

## DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM LEITE INTEGRAL BOVINO PASTEURIZADO NO ESTADO DE GOIÁS

JOSÉ RUBENS GONÇALVES,<sup>1</sup> ALBENONES JOSÉ DE MESQUITA<sup>2</sup> E RENATA MOREIRA GONÇALVES<sup>3</sup>

1. Médico veterinário M. Sc./AGRODEFESA

2. Professor doutor CPA/UFG

3. Nutricionista – pós-Graduanda/CPA/UFG

Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, C.P. 131 CEP. 74001-970. Goiânia-GO. Brasil.

Fax: 062-205-1222 – E-mail: jrubensvet@pop.com.br

### RESUMO

Os teores de chumbo, cádmio, zinco, cobre e ferro em leite integral bovino pasteurizado produzidos nos meses de setembro de 2003 a dezembro de 2004, nas mesorregiões do Estado de Goiás, foram determinados utilizando espectrofotometria de absorção atômica com chama. Adotando-se o critério estabelecido no anuário estatístico do Estado de Goiás, da Secretaria do Planejamento (ANUALPEC, 2005), que dividiu o Estado de Goiás em cinco mesorregiões, foram colhidas 27 amostras de leite integral pasteurizado em cada mesorregião, com um total de 135 amostras, e 675 determinações analíticas para os cinco microelementos analisados. Seguiu-se o modelo estatístico de amostragem por conglomerados (SPIEGEL, 1978). As amostras obtidas em embalagens plásticas de polietileno pigmentado foram processadas. Após a avaliação

da amostra, separaram-se aquelas que estavam de acordo com os padrões físico-químicos e procedeu-se à determinação dos metais pesados, conforme metodologia oficial (BRASIL, 1994). Quanto aos teores de cádmio e chumbo, o limite máximo de resíduos aceitos pelo MERCOSUL é 0,05 mg/L. Ainda não foram encontradas diferenças significativas a 5 % de probabilidade, entre as médias dos teores de chumbo, cádmio, zinco e cobre no leite integral entre as mesorregiões. A média geral obtida para chumbo foi de 0,238 mg/L, superior ao limite máximo de resíduos, para o cádmio foi de 0,0482 mg/L, para o zinco foi de 3,732 mg/L, para o cobre foi de 0,4869 mg/L e para o ferro foi de 0,9626 mg/L. Tendo em vista os resultados médios obtidos no presente estudo, depreende-se que o leite analisado foi considerado uma fonte pobre em zinco, cobre e ferro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espectrofotometria de absorção atômica, Chumbo, microelementos.

### ABSTRACT

#### DETERMINING HEAVY METALS IN PASTEURIZED WHOLE BOVINE MILK IN STATE OF GOIÁS

The lead texts, cadmium, zinc, copper and iron in pasteurized integral bovine milk produced in the months of September of 2003 to December of 2004, in the large regions of the State of Goiás, they were analysed using spectrometry of atomic absorption with flame. Adopting the approach established in the statistical annual of the State of Goiás, of the Clerkship of the Planning (SEPLAN, 2004), that it divided the State of Goiás in five large regions, they were picked 27 samples of integral milk pasteurized in each large region; with a total of 135 samples, and 675 analytic determinations

for the five analyzed elements. Following the statistical model of sampling for conglomerate (SPIEGEL, 1978), it was picked samples in municipal districts with larger production milkmaid, so that they were representative for the State. The samples obtained in plastic packings of polietileno pigmentad, they were processed immediately, accomplishing the physical-chemical analyses of routine initially to evaluate its quality. After the evaluation of the sample, it separated those that were in agreement with the physical-chemical patterns, and the determination of the metals was proceeded by spectrophotometry of atomic

absorption, according to official methodology (BRASIL, 1994). In relation to the obtained results, there were not found significant differences at 5 % of probability, among the averages of the lead texts, cadmium, zinc and copper in the integral milk, among several large regions. Contaminations were detected by lead and cadmium. The general average obtained for lead was of 0,238 mg/L, for

the cadmium it was of 0,0482 mg/L, the medium texts of zinc 3,732 mg/L, copper 0,4869 mg/L and iron was of 0,9626 mg/L. Tends in view the medium resulted obtained in the present study, depend-if that the analyzed milk, is a poor source in zinc, copper and iron. In relation to the results obtained for lead, in all the large regions of the State of Goiás samples of milk contaminated.

KEY WORDS: Spectrophotometry of atomic absorption, Lead, microelements

## INTRODUÇÃO

No mundo moderno, grande parte da segurança alimentar repousa no controle de remanescentes residuais nos alimentos, em decorrência do uso de pesticidas e drogas veterinárias, ou por acidentes envolvendo contaminantes ambientais (BRASIL, 1999).

A presença de elementos metálicos nos alimentos varia amplamente, em função de numerosos fatores associados a condições ambientais, às práticas tecnológicas e ao uso indiscriminado de produtos químicos em tratamentos culturais e na produção animal, e tem provocado o aparecimento de elementos químicos em alimentos, a exemplo do chumbo e cádmio (FLYNN, 1992).

O Estado de Goiás possui área terrestre de 341.289,5 km<sup>2</sup>, ocupa o 5º lugar no Brasil em extensão e conta com uma população de 4.514.967 habitantes. Considerado assim um dos Estados da Federação de maior concentração de rebanhos destinados à pecuária de corte e leite, ocupa o 3º lugar no *ranking* nacional, com um plantel de 15.729.989 cabeças (ANUALPEC, 2005). Apresenta crescimento marcante da agroindústria, principalmente do setor de laticínios, em que se concentra uma grande quantidade de pequenas indústrias de processamento de leite e derivados, contando atualmente com mais de 400 unidades industriais de pequeno, médio e grande porte, perdendo apenas para algumas unidades do território brasileiro em tecnologias e volume produzido de leite e de derivados (ANUALPEC, 2005).

Genericamente o termo microelementos refere-se aos elementos minerais que ocorrem em concentrações de partes por milhão (ppm) e que geralmente são aqueles que aparecem em

concentrações inferiores a 100 ppm e exercem alguma influência na bioquímica do ser humano, dos animais ou dos vegetais, e na função celular (CROSBY, 2002). Além dos elementos minerais normalmente presentes na composição do leite, existem outros, também em quantidades traços, que são nocivos à saúde humana e animal, por serem de efeito acumulativo, como os metais pesados.

A poluição ambiental provocada por chumbo, cádmio e mercúrio tem despertado grande interesse no estudo da contaminação de alimentos (CARL, 1991). Suas interações com cobre, zinco, ferro e cálcio da dieta têm papel importante em sua toxicidade aguda e crônica, pelo seu efeito acumulativo nos órgãos dos animais e do ser humano. A utilização de fertilizantes fosfatados e de rejeitos industriais contendo cádmio e chumbo pode levar a uma elevada concentração desses elementos nos terrenos e plantações agrícolas (MALAVOLTA, 1994). O emprego de ração e suplementos minerais de baixa qualidade na alimentação dos bovinos pode ter como resultado uma concentração residual de metais pesados como cádmio e chumbo que, se excretados no leite, poderão ter o homem como receptor final da contaminação na cadeia alimentar (MARÇAL et al., 1998).

Qualquer contaminação detectada no leite é uma questão de especial gravidade, uma vez que ele representa o principal constituinte da alimentação infantil e parte importante da dieta alimentar de outros grupos de diferentes faixas etárias (TOLONEN, 1995).

A comissão do CODEX ALIMENTARIUS (1995) definiu contaminantes como sendo qualquer substância adicionada involuntariamente ao alimento e que está presente nesse como resul-

tado da produção, inclusive operações efetuadas no cultivo e na criação de animais em medicina veterinária, nas seguintes operações: fabricação, elaboração, preparação, envase, empacotamento, transporte ou conservação desse alimento, ou ainda como resultado da contaminação do meio ambiente. Entre os metais pesados, o cádmio tem sido pesquisado por se encontrar naturalmente em rochas fosfáticas utilizadas na fabricação de insumos agropecuários, constituindo-se assim em importante fonte de contaminação ambiental.

CARL (1991) afirmou que o cádmio é considerado um dos mais sérios tóxicos inorgânicos, para o homem e o para alimento em geral, tanto de origem animal ou vegetal, e o principal responsável pelas intoxicações. O advento da era industrial e da mineração em grande escala ensejou o aparecimento de enfermidades ocupacionais causadas por diversos metais tóxicos existentes no meio ambiente (REDDY & RAO, 1993).

O presente trabalho teve como objetivo determinar os teores de chumbo, cádmio, cobre, ferro e zinco, em leite bovino integral pasteurizado, produzido no Estado de Goiás e comparar os teores desses elementos em amostras de leite de todas as mesorregiões do Estado de Goiás. Objetivou também traçar o perfil dos elementos estudados no Estado, bem como padronizar a metodologia para análise desses elementos neste tipo de amostra, utilizando espectrofotometria de absorção atômica, mediante o método da adição-padrão.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostragem

Adotando o critério estabelecido pelo anuário estatístico da Secretaria do Planejamento do Estado de Goiás (ANUALPEC, 2005), que dividiu o Estado em cinco mesorregiões, foram colhidas 27 amostras de leite pasteurizado integral em cada mesorregião. As amostras, 135 no total, originaram-se de mini e pequenas indústrias de processamento de leite e derivados. Realizaram-se cinco determinações em cada amostra, totalizando 675 determinações analíticas.

Seguindo-se o modelo estatístico de amostragem por conglomerados (SPIEGEL, 1978), no período de setembro de 2003 a dezembro de 2004, colheram-se amostras em municípios de elevada produção leiteira, ficando assim representativas para o Estado.

As amostras de leite foram colhidas em duplicatas e mantidas sob refrigeração, conservando-se inviolável a embalagem original de polietileno do produto, até a recepção no Centro de Pesquisa em Alimentos, da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás. Aí se processaram e analisaram-se as amostras, utilizando-se a técnica analítica de espectrofotometria de absorção atômica com chama, mediante o sistema da adição-padrão e concentração da amostra na fase orgânica com solução de amonopirrolidinoditiocarbamato (ADPC) a 2 % (P/V), recomendada no FLAME METHODS MANUAL FOR ATOMIC ABSORPTION (1997). As amostras foram analisadas em duplicatas, a média calculada e os resultados expressos em mg/L.

As amostras assim preparadas foram analisadas segundo o Método de Análise de Resíduos Biológicos em Produtos de Origem Animal, que é o mesmo adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

O método consiste na destruição da matéria orgânica com auxílio de nitrato de magnésio e posterior tratamento em forno mufla à alta temperatura. A cinza é dissolvida em meio clorídrico e a solução obtida é analisada por espectrofotometria de absorção atômica.

Prepararam-se soluções-padrões nas concentrações de 0,5/1,0/2,0/4,0 mg/L para chumbo, 0,2/0,4/0,6/0,8 mg/L para cádmio, 1,0/2,0/3,0/4,0 mg/L para cobre, 1,0/2,0/3,0/4,0 mg/L para ferro e 1,0/2,0/3,0/4,0 mg/L para zinco. Posteriormente, efetuaram-se as leituras das absorvâncias das soluções-padrões e calcularam-se os valores por comparação das leituras das soluções das amostras em relação à curva de calibração do instrumento.

Paralelamente a cada grupo de amostras, foram efetuadas as fortificações com soluções-padrões de chumbo e cádmio, sendo que as recuperações oscilaram de 92% a 105 % (para chumbo) e 91% a 110 % (para cádmio). Para se obter o

Limite de Determinação ou Detecção, faz-se necessário ter a condição analítica definida, em que a(s) espécie(s) a ser(em) analisada(s) esteja(m) dentro da sensibilidade normal do equipamento ou da técnica. Estando nessas condições, fez-se um branco analítico, para ser(em) descontada(s) do resultado obtido na análise da espécie. Após

a obtenção do branco analítico, realizaram-se diluições, começando por redução proporcional a um quarto do teor do analito.

Na Tabela 1, têm-se as condições para otimização do Espectrofotômetro de Absorção Atômica para determinação dos microelementos chumbo, cádmio, zinco, cobre e ferro em leite.

**TABELA 1.** Condições para determinação de chumbo, cádmio, zinco, cobre e ferro em Espectrofotômetro de Absorção Atômica, modelo GBC AA 932

Condições do aparelho	Elemento químico				
	Chumbo	Cádmio	Zinco	Cobre	Ferro
Comprimento de onda (nm)	217,0	228,8	213,9	324,7	248,3
Tempo de leitura (s)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fenda (nm)	1,0	0,5	0,5	0,5	0,2
Fluxo de acetileno (mL/min)	13	13	25	25	25
Fluxo de ar (mL/min)	30	30	40	40	40
Corretor de <i>background</i>	Sim	sim	sim	sim	Sim
Estequiometria de chama	Oxidante	Oxidante	Oxidante	Oxidante	Oxidante
Sensibilidade típica (mg/L)	0,0016	0,0007	0,008	0,025	0,05
Corrente da lâmpada (mA)	5,0	3,0	5,0	3,0	7,0

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Média dos teores obtidos através da determinação dos microelementos no leite de todas mesorregiões do Estado de Goiás, conforme Tabela 2.

Conforme dados da Tabela 2, observou-se que as mesorregiões em estudo apresentaram coeficiente de variação (CV) significativo, com amplitude total e máxima, excedendo os teores aceitos pelo MERCOSUL (0,05 ppm) para o elemento chumbo. Enquanto que na mesorregião Centro Goiano a amplitude máxima obtida ficou acima da tolerância para o Brasil, conforme Limite Máximo de Resíduos do Ministério da Agricultura, de 1,0 mg/Kg em alimentos para animais e 0,05 mg/L para leite fluido, os teores médios de todas as mesorregiões ficaram superiores aos recomendados por BLOOD (1978), 0,1 a 0,25 mg/L, para o chumbo. Vale assinalar que teores acima de 0,2 mg/L/kg/pv são capazes de causar intoxicação em pouco tempo, em virtude da acumulação no organismo dos indivíduos. Os resul-

tados da média e da mediana foram semelhantes em todas as mesorregiões. Pelo fato de não levarem em conta todos os elementos da amostra, a mediana e a moda sofrem pouca influência dos teores extremos, sendo consideradas medidas robustas de tendência central (HOEL, 1989). Apesar do amplo coeficiente de variação dos teores de chumbo no leite de uma mesma região, as semelhanças entre as diferentes medidas de tendência central reforçam a estimativa de um teor de chumbo representativo para cada mesorregião do Estado de Goiás. Trabalhos de MURTA (1993), bem como alguns dados de pesquisa de resíduos de metais pesados em órgãos de animais, especialmente fígado e rins, mostraram que os níveis de resíduos de chumbo são superiores aos eliminados pelo leite, uma vez que parcela significativa desses metais fica armazenada nos órgãos, sendo uma menor parte lançada na corrente sanguínea, e posteriormente eliminada pelo leite, após secreção pelas glândulas mamárias (UNDERWOOD, 1995).

**TABELA 2.** Médias (mg/L) dos teores de chumbo, cádmio, zinco, cobre e ferro em leite integral pasteurizado de bovinos, produzido pelas mesorregiões do Estado de Goiás

Elemento químico	Mesorregião				
	Noroeste	Norte	Centro	Leste	Sul
Chumbo (mg/L)	0,25±0,18	0,25±0,19	0,26±0,23	0,22±0,15	0,20±0,15
Cádmio (mg/L)	0,05±0,07	0,06±0,09	0,05±0,09	0,04±0,06	0,05±0,08
Zinco (mg/L)	3,67±0,30	3,42±0,46	4,62±0,62	3,51±0,48	3,44±0,59
Cobre (mg/L)	0,59±0,43	0,47±0,38	0,49±0,28	0,39±0,18	0,49±0,40
Ferro (mg/L)	0,84±0,28	0,83±0,29	1,04±0,49	0,97±0,44	1,13±0,51

Em estudo realizado na Itália, BALDINI et al. (1990) determinaram a mediana dos teores de chumbo em leite de bovino como sendo de 0,013 mg/L, com valores mínimos e máximos de 0,004 e 0,050 mg/L, respectivamente, mostrando-se assim uma amplitude máxima de 0,046 mg/L.

Verifica-se que este valor de amplitude é inferior aos obtidos no presente trabalho, exceto para a amplitude mínima, a qual teve uma variação na faixa de 0,0 e 0,056 mg/L. Por outro lado, a mediana dos resultados de BALDINI et al. (1990) foi de maneira geral inferior à obtida para as mesorregiões goianas, sendo o maior teor de chumbo observado pelos autores, inferior ao teor máximo registrado no presente estudo. Isto demonstra uma menor amplitude de resultados para o teor de chumbo encontrado no leite analisado na Itália.

A distribuição de frequência dos teores de chumbo no leite integral pasteurizado das diferentes mesorregiões do Estado de Goiás está representada na Tabela 2. Cada distribuição foi analisada pelo teste F a 5% (SPIEGEL, 1978), com o objetivo de verificar se os resultados de uma mesma mesorregião mostravam-se, de maneira significativa, em pelo menos um dos intervalos de classe estabelecidos.

Verifica-se que, para o elemento chumbo, a análise de variância não detectou diferenças significativas entre as médias, indicando que esse elemento comporta-se de forma semelhante entre as mesorregiões estudadas. Entretanto, sua concentração está acima do limite máximo de resíduos tolerados pelo CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (1995), mostrando que,

em todas as mesorregiões do Estado de Goiás, há contaminação por chumbo nos leites analisados, sugestivo de monitoramento das matérias-primas dos suplementos minerais e dos resíduos industriais destinados à alimentação dos bovinos produzidos no Estado de Goiás, além de controle do meio ambiente.

O chumbo constitui-se num sério contaminante ambiental, sendo a exposição da população a este elemento elevada (MURTA, 1993). Considerando-se que esse metal acumula-se no organismo, a ingestão prolongada em concentrações observadas no presente estudo pode causar efeitos tóxicos, a longo e a médio prazos, principalmente em crianças, visto que para elas a toxicidade pode ocorrer em teores 50% menores que os observados para adultos (CARL, 1991). Isto torna ainda mais preocupante o problema da contaminação do leite pelo metal. A concentração obtida para chumbo em leite integral pasteurizado nas mesorregiões do Estado de Goiás foi, de maneira geral, mais elevada que a obtida por MURTA (1993), ao observar, em leite analisado no Estado de São Paulo, teores variando de 0,02 a 0,12 mg/L. Já o teor médio obtido no presente estudo foi de 0,238 mg/L. Em estudo realizado na Itália por AMODIO et al. (1987), foi detectada uma contaminação mais elevada que a obtida no presente trabalho. Os autores detectaram valores na faixa de 0,200 a 0,300 mg/L, utilizando metodologia similar à empregada neste estudo.

De acordo com a Tabela 2, observa-se uma grande dispersão em torno das médias, principalmente em relação às médias dos teores de cádmio, que se mostraram bastantes irregulares nos municípios em questão, pelo elevado coeficiente de

variação. De um modo geral, o coeficiente de variação entre as mesorregiões mostrou-se bastante elevado, com destaque para a mesorregião Centro Goiano, que apresentou coeficiente de variação mais elevado em função de uma maior variação em torno da média. A média da mesorregião Norte – 0,0593 mg/L – foi a que mais se destacou em relação às demais, apresentando teor de cádmio inclusive acima do recomendado pela OMS, 0,05 mg/L, e também superior ao Limite Máximo de Resíduo aceito pelo Mercosul, 0,050 mg/L. A mediana de todas as mesorregiões manteve-se abaixo dos teores recomendados pela OMS, enquanto que a moda de quase todas as mesorregiões apresentou teores não detectáveis para as amostras em estudo.

Observa-se também que a amplitude total e máxima apresentou teores de um modo geral acima dos recomendados pela OMS e Codex Alimentarius, mostrando a existência de várias amostras contaminadas com o metal. Entretanto, de acordo com o limite máximo de tolerância estabelecido pelo Mercosul, algumas amostras mostraram-se contaminadas e com amplitude acima da tolerância, causando preocupação em relação à saúde do ser humano, pois se trata de elemento acumulativo e que permanece no organismo em torno de dez a vinte anos (SCHUMANN, 1990). Seu efeito cumulativo pode causar sérios danos ao organismo, principalmente ossos, rins e testículos, em processos crônicos (BLOOD & HENDERSON, 1978).

DABEKA & MCKENZIE (1992) encontraram teores de 0,0037 a 0,004 mg/L de cádmio em leite no Canadá, empregando espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite. Esses teores estão bem abaixo dos encontrados no presente estudo, quando se avalia a amplitude máxima das amostras. Os únicos resultados mais elevados com relação ao teor de cádmio em leite fluido encontrados na literatura foram os de AMODIO et al. (1987), que obtiveram teores de 0,020 a 0,025 mg/L, utilizando também espectrofotometria de absorção atômica com chama. Portanto, supõe-se que o teor de cádmio no leite em estudo, com amplitude máxima de 0,330 mg/L, encontra-se, presumivelmente, acima do citado na literatura

italiana, e se deve a alguma contaminação por este elemento.

Para o elemento cádmio, a análise de variância não detectou diferenças significativas entre as médias, mostrando que esse elemento comporta-se semelhantemente entre as mesorregiões estudadas, com teores baixos, conseqüentemente, menos preocupante do que a contaminação com chumbo.

Entretanto, sua concentração encontra-se bastante distribuída em várias amostras de todas as mesorregiões, com indicativo de contaminação pelo elemento. Segundo MURTA (1993), amostras com teores a partir de 0,0174 mg/L devem ser consideradas contaminadas, pois o elemento tem caráter acumulativo. Mas em todas as mesorregiões estudadas no Estado de Goiás foram obtidos resultados de amostras em que não se observou contaminação, e amostras contaminadas com teores baixos. Dessa forma, pode-se inferir que o leite goiano apresenta baixa contaminação por cádmio. No entanto, não foi encontrada nenhuma referência de estudos sobre os teores de cádmio e chumbo nas várias regiões do Brasil, particularmente no Estado de Goiás, sendo o presente estudo o primeiro a identificar, de maneira sistematizada, a presença desses metais no leite integral pasteurizado produzido no Estado de Goiás. Valores de cádmio mais elevados em leite integral pasteurizado, encontrados na literatura, foram os de AMODIO et al. (1987), que obtiveram teores entre 0,020 e 0,025 mg/kg, utilizando também espectrofotometria de absorção atômica.

Portanto, pode-se supor que o teor de cádmio no leite em estudo, presumivelmente acima de 0,025 mg/kg, foi em média superior ao encontrado no leite analisado na Itália pelos autores citados. Entretanto, os teores obtidos no presente estudo para a maioria das amostras em todas as mesorregiões do Estado de Goiás foram iguais ou abaixo dos teores tolerados pela OMS (0,050 mg/kg). Mas, para MURTA (1993), a maioria das amostras revelou contaminação com o elemento cádmio, pois apresentaram teores acima de 0,017 mg/kg. Considerando o efeito acumulativo do metal, que pode permane-

cer no organismo por dez a vinte anos, como já mencionado, a situação mostra-se preocupante, pois o alvo principal são os jovens, dado que o aparecimento de possíveis sinais ou sintomas nos indivíduos ocorre desde a adolescência até a senilidade.

Na Tabela 2, observa-se que os valores dos teores médios de zinco em leite de todas as mesorregiões foram semelhantes. A mesorregião de maior teor de zinco é a Centro Goiano, com média 4,62 mg/L, também a de maior mediana e maior moda. A mesorregião Noroeste apresentou teor máximo ligeiramente menor que as outras, demonstrando ser uma mesorregião de resultados menos elevados, sendo também a que apresentou menor dispersão de resultados, com menor amplitude total de teores e coeficiente de variação mais elevado.

Porém, o teor mais baixo de zinco em leite de todo o Estado foi obtido na mesorregião Centro Goiano, e o maior teor na Leste Goiano. De maneira geral, em relação aos outros microelementos estudados, os valores do coeficiente de variação (CV) de cada mesorregião obtidos para o zinco foram baixos, mesmo a região com maior CV, Noroeste, não ultrapassou 40%, indicando uma certa padronização da concentração dos resultados obtidos para as amostras estudadas.

A amplitude dos teores de zinco determinada em leite das diferentes regiões de Goiás variou de 0,5 (Noroeste) a 3,20 mg/L (Centro Goiano). Por outro lado, em estudo realizado por BALDINI et al. (1990), na Itália, a faixa de resultados variou de 3,3 a 7,3 mg/L. Em comparação a esses resultados, os teores obtidos no presente trabalho foram inferiores, provavelmente em função de tecnologia menos eficaz empregada no sistema de criação dos bovinos no Brasil e também da utilização de matérias-primas de baixa qualidade nas misturas minerais destinadas aos animais. Todavia, estima-se que um certo percentual de zinco disponível no organismo poderá ser deslocado em função da presença de chumbo e cádmio, justificando parcialmente, assim, os teores mais baixos encontrados nos leites de bovinos no Estado de Goiás.

Isso pode prejudicar o funcionamento do sistema enzimático do organismo, pois se trata de um elemento essencial. A mediana determinada para os teores de zinco em leite estudado por BALDINI et al. (1990) – de 4,48 mg/L – foi também superior a qualquer uma das encontradas nas regiões do Estado de Goiás. Os resultados de amplitude mínima e máxima encontrados por BALDINI et al. (1990) variaram entre 2,6 e 4,0 mg/L, apresentando o limite superior mais baixo que o obtido neste trabalho.

A distribuição da concentração dos teores de zinco no leite determinados para as diferentes mesorregiões de Goiás apresentou o seguinte comportamento: nas mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul, houve predomínio de resultados no intervalo de classe mais elevado (> 3,0 mg/L).

Os teores encontrados no presente estudo ficaram abaixo do requerimento diário exigido pelo organismo humano para manter seu funcionamento satisfatório, sugestivo da ocorrência de algum tipo de interferência no organismo, com relação à presença de metais pesados como o cádmio e chumbo, pois são de mesma valência, podendo ocupar o mesmo espaço no organismo (ZANINI & OGA, 1995). Apresentam tendência de deslocamento do elemento essencial quando o organismo se encontra com teores de cádmio e chumbo acima do tolerado. O teor de zinco mais baixo de todo o Estado foi obtido na mesorregião Centro Goiano, 1,60 mg/L, e o maior teor no Leste Goiano, 5,14 mg/L. De maneira geral, em relação aos demais microelementos estudados, os valores de CV de cada mesorregião obtidos para o zinco foram baixos, mesmo a região com maior CV, Centro, não ultrapassou 40%.

A amplitude total dos teores de zinco determinada em leite das diferentes regiões do Estado de Goiás variou de 0,59 mg/L (Noroeste), a 3,20 mg/L (Centro Goiano) (LEITE, 1996). Os resultados encontrados por MURTA (1993) oscilaram entre 2,6 e 4 mg/L, apresentando um limite superior mais próximo ao obtido neste trabalho, principalmente em relação à mesorregião Centro Goiano. Uma maneira de se avaliar esses patamares consiste na verificação do manejo e o tipo

de suplementação mineral fornecida aos animais em lactação. Todas as mesorregiões apresentaram respectivamente mais de 80% de teores de zinco acima de 3,00 mg/L, mostrando que nestas o teor de zinco em leite encontrado no presente estudo ficou ligeiramente mais elevado que os teores citados na literatura. Contudo, esses teores ainda estão muito abaixo dos recomendados pela literatura – 15,0 mg/dia – para manutenção do organismo do ser humano em perfeito funcionamento (DUTRA-DE-OLIVEIRA & MARCHINI, 1998).

BRUHN & FRANKE (1977) determinaram a distribuição da concentração de zinco em leite da Califórnia, com predomínio de resultados na classe entre 3,5 e 3,7 mg/L, com mais de 35% de resultados nesse intervalo. Dessa forma, foram similares aos resultados obtidos para algumas mesorregiões, que apresentaram a minoria dos resultados superiores a 3,00 mg/L.

Para o elemento zinco, a análise de variância não detectou diferenças entre as médias, indicando que esse elemento comporta-se semelhantemente nas mesorregiões estudadas. Entretanto, sua concentração está abaixo do valor diário recomendado para manutenção do ser humano – 15,0 mg/dia (TOLONEN, 1995). Isso mostra que, em todo Estado de Goiás, há sinais de carências desse elemento nos leites analisados e sugere a necessidade de uma suplementação com esse elemento na dieta dos indivíduos.

Observa-se na Tabela 2 que os valores das modas dos teores de cobre em leite, bem como das medianas e das médias, comportaram-se semelhantemente, não havendo grandes variações. A amplitude máxima encontrada foi a da mesorregião Noroeste, 2,26 mg/L, enquanto a amplitude mínima obtida, 0,027 mg/L, foi a da mesorregião Norte. Isso indica baixa tecnologia empregada com desequilíbrio de minerais na alimentação dos animais. De maneira geral, os valores de coeficiente de variação de cada mesorregião obtidos para cobre foram elevados, mesmo a região com menor coeficiente de variação (Leste) ultrapassou 40%. Essa variação deveu-se a uma irregularidade entre os valores de amplitude mínima e máxima encontrados nas mesorregiões estudadas.

Para o elemento cobre, a análise de variância não detectou diferenças significativas entre as médias, indicando que esse elemento se comporta de maneira semelhante entre as mesorregiões estudadas.

Além disso, em todas as regiões do Estado de Goiás, existe o elemento em concentrações semelhantes, todavia, nas literaturas levantadas tanto estrangeiras quanto brasileiras, não foi encontrado nenhum estudo sistematizado do elemento cobre em leite fluido de bovinos, sendo este o primeiro no Brasil, particularmente em Goiás.

UNDERWOOD (1995) relatou que o fígado da maioria das espécies adultas de animais, em condições normais, possui entre 10 e 50 mg/Kg de cobre e que o elemento faz parte da formação da hemoglobina juntamente com o ferro; entretanto, não menciona os teores no leite das espécies. Mas acredita-se, conforme resultados do presente estudo, que o leite bovino seja pobre nos elementos cobre e ferro. O nível normal de cobre no sangue para a maioria das espécies, inclusive ruminantes, varia de 0,50 a 1,50 mg/L. O leite, por ser um produto resultante da secreção das glândulas lácteas dos mamíferos, proveniente do sangue, passando por um sistema de filtro, poderá estar com uma concentração final muito menor do que o sangue. Portanto, através das médias obtidas no presente estudo, evidentemente com valores bem mais baixos que no sangue, ficou evidenciada sua carência no leite de bovino. A concentração máxima tolerada pelo ser humano, ingerida diária, é 2,0 mg/dia (TOLONEN, 1995).

Na Tabela 2, nota-se que os valores das médias e modas dos teores de ferro em leite de todas as mesorregiões foram idênticos aos das medianas. Por outro lado, as mesorregiões que apresentaram valores de amplitude total e máximo mais elevados foram a Leste e a Sul. Entretanto, os maiores teores encontrados para o elemento ferro em leite integral pasteurizado de bovinos no Estado de Goiás, bem como as médias de todas as mesorregiões, ficaram abaixo dos requerimentos nutricionais, de 30 a 60 mg/dia, citados na literatura (TOLONEN, 1995),

para crianças e animais jovens. Isso sugere, de acordo com resultados obtidos, a necessidade de se fazer suplementação com o elemento ferro, tendo em vista as necessidades para produção de elementos figurados do sangue, especialmente a hemoglobina. Em função dos resultados anteriores para os elementos chumbo e cádmio, pode-se depreender que a situação se agrava quando estes se encontram em níveis elevados no leite, podendo causar deslocamento do ferro pela competição a nível celular, pois possuem mesma valência, vindo a ocupar o mesmo lugar dos elementos essenciais como o ferro. Porém, o teor de ferro mais baixo em leite fluido de todo Estado foi obtido na mesorregião do Centro Goiano (0,440 mg/L) e o maior na mesorregião Leste Goiano (2,53 mg/L). De maneira geral, em relação aos outros microelementos estudados, os valores de CV de cada mesorregião obtidos para o ferro foram baixos. Mesmo as regiões com maior CV ficaram em 47%.

Na Tabela 2 pode ser observada a média geral para os microelementos, de acordo com as mesorregiões. Verifica-se que o chumbo apresenta média de 0,238 mg/L, teor superior aos aceitos pela OMS; cobre, 0,4869 mg/L e ferro, 0,9625 mg/L, inferiores aos requerimentos dietéticos para indivíduos em crescimento para manutenção da saúde (CROSBY, 2002).

A amplitude dos teores de ferro determinada em leite integral pasteurizado de bovinos das diferentes regiões do Estado de Goiás variou de 0,496 (Noroeste), a 1,99 mg/L (Leste). Em relação à média, mediana e à moda obtidas no presente estudo, ficaram inferiores aos valores encontrados na literatura internacional, não se encontrando nenhuma referência de trabalhos nacionais, especialmente em Goiás.

As médias obtidas para o ferro no leite integral pasteurizado de bovinos das mesorregiões do Estado de Goiás foram significativamente diferentes a 5%, quando aplicado o teste de F.

Dentre as mesorregiões estudadas, a Sul e a Centro Goiano foram as que apresentaram o maior teor de ferro no leite no Estado de Goiás, em relação a Noroeste e Norte. Isso pode ser explicado em parte pela maior tecnificação

aplicada, pelos solos mais férteis, pela melhor suplementação alimentar do gado leiteiro criado na região Sul e Centro, contra uma menor tecnificação das regiões Noroeste e Norte, onde predominam solos menos férteis e o sistema de pastagem natural.

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que são as regiões Centro, Noroeste e Sul as que possuem leite com melhor fonte de zinco, cobre e ferro, demonstrando, assim, também melhor nutrição e manejo dos animais nas propriedades avaliadas destas regiões. Há variação entre o conteúdo de chumbo e cádmio nas regiões pesquisadas, em razão, provavelmente, das diferenças culturais e de manejo. Em análise dos resultados obtidos em relação aos teores médios de cobre, ferro e zinco, conclui-se que o leite das regiões avaliadas não supre completamente as necessidades desses elementos, precisando ser complementado. Considerando os níveis médios de chumbo, pode-se concluir que o leite produzido na região apresenta risco de promover intoxicações a médio e longo prazo.

Diante dos resultados obtidos para chumbo, sugere-se o monitoramento dos suplementos minerais, alimentos e ingredientes destinados à alimentação animal, tecido muscular e vísceras.

## REFERÊNCIAS

- AMODIO; COCCHIERI, R.; FIORI, P. Lead and cadmium concentrations in livestock bred in Campania. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 39, p. 460-464, 1987.
- ANUALPEC. ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA. São Paulo: FNP, 2005.
- BALDINI, M.; COONI, E.; STACCHINI, P. Presence and assesment of xenobiotic substances in milk and dairy products. **Ann. Ist. Super. Sanità.**, v. 26, p. 167-176, 1990.
- BLOOD, D. C.; HENDERSON, J. A. **Medicina veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978. p. 690-695.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 42**. Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal – PNCR. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Programa de avaliação laboratorial de resíduos**. 4. ed. Brasília: Secretaria de Defesa Animal, 1994. 103 p.
- BRUHN, J.C.; FRANKE, A.. A. . Trace metal and protein concentrations in California market milks. **Journal of Food Protection**, v. 40, p. 170-173, 1977.
- CARL, M. Heavy metals and other trace elements. In: CARL, M. **Residues and contaminants in milk and milk products**. Brussels: International Dairy Federation, 1991. p. 112-119. [Monograph on Tissue 9101, IDF special].
- CROSBY, N. T. Determination of metals in food. **Analyst**, v. 102, p. 225-263, 2002.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Food Standards Programme. **List of maximum levels evaluation for contaminants by the joint FAO/WHO/OMS**. Rome: Food and Agriculture Organization, 202 second series, 1995. 8 p.
- DABEKA, R. W.; MCKENZIE, A. D. Total diet study of lead and cadmium in food composites: preliminary investigations. **Journal of Association of Official Analytical Chemists Institute**, v. 75, p. 386-394, 1992.
- DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. 403 p.
- FLAME METHODS MANUAL FOR ATOMIC ABSORPTION. Austrália: GBC Scientific Equipment Pty Ltd., 1997.
- FLYNN, A. Minerals and trace elements in milk. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 36, p. 209-252, 1992.
- HOEL, P. G. **Estatística elementar**. São Paulo: Atlas. 1989. 430 p.
- LEITE, F. **Validação em análise química**. Campinas: Ed. Átomo, 1996. 120 p.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados**. São Paulo: Produquímica, 1994. 153 p.
- MARÇAL, W. S.; CAMPOS NETO, O. ; NASCIMENTO, M.R. L. Valores sanguíneos de chumbo em bovinos nelore suplementados com sal mineral naturalmente contaminado por chumbo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 53-57.1998.
- MURTA, P. H. G. A influência da poluição ambiental sobre a qualidade do leite. **Higiene Alimentar**, v. 7, 12-14 p. 1993.
- REDDY, M. K; RAO, M. V. Heavy metals in the SPM of air in the environmental surrounding a ferro alloy industrial plant in India. **Environmental monitoring and Assessment**, v. 25, p. 109-208, 1993.
- SCHUMANN, K. The toxicological estimation of the heavy metal content Cd, Hg, Pb in food for infants and small children. **Ernahrungswss**, v. 29, p. 54-73, 1990.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 580 p.
- TOLONEN, M. **Vitaminas y minerales em la salud y la nutrición**. Espanha: Zaragoza, 1995. 278 p.
- UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. New York: Academic Press Inc., 1995. 545 p.
- ZANINI, A. C ; OGA, Z. **Farmacologia aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995.

---

Protocolado em: 9 set. 2005. Aceito em: 18 abr. 2006.