino devem diminuir a absorção de cromo (SEABORN; STOECKER, 1989).

3.5 FORMA BIOLÓGICAMENTE ATIVA

O principal papel fisiológico do cromo é como componente integral do GTF, que potencializa a insulina, estando, portanto, envolvido no metabolismo de carboidratos e outros processos dependentes da insulina, caso do metabolismo de proteínas e lipídios (MOWAT, 1997).

O mecanismo exato pelo qual o GTF ou a forma ativa do cromo melhora a tolerância à glicose e a eficiência de tecidos periféricos não era bem conhecido. Acreditava-se que a insulina se ligava aos receptores específicos na membrana celular dos tecidos alvos e muitas evidências sugeriram que o sítio de ação do cromo estava localizado na mesma região de ação da insulina, na membrana celular. Este se ligaria diretamente à insulina, alterando sua conformação e facilitando a ligação entre ela e receptores na membrana celular. O primeiro modelo proposto para a ação da molécula de GTF pode ser observado na Figura 6.



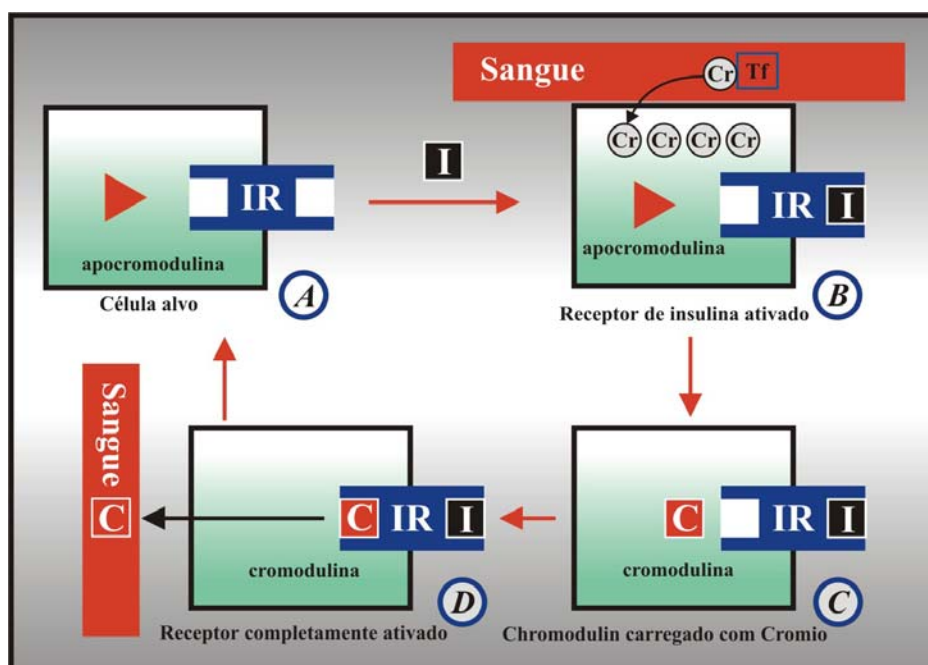
Fonte: Cazes (1999).

Figura 6 - Primeiro modelo proposto para ação da molécula de GTF. A molécula de GTF era considerada uma interface entre a molécula de insulina (I) e os receptores (IR) encontrados na membrana celular.

Pesquisas desenvolvidas com ratos demonstraram que o cromo estava envolvido na correta liberação da insulina e que a deficiência deste metal levava a um aumento na secreção de insulina (MOWAT, 1997).

Atualmente, tem sido recomendado não se referir à forma de cromo biologicamente ativo no organismo como sendo a molécula do GTF, em virtude da identificação de um oligopeptídeo com baixo peso molecular, ligante de cromo na biomolécula (LMWCr) e com propriedades semelhantes ao GTF (VINCENT, 2001).

Este oligopeptídeo, composto por glicina, cisteína, aspartato e glutamato, até então era denominado de LMWCr. Recentemente, recebeu a denominação de cromodulina, que se caracteriza pela capacidade de se ligar a quatro moléculas de cromo. O modelo de ação para a cromodulina atualmente aceito pode ser observado na Figura 7.



Fonte: Vincent (2001).

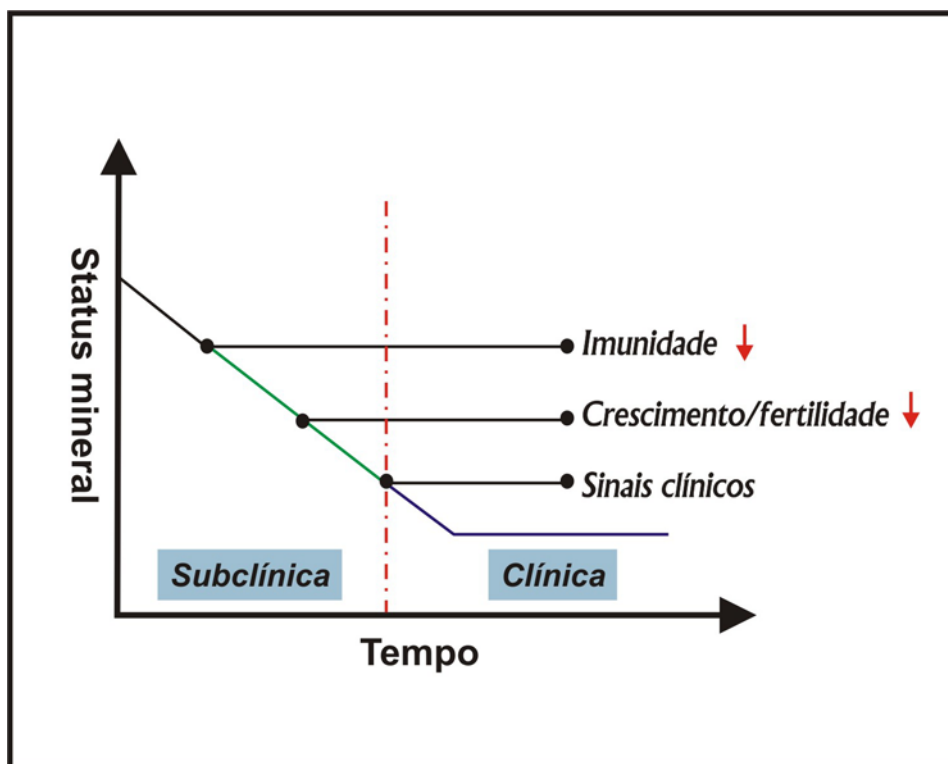
Figura 7 - Modelo de ação da cromodulina. Em A, observa-se a célula alvo, com o receptor de insulina na membrana celular desativado. Observa-se, também, a forma inativa da cromodulina. Em B, a insulina liga-se externamente aos receptores de insulina, ocorre ativação do receptor, o cromo transportado no sangue através da transferrina é internalizado na célula alvo e após ser incorporado pela apocromodulina ocorre uma modificação estrutural, formando a cromodulina, que se encaixa ao receptor de insulina internamente (C), ocorrendo amplificação do sinal para internalização da glicose. Em D, após a normalização sanguínea da glicose, a cromodulina é liberada do receptor de insulina e transportada até o sangue, sendo eliminada de forma intacta via urinária

A cromodulina possui a capacidade de ativar a tirosina quinase dos receptores de insulina ativados. O sinal para ativar a tirosina quinase pode ser amplificado em até 7 vezes, quando da presença da cromodulina. Quando da deficiência do cromo, nenhum dos elementos de transição (V, Mn, Fe, Co, Ni, Zn e Mo) são efetivos para reconstituir a atividade da cromodulina na ativação da tirosina quinase (VINCENT, 2001).

Outra biomolécula que possui o Cr na sua composição é o RNA. Análise de amostras de RNA, de diferentes origens, permitiu concluir que todas as amostras continham, em sua estrutura, elevada concentração deste elemento. Alguns experimentos têm indicado que, *in vitro*, o cromo estimula a síntese do RNA, e determina maior estabilidade desta biomolécula (VINCENT, 2001).

3.6 DEFICIÊNCIA, TOXICIDADE E EXIGÊNCIAS

Na formulação de suplementos minerais para bovinos, a importância dos micro minerais ou os elementos traços, é geralmente negligenciada. Esses nutrientes são necessários em baixas quantidades e, devido a este fato, os produtores não os consideram na elaboração da dieta. Geralmente, têm menor impacto do que as quantidades de proteína e energia no desempenho geral do animal e na eficiência econômica, porém estes elementos não deveriam ser desprezados. Nos últimos 15-20 anos, os cruzamentos, os procedimentos de seleção da população genética e o conseqüente aumento de produtividade, têm modificado os requerimentos nutricionais. A deficiência dos elementos traços inicialmente prejudica a função do sistema imunológico e, posteriormente, o crescimento e o desempenho reprodutivo. Na Figura 8, observa-se a evolução subclínica e clínica devido à deficiência de minerais traços (CORAH, 1996).



Fonte: Corah (1996).

Figura 8 - Evolução dos sinais clínicos da deficiência de minerais traços

Na deficiência de cromo, a ação da insulina é afetada. Em muitos trabalhos relacionados à deficiência de cromo, a ação da insulina é deprimida a ponto de alterar o metabolismo de carboidratos, aminoácidos e lipídios. Os sinais de deficiência disponíveis na literatura em humanos e animais podem ser observados no Quadro 2.

	<i>Espécies</i>
Redução de tolerância à glicose	Humanos, macacos, cobaias, bovinos , suínos
Hiperinsulinemia e resistência à insulina	Humanos, ratos, suínos e bovinos
Hipersecreção à insulina	Ratos
Glicosúria	Humanos e ratos
Hipoglicemia e hiperglicemia	Humanos e bovinos
Redução da oAMP	Ratos
Redução do ganho de peso e eficiência alimentar	Humanos, ratos, peru, suínos, bovinos , peixes
Hipertensão	Ratos, cachorros, macacos e humanos
Elevação do colesterol e triglicerídeos	Humanos, ratos, bovinos , suínos e ovinos
Elevado cortisol	Humanos, bovinos , cobaias, cavalos e ovinos
Elevado lactato	Cavalos exercitados
Neuropatias e encefatopatias	Humanos
Lesões na córnea	Ratos e macacos
Elevação da pressão ocular	Humanos
Redução da longevidade	Ratos
Redução dos receptores de insulina	Humanos
Redução da massa muscular	Humanos, suínos, ratos, galinhas
Elevação da porcentagem de gordura no corpo	Humanos, suínos e galinhas
Elevação da mortalidade	Bovinos e ratos
Cetose subclínica	Bovinos
Redução da produção de leite	Bovinos

Fonte: Adaptado de Mowat (1997).

Quadro 2 - Sinais da deficiência de cromo em humanos e animais

A deficiência de cromo, mais estudada em seres humanos, mostra duas situações: a hiperglicemia não dependente da insulina e a aterosclerose. A primeira situação é fácil de ser entendida pelo mecanismo de tolerância à glicose, onde, apesar de haver insulina, a glicose é impedida de ser corretamente metabolizada pela célula, razão pela qual aumenta sua concentração plasmática. Esta situação tem sido descrita na *Diabete juvenil*, especialmente em crianças consumindo altas quantidades de açúcar refinado associado à baixa ingestão de proteínas. A segunda situação, aterosclerose associada à deficiência de Cr^{+3} , é relacionada também ao metabolismo dos lipídios, devido ao aumento de ateromas ou depósitos de gordura nas artérias, aumento de colesterol total e lipoproteína de baixa densidade (LDL). Segundo Cazes (1999), o uso de um composto orgânico de cromo nessas condições tem auxiliado na diminuição do colesterol sérico.

Existem diversos fatores que podem levar à deficiência de Cr^{+3} , porém dois são considerados principais, sendo um devido à disponibilidade ou ingestão e outro devido à eliminação ou depleção, como será destacado a seguir.

3.7 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A DEFICIÊNCIA DE CROMO

De acordo com Mowat (1997), os fatores que contribuem para a deficiência de cromo estão associados aos seguintes aspectos: a) **Ingestão de cromo disponível**: baixa ingestão de matéria-seca (MS); alimentos deficientes em cromo; altos níveis de minerais antagônicos (ferro e/ou zinco); baixo nível ou baixa síntese de precursores dietéticos de cromo biodisponível (ex.: aminoácidos, niacina); alto nível de antiácidos ou tampões intestinais; baixo nível de ácido ascórbico (verificado em humanos e em cobaias); b) **Eliminação ou depleção de cromo**: alta ingestão de dietas que aumentam a necessidade de cromo (açúcares ou lactose, alto propionato, insulina, suplementação com gordura, alto nitrogênio não protéico (NNP) ou nitrogênio solúvel); estresse térmico; gestação; lactação; exercício; trauma físico; infecção viral ou bacteriana aguda; obesidade; outros agentes de estresse.

Um dos pontos a serem considerados nas deficiências de cromo é que a sintomatologia da mesma apresenta diferenças segundo a espécie animal. Segundo Cazes (1999), por essa razão é que a suplementação com cromo tem apresentado respostas em uma espécie que não, necessariamente, repetem-se em outras, conforme demonstrado no Quadro 2.

O estresse pode induzir ou confundir um estado de deficiência de cromo por causa de traumas, doenças ou exaustão física, e levar à mobilização e perda de cromo na urina (MERTZ, 1993).

O Cr^{+6} é um forte agente oxidante e, consumido em pequenas quantidades, é reduzido a cromo trivalente no ambiente ácido do estômago. A forma trivalente do cloreto de cromo é pouco absorvida de tal forma que altas ingestões podem promover intoxicações. O efeito tóxico da exposição industrial ao Cr tem sido atribuído à presença de Cr^{+6} no ar que se respira (HUNT; STOECKER, 1996). Os mesmos autores relatam que os sintomas de toxicidade incluem dermatite alérgica, ulcerações na pele, aumento da ocorrência de câncer de garganta, gastroenterite, nefrites e hepatite. Algumas espécies de cromo podem migrar para o núcleo da célula e danificar o DNA. O excesso de Cr^{+3} na célula reduz drasticamente o consumo de oxigênio pela mitocôndria (MOWAT, 1997).

Conforme Simonik, Pavelka e Kudlac (1990), as propriedades espermiotóxicas dos íons de metais pesados já são conhecidas há mais de 120

anos como redutores da motilidade espermática em humanos, bovinos, ovinos e canídeos em solução diluente para inseminação artificial.

Para animais de produção, o National Research Council (1989), recomendou ingestão máxima de 3000 mg kg⁻¹ na dieta, para o óxido de cromo e 1000 mg kg⁻¹ para o cloreto de cromo. Cuidados devem ser tomados com a forma hexavalente, que é mais solúvel e cinco vezes mais tóxica (MOWAT, 1997).

Com relação à dose letal (DL₅₀), tem sido observado que minerais na forma orgânica apresentaram DL₅₀ superior ao mesmo elemento na forma de sal Quadro 3.

Componentes	mg/kg de peso vivo	Mortalidade até 96 horas
Cloreto de crômio	85	1/5
	100	4/5
	135	5/5
Crômio quelado aminoácido	420	0/5
Sulfato de zinco	125	0/5
	175	2/5
	225	5/5
Zinco quelado aminoácido	480	0/5

Fonte: Adaptado de Ashmead (1980 apud MELO, 2002).

Quadro 3 - Comparação da toxicidade do cromo e do zinco na sua forma de sal ou quelato.

Evidências consistentes sobre a função do cromo no metabolismo levaram à avaliação do requerimento de cromo por humanos em 1989 e para animais de laboratório em 1995. No entanto, para os animais domésticos de produção, essa informação ainda está sendo estudada. O National Research Council (1997) avaliou os resultados de 7 trabalhos com gado de leite, 20 com gado de corte e sete com ovinos submetidos a dietas com variações entre 0,79 e 160 mg kg⁻¹ de matéria seca e consumo médio de cromo entre 5,5 e 10 mg kg⁻¹ e concluíram que há inconsistência nos resultados, dificultando a definição de dietas adequadas.

Devido a pouca informação, a deficiência do cromo, em nível celular, é de difícil avaliação e, portanto, o estabelecimento de sua exigência é laborioso. Nesse aspecto, há poucos dados de literatura indicando a exigência de cromo na dieta de bovinos. Segundo Andriguetto et al. (1985), o requerimento de cromo é de

0,1 ppm. Os autores não especificam a espécie animal nem a categoria. Já Nicodemo (2001), cita que o nível máximo de cromo é de 1000 mg/kg, para bovinos de corte, não especificando categoria.

3.8 O CROMO NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS

Diversos experimentos têm avaliado a influência do cromo alimentar, sobre o desempenho e reações de estresse em novilhos sob condição de transporte (CHANG; MOWAT, 1992; MOONSIE-SHAGEER; MOWAT, 1993), reações imunológicas de vacas leiteiras (BURTON; MALLARD; MOWAT, 1993) e de novilhos estabulados recém desmamados (BURTON; MALLARD; MOWAT 1994), como componente de fator tolerante à glicose (ARTHINGTON et al., 1997), sobre a eficiência produtiva e reprodutiva (BONOMI et al., 1997), e resposta imune e resistência à doença (KEGLEY; SPEARS; BROWN JR., 1997).

O cromo é um mineral provavelmente essencial, embora não se conheçam completamente suas funções (GEORGIESVSKII, 1982).

Burton, Mallard e Mowat (1993) destacaram os efeitos da suplementação com cromo na resposta imune de vacas leiteiras de alta produção próximo ao parto e no pico de lactação. Observaram que a suplementação aumentou a resposta imune humoral e mediada por células em vacas sujeitas a estresse de produção. Vacas em pré-parto e início de lactação, sob estresse físico e metabólico, apresentaram alteração do perfil hormonal e susceptibilidade a doenças. Concluiu-se que há um efeito imunomodulador do cromo em vacas periparturientes e em início de lactação, melhorando a resposta imune específica de gado estressado.

Wright, Mowat e Mallard (1994) obtiveram resultados positivos na performance de novilhos cruzados desafiados com vacinas anti Rinotraqueíte Infecciosa Bovina (IBR), Vírus Sincicial Respiratório Bovino (BRDV) e *Pasteurella hemolytica* e suplementados com 0,14 ppm de cromo quelato. Nos primeiros 28 dias de um total de 49 dias de suplementação houve aumento no ganho de peso, na ingestão de alimentos, diminuição da concentração de cortisol no soro e efeitos aditivos no plasma ascorbato (AsA) e soro tri-iodotironina (T³), no entanto não reduziu a morbidade.

O gado bovino pode ser susceptível à deficiência de cromo, durante períodos de estresse como: desmame, transporte, aclimatação, pré-parto e início de lactação. Entretanto a suplementação com cromo orgânico melhora a produção, o estado imune e a saúde, indicando que a ocorrência de doenças infecciosas pode ser reduzida e o potencial de produção aumentado com esta suplementação (BURTON,1995).

Chang, Mowat e Mallard (1995), demonstraram que o Cr orgânico não teve efeito sobre a morbidade em bezerros castrados sob condição de estresse durante 56 dias de tratamento. Por outro lado, a suplementação de cromo inorgânico juntamente com a niacina, tendeu a aumentar o ganho de peso em 39% e a eficiência alimentar em 47% nos 28 primeiros dias, de estresse, não ocorrendo diferenças nos períodos seguintes.

Clark, Ansotegui e Paterson (1995) avaliaram os efeitos do cobre, zinco, cobalto e cromo no sistema imune de novilhas jovens em final de gestação, sob a forma de minerais orgânicos e inorgânicos, e relataram que os animais que receberam suplementos orgânicos tiveram melhor resposta imune mediada por células e maior número de leucócitos e neutrófilos.

Segundo Kegley e Spears (1995) a suplementação com complexo de ácido nicotínico-cromo e levedo rico em cromo afetaram a reação imunológica, melhorando o desempenho do sistema imune e as funções relacionadas à insulina.

Wright, Mallard e Mowat (1995) observaram que, em geral, a suplementação de cromo reduziu a resposta na fase aguda da enfermidade de novilhos recentemente comprados e transportados. Burton et al. (1996) estudaram os benefícios da suplementação com cromo orgânico no sistema imune de bovinos que tinham passado por situações que aumentaram a necessidade deste mineral, como em gado leiteiro em final de gestação e início de lactação. Os resultados de imunidade celular, demonstraram que, em animais que recebiam dietas suplementadas com cromo orgânico, as quantidades de células estimuladas por mitose eram menores em animais não tratados, particularmente próximo ao momento de lactação.

Chang, Mallard e Mowat (1996) avaliaram as possíveis interações e envolvimento do cromo com insulina, cortisol, somatotropina (rBsT) e insulina como fator de crescimento (IGF-1) em vacas leiteiras, e não encontraram efeitos da suplementação com Cr sobre os parâmetros avaliados.

Em outro ensaio, Chang et al. (1996), testaram a suplementação de Cr orgânico na forma de Cr levedura ou Cr quelato e a resposta de anticorpos no soro de novilhos comprados em leilões, transportados e estressados e desafiados para ovoalbumina (OVA) e diversos antígenos virais. Os resultados obtidos mostraram que a suplementação aumentou a resposta imune humoral de novilhos estressados.

Kegley, Spears e Brown Jr. (1996) demonstraram melhora na resposta imune mediada por células e resistência a doenças em novilhos lactantes, alimentados com sucedâneo de leite suplementado com complexo de ácido nicotínico-cromo ou cloreto de Cr. Concluíram que novilhos suplementados com qualquer uma das fontes de Cr citadas, tiveram concentração do soro cortisol mais baixa, denotando aumento na função das células imuno-mediadoras.

Arthington et al. (1997) determinaram a influência da suplementação com Cr no desempenho e na resposta imunológica, de bovinos sob estresse como: animais recém-desmamados, transportados, castrados e confinados, vacas no parto e fase colostrar, além de outros tipos de situações estressantes e encontrou uma diminuição sérica da concentração de cortisol.

Bonomi et al. (1997) avaliaram os efeitos do cromo orgânico por fermentação de leveduras (Cr levedura) na eficiência produtiva e reprodutiva do gado leiteiro e obtiveram resultados satisfatórios para doses de 500 e 600µg/kg.

Kegley, Spears e Brown Jr. (1997) testaram os efeitos de transporte e suplementação com complexo de ácido nicotínico-cromo no desempenho, resposta imune e resistência à doença de novilhos e concluíram que a suplementação melhorou o ganho médio diário de novilhos em crescimento, embora não tenha afetado as respostas imunes avaliadas.

Galyean, Perino e Duff (1999) relataram a necessidade de melhorar a interação da saúde, imunidade e nutrição de gado de corte, para melhorar a performance produtiva. Essa necessidade de melhora ficou evidente quando se avaliou a susceptibilidade a Doença Respiratória Bovina (BRD) do gado de corte recém desmamado. A suplementação com microminerais como zinco, cobre, selênio e cromo, alterou a função imune do gado de corte e diminuiu a taxa de morbidez a BRD.

Aragón Vasquez et al. (2001) estudaram a influência da suplementação com Cr levedura sobre as características reprodutivas de vacas

zebus mantidas à pasto, em situação de estresse por estiagem prolongada e temperaturas elevadas, em plena estação de monta e concluíram que a suplementação melhorou o desempenho reprodutivo aumentando o número de vacas em cio e diminuindo o intervalo parto-estro, porém não teve efeito sobre as taxas de concepção.

Hayirli et al. (2001) descreveram os efeitos da suplementação com cromo-metionina na produção e parâmetros metabólicos em vacas leiteiras periparturientes. A suplementação aumentou a ingestão de matéria seca nos períodos pré e pós-parto, não alterando o ganho de peso. A condição de escore corporal, entretanto, aumentou no período pré-parto e decresceu no período pós-parto. Concluíram que a produção de leite aumentou e os parâmetros metabólicos mostraram maior concentração de insulina no soro nos períodos pré e pós-parto.

O cromo é necessário em pequenas quantidades no metabolismo animal e sua ação se dá através da tolerância dos animais à glicose envolvendo o aumento da sensibilidade das células à insulina. Devido a insuficiência de informações torna-se difícil a recomendação da suplementação de Cr na dieta de ruminantes, mas parece que isto pode ser benéfico para a saúde e bem estar durante períodos de estresse (PERES, 2001).

Vincent (2001) também relatou que o número de estudos sobre o cromo nos últimos 40 anos poderia ter sido bem maior se não tivesse ocorrido falha na diferenciação dos resultados obtidos com o cromo na forma inorgânica, complexos de cromo e cromo na forma biologicamente ativa, como encontrado na natureza.

Melo (2002) avaliou os efeitos da suplementação de Cr orgânico sobre o desempenho e parâmetros bioquímicos de bezerros holandeses sob estresse. Observou melhora no desempenho, na conversão alimentar e alterações bioquímicas na concentração de lipídios totais e fosfolipídios no soro, entretanto, o cortisol, a glicose e a insulina não foram alterados.

Aragón Vasquez e Naranjo Herrera (2003) pesquisaram a influência da suplementação com Cr levedura sobre a concentração plasmática de cortisol, uréia, cálcio e fósforo em vacas Zebus mantidas a pasto em situação de estresse calórico durante a estação de monta e não obtiveram efeito da suplementação sobre os parâmetros bioquímicos avaliados.

Zanetti et al. (2003) estudaram o efeito da suplementação com Cr orgânico sobre o ganho de peso, a eficiência e a conversão alimentar e a tolerância à glicose, em bezerros Holandeses em condição de conforto ambiental. Os resultados obtidos não mostraram efeito da suplementação.

Benedetti et al. (2004), avaliaram a eficiência reprodutiva, o ganho de peso diário e a incidência de retenção de anexos embrionários em novilhas mestiças leiteiras, em idade de procriação, suplementadas com carboamino-fosfoquelatos (Se, Zn, Cr, Mn, e Cu) e obtiveram resultados satisfatórios, sendo a melhor resposta a dose de 15 g animal/dia.

Khaled e El-Shahat (2004) investigaram os efeitos da suplementação de Cr com e sem niacina na performance, metabólitos sanguíneos e reprodução de búfalos Egípcios. Os resultados indicaram que o Cr com ou sem niacina diminuiu a glicose do soro, aumentou o colesterol e a taxa de prenhez, mas não interferiu no metabolismo de nitrogênio, minerais e atividades enzimáticas do soro.

**4 ARTIGO 1: DESEMPENHO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE
SUPLEMENTADOS COM CROMO ORGÂNICO**

Desempenho de Bovinos da Raça Nelore Suplementados com Cromo Orgânico

The performance of Nelore Steers Supplemented with Organic Chromium

Carlos Henrique Montemór

Resumo: O objetivo desse experimento foi avaliar o efeito da suplementação com cromo orgânico sobre o ganho de peso de bovinos da raça Nelore, e a avaliação econômica do uso de cromo orgânico. Utilizaram-se 20 bezerros Neloeres, inteiros, com peso inicial de 179 kg e 6 meses de idade, distribuídos ao acaso em dois tratamentos de 10 animais cada, sendo um grupo controle e outro suplementado com cromo orgânico (1mg de cromo na forma de carboaminofosfoquelato de cromo) veiculado em sal mineral com estimativa de consumo em torno de 50g/bezerro/dia. O lote controle recebeu o mesmo sal mineral sem o cromo, com a mesma estimativa de consumo. O sal mineral foi fornecido *ad libitum* e os animais foram mantidos em piquetes de *Brachiaria brizantha* e *decumbens*, em forma de rodízio durante 348 dias. Para avaliação do ganho de peso, os animais foram pesados após 14 horas de jejum de alimentos sólidos e líquidos, a cada 10 dias nos primeiros 40 dias de experimento e após, a cada 28 dias. O consumo de sal foi determinado semanalmente sendo de 39g/animal/dia para os suplementados com cromo orgânico e de 62g/animal/dia para o grupo controle. A suplementação com Cr orgânico em bovinos Nelore não influenciou ($P < 0,05$) o ganho de peso, sendo 165,3 kg e 152,9 kg para o grupo suplementado com cromo orgânico e controle, respectivamente. A avaliação econômica mostrou que a utilização de sal mineral com cromo pode ser favorável, devido menor consumo pelos animais.

Palavras-chave: Avaliação econômica. Desempenho produtivo. Ganho de peso. Consumo de minerais.

Abstract: The objective of this experiment was to evaluate the effects of organic chromium supplementation on the weight gain of Nelore steers, and economic evaluation of the organic chromium use. Twenty Nelore calves were used, with initial weight of 179 kg and 6 months of age. They were distributed in two groups, being 10 animals per group. The experimental group received a organic chromium (1mg of carboaminofosfoquelato of chromium) per day. The mineral salt consumption was estimated for 50g/animal/day. The animals in the control group received the same mineral salt without chromium, in the same consumption. The mineral salt was furnished *ad libitum* and the animals were maintained in pickets with *Brachiaria brizantha* and *decumbens* pasture, with rotation during 348 days. For weight gain evaluation, the animals were weighed after 14 hours of solids and liquids fast, every 10 days in the first 40 days of the experiment. After this, steer weights were recorded at 28 days intervals. The consumption of mineral salt was determined weekly, it was 39g/animal/day for the organic chromium supplemented and 62g/animal/day for the control group. The organic Cr supplementation in Nelore steers there was not influence ($P < 0.05$) in the weight gain it was 165.3 kg and 152.9 kg for the organic

chromium supplemented and for the control group, respectively. The economic evaluation showed that the use of mineral salt with chromium can be favorable, due to the smaller consumption by the animals.

Key words: Economic evaluation. Beef cattle. Productive performance. Weight gain

Introdução

O Brasil apresenta cerca de 80% de seu território concentrado na faixa tropical, com potencial para produção de carne e leite em sistemas baseados em pastagens (LOPES et al., 2004). No entanto, a maior dificuldade para a produção a pasto é a ocorrência da estacionalidade de produção de forrageiras. Estas variações no sistema extensivo de criação influem no desempenho dos animais contribuindo para que o crescimento ponderal seja interrompido (GALATI; EZEQUIEL, 2003). Portanto, há necessidade de se obter ganhos em produtividade, minimizando os efeitos negativos da sazonalidade de forrageiras tropicais (GÓES et al., 2003). Para tanto, a suplementação mineral é atualmente considerada ferramenta obrigatória na produção pecuária.

Os minerais desempenham papel fundamental em diversas áreas do metabolismo animal. Eles atuam nos mais diferentes sistemas orgânicos com diversidade de funções (BARUSELLI, 1997), influenciando diretamente o desempenho bovino (BENEDETTI et al., 2004).

Com o avanço da produção de bovinos de corte, as exigências nutricionais aumentaram e novos microelementos minerais e formas de suplementação entraram no cenário da produção (MORAES, 2001). Nesse sentido o uso de minerais orgânicos na alimentação de ruminantes tem proporcionado respostas positivas na produção, como é o caso do Cromo (Cr).

As exigências de Cr ainda não são conhecidas e a sua suplementação pode ser realizada em animais de alta produção ou em animais sob condição de estresse, como na desmama (MORAES, 2001). Sabe-se que o Cr potencializa a ação da insulina e só recentemente os ruminantes passaram a ser suplementados com Cr, mas ainda existem dúvidas quanto aos seus reais efeitos (ZANETTI et al., 2003).

Os resultados de pesquisa obtidos na literatura têm demonstrado que o Cr é necessário para o crescimento e síntese de proteína (MERTZ, 1993) e que a suplementação pode melhorar a performance devido ao aumento do metabolismo energético (KITCHALONG et al., 1995).

O Cr pode estar envolvido em várias funções biológicas. Entretanto, o papel mais importante parece ser a melhoria da ação da insulina. O Cr, como componente integral do Fator de Tolerância à Glicose (GTF), se liga à insulina, a qual é responsável pelo transporte da glicose e aminoácidos para o interior da célula por receptores da membrana celular. Tal otimização da atividade da insulina, resulta na melhor regulação da glicose capturada pela célula e em conseqüência no melhor controle da concentração de glicose sangüínea e utilização máxima do potencial energético (PECHOVÁ et al., 2002), sendo, desta forma, um mineral traço essencial para o metabolismo normal de carboidratos, lipídios e hormônios do crescimento (MORAES, 2001; NRC, 1989; MERTZ, 1993; POLLARD; RICHARDSON; KARNEZOS, 2002).

Efeitos favoráveis no metabolismo energético têm sido relatados em trabalhos realizados na Itália. Entretanto, em trabalhos realizados na Suécia e no Japão não foram encontrados efeitos similares. Entre outras causas, esta discrepância pode ser resultado de diferenças territoriais na concentração de Cr no solo e nas plantas (FALDYNA; PECHOVÁ; KREJCI, 2003). Na República Tcheca

experimentos demonstraram maior concentração de glicose sangüínea e menor de corpos cetônicos em vacas leiteiras no período periparto (PECHOVÁ et al., 2002). Resultados de experimentos com suplementação de Cr em suínos, bovinos, ovinos e aves, têm demonstrado que o Cr melhora a qualidade da carcaça pelo aumento do rendimento em carne e decréscimo na quantidade de gordura (PECHOVÁ et al., 2002).

Pollard, Richardson e Karnezos (2002), relataram que os efeitos do Cr sobre a performance e crescimento dos animais, têm sido variáveis e menos consistentes do que os efeitos no sistema imune em bovinos de corte.

Segundo Gottschall et al. (2004), a produção deve ser eficiente sob o ponto de vista biológico (taxa de crescimento e ganho de peso dos animais) e econômico.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho (ganho de peso), o consumo de sal mineralizado suplementado com cromo orgânico e o resultado econômico dessa prática para bovinos Nelore em pastagem.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma Propriedade Agropecuária, localizada no Município de Jaguapitã, região Norte do Estado do Paraná, tendo como coordenadas geográficas: 23º de latitude sul e 51º 30' de longitude oeste e altitude aproximada de 550 m. O solo da região é do tipo Latossolo vermelho escuro, textura média e o clima caracterizado por subtropical úmido mesotérmico, conforme descrito pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (PARANÁ, 1994).

O experimento foi conduzido durante o período de 26 de junho de 2003 a 08 de junho de 2004, totalizando 348 dias.

Foram utilizados 20 bezerros Nelores criados em condições de campo, desmamados ao início do experimento, com 6 meses de idade e com peso

inicial médio de 179 kg. Os animais foram inicialmente tratados contra ecto e endoparasitas e vacinados contra febre aftosa e clostridioses. Ao longo do experimento foi controlado, em função das necessidades, a presença de ecto parasitas (carrapatos e moscas), repetido o tratamento contra endoparasitas, além de reforço imunoprolático contra as doenças anteriormente citadas.

Ao início do experimento foram separados ao acaso, identificados com brincos coloridos, numerados e fixados na parte média da orelha esquerda. Os animais foram pesados e distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado distribuído em dois tratamentos, sendo os tratamentos: com suplementação de Cr e sem suplementação (controle).

Os animais foram mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* na proporção de 50% de cada variedade, dividida em seis piquetes de 1 hectare (ha), em sistema de pastoreio rotacional com permanência de dez dias em cada piquete. Os piquetes foram separados por cercas eletrificadas compostas por três fios de arame, com distância de 0,30 m entre os fios, sendo que o primeiro foi eletrificado a 0,45 m do solo (PY, 1998). O local contou com duas áreas destinadas à suplementação; cada uma contendo um cocho d'água e um cocho coberto para suplementação mineral com 10 cm/linear/cabeça (AGUIRRE; GHELFI FILHO, 1994) com duplo acesso.

A fonte de Cr utilizada foi a Carboaminofosfoquelato de Cr na dose de 1 mg/animal/dia misturada ao sal mineral iônico. Para o grupo controle foi fornecido o mesmo sal mineral iônico sem o Cr, para ambos os grupos a estimativa de consumo era de 50g/animal/dia. O sal mineral, previamente pesado, foi fornecido *ad libitum*, distribuído conforme consumo e anotado o período de consumo. A composição química do suplemento mineral está detalhada no Quadro 1.

	Grupo suplementado	Grupo controle
Cálcio (g)	140	140
Fósforo (g)	65	65
Enxofre (g)	9	9
Magnésio (g)	5	5
Sódio (g)	148	148
Cobalto (mg)	107	107
Cobre (mg)	1500	1500
Iodo (mg)	150	150
Manganês (mg)	1100	1100
Níquel (mg)	30	30
Selênio (mg)	14	14
Zinco (mg)	4200	4200
Flúor (máx)(mg)	650	650
Ferro (mg)	1120	1120
Cromo (mg)	20	-

Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% (min) – 95%

Quadro 1 - Fórmula do sal mineral iônico fornecido em níveis de garantia por Kg do produto.

Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 10 dias, nos primeiros 40 dias e posteriormente a cada 28 dias até o final. As pesagens foram realizadas pela manhã, após quatorze horas de jejum de alimentos sólidos e líquidos. O ganho de peso foi estabelecido pelas diferenças de pesos vivos de cada avaliação.

O índice pluviométrico foi obtido através da instalação de um pluviômetro, no local do experimento. Os dados foram coletados diariamente, às 8 horas, e expressos de forma acumulada para cada período. A média histórica regional foi obtida junto ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR – 2005) (Figura 1).

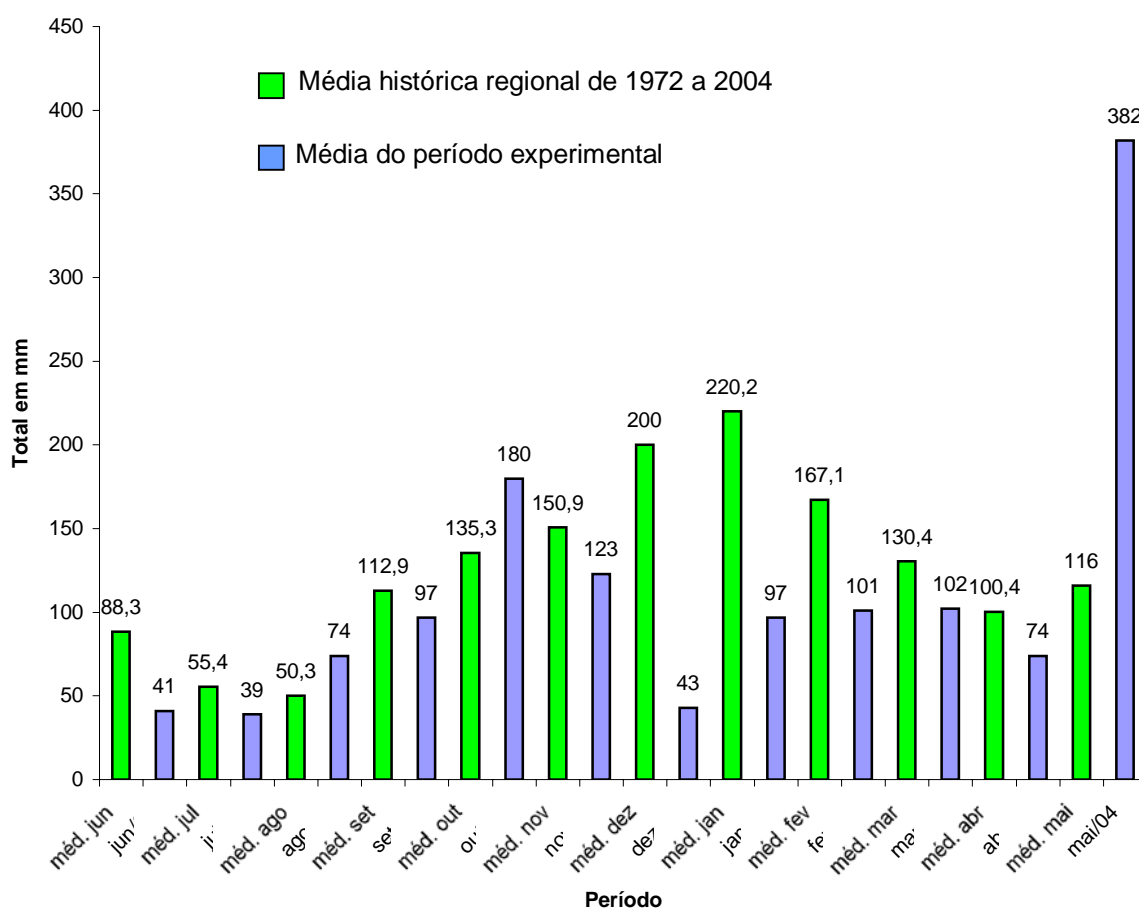


Figura 1 – Precipitação pluviométrica, em mm, acumulada por período, durante o experimento e média histórica regional de 1972 a 2004 (IAPAR, 2005)

O preço dos sais minerais foi obtido em consultas a empresas vendedoras de suplementos, na região de Londrina – PR, no mês de janeiro de 2005. Para o suplemento mineral iônico foi calculado o preço médio de 5 produtos comerciais com aproximadamente o mesmo teor de fósforo do sal utilizado e para o Cr foi estabelecido o preço médio de 2 produtos disponíveis na região.

A avaliação econômica foi calculada conforme recomendações de Guimarães e Vieira (1991).

Os resultados obtidos de ganho de peso vivo foram avaliados através do teste “t” (Student), no nível de 5% de probabilidade, conforme Vieira (1981).

Resultados e Discussão

PESO VIVO E GANHO DE PESO DOS ANIMAIS

Na Figura 2 e no Quadro 2, encontram-se os resultados obtidos para peso vivo médio, expressos em kg.

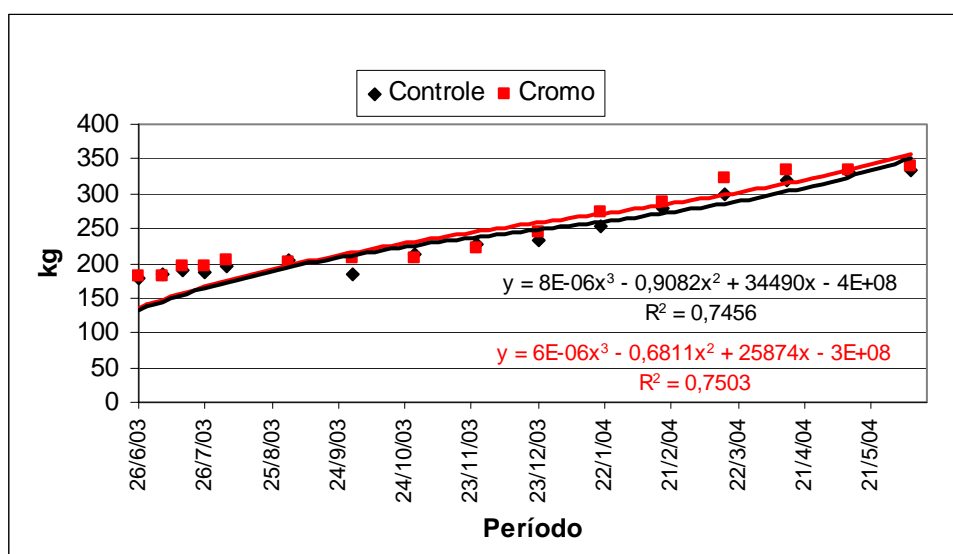


Figura 2 - Peso vivo médio (Kg) em função dos períodos de avaliação para grupo Cromo e controle, obtido através de regressão cúbica.

Observou-se que não houve efeito significativo ($P < 0,05$) da suplementação com Cr orgânico sobre o peso vivo e ganho de peso de bezeros Nelores mantidos em pastagem, demonstrado pela proximidade das curvas representativas dos grupos controle e suplementado com Cr.

Embora não tenha ocorrido efeito significativo para peso vivo no período, o grupo suplementado com Cr apresentou peso vivo médio final superior ao grupo controle (345,4 kg e 330,8 kg, respectivamente). Isso corresponde a um ganho médio em peso diário de 0,475 kg para o grupo suplementado e 0,439 kg para o grupo controle, ou seja, 7,6% superior. A diferença de peso foi observada a

partir do 5º mês de suplementação, aumentou gradativamente e manteve-se até o final do período experimental, demonstrado no Quadro 2.

DATA	CONTROLE	SUPLEMENTADO COM CROMO	VARIAÇÃO OBTIDA
26/06/03	177,9	180,1	2,2
07/07/03	184,4	182,4	-2,0
16/07/03	190,4	195,2	4,8
26/07/03	186,7	195,6	8,9
05/08/03	195,6	203,6	8,0
02/09/03	204,6	200,6	-4,0
30/09/03	183,3	206,1	22,8
28/10/03	213,3	207,4	-5,9
25/11/03	226,9	220,2	-6,7
23/12/03	234,4	245,0	10,6
20/01/04	253,9	272,0	18,1
17/02/04	280,4	287,7	7,3
16/03/04	299,3	322,7	23,4
13/04/04	319,2	333,1	13,9
11/05/04	331,5	333,4	1,9
08/06/04	330,8	345,4	14,6

Quadro 2 – Peso vivo médio em kg, obtido para os grupos controle e suplementado com cromo, em cada uma das avaliações efetuadas e variação obtida pelo segundo grupo em relação ao primeiro.

O desempenho em ganho de peso diário é um parâmetro freqüentemente avaliado em animais suplementados com Cr e os resultados encontrados na literatura são muito diferentes. Alguns autores têm encontrado efeito da suplementação do Cr sobre o desempenho de bovinos, principalmente quando estes estão submetidos a estresse. Para animais em conforto ambiental, a maior parte dos resultados não encontrou efeitos da suplementação.

Apesar de não ter havido diferença estatística pela análise de variância, em alguns momentos houve diferenças entre o grupo suplementado e o controle, o que foi verificado ao se empregar o teste “t” (Sudent). Em ambos, o grupo suplementado apresentou maior peso vivo que o controle (272 e 253,9 kg), 6,6%

superior no primeiro momento e (322,7 e 299,3 kg) 7,2% superior no segundo, observado no Quadro 2.

Os resultados desse experimento concordam com os de Chang e Mowat (1992) que estudaram os efeitos da suplementação com 0,4 ppm de Cr (Cr levedura) em dois períodos. No primeiro período, considerado de estresse, a suplementação propiciou aumento do ganho de peso dos animais tratados em relação ao grupo testemunha. No segundo período, sem efeito de estresse, os animais suplementados com Cr apresentaram o mesmo desempenho dos que os sem suplementação.

Melo (2002), também obteve aumento no ganho de peso de bezerros Holandeses suplementados com 1 mg de carboaminofosfoquelato de Cr/animal/dia. A suplementação com Cr orgânico foi efetiva no ganho de peso a partir do terceiro período do experimento, período no qual aumentou o estresse calórico em função de elevação na temperatura ambiental.

No experimento de Pechová et al. (2002), os resultados da suplementação com 5 mg de Cr levedura/animal/dia foram favoráveis para o ganho de peso diário, no primeiro período de confinamento de novilhos de engorda e não favoráveis ao elevar a dose para 8 mg/animal/dia, para o período de acabamento.

Uma das explicações para o melhor desempenho somente dos animais sob estresse é que nestas condições eles podem apresentar uma queda na resistência imune, queda essa que comprometeria o desempenho e, que, a suplementação visando elevar os níveis de Cr, evitaria, como já comprovado em vários experimentos (MOONSIE-SHAGEER; MOWAT, 1993; BURTON; MALLARD; MOWAT, 1993).

No entanto, no experimento de Kegley, Galloway e Fakler (2000) a suplementação de novilhos cruzados em crescimento, sob estresse, com 400 ou 800

mg Cr L-metionina/kg de dieta por 24 dias não obtiveram efeito da suplementação sobre ganho de peso médio diário, ingestão de matéria seca e taxa de conversão alimentar. Outras fontes de Cr também não têm sido eficazes em promover efeito no ganho de peso, tais como cloreto de Cr, e complexo de Cr ácido-nicotínico (KEGLEY; SPEARS, 1995) ou Cr quelato (MATHISON; ENGSTROM, 1995; WRIGHT; MALLARD; MOWAT, 1995). Por outro lado, o suplemento de Cr, como Cr levedura (CHANG; MOWAT, 1992; MOONSIE-SHAGEER; MOWAT, 1993) aumentou o ganho de peso em alguns experimentos. Estes resultados variáveis podem refletir diferenças no “Status” de Cr dos bovinos, o nível de estresse ao qual os bovinos estavam expostos e a quantidade e biodisponibilidade de Cr na dieta basal, ou a biodisponibilidade da fonte de Cr suplementar.

Zanetti et al. (2003), suplementando bezerros Holandeses, em condições de conforto, com 0,4 mg de Cr orgânico por kg/MS de ração basal, não encontraram diferenças no ganho em peso, eficiência alimentar e conversão alimentar entre os grupos suplementados e não suplementados e sugeriram que em condições normais o Cr não tem apresentado efeito sobre o desempenho animal, devido provavelmente aos níveis das dietas serem suficientes para o adequado desenvolvimento do animal.

Os resultados de Zanetti et al. (2003) foram semelhantes aos obtidos por Swanson et al. (2000) que suplementaram novilhas de corte em crescimento por 6 semanas com 100, 200 ou 400 mg Cr levedura/Kg/MS da dieta e não verificaram efeitos no ganho de peso diário e eficiência de ganho, sugerindo que a suplementação para bovinos em crescimento não estressados pode não ser benéfica.

Discordando dos resultados desse experimento e dos resultados de Swanson et al. (2000) e de Zanetti et al. (2003), Benedetti et al. (2004), encontraram diferenças significativas para ganho de peso diário, concepção ao

primeiro serviço e retenção de anexos embrionários em novilhas mestiças leiteiras suplementadas com 5, 10 e 15 g carboaminofosfoquelato de Cr/animal/dia, sendo as melhores respostas quando se administrou a dose de 15 g.

CONSUMO DE SAL MINERAL E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DE MINERAIS ORGÂNICOS

O consumo de sal mineral entre os animais dos dois grupos avaliados está demonstrado na Figura 3.

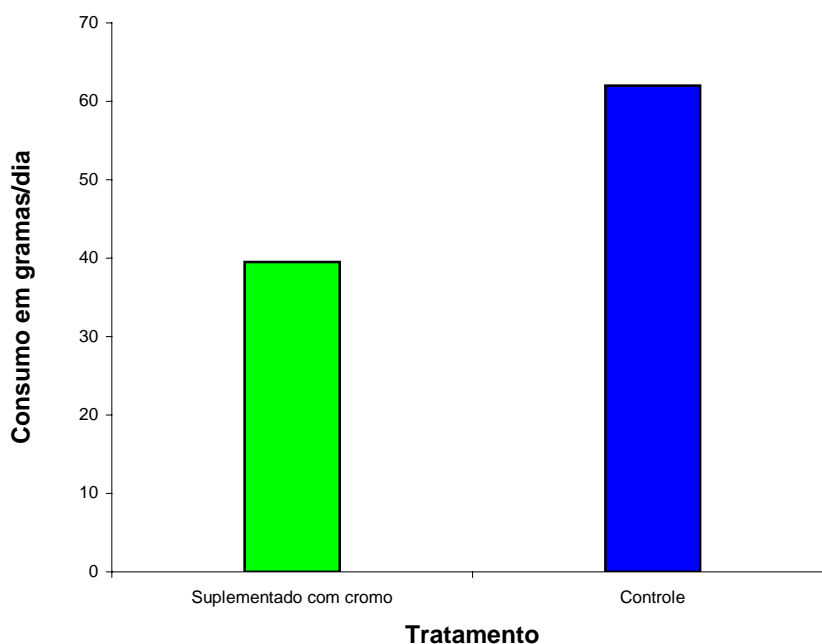


Figura 3 - Consumo médio (gramas/animal/dia) de sal mineral com suplemento de cromo orgânico e sem cromo (controle).

De acordo com a Figura 3, pode-se observar que o consumo de sal mineral com Cr orgânico foi 36,3% inferior ao consumo do sal mineral sem suplemento. Para o grupo suplementado com Cr o consumo de 39 g/animal/dia, correspondeu a 0,79 mg de Cr/animal/dia sendo inferior a ingestão proposta pelo experimento, que foi de 1mg/Cr/animal/dia. O consumo médio diário de mistura mineral com e sem cromo obtido neste experimento (39 e 62 g/animal/dia,

respectivamente) está de acordo com os encontrados por Aragón Vasquez e Naranjo Herrera (2003), que trabalharam com vacas Zebu, mantidas em pastagem de *Brachiaria brizantha*, e obtiveram 72,92 e 77,84 g/animal/dia, respectivamente, para os grupos suplementados ou não com cromo orgânico.

Pode-se observar que mesmo tendo ocorrido períodos de menor oferta de forragem, com forragens de porte mais baixo e menor capacidade de rebrota, devido irregularidade e menor precipitação pluviométrica em alguns períodos (Figura 1), associados a temperaturas mais elevadas, os animais do grupo suplementado com Cr, embora apresentassem menor ingestão de minerais, não sofreram prejuízos na taxa de crescimento. Verificou-se que as quantidades de minerais ingeridos proporcionaram condições adequadas aos animais para se desenvolverem normalmente (Figura 2).

Muller e Primo (1986 apud VAZ et al., 2004) estabeleceram a importância do ganho de peso durante a recria dos novilhos, como determinante da idade de abate e, conseqüentemente, das características de carcaça. O ganho de peso, em quilos, dos animais do grupo suplementado com Cr, dos 6 aos 12 meses de idade e dos 12 aos 18 meses foi superior ao encontrado por Vaz et al. (2004) para novilhos da mesma raça e idade sem suplementação com Cr. Aos 18 meses, os animais suplementados com Cr, deste experimento, apresentaram peso médio superior ao encontrado por este mesmo autor, 345,4 e 266,75 kg, respectivamente.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DE MINERAIS ORGÂNICOS

Baseado no desempenho produtivo dos animais e no consumo de sal mineral, pode-se observar o aspecto econômico do uso de suplementos com Cr orgânico, apresentados no Quadro 3.

Variáveis	Suplemento com cromo	Controle
Peso vivo médio inicial (kg)	180,1	177,9
Peso vivo médio final (kg)	345,4	330,8
Ganho peso médio/animal/período (kg) (1)	165,3	152,9
Ganho peso médio/dia (kg)	0,475	0,439
Consumo médio/animal/dia (kg)	0,039	0,062
Consumo médio/animal/período (kg)	13,57	21,57
Custo (kg) sal mineral (R\$)	0,95	0,75
Custo/sal/animal/período (R\$) (2)	12,89	16,18
Relação benefício/custo (kg/R\$) (1 ÷ 2)	12,8	9,4

Quadro 3 - Desempenho produtivo e econômico de animais suplementados com cromo orgânico e não suplementado (controle).

De acordo com os dados apresentados no Quadro 3, pode-se observar que o uso de sal mineral suplementado com Cr orgânico apresentou uma avaliação econômica favorável. Verifica-se que para cada real investido na suplementação mineral, o uso de Cr proporcionou 12,8 kg de ganho por animal, enquanto o grupo sem Cr 9,4 kg, ou seja, ganho de 3,4 kg de peso/animal/real investido na suplementação com Cr orgânico em relação em relação ao grupo não suplementado. Embora não tenha sido aplicado estatística, observa-se diferença numérica de 26,56% favorável ao uso do sal mineral com Cr.

Conclusão

A suplementação com Cr orgânico em bovinos Nelore, em pastagem, não influenciou o ganho de peso.

A avaliação econômica mostrou que a utilização de sal mineral com Cr orgânico é favorável, devido menor consumo de sal mineral pelos animais.

Referências

AGUIRRE, J.; GHELFI FILHO, H. **Instalações para bovinos**. 2.ed. Campinas: CATI, 1994. 106 p. (Boletim Técnico, 204).

ARAGÓN VASQUEZ, E. F.; NARANJO HERRERA, A. del P. Concentração plasmática de cortisol, uréia cálcio e fósforo em vacas de corte mantidas a pasto suplementadas com levedura de cromo durante a estação de monta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p. 743-747, jul./ago. 2003.

BARUSELLI, M. S. As propriedades dos minerais orgânicos. **Noticiário Tortuga**, São Paulo, ano 43, n.403, p.8-9, 1997.

BENEDETTI, E. et al. A eficiência reprodutiva das vacas com carboamino-fosfoquelatos. **Noticiário Tortuga**, São Paulo, ano 49, n.435, p.12-13, jan./fev. 2004.

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**, Savoy, v.71, p.1532-1539, Jun. 1993.

CHANG, X.; MOWAT, D. N. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.2, p.559-565, Feb. 1992.

FALDYNA, M.; PECHOVÁ, A.; KREJCI, J. Chromium supplementation enhances antibody response to vaccination with tetanus toxoid in cattle. **Journal of Veterinary Medicine**, Berlin, v.50, n.7, p.326-331, Sep. 2003.

GALATI, R. L.; EZEQUIEL, J. B. Importância da suplementação mineral protéica durante a estação seca. **Serrana Nutrição Animal: Boletins Técnicos**, São Paulo, ago. 2003.

GÓES, R. H. T. B. et al. Desempenho de novilhos Nelore em pastejo na época das águas: ganho de peso, consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.1, p. 214-221, jan./fev. 2003.

GOTTSCHALL, C. S. et al. Análise bioeconômica de vacas de corte terminadas em regime de suplementação a campo e confinamento. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v.20, n.2, p.151-159, 2004.

GUIMARÃES, J. M. P.; VIEIRA, G. **Administração Financeira II**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1991.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Médias históricas das estações do IAPAR**. Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Estacoes_IAPAR/Estacoes_Paraná.htm>. Acesso em: 09 mar.2005.

KEGLEY, E. B.; SPEARS, J. W. Immune response, glucose metabolism, and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. **Journal of Animal Science**, Savoy, n.73, n.9, p.2721-2726, Sep. 1995.

KEGLEY, E. B.; GALLOWAY, D. L.; FAKLER, T.M. Effect of dietary chromium-L-methionine on glucose metabolism of beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, n.12, p. 3177-3183, Dec. 2000.

KITCHALONG, L. et al. Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, n.9, p.2694-2705, Sep. 1995.

LOPES, F. C. F. et al. Efeito da suplementação e do intervalo de pastejo sobre a qualidade da forragem e consumo voluntário de vacas Holandês x Zebu em lactação em pastagem de capim-elefante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n.3, p.335-362, Jun. 2004.

MATHISON, G. W.; ENGSTROM, D. F. Chromium and protein supplements for growing – finishing beef steers fed barley-based diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 75, n.4, p. 549-558, 1995.

MELO, G. M. P. **Desempenho e parâmetros sanguíneos de bezerros submetidos a estresse, suplementados com o crômio orgânico**. 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal Nutrition**. Bethesda, v.123. n.4, p.626-633, 1993.

MOONSIE-SHAGEER, S.; MOWAT, D. N. Effect of level supplemental chromium on performance, serum constituents, and immune status of stressed feeder calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, n.1, p. 232-238, Jan. 1993.

MORAES, S. da S. **Novos microelementos minerais e minerais quelatados na nutrição de bovinos**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Documento, n.119).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. **Nutrient Requirement of Beef Cattle**, Washington: National Academic Press, 1989.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo**. Curitiba: SEAB, 1994. 372 p.

PECHOVÁ, A. et al. Effects of chromium supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls. **Acta Veterinaria Brno**, Berno (Czech Republic), v.71, n.4, p.535-541, Dec. 2002.

POLLARD, G. V.; RICHARDSON, C. R.; KARNEZOS, T. P. Effects of supplemental organic chromium on growth, feed efficiency and carcass characteristics of feedlot steers. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam v.98, n.1/2; p.121-128, Jul. 2002.

PY, C. R. Rede física. In: _____. **Cercas elétricas**. Guaíba: Agropecuária, 1998. p.55-58.

SWANSON, K. C. et al. Efficacy of chromium-yeast supplementation for growing beef steers. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 86, n. 1/2, p.95-105, 2000.

WRIGHT, A. J.; MALLARD, B. A.; MOWAT, D. N. The influence of supplemental chromium and vaccines on the acute phase response of newly arrived feeder calves. **Canadian Journal of Veterinary Research**, Ottawa, v.59, n.4, p.311-315, Oct. 1995.

VAZ, F. N. et al. Ganho de peso antes e após os sete meses no desenvolvimento e características quantitativas da carcaça de novilhos Nelore abatidos aos dois anos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.4, p. 1029-1038, jul./ago. 2004.

VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1981. 294 p.

ZANETTI, M. A. et al. Desempenho e resposta metabólica de bezerros recebendo dietas suplementadas com cromo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p. 1532-1535, nov./dez. 2003.

**5 ARTIGO 2: PERFIL METABÓLICO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE
SUPLEMENTADOS COM CROMO ORGÂNICO**

Perfil Metabólico de Bovinos da Raça Nelore Suplementados com Cromo Orgânico

Metabolic Profile of Nelore Steers Supplemented with Organic Chromium

Carlos Henrique Montemor

Resumo: O objetivo desse experimento foi avaliar o efeito da suplementação com Cr orgânico sobre o teor de glicose, colesterol e lipídios totais (perfil metabólico) em bovinos da raça Nelore. Utilizaram-se 20 bezerros Nelore, com peso inicial de 179 kg e 6 meses de idade, distribuídos inteiramente ao acaso em 2 tratamentos de 10 animais por tratamento, sendo um suplementado com Cr orgânico (1 mg de Cr na forma de carboaminofosfoquelato de Cr) veiculado em sal mineral com estimativa de consumo de 50 g/bezerro/dia. O tratamento controle recebeu o mesmo sal mineral sem Cr, com a mesma estimativa de consumo. O sal mineral foi fornecido *ad libitum* e os animais foram mantidos em piquetes de *Brachiaria brizantha* e *decumbens*, em forma de rodízio durante 348 dias. Para a mensuração de glicose, colesterol e lipídios totais, foi coletado sangue, após 14 horas de jejum de alimentos sólidos e líquidos, a cada 10 dias nos primeiros 40 dias de experimento e após este período, a cada 28 dias. Não houve efeito significativo ($P < 0,05$) da suplementação com Cr sobre a glicose plasmática (72,8 mg/dL e 74,46 mg/dL), colesterol (118,96 mg/dL e 122,42 mg/dL) e lipídios séricos totais (258,4 mg/dL e 266,4 mg/dL), para os grupos controle e suplementado com Cr orgânico, respectivamente. Pode-se concluir que a suplementação com Cr orgânico para bovinos Neloeres, sob pastejo, não interferiu no perfil metabólico dos componentes estudados.

Palavras-chave: Bovinos de corte. Glicose. Colesterol total. Lipídios totais.

Abstract: The objective of this experiment was to evaluate the effects of the organic Cr supplementation on glucose, cholesterol and total lipids levels (metabolic profile) in nelore steers. Nelore with initial weight of 179 kg and 6 months of age, were randomly distributed in 2 groups of 10 animals in each treatment. Only the experimental group received a organic Cr (1mg carboaminofosfoquelato of Cr) supplementation with consumption estimated around 50 g/animal/day. The control group received the same mineral salt without Cr with the same estimated consumption. The mineral salt was furnished *ad libitum* and the animals were maintained in *Brachiaria brizantha* and *decumbens* pasture, with rotation of pickets during 348 days. In order to determine the glucose, cholesterol and total lipids levels, the blood was collected, after 14 hours of solid and liquid fast, every 10 days in the first 40 days of experiment and after this period every 28 days. No significant effect ($P < 0.05$) of the Cr supplementation as for the glucose (72,8 mg/dL e 74,46 mg/dL), cholesterol (118,96 mg/dL e 122,42 mg/dL) and total serum lipids (258,4 mg/dL e 266,4 mg/dL) levels was observed for the control and supplemented group with organic chromium, respectively. It can be concluded that the organic Cr supplementation in nelore steers did not affect the metabolic profile of the studied components.

Key words: Beef cattle. Glucose. Total cholesterol. Total lipids.

Introdução

Os minerais traços têm sido tradicionalmente suplementados à dietas animais como sais inorgânicos. Recentemente, tem ocorrido considerável interesse no uso de quelados ou minerais traços orgânicos na nutrição de ruminantes. Este interesse tem sido estimulado por relatos de melhora no crescimento, reprodução e saúde em ruminantes alimentados com minerais traços disponíveis na forma orgânica (SPEARS, 1996), caso do Cromo (Cr) orgânico. No entanto, existem poucos estudos sobre a bioquímica nutricional deste elemento. Recentemente obteve-se uma descrição da potencialidade do papel do Cr e parece que este é requerido para adequado metabolismo de carboidratos e lipídios em mamíferos, ainda que sua deficiência seja difícil de ocorrer (VINCENT, 2004).

A primeira função do Cr no metabolismo relacionada com o Fator de Tolerância à Glicose (GTF), foi descrita por Schwarz e Mertz (1959) apud Aragón Vasquez; Naranjo Herrera (2003). A partir de então, tem sido demonstrado que o Cr é essencial na nutrição humana e animal, principalmente sob condições de estresse, sendo considerado como um elemento antiestresse (ARAGÓN VASQUEZ.; NARANJO HERRERA, 2003).

O efeito trófico do Cr é melhorar a comunicação entre insulina e seus receptores que estão localizados na membrana celular de tecidos sensíveis à mesma através do aumento da fluidez e taxa de permeabilidade (EVANS; BOWMAN, 1992).

O Cr é relativamente novo na nutrição de animais domésticos. O National Research Council (1997) avaliou os resultados da suplementação com Cr de sete estudos realizados em vacas leiteiras, vinte em bovinos de corte e sete em

ovinos. Nestes estudos, a quantidade de Cr fornecida à dieta basal variou de 0,79 a 1,60 mg/kg de matéria seca (MS) e a quantia de Cr suplementar de 5,5 a 10 mg/dia. As principais observações foram a inconsistência entre os resultados apresentados e a insuficiência de dados eficazes produzidos para avaliar o requerimento de Cr para ruminantes. Entretanto, concluíram que a suplementação com Cr poderia ser benéfica para a saúde e bem estar de ruminantes durante períodos de estresse.

A biodisponibilidade das fontes de Cr tem sido determinada com base em sua habilidade para alterar o metabolismo da glicose (KEGLEY; GALLOWAY; FAKLER, 2000).

Em ruminantes desmamados, em crescimento, e em ruminantes adultos, os efeitos da suplementação de Cr na tolerância à glicose ou outros parâmetros do metabolismo de carboidratos têm sido variáveis (BUNTING et al., 1994; KEGLEY; SPEARS, 1995; KITCHALONG et al., 1995). Dependendo da idade, pré-ruminante ou ruminante adulto, o Cr tem alterado a concentração circulante de metabólicos ou hormônios relacionados ao metabolismo de carboidratos e lipídios (BUNTING et al., 2000).

Bunting et al. (1994) relataram menor taxa de colesterol total e maior de glicose em vacas Holandesas alimentadas com dietas suplementadas com tripicolinato de Cr (CrPic). Outros estudos têm demonstrado que adequada nutrição de Cr leva a um decréscimo no requerimento de insulina e melhora o perfil lipídico sanguíneo (EARLEY et al., 2002).

A composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete a situação metabólica dos tecidos animais, para avaliar lesões teciduais, transtornos no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e fisiológicos e desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional. No

entanto, a interpretação do perfil bioquímico é complexa, tanto aplicada para rebanhos, quanto para indivíduos, devido aos mecanismos que controlam o nível sanguíneo de vários metabólitos e devido também, a grande variação desses níveis em função de fatores como raça, idade, estresse, dieta, nível de produção leiteira, manejo, clima e estado fisiológico (DIAZ GONZÁLEZ; SCHERER, 2002).

O colesterol é necessário como precursor dos ácidos biliares, os quais fazem parte da bile, e dos hormônios esteróides (adrenais e gonadais). Os estrógenos, sintetizados a partir de colesterol, afetam a complexa inter-relação das funções hipofisárias, tireoidiana e adrenal. Portanto, os níveis de colesterol podem dar uma indicação indireta da atividade tireoidiana. Os níveis de colesterol são indicadores adequados do total de lipídios do plasma, pois corresponde a aproximadamente 30 % do total (DIAZ GONZÁLEZ; SCHERER, 2002).

Entre vários metabólitos usados como combustível para oxidação respiratória, a glicose é considerada a mais importante, sendo vital para funções tais como, o metabolismo do cérebro e na lactação. O nível de glicose sanguínea pode indicar falhas na homeostase, como ocorre em doenças tais como as cetoses (DIAZ GONZÁLEZ; SCHERER, 2002).

Em bovinos de corte sob condições tropicais, os trabalhos são bastante limitados. Por estes antecedentes, o presente experimento teve como objetivo estudar o perfil metabólico de bovinos Nelores, mantidos sob pastejo, suplementados com Cr orgânico, mensurando a concentração plasmática de glicose e a concentração sérica de colesterol e lipídios totais.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma Propriedade Agropecuária, localizada no Município de Jaguapitã, região Norte do Estado do Paraná, tendo como coordenadas geográficas: 23° de latitude sul e 51° 30' de longitude oeste e altitude aproximada de 550 m. O solo da região é do tipo Latossolo vermelho escuro, textura média e o clima caracterizado por subtropical úmido mesotérmico, conforme descrito pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (PARANÁ,1994).

O experimento foi conduzido durante o período de 26 de junho de 2003 a 08 de junho de 2004, totalizando 348 dias.

Foram utilizados 20 bezerros da raça Nelore, desmamados ao início do experimento, em condições de campo, com seis meses de idade e com peso vivo (PV) médio de 179 kg. Esses animais foram inicialmente tratados contra ecto e endoparasitas e vacinados contra febre aftosa e clostridioses. Ao longo do experimento foi controlado, quando necessário, a presença de ectoparasitas (carrapatos e moscas) e feito reforço contra as doenças citadas. Os animais foram identificados com brincos numerados na orelha esquerda, pesados e distribuídos inteiramente ao acaso em dois tratamentos com 10 animais cada, sendo os tratamentos: com suplementação de Cr e sem suplementação (controle).

Os animais foram mantidos em 6 piquetes de 1 hectare, formados por *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, em sistema de pastoreio rotacional com permanência de dez dias em cada piquete de modo que cada lote passou 6 vezes por piquete durante o experimento. Os piquetes foram separados por cercas eletrificadas compostas por três fios de arame, com distância de 0,30 m entre os fios, sendo que o primeiro foi eletrificado a 0,45 m do solo (PY, 1998). O local contou

com duas áreas destinadas à suplementação; cada uma contendo um cocho d'água e um cocho coberto para suplementação mineral com 10 cm linear/cabeça (AGUIRRE; GHELFI FILHO, 1994).

A fonte de Cr utilizada foi a Carboaminofosfoquelato de Cr na dose de 1 mg/animal/dia misturado com sal mineral, cuja estimativa de consumo foi de 50 g/animal/dia. Ao grupo controle foi fornecido o mesmo sal mineral sem o Cr. Para ambos os grupos o sal mineral foi fornecido *ad libitum* em cochos apropriados.

Realizaram-se 16 coletas de sangue de cada animal com intervalo de 10 dias nos primeiros quarenta dias de experimento e após esse período, a cada 28 dias até o final do experimento. As amostras foram tomadas pela manhã, após 14 horas de jejum de alimentos sólidos e líquidos, por meio de punção na veia jugular utilizando-se tubos a vácuo¹ com anti-coagulante fluoreto de sódio para determinação de glicose e sem anticoagulante para determinação de colesterol e lipídios totais. Ambas as amostras foram mantidas em caixa térmica, contendo gelo, para retardar a oxidação da glicose (DOLES, 2000) e levadas imediatamente ao laboratório para determinação da concentração plasmática. As amostras de soro para colesterol e lipídios totais foram congeladas para posterior análise (DOLES, 2000).

A determinação da concentração de glicose plasmática foi realizada através do método colorimétrico² e o teor de colesterol e lipídios totais no soro, por meio de métodos enzimáticos³.

Os resultados foram submetidos ao teste "t" (Student), no nível de 5% de probabilidade, conforme Vieira (1981).

¹ BD – Vacultainer System.

² Doles.

³ Wiener Lab.

Resultados e Discussão

GLICOSE PLASMÁTICA

Os resultados médios obtidos para glicose plasmática encontram-se demonstrado na Figura 1.

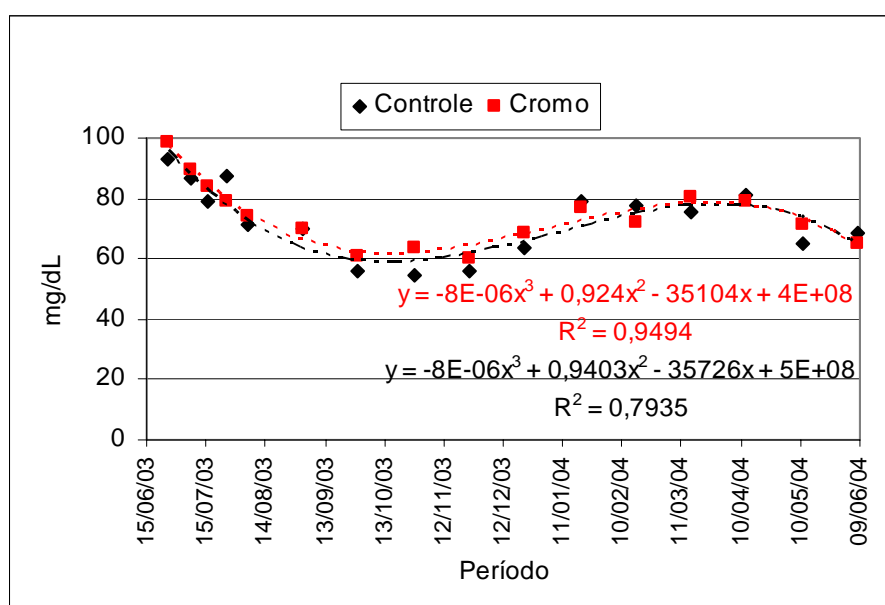


Figura 1 - Concentração plasmática de glicose em função dos períodos de avaliação para os grupos controle e suplementado com Cromo, obtidos através de regressão cúbica.

Observa-se que não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da suplementação com Cr no perfil metabólico para glicose, demonstrado pela proximidade das duas curvas representativas do grupo controle e suplementado (Figura 1).

Apesar de não ter havido diferença estatística pela análise de variância, em um momento houve diferença entre os grupos controle e suplementado, o que foi verificado ao se empregar o teste "t" (Student). Nesse momento, a concentração de glicose plasmática foi maior no grupo suplementado do

que no controle (71,34 e 65,27 mg/dL, respectivamente), 8,5% superior. A concentração média de glicose plasmática para o grupo suplementado foi numericamente superior para a maioria dos períodos avaliados.

Ao início do experimento, os valores médios de glicose encontrados para o grupo controle (92,86 mg/dL) e grupo suplementado com Cr (95,65 mg/dL) foram superiores aos encontrados por Melo (2002). Os valores médios ao longo do período experimental foi de 72,8 mg/dL para os animais não suplementados e de 74,46 mg/dL para os suplementados com Cr, e estão próximos aos valores encontrados por Melo (2002) para bezerros Holandeses, submetidos a estresse, suplementados e não suplementados com Cr orgânico e superiores ao padrão de referência para essa espécie que é de 35 a 55 mg/dL (BLOOD; HENDERSON; RADOSTITS, 1991).

Os resultados do trabalho de Bonomi et al. (1998) mostraram aumento nos teores de glicose de bezerros suplementados com Cr, em relação aos animais não suplementados. Estes resultados coincidem com os de Pechová et al. (2002a), que também encontraram concentrações de glicose sanguínea significativamente maior em vacas leiteiras suplementadas com 10 mg de Cr levedura/animal/dia, na quarta e quinta semanas de lactação pós-parto e segundo os autores este efeito estava aparentemente associado com aumento da glicogênese nas vacas suplementadas (PECHOVÁ et al., 2002a).

Os resultados de Khaled e El-Shahat (2004) contrariam os resultados de Bonomi et al. (1998) e os de Pechová et al. (2002a), já que aqueles autores obtiveram redução significativa na concentração de glicose plasmática com suplementação de 0,75 mg/Cr inorgânico/kg/dieta mais Niacina (6g/cabeça/dia) embora tenham trabalhado com búfalos.

No entanto, Pechová et al. (2002b) suplementando bovinos machos de engorda com 5 mg/Cr-levedura/animal/dia durante 136 dias e posteriormente 8 mg/Cr-levedura/animal/dia até completar 220 dias de tratamento, não encontraram efeito da suplementação sobre a concentração de glicose plasmática. Resultados semelhantes foram encontrados por Pechová et al. (2003) administrando 5 mg Cr-quelato/animal/dia para vacas leiteiras de rebanhos com histórico de aumento na ocorrência de cetose, por período de um mês antes até três meses após-parto, e não encontraram diferença significativa na concentração de glicose plasmática dos animais suplementados com dietas contendo Cr orgânico. Até certo grau, estes resultados contradizem o papel presumido do Cr no GTF, o qual modera a flutuação da glicemia e aumenta a captura de glicose pela célula (PECHOVÁ et al., 2002b).

Conforme Hayirli et al. (2001), a determinação isolada dos teores de glicose não é eficiente para se determinar o efeito do Cr, pois esta atua de forma harmônica com a insulina no organismo. Estudos posteriores poderão esclarecer esta e outras dúvidas.

Segundo Diaz González e Scherer (2002), o teor de glicose sangüínea tem poucas variações, em função dos mecanismos homeostáticos bastante eficientes do organismo, os quais envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon sobre o glicogênio, e dos glicocorticóides sobre a glicogênese. Quando o fornecimento energético é inadequado, esses hormônios estimulam a degradação de glicogênio hepático e a síntese se torna negativa, estimulando a mobilização de triglicerídeos para fornecer ácidos graxos como fonte de energia e glicerol como precursor de glicose hepática. O nível de glicose nos ruminantes tende a ser menor no terço final da gestação e nos casos de sub-

nutrição e maior em situações de estresse, alimentação recente e animais jovens entre outras causas.

COLESTEROL SÉRICO TOTAL

Os resultados obtidos para colesterol sérico total encontram-se demonstrados na Figura 2.

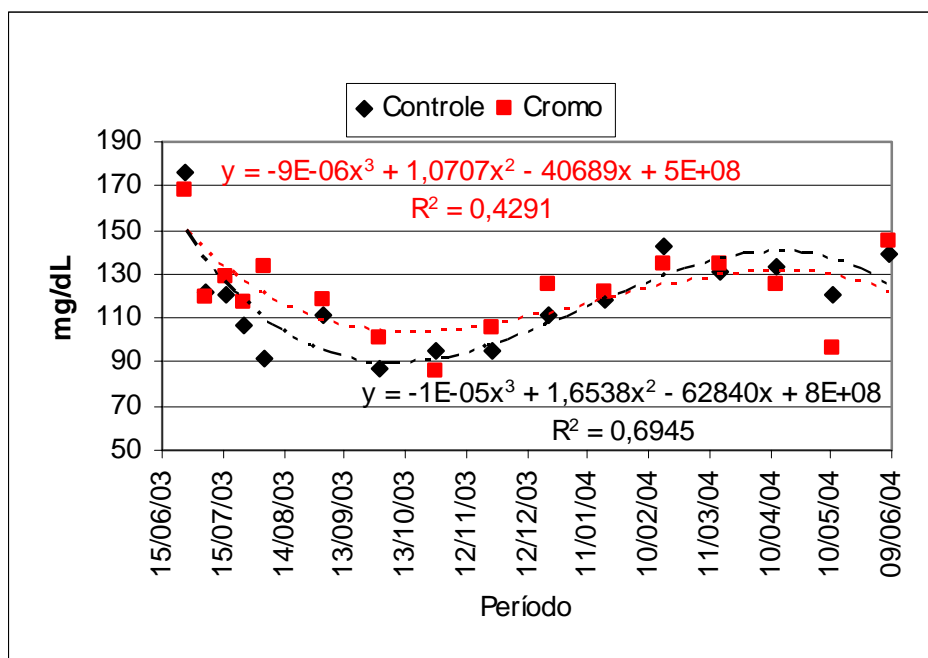


Figura 2 - Concentração de colesterol em função dos períodos de avaliação para os grupos controle e suplementado com cromo, obtido através de regressão cúbica.

Observa-se que não houve efeito significativo ($P < 0,05$) da suplementação com Cr no perfil metabólico do colesterol total ao longo do experimento. Apesar de não ter havido diferença estatística pela análise de variância, em dois momentos os valores médios de colesterol total mostraram-se bastante diferentes entre os grupos avaliados, o que foi verificado ao se empregar o teste “t” Student. No período de agosto de 2003, o valor médio de colesterol para o grupo suplementado com Cr foi superior (31,1%) ao valor médio obtido pelo grupo

controle. Já no período de maio de 2004, os valores para o grupo suplementado foram menores (20,5%) em relação aos valores médios do grupo controle.

Os valores médios de colesterol total encontrados para bovinos da raça Nelore, ao longo do período experimental, para o grupo suplementado com Cr orgânico (122,42 mg/dL) e não suplementado (118,96 mg/dL) encontram-se dentro da faixa de referência para essa espécie: 50 a 230 mg/dL (BLOOD; HENDERSON; RADOSTITS, 1991).

Os resultados deste experimento estão de acordo com os resultados de Melo (2002) onde a suplementação com Cr não afetou os teores de colesterol total em bezerros Holandeses submetidos a estresse. Os valores médios de colesterol total encontrados em bezerros Holandeses, com 60 dias de idade (52,38 mg/dL), foram inferiores aos encontrados para bezerros da raça Nelore com 6 meses de idade deste experimento (172,15 mg/dL). Aos 6 meses de idade, os valores médios para os bezerros Holandeses do experimento de Melo (2002), foram próximos aos encontrados para os Nelores, aos 18 meses, deste estudo (110,16 mg/dL e 120,69 mg/dL, respectivamente).

No entanto, Kitchalong et al. (1995) observaram redução dos níveis de colesterol total em ovinos nas duas primeiras semanas após o início da suplementação com Cr orgânico e da mesma forma, Bonomi et al. (1998), encontraram em bezerros Holandeses e suplementados com Cr orgânico, redução nos teores de colesterol total. Pechová et al. (2003), relataram aumento progressivo na concentração plasmática de colesterol total desde o parto até 30 dias após, sendo os valores significativamente maiores no lote controle do que nas vacas suplementadas com 10 mg Cr levedura/animal/dia como nos ensaios de Bonomi et al. (1998) e de Kitchalong et al. (1995). Os autores relataram que estudos da

concentração de colesterol em vacas leiteiras são estimulados pelo fato de que este influencia a produção de hormônios esteroidianos; logo, baixa concentração de colesterol pode resultar em distúrbios das funções reprodutivas.

Discordando dos resultados anteriores, Pechová et al. (2002b), encontraram diferença entre grupos na concentração total de colesterol, a qual foi menor no grupo controle do que no grupo de bovinos machos de engorda suplementados com Cr-levedura até o 136º dia de tratamento.

Diferentemente dos resultados deste experimento, Khaled e El-Shahat (2004) encontraram valores estatisticamente maiores ($P < 0,01$) para a concentração sérica de colesterol em búfalos Egípcios suplementados com Cr inorgânico e Cr inorgânico mais Niacina em relação ao grupo controle (85,63 e 66,25 mg/dL, respectivamente).

Já Uyanik (2001) suplementando cordeiros com dietas contendo 200 ppb ou 400 ppb de Cr inorgânico por 55 dias, não encontrou diferenças nos níveis séricos de colesterol total e lipoproteína de baixa densidade (Colesterol LDL) entre os grupos, mas o nível de lipoproteína de alta densidade (Colesterol HDL) aumentou em ambos os grupos quando comparados com o controle e foi observado que a gordura subcutânea dos animais abatidos foi significativamente reduzida em ambos os grupos suplementados com Cr.

LIPÍDIOS SÉRICOS TOTAIS

Os resultados obtidos para lipídios totais no soro, encontram-se na Figura 3, expressos em mg/dL.

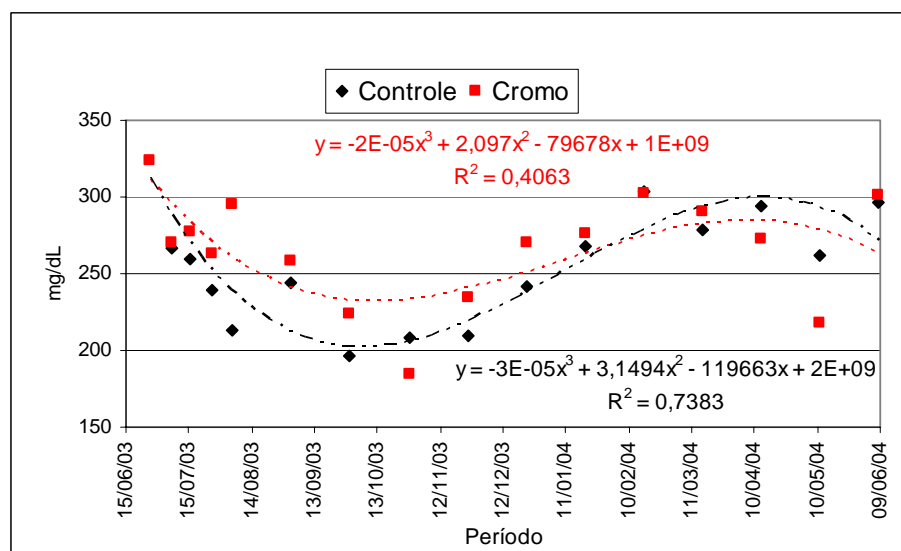


Figura 3 - Concentração de lipídios totais em função dos períodos de avaliação para os grupos controle e suplementado com Cromo, obtido através de regressão cúbica.

Observa-se que não houve efeito significativo ($P < 0,05$) da suplementação com Cr no perfil metabólico de lipídios totais. Apesar de não ter havido diferença estatística pela análise de variância, em dois momentos houve diferenças entre Cr e controle, o que foi verificado ao se empregar o teste “t” de Student. No primeiro momento, agosto de 2003, o valor médio de lipídios totais para o grupo suplementado com Cr foi 27,85% superior ao controle (295,5 mg/dL e 213,2 mg/dL) e no segundo, os valores para o grupo suplementado foram 16,54% inferiores ao controle (218,4 mg/dL e 261,7 mg/dL). Pelo gráfico pode-se observar queda do teor de lipídios totais de junho a outubro, tanto para o grupo suplementado com Cr, como para o controle e elevação no período seguinte. No entanto, quando

ocorreu variação nos valores médios o grupo suplementado apresentou valores numéricos inferiores ao grupo controle. Este comportamento também foi verificado para outro componente lipídico avaliado, o teor de colesterol total e para o teor de glicose plasmática. Estudos posteriores poderão esclarecer este comportamento.

Os valores médios de lipídios totais encontrados por Melo (2002), em bezerros Holandeses com 60 dias de idade (142,36 mg/dL) foram inferiores aos encontrados para bezerros Nelore com 6 meses de idade desse ensaio (338,6 mg/dL). Os valores encontrados para bezerros Holandeses com 6 meses de idade (392,2 mg/dL) foram superiores aos encontrados para Nelores com 18 meses de idade (299,15 mg/dL).

Diferentemente deste experimento Melo (2002), observou efeito significativo da suplementação com Cr orgânico sobre os teores de lipídios totais em bezerros Holandeses submetidos a estresse de transporte, onde estes apresentaram níveis séricos inferiores aos não transportados, nos primeiros 28 dias de experimento. Observou ainda que a suplementação com Cr afetou o teor de lipídios totais no período de 57 a 112 dias de experimentação e foi dependente do tipo de alojamento. Resultados semelhantes foram observados por Bonomi et al. (1998), redução dos níveis séricos de lipídios totais em bezerros suplementados com Cr orgânico.

Reduções nas concentrações lipídicas sanguíneas estão entre as mais consistentes respostas metabólicas observadas para suplementação com Cr em ruminantes (KITCHALONG et al., 1995; NRC, 1997). A Insulina diminui a lipólise e aumenta a reincorporação de ácidos graxos nos adipócitos. Como sugerido por Mertz (1993), o efeito hipolipidêmico primário de Cr orgânico pode ser atribuído ao efeito anteriormente mencionado da insulina, embora essa resposta não tenha sido

observada em bovinos Nelore, em pastejo, suplementados com Cr orgânico deste experimento.

Conclusões

A suplementação com Cr orgânico, não afetou a concentração plasmática de glicose em bovinos Nelore em pastagem.

A suplementação com Cr orgânico não afetou a concentração sérica de colesterol e lipídios totais em bovinos Nelore em pastagem, no período experimental total, embora tenha havido diferenças entre as concentrações de colesterol e lipídios em alguns momentos do período experimental.

Referências

AGUIRRE, J. de; GHELFI FILHO, H. **Instalações para bovinos**. 2.ed. Campinas: CATI, 1994. 106p. (Boletim Técnico, 204).

ARAGÓN VASQUEZ, E. F.; NARANJO HERRERA, A. del P. Concentração plasmática de cortisol, uréia cálcio e fósforo em vacas de corte mantidas a pasto suplementadas com levedura de cromo durante a estação de monta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p. 743-747, jul./ago. 2003.

BLOOD, D. C.; HERDERSON, J. A.; RADOSTITS, O. M. **Clínica Veterinária**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

BONOMI, A. et al. Il cromo organico nell' alimentazione dei vitelli in fase di svezzamento. **Rivista de Scienza dell'Alimentazione**, Rena, v.27, n.2, p. 127-136, 1998.

BUNTING, L. D. et al. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72, n. 6, p. 1591-1599, 1994.

BUNTING, L. D. et al. Effects of dietary inclusion of chromium propionate and calcium propionate on glucose disposal and gastrointestinal development in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n. 11, p. 2491-2498, Nov. 2000.

DIAZ GONZÁLEZ, F. H.; SCHERER, J. F. S. Perfil sangüíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 29, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SOVERGS, 2002. p. 5-17.

DOLES. **Catálogo de produtos Doles**. Goiânia, 2000. 132 p.

EARLEY, B. et al. Immunological and haematological responses in calves supplemented with organic chromium and offered different calf milk replacers. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**. Dublin, v.41, n.1, p. 87-93, Jun. 2002.

EVANS, G. W.; BOWMAN, T. D. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of internalization. **Journal of Inorganic Biochemistry**, New York, v. 46, p.243-251. Jun. 1992.

HAYIRLI, A. et al. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy. v. 84, n. 5, p.1218-1230, May 2001.

KEGLEY, E. B.; GALLOWAY, D. L.; FAKLER, T.M. Effect of dietary chromium-L-methionine on glucose metabolism of beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, n.12, p. 3177-3183, Dec. 2000.

KEGLEY, E. B.; SPEARS, J. W. Immune response, glucose metabolism, and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, n.9, p.2721-2726, Sep. 1995.

KHALED, N. F.; EL-SHAHAT, K. H. Metabolic and reproductive responses of Egyptian buffaloes to dietary chromium and niacin supplementation. **Veterinary Medical Journal**, Giza, v.52, n. 1, p.125-133, 2004.

KITCHALONG, L. et al. Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, n.9, p.2694-2705, Sep. 1995.

MELO, G. M. P. de. **Desempenho e parâmetros sanguíneos de bezerros submetidos a estresse, suplementados com o crômio orgânico**. 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal Nutrition**. Bethesda, v. 123. n.4, p.626-633, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. **The role of chromium in animal nutrition**. Washington: National Academy Press, 1997. 80p.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conervação do Solo**. Curitiba: SEAB, 1994. 372p.

PECHOVÁ, A. et al. Metabolic effects of chromium supplementation in dairy cows in the periparturient period. **Acta Veterinaria Brno**, Brno, (Czech Republic), v.71, n.1, p.9-18, Mar. 2002a.

PECHOVÁ, A. et al. Effects of chromium supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls. **Acta Veterinaria**, Brno, (Czech Republic), v.71, n.4, p.535-541, Dec. 2002b.

PECHOVÁ, A. et al. The influence of chromium supplementation on metabolism, performance and reproduction of dairy cows in a herd with increased occurrence of ketosis. **Czech Journal of Animal Science**, Czech Republic, v.48, n.9, p.349-358, Sep. 2003.

PY, C. F. R. Rede física. In: _____. **Cercas elétricas**. Guaíba: Agropecuária, 1998. p. 55-58.

SPEARS, J. W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.58, n.1/2, p. 151-163, Apr.1996.

UYANIK, F. The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep. **Biological Trace Element Research**, Totowa, v.84, n.1/3, p.93-101, 2001.

VINCENT, J. B. Recent advances in the nutritional biochemistry of trivalent chromium. **Proceedings of the Nutrition Society**. London, v.63, n.1, p.41-47, Feb. 2004.

VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1981. 294 p.

6 CONCLUSÕES

A suplementação mineral com cromo orgânico na forma de carbofosfoaminoquelato para bovinos Nelore em pastagem não afetou o ganho de peso.

A concentração de glicose plasmática e as concentrações séricas de colesterol e lipídios totais não foram afetadas pela suplementação mineral com cromo orgânico, embora tenham ocorrido diferenças nas concentrações de glicose, colesterol e lipídios totais, entre o grupo suplementado e o grupo controle, em alguns momentos do período.

A avaliação econômica do uso de sal mineral com cromo orgânico demonstra ter sido favorável, devido menor consumo de sal.

Outros experimentos devem ser realizados visando estudar a utilização de mineral com cromo orgânico na alimentação e produção de ruminantes.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, R. A. et al. Beneficial effects of chromium for people with type II diabetes. **Diabetes**, Alexandria, v.45, n.25, p.124A, Jul. 1996. suppl.

ASSOCIATION AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **AAFCO Official Definition 57.142**, Georgia Department of Agriculture, 1990, p.164-171.

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1985.v. 1.

ARAGÓN VASQUEZ, E. F. et al. Suplementação com cromo-levedura e desempenho reprodutivo de vacas zebu primíparas mantidas à pasto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.53, n. 5, p.624-628, Out. 2001.

ARAGÓN VASQUEZ, E. F.; NARANJO HERRERA, A. del P. Concentração plasmática de cortisol, uréia, cálcio e fósforo em vacas de corte mantidas a pasto suplementadas com levedura de cromo durante a estação de monta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p. 743-747, Jul./Ago. 2003.

ARTHINGTON, J. D. et al. Supplemental dietary chromium does not influence ACTH, cortisol, or immune responses in young calves inoculated with bovine herpesvirus-1. **Journal of Animal Science**, Champagn, v.75, n.1, p. 217-223, Jan. 1997.

BARUSELLI, M. S. A nova era da mineralização. **Leite Brasil**, São Paulo, v.14, n.1, 1999.

BARUSELLI, M. S. Minerais orgânicos: o que são, como funcionam e vantagens do seu uso em ruminantes. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 2., 2000, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP/FMVZ, 2000. p.2-19.

BENEDETTI, E. et al. A eficiência reprodutiva das vacas com carboaminofosfoquelatos. **Noticiário Tortuga**, São Paulo, ano 49, n. 435, p.12-13, jan./fev., 2004.

BONOMI, A. et al. The effects of organic chromium on the productive and reproductive efficiency of dairy cattle. **Rivista de Scienza dell'Alimentazione**, Roma, v.26, n.3/4, p.21-35, 1997.

BREMER NETO, H; PARDO, P. E.; ALBAS, A. **O cromo (III) como marcador biológico**. Presidente Prudente: UNOESTE, [2002?]. Artigo não publicado.

BURTON, J. L. et al. Effects of supplemental chromium on production of cytokines by mitogen-stimulated bovine peripheral blood mononuclear cells. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.79, n.12, p.2237-2246, Dec. 1996.

BURTON, J. L. Supplemental chromium: its benefits to the bovine immune system. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.53, n.2, p.117-131, 1995.

BURTON, J. L.; MALLARD, B. A.; MOWAT, D. N. Effects of supplemental chromium on antibody responses of newly weaned feedlot calves to immunization with infectious bovine rhinotracheitis (IBR) and parainfluenza 3 virus (PI-3). **Canadian Journal of Veterinary Research**, Ottawa, v.58, n.2, p.148-151, Apr. 1994.

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**, Savoy. v. 71, p.1532-1539, Jun. 1993.

CAMPEN, D. R. V.; GLAHN, R. P. Micronutrient bioavailability techniques: accuracy, problems and limitations. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.60, n.1/2, p.93-113, Jan/1999.

CAZES, R. L. Cromo orgânico. **A Hora Veterinária**, v.19, n.110, p.117-133, jul./ago. 1999.

CHANG, X; MALLARD; B. A.; MOWAT, D. N. Effects of chromium on health status, blood neutrophil phagocytosis and in vitro lymphocyte blastogenesis of dairy cows. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, Amsterdam, v.52, n.1/2, p.37-52, Jun. 1996.

CHANG, X. et al. Effects of chromium on antibody responses of newly arrived feeder calves to vaccines and ovalbumin. **Canadian Journal of Veterinary Research**, Ottawa, v.60, n.2, p.140-144, Apr. 1996.

CHANG, X. ; MOWAT, D. N. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.2, p.559-565, Feb. 1992.

CHANG, X.; MOWAT, D.N.; MALLARD, B.A. Supplemental chromium and niacin for stressed feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.75, n.3, p.351-358, Sep. 1995.

CHANG, X.; MOWAT, D.N.; SPEARS, G. A. Carcass characteristics and tissue-mineral contents of steers fed supplemental chromium. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.72, n.3, p.663-669, Sep. 1992.

CHEN, N. S.; TSAI, A.; DYER, I. A. Effect of chelating agents on chromium absorption in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 103, n.8, p.1182-1186, Aug. 1973.

CLARK, C. K.; ANSOTEGUI, R.P.; PATERSON, J. A. Mineral nutrition of the beef cow to impact immunology response. **Bovine Practitioner**, Still Water, v.29, p.30-37, 1995.

CORAH, L. Trace mineral requirements of grazing cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.59, n. 1/3, p.61-70, Jun. 1996.

DIAZ GONZÁLEZ, F. H.; SCHERER, J. F. S. Perfil sangüíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 29., 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SOVERGS, 2002. p. 5-17.

DIAZ GONZÁLEZ, F. H. Perfil metabólico en bovinos: alcance Y utilidad. **Revista MVZ**, Cordoba, v.3, n.3, p. 45-52, 2001.

EDEL, J. et al. **Metabolic aspects of chromium using nuclear and radiotracer techniques.**, [S.l.: s.n., 19--]. p.702-707.

ERDMAN, J. W. Factors that limit or enhance bioavailability of minerals from food. **Nutrition and Metabolism**, Basel, v.9, n.2, p.1/2, 1983.

GALYEAN, M. L.; PERINO, L. J.; DUFF, G. C. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, n.5, p.1120-1134, May, 1999.

GEORGIEVSKII, V. I. The physiological role of macroelements. In: _____. **Mineral Nutrition of Animal**. London: Butterworths, 1982. p.171-224.

GRACE, N. D.; CLARK, R. G. Trace element requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. San Diego: Academic Press, 1991. p. 321-346.

HAYIRLI, A. et al. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy. v.84, n.5, p.1218-1230, May 2001.

HOLWERDA, R. A.; ALBIN, R. C.; MADSEN, F. C. Chelation effectiveness of zinc proteinates demonstrated. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.19, p.12-13, Jun. 1995.

HUNT, C.D.; STOECKER, B.J. Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for boron, chromium and fluoride dietary recommendations. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.126, Suppl.9, p.2441S-2451S, Sept. 1996.

KEGLEY, E. B.; SPEARS, J. W. Immune response, glucose metabolism, and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, n.9, p.2721-2726, Sep. 1995.

KEGLEY, E. B.; SPEARS, J. W.; BROWN JR. T. T. Effect of shipping and chromium supplementation on performance immune response, and disease resistance of steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n.7, p.1956-1964, Jul. 1997.

KEGLEY, E. B.; SPEARS, J. W.; BROWN JR. T. T. Immune response and disease resistance of calves fed chromium nicotinic acid complex or chromium chloride. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.79, n.7, p.1278-1283, Jul. 1996.

KHALED, N. F.; EL-SHAHAT, K. H. Metabolic and reproductive responses of Egyptian buffaloes to dietary chromium and niacin supplementation. **Veterinary Medical Journal**, Giza, v.52, n. 1, p.125-133, 2004.

LEE, J. D. **Química inorgânica: não tão concisa**. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

MELO, G. M. P. de. **Desempenho e parâmetros sanguíneos de bezerros submetidos a estresse, suplementados com o crômio orgânico**. 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MELLO, C. A. O que há de novo na mineralização. **Leite Brasil**, São Paulo, v.1, n.6, p.8-14, 1998.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.123, n. 4, p.626-633, Apr. 1993.

MOONSIE-SHAGEER, S.; MOWAT, D. N. Effect of level supplemental chromium on performance, serum constituents, and immune status of stressed feeder calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, n.1, p. 232-238, Jan. 1993.

MORAES, S. da S. Elementos minerais quelatados em suplementos para bovinos de corte. In: CURSO SOBRE SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM BOVINOS, 3., 2000, Campo Grande. **Compilação dos trabalhos apresentados**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. p.62-66.

MOWAT, D. N. **Organic chromium in animal nutrition**. Guelph, Ontario: Chromium Books, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirement of Dairy Cattle**. 6. ed. Washington: National Academy Press, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academies Press, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. **The role of chromium in animal nutrition**. Washington: National Academy Press, 1997.

NICODEMO, M. L. F. **Cálculo de misturas minerais para bovinos**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2001. (Documento, n.109).

NRIAGU, J. O.; NIEBOER, E. **Chromium in the natural and human environments**. New York: Wiley Interscience, 1988.

PAYNE, J. M.; PAYNE. **The metabolic profile test**. Oxford: Oxford University Press, 1987. 179p.

PERES, J. R. **Suplementação de cromo para vacas leiteiras**: uma novidade promissora. Disponível em:<<http://www.beefpoint.com>>. Acesso em: 16 jun. 2001.

SEABORN, C. D.; STOECKER, B. J. Effects of starch, sucrose, fructose and glucose on chromium absorption and tissue concentrations in obese and lean mice. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.119, n.10, p.1444-1451, Oct. 1989.

SHAH, B. G. Chelatin agents and bioavailability of minerals. **Nutrition Research**. v.1, n.6, p.617-622, 1981.

SIMONIK, I.; PAVELKA, J.; KUDLAC, E. The spermiotoxicity of selected chemical-elements (Cr, Cu, Zn) *in vitro*. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v.25, n. 5, p.242-246, Oct. 1990.

SPEARS, J. W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 58, n.1/2, p. 151-163, 1996.

TEDESCHI, L. O. **Suplementação de Cromo (Cr) para bovinos**. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com>>. Acesso em: 16 jun. 2001.

VANDERGRIFT, B. The role of mineral proteinates in immunity and reproduction. What do we really know about them? In: ALTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 9, 1993. **Proceedings of Altech, Ninth Annual Symposium**. [S.I.]: Biotechnology in Feed Industry, 1993.

VINCENT, J. B. The bioinorganic chemistry of chromium(III). **Polyhedron**, Oxford, v.20, n.1/2, p.1-26, Jan. 2001.

WRIGHT, A. J.; MALLARD, B. A.; MOWAT, D. N. The influence of supplemental chromium and vaccines on the acute phase response of newly arrived feeder calves. **Canadian Journal of Veterinary Research**, Ottawa, v.59, n.4, p.311-315, Oct. 1995.

WRIGHT, A. J.; MOWAT, D. N.; MALLARD, B. A. Supplemental chromium and bovine respiratory disease vaccines for stressed feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.74, n.2, p.287-295, 1994.

ZANETTI, M. A. et al. Desempenho e resposta metabólica de bezerros recebendo dietas suplementadas com cromo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p. 1532-1535, nov./dez. 2003.