

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO  
GROSSO  
CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS E METAIS  
POTENCIALMENTE TÓXICOS EM LEITES UHT PRODUZIDOS EM  
MATO GROSSO**

**CAROLINA BALBINO GARCIA DOS SANTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como parte das exigências para obtenção do título de mestre.

Cuiabá - MT  
Março - 2014

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO  
GROSSO  
CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS E METAIS  
POTENCIALMENTE TÓXICOS EM LEITES UHT PRODUZIDOS EM  
MATO GROSSO**

CAROLINA BALBINO GARCIA DOS SANTOS

ORIENTADOR: Profa. Dra. Adriana Paiva de Oliveira  
COORIENTADOR: Prof. Dr. Ricardo Dalla Villa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como parte das exigências para obtenção do título de mestre.

Cuiabá - MT  
Março – 2014

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus  
Cuiabá Bela Vista  
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

S237d

Santos, Carolina Balbino Garcia dos.

Determinação da concentração de minerais e metais potencialmente tóxicos em leites UHT produzidos em Mato Grosso / Carolina Balbino Garcia dos Santos. \_\_ Cuiabá, 2014.

85f.

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Adriana Paiva de Oliveira.

Coorientador: Dr. Ricardo Dalla Villa

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Leite – Dissertação. 2. Qualidade – Dissertação. 3. Segurança Alimentar – Dissertação. I. Oliveira, Adriana Paiva. II. Villa, Ricardo Dalla. III. Título.

C  
DU 637.141  
CDD 637

## **DEFESA DE TESE OU DISSERTAÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ÁREA DE CONHECIMENTO:** Controle de qualidade

**CURSO:** Mestrado

**AUTOR:** Carolina Balbino Garcia dos Santos

**ORIENTADOR:** Dra. Adriana Paiva de Oliveira

**DATA DA DEFESA PÚBLICA:** 17 de março de 2014.

**TÍTULO APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:** Determinação da concentração de minerais e metais potencialmente tóxicos em leites UHT produzidos em Mato Grosso.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

Profa. Dra. Adriana Paiva de Oliveira

Prof. Dra. Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores

Prof. Dra. Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

### **ATESTADO**

Atesto terem sido feitas as correções sugeridas pela Comissão Examinadora.

Orientador: Dra. Adriana Paiva de Oliveira

Presidente da Comissão Examinadora

“Lembre sempre daquilo que aprendeu. A sua educação é a sua vida; guarde-a bem.”

***Provérbios 4:13***

*Ao meu Senhor Jesus Cristo e ao meu esposo Willian Tomaz da Silva, pelo amor incondicional  
e enorme apoio.*

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amor, sustento e cuidado que teve por mim durante esta jornada.

Ao meu esposo Willian pelo amor, carinho, companheirismo, atenção, apoio, incentivo, paciência e dedicação.

Aos meus pais Luiz e Helena por suas orações, amor, dedicação e incentivo.

Aos meus irmãos Fernanda e Rafael que sempre estiveram ao meu lado.

Aos meus amigos pela amizade e pelos momentos de apoio, em especial, Sr. Carlos e Elza, Valéria e Nilson, Daniela e Fernando e meus pastores Zilda e Camilo Martins.

À minha orientadora, Prof. Dra. Adriana Paiva de Oliveira, pela paciência, ensinamentos e completa atenção em todos os momentos que precisei.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Ricardo Dalla Villa, pelos seus ensinamentos e contribuições.

Às bancas examinadoras de qualificação e de defesa pelas contribuições na elaboração deste trabalho, em nome da Prof. Dra. Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação pela grande bagagem de conhecimentos que nos foi transmitida durante esses anos e pelo seu apoio e dedicação.

Aos meus queridos alunos do curso de Engenharia de Alimentos Francisca Graciele, José Carlos, Daiane e Gevanil que foram excepcionais durante a execução dos experimentos.

Aos meus colegas do mestrado Simone, Jandinei, Wanessa, Alexandre, Márcia, Ana Luíza, Rubén e Deivid, muito obrigada pelo apoio, companheirismo e pelos momentos muito agradáveis na companhia de vocês.

Ao IFMT Campus Bela Vista pelo apoio nas análises laboratoriais.

Ao Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos da UFMT pela disponibilização de equipamentos, vidrarias e reagentes.

À FAPEMAT pelo auxílio financeiro.

A todos que colaboraram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	01
RESUMO.....	02
ABSTRACT.....	03
1.CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	04
1.1. Introdução.....	04
2.OBJETIVOS.....	05
2.1.Objetivo geral.....	05
2.2.Objetivos específicos.....	06
3.REVISÃO DE LITERATURA.....	06
3.1.Composição química do leite.....	06
3.2.Minerais essenciais encontrados no leite.....	09
3.2.1.Cálcio.....	09
3.2.2. Potássio.....	10
3.2.3. Magnésio.....	11
3.2.4. Sódio.....	12
3.2.5. Manganês.....	13
3.2.6. Ferro.....	13
3.2.7. Zinco.....	14
3.2.8. Cobre.....	15
3.2.9. Cromo.....	15
3.3. Metais potencialmente tóxicos em leite.....	16
3.3.1. Cádmio.....	17
3.3.2. Chumbo.....	18
3.4. Técnicas instrumentais utilizadas para determinação de metais.....	19
3.5. Produção mundial, nacional e regional de leite.....	20
4.REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 2.....	35

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM LEITES INTEGRAIS UHT PRODUZIDOS NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL.....	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
1.INTRODUÇÃO.....	39
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1 Coleta.....	42
2.2 Parâmetros físico-químicos.....	42
2.2.1 Análise qualitativa.....	42
2.2.2 Análise quantitativa.....	43
2.3 Determinação da concentração de metais.....	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1 Parâmetros físico-químicos.....	45
3.2 Determinação da concentração de metais.....	49
4. CONCLUSÃO.....	52
5 REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO 3.....	61
DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS ESSENCIAIS E POTENCIALMENTE TÓXICOS EM LEITES UHT PRODUZIDOS NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL.....	62
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
INTRODUÇÃO.....	65
MATERIAIS E MÉTODOS.....	67
2.1 Coleta.....	67
2.2 Instrumentação.....	67
2.3 Reagentes, soluções e amostras.....	68
2.4 Parâmetros instrumentais.....	69
2.5 Procedimento de preparo de amostras.....	70
2.6 Testes de adição e recuperação.....	70
2.7 Determinação da concentração de minerais potencialmente tóxicos nas amostras.....	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72

4. CONCLUSÃO.....	78
5. REFERÊNCIAS.....	78
CAPÍTULO 4.....	83
IMPLICAÇÕES.....	84

## LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
Tabela 1 - Composição do leite bovino de raças ocidentais.....	7
Tabela 2 - Composição de minerais em g/100 g de leite de vaca integral e desnatado UHT.....	9
Tabela 3 – Limites máximos toleráveis de chumbo estabelecidos pelas legislações.....	19
Tabela 4 - Referências sobre técnicas instrumentais utilizadas para determinação da concentração de metais em leite.....	20
Tabela 5 - Principais municípios produtores de leite em Mato Grosso em 2006.....	23
Tabela 6 - Destinação industrial dos leites captados por indústrias e cooperativas em MT	24
 CAPÍTULO 2.....	 35
Tabela 1 – Níveis de fortificação dos analitos no teste de adição e recuperação.....	45
Tabela 2 – Análises físico-químicas de amostras de leite UHT integral produzidas em Mato Grosso.....	46
Tabela 3 – Concentração de metais (valor médio dos lotes em mg/100g ±DPR(%)) em leites UHT integrais produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil.....	50
Tabela 4 - Média das concentrações (mg/100) de Cd e Pb encontradas em pesquisas com leite bovino.....	51
 CAPÍTULO 3.....	 61
Tabela 1 - Condições instrumentais de operação utilizadas na determinação de metais.....	68
Tabela 2 – Níveis de fortificação dos analitos utilizados no teste de adição e recuperação.....	71
Tabela 3 – Parâmetros instrumentais obtidos através da construção das curvas de calibração dos analitos.....	72
Tabela 4 – Resultados dos testes de adição e recuperação (valor médio± RSD%, n =3).....	73
Tabela 5 - Concentração dos analitos nas amostras de leite UHT produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil (valor médio dos três lotes ± RSD %, n=3).....	74

## LISTA DE ABREVIACOES

UHT	Ultra High Temperature
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ATP	Adenosina Trifosfato
ATPase	Adenosinatrifosfatase
AAS	Atomic Absorption Spectroscopy
FAAS	Flame Atomic Absorption Spectroscopy
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
ICP- AES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry
GF- AAS	Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry
EST	Extrato Seco Total
ESD	Extrato Seco Desengordurado
DPR	Desvio Padrão Relativo

## **CAPÍTULO 1**

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a determinação da concentração de Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Zn, Fe Mn, Pb e Cd em leites produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil. Também foi realizada a caracterização físico-química (gordura, índice crioscópico, densidade, extrato seco total e desengordurado, caseína, lactose, acidez) e testes para detecção de substâncias neutralizantes e reconstituintes de densidade em leites do tipo integral. A quantificação dos metais foi realizada por espectrometria de absorção atômica em chama e o preparo das amostras por decomposição por via úmida. Os resultados dos testes qualitativos indicaram que as amostras estavam isentas de possíveis fraudes e/ou adulterações. Quanto aos parâmetros físico-químicos, duas amostras de leite integral apresentaram discordância aos requisitos exigidos pela legislação vigente quanto à acidez em ácido láctico. Os coeficientes de correlação linear das curvas analíticas foram maiores que 0,99. Os limites de detecção e quantificação instrumentais variaram entre  $1,8 \times 10^{-5}$  a  $2,4 \times 10^{-3}$  mg g<sup>-1</sup> e  $5,4 \times 10^{-5}$  a  $7,2 \times 10^{-3}$  mg g<sup>-1</sup>, respectivamente. A precisão e exatidão do método foram avaliadas por meio de testes de adição e recuperação. Para todos os níveis de adição avaliados, as porcentagens de recuperação variaram de 71 a 117%, com coeficientes de variação menores do que 13%. As concentrações dos minerais Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn estão de acordo com os valores indicados pela TACO, exceto o K que apresentou concentração superior, o que pode ser atribuído da dieta dos animais. No caso dos metais tóxicos, as concentrações de Cd estão de acordo com a Legislação, porém algumas amostras apresentaram concentrações de Pb e o Cr acima do valor máximo permitido pela Legislação. Estes resultados indicam a necessidade de um maior controle de qualidade em relação à produção de leite, principalmente em relação à contaminação por metais tóxicos.

**Palavras-chave:** FAAS; controle de qualidade; contaminantes inorgânicos.

## ABSTRACT

This study aimed to determine Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Zn, Fe, Mn, Pb and Cd in UHT milk produced in the Mato Grosso State, Brazil. Physicochemical characterization (fat, cryoscopy index, density, and total fat dry extract, casein, lactose, acidity) and testing for neutralizing substances and restorative density of integral type in milk was also performed. The quantification of metals was performed by atomic absorption spectrometry in flames and preparation of samples for wet decomposition. The results of qualitative tests showed that the samples were free of potential fraud and / or adulterations. For physic-chemical parameters, two samples of whole milk showed discordant to the requirements of current legislation regarding the acidity in lactic acid. The linear correlation coefficient of the calibration curves were greater than 0.99. The instrumental limits of detection and quantification ranged from  $1.8 \times 10^{-5}$  to  $2.4 \times 10^{-3}$  mg g<sup>-1</sup> and  $5.4 \times 10^{-5}$  to  $7.2 \times 10^{-3}$  mg g<sup>-1</sup>, respectively. The accuracy of the method was evaluated by addition and recovery tests. For all addition levels evaluated, the recovery percentages ranging 71-117%, with coefficients of variation lower than 13%. The concentrations of minerals Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn are according to the values indicated by TACO, except that K showed higher concentration, which can be attributed to the diet of animals. In the case of toxic metals, Cd concentrations are in accordance with the legislation, but some samples showed concentrations of Pb and Cr above the maximum allowed by law. These results indicate the need for greater quality control in relation to milk production, especially in relation to contamination by toxic metals.

**Keywords:** FAAS, quality control, inorganic contaminants.

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1 Introdução

O leite é um produto obtido da secreção das glândulas mamárias de fêmeas mamíferas e se caracteriza por ser uma mistura homogênea de várias substâncias em emulsão (gordura e substâncias associadas), em suspensão (as caseínas ligadas a sais minerais) e em dissolução verdadeira (lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro, sais, entre outros) (ORDOÑEZ et al., 2005).

Existem 20 minerais que são considerados essenciais ao homem, os quais são classificados em macrominerais (sódio, potássio, cloreto, cálcio, magnésio e fósforo) e elementos traços (ferro, cobre, zinco, manganês, selênio, iodo, cromo, cobalto, fluoreto, molibdênio, arsênio, silício, níquel e boro). Todos os 20 minerais estão presentes no leite em diversas concentrações (CASHMAN, 2006), que podem sofrer variações devido à dieta do rebanho, o tempo de lactação, o período da ordenha, fatores genéticos e condições ambientais (CARVALHO et al., 1995; CASHMAN, 2006). De acordo com Carvalho et al. (1995), os elementos inorgânicos do leite são importantes para a nutrição humana, pois participam da formação do tecido ósseo e dentário, de processos que conduzem à coagulação sanguínea, contração muscular, liberação de alguns tipos de hormônios, equilíbrio ácido-base, pressão osmótica e na absorção ativa de nutrientes.

Os minerais também possuem papel importante na estrutura e estabilidade das micelas de caseína do leite e o estudo mais aprofundado sobre a interação entre esses elementos tem muita relevância para o desenvolvimento de produtos lácteos (GAUCHERON, 2005).

Além dos minerais essenciais, existe a possibilidade do leite apresentar concentrações de metais considerados nocivos à saúde humana, estes são os denominados metais potencialmente tóxicos. O leite contaminado por tais elementos é considerado adulterado e impróprio para o consumo, pois representa risco à saúde humana (BELTRANE e MACHINSKI JUNIOR, 2005).

Licata et al. (2004) afirma que de certo modo os progressos tecnológicos, as atividades industriais, a exploração de minérios, a disposição inadequada de resíduos, queima de combustível fóssil pela intensificação de tráfego nas rodovias, além de atividades agrícolas, como o uso de fertilizantes e agroquímicos, as práticas de irrigação e manejo, o reuso de águas residuárias, entre outros, têm aumentado significativamente a contaminação do

ambiente e, logicamente, é possível esperar a contaminação de produtos alimentares consumidos pelo homem.

Outra possível fonte contaminação de leite por metais potencialmente tóxicos é o emprego de ração animal e suplementos minerais de baixa qualidade na alimentação do rebanho leiteiro (MARÇAL, 2005).

A produção de leite no Estado do Mato Grosso ainda é pouco explorada e, apesar do aumento significativo de 68% no volume de produção entre os anos de 2000 a 2010, o Estado respondeu somente a uma fração de 2,3% da produção nacional em 2010 (IMEA, 2012, EMBRAPA, 2010). Esta tímida participação deve-se ao fato do setor ser conduzido principalmente pelo sistema familiar, que por sua vez não obtém sucesso econômico suficiente para investir em capacitações, estrutura e equipamentos que possam refletir no aumento da qualidade.

A determinação de minerais essenciais nos leites e derivados produzidos em Mato Grosso possibilita avaliar se estes alimentos apresentam níveis compatíveis aos de outras regiões do país e as condições de manejo a que o rebanho leiteiro está sendo submetido, visto que fatores como alimentação e período de ordenha podem influenciar na concentração destes minerais.

A avaliação de metais potencialmente tóxicos poderá ser indicadora de poluição ambiental provocada pelo desenvolvimento da atividade econômica da região onde o produto foi originado ou que o rebanho leiteiro está sendo atingido pela ingestão de ração e/ou suplementos minerais contaminados. Neste contexto, o conhecimento de que esses alimentos possam estar contaminados por metais potencialmente tóxicos poderá ajudar as autoridades competentes a intensificar a fiscalização em determinadas regiões produtoras de leite no Estado de Mato Grosso e assim tomar as medidas corretivas e preventivas para eliminar os riscos de contaminação que afetam a saúde dos consumidores.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar físico-quimicamente e determinar a concentração de minerais essenciais e metais potencialmente tóxicos em leites industrializados do tipo UHT produzidos no Estado de Mato Grosso.

## 2.2. Objetivos específicos

- Determinar a concentração dos minerais essenciais Ca, Na, K, Zn, Fe, Cr, Cu, Mn e Mg em leites UHT produzidos no Estado Mato Grosso e comparar com os teores indicados pela Tabela de Composição dos alimentos (TACO);
- Determinar a concentração dos metais potencialmente tóxicos Cd e Pb em leites UHT produzidos no Estado Mato Grosso e verificar se os mesmos atendem os limites máximos de tolerância estabelecidos pela Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013 e Decreto nº 5871, de 26 de março de 1965 da ANVISA.
- Caracterizar físico-quimicamente os leites integrais UHT produzidos no Estado Mato Grosso e verificar se atendem às exigências da Portaria nº 146, de 7 de março de 1996.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Composição química do leite

A função do leite na natureza é a de nutrir e fornecer proteção imunológica para o mamífero na primeira fase da sua vida (ABREU, 2005), devido à sua composição química, que representa uma mistura complexa de lipídios, proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (SWAISGOOD, 2010).

O leite é produzido no interior das glândulas mamárias pelos alvéolos que são estruturas esferóides constituídas pelas células mioepiteliais. Pela ação do hormônio lactogêneo, alguns constituintes do sangue como glicose, ácidos graxos, aminoácidos, cadeias peptídicas, água e sais minerais são absorvidos pelas células mioepiteliais que os transformam em componentes lácteos e os armazenam no interior dos alvéolos e na cisterna dos tetos (TRONCO, 2003).

A água é componente mais abundante do leite a qual encontra-se em solução os demais compostos. Alguns minerais apresentam-se na forma iônica, a lactose e a albumina aparecem como solução verdadeira, a caseína e os fosfatos no estado de dispersão coloidal e a gordura na forma de pequenos glóbulos dispersos constituindo uma emulsão (TRONCO, 2003).

Segundo Swaisgood (2010), a composição do leite é influenciada pela dieta e pela raça do animal e indica concentrações médias dos principais componentes encontrados em leites oriundos de vacas de raças ocidentais que compreendem a Guersey, Jersey, Ayrshire, Brown Swiss, Shorthorn e Holstein, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição do leite bovino de raças ocidentais.

Componente	Porcentagem	Variação entre raças ocidentais
	média	(porcentagens médias)
Água	86,6	85,4 – 87,7
Lipídeos	4,1	3,4 – 5,1
Proteínas	3,6	3,3 – 3,9
Lactose	5,0	4,9 – 5,0
Minerais fixos	0,7	0,68 -0,74

Fonte: Swaisgood (2010).

Segundo Fox e McSweeney (1998), os lipídios do leite são constituídos em 97-98% de triglicerídeos, seguido pelos diglicerídeos e monoglicerídeos, de colesterol livre, ácidos graxos livres, colesterol, carotenoides e vitaminas lipossolúveis. A gordura encontra-se dispersa no leite em forma de glóbulos esféricos, com diâmetro variando entre 1,5 a 10  $\mu\text{m}$ , dependendo da espécie (ORDÓÑEZ et al., 2005). O conteúdo de gordura do leite, segundo Abreu (2005), possui grande importância econômica, pois uma das formas de determinar o preço do leite é pelo seu teor lipídico.

As proteínas do leite são divididas em duas classes principais. A primeira fração corresponde a 80% da proteína total do leite bovino, formada pela caseína, enquanto a segunda compreende as proteínas do soro lácteo (CHEFTEL et al., 1989 apud MOLINA et al., 2010). De acordo com Fox e McSweeney (2003), a caseína é uma mistura de diferentes frações proteicas, destacando-se as alfa, beta e k caseínas, que unidas formam a micela. Possui grande importância tecnológica, pois possui estabilidade ao calor, sofre coagulação por ação de acidificação do leite ao pH 4,6-4,7 ou pela ação enzimática da renina (coalho) formando paracaseinato de cálcio. As principais famílias de proteínas do lactossoro são as  $\beta$ -lactoglobulinas, as  $\alpha$ -lactoalbuminas, as albuminas séricas e as imunoglobulinas (BERMUDO et al., 2010)

Tronco (2003) descreve a lactose como um dissacarídeo formado por glicose e galactose e que se apresenta numa proporção aproximada de 48 gramas/litro de leite. Existe

em três formas no estado sólido:  $\alpha$  e  $\beta$  (anidras) e  $\alpha$ -lactose monohidratada. Sua solubilidade é baixa, em torno de 17,8 gramas/100 gramas de solução e a sua intensidade de doçura é menor que a da sacarose e dos monossacarídeos que a compõem. À medida que é submetida ao aquecimento, sofre escurecimento ocasionado pela reação de Maillard. Ordóñez et al. (2007) afirma que a lactose pode ser um fator limitante na produção de leite, porque a síntese de leite na mama está diretamente relacionada com a síntese de lactose e esta é considerada o componente mais lábil diante da ação de microrganismos, pois se constitui em um ótimo substrato para as bactérias lácticas que a transformam em ácido láctico.

De acordo com Jensen (1995), o leite contém quantidades variáveis de vitaminas do complexo B e ácido ascórbico, além de ser uma excelente fonte alimentar de vitaminas lipossolúveis como as A, D e K.

Os sais do leite constituem a sua menor fração (8 - 9 g L<sup>-1</sup>), na qual estão presentes cálcio (Ca<sup>+2</sup>), magnésio (Mg<sup>+2</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) entre os principais cátions e fosfatos inorgânicos, citratos e cloretos entre os principais ânions. Os íons encontram-se em parte associados às proteínas. Dependendo do tipo, eles podem estar difusos (sódio, potássio e cloretos) ou parcialmente associados com as micelas de caseína (cálcio, magnésio, fosfatos e citratos) (GAUCHERON, 2005).

Dobrzanski et al. (2005) afirma que o conteúdo dos principais minerais do leite como Ca, P, K, Na, Mg, Cl e S geralmente é constante, sofrendo leves alterações por influência do período de lactação, qualidade da nutrição, aplicação de aditivos químicos ou até mesmo ação de poluentes químicos provenientes do ambiente.

De acordo com Malbe et al. (2010), o leite e seus produtos lácteos são uma importante fonte alimentar de minerais em muitos países europeus, sendo responsável por 10 a 20 % da ingestão diária. Contudo, a quantidade de micro e macro elementos no leite depende da composição do solo e da alimentação do gado, que variam entre os países e até mesmo entre regiões internas de cada país produtor.

Os minerais essenciais têm um papel vital no funcionamento do organismo humano. Eles participam de diversos processos metabólicos e regulam reações bioquímicas, atuando como ativadores ou componentes de algumas enzimas específicas. Os elementos Fe, Cu, Zn e Mn desempenham papel crucial na proteção de um corpo contra o efeito negativo de radicais livres tóxicos (KRÓL et al., 2012).

Para suprir a quantidade adequada de minerais para a manutenção de uma boa saúde, a USDA recomenda o consumo três porções de 200 mL de leite e produtos lácteos por dia (PHILIPPI et al., 1999), sendo que os adultos devem consumir preferencialmente o leite desnatado, pois tem menor teor de gordura (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO apresenta a composição de diversos alimentos consumidos no Brasil com intuito de trazer dados que possibilitem uma melhor orientação nutricional à população. Dentre os alimentos analisados está o leite de vaca, de cabra e produtos lácteos resultantes de processamentos industriais como o leite desnatado e leite em pó. Na Tabela 2 estão expressos os valores referentes à concentração mineral em leite de vaca integral e leite de vaca desnatado UHT, conforme NEPA (2011).

**Tabela 2.** Concentração de minerais em mg/100g de leite de vaca integral e desnatado UHT.

Produto	Minerais (mg/100 g)								
	Ca	Mg	Mn	P	Fe	Na	K	Cu	Zn
Leite de vaca integral	123	10	Tr*	82	Tr*	64	133	0,02	0,4
Leite de vaca desnatado UHT	134	10	Tr*	85	Tr*	51	140	0,02	0,4

\* Traços

**Fonte:** Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA, 2011)

### 3.2 Minerais essenciais encontrados no leite

#### 3.2.1 Cálcio (Ca)

Dos 20 elementos minerais essenciais, o cálcio é o mais comum no leite e sua concentração no leite de vaca é ligeiramente superior no colostro e no fim da lactação (ZAMBERLIM et al., 2012). O leite de vaca e derivados constituem as fontes mais ricas e com maior percentual de absorção do mineral (WEAVER et al., 1999).

De acordo com Theobald (2005), o conteúdo de cálcio no leite é relativamente constante e pode ser afetado pela dieta da vaca, estágio de lactação ou condições climáticas. Cerca de dois terços do cálcio presente no leite está ligado à proteína caseína e a outra parte em outras proteínas do leite ou em forma de sais de fosfato e citrato. Os produtos leite desnatado, leite em pó e iogurtes retêm a mesma quantidade de cálcio original presente no leite antes do seu processamento.

O cálcio é o mineral mais abundante do corpo humano, correspondendo a 1 ou 2% do peso corporal e ocorre numa porcentagem de 39% em relação aos outros minerais. Quase a totalidade do cálcio do corpo está nos ossos e dentes (99%) e o restante encontra-se no sangue. É importante para a formação e manutenção da matriz óssea, além de ter a função de estabilizar membranas de células dos músculos e nervos. Também participa dos processos de coagulação sanguínea e na atividade enzimática (GRÜDTNER et al., 1997).

A ingestão inadequada de cálcio tem sido associada ao aumento dos riscos de osteoporose, à litíase renal (pedras nos rins), ao câncer colorretal, à hipertensão e ao acidente vascular cerebral, à doença arterial coronariana, à resistência à insulina e obesidade. (WHO, 2009).

Segundo Campos et al. (2003), a ingestão diária recomendada de cálcio varia de acordo com a faixa etária do indivíduo. Na faixa etária de 0 a 6 meses de idade, a ingestão recomendada é de 400 mg/dia, de 7 a 12 meses é de 600 mg/dia, de 7 a 10 anos é de 800 mg/dia, de 11 a 14 anos é de 1200 mg/dia, de 15 a 18 anos é de 1300 a 1500 mg/dia e em gestante ou lactantes menores de 18 anos é de 1300 a 1500 mg/dia. Para adultos até 50 anos, a ingestão diária recomendada é 1000 mg/dia e acima dessa idade o recomendado é 1200 mg/dia (WHO, 2009).

### 3.2.2 Potássio (K)

De acordo com Fox e Mc Sweeney (1998), o potássio é encontrado no leite em forma de sais de cloreto, fosfato, citrato e hidrogenocarbonato. Especialmente no leite de vaca, sua concentração varia de 1150 a 2000 mg L<sup>-1</sup>, sendo que em torno de 92% desses sais encontram-se em forma solúvel completamente ionizado e 8% em forma coloidal associados às micelas de caseína. Alguns fatores podem influenciar na concentração de sais de potássio no leite, como por exemplo, o estágio de lactação e pH. Os sais de potássio diminuem gradualmente durante o período de lactação e a relação entre os sais e o pH é inversa, ou seja, diminui à medida que o pH do leite aumenta.

O potássio é o principal cátion dos fluidos intracelulares e das funções de balanço ácido base, da regulação da pressão osmótica, da condução de impulsos nervosos, da contração muscular, particularmente o músculo cardíaco, das funções das membranas celulares e da bomba de sódio e potássio ATPase. Também participa da glicogênese e ajuda na

transferência de fosfato do ATP para ácido pirúvico e tem papel em muitas outras reações enzimáticas celulares (SOETAN et al., 2010).

A ingestão diária de potássio recomendada pela World Health Organization – WHO e pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2002) é de 70-80 mmol/dia, entretanto, em muitos países é declarado que a população não consome a quantidade mínima recomendada. Em países como Bélgica, México, Espanha e Estados Unidos da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte recomendam-se a ingestão de 90 mmol/dia, enquanto que Bulgária, Canadá, República da Coreia e os Estados Unidos da América recomendam a ingestão de 120 mmol/dia.

A baixa ingestão de potássio tem sido associada à incidência de doenças cardiovasculares, formação de pedra nos rins e baixa densidade óssea. O aumento na ingestão de potássio pode reduzir a pressão arterial, diminuir os riscos de doença cardiovascular, além de trazer benefícios à densidade mineral óssea e minimizar as consequências negativas do consumo elevado de sódio (FAO, 2005; WHO, 2003).

### 3.2.3 Magnésio (Mg)

A faixa de concentração do magnésio no leite de vaca varia entre 97 e 146 mg L<sup>-1</sup> (GAUCHERON, 2005), na qual 67% encontra-se na forma dissociada em fase aquosa e 33% em fase coloidal. A porção dissociada na fase aquosa é encontrada de três formas: 35% como cátion bivalente Mg<sup>+2</sup>, 55% como citrato de magnésio e 10% como fosfato de magnésio (FOX e McSWEENEY, 1998).

O magnésio é o segundo cátion intracelular mais abundante e a maior parte do magnésio do corpo está ligado aos ossos, tal como o cálcio. O magnésio intracelular é importante, pois participa da atividade de várias enzimas que regulam o metabolismo do organismo. Também atua como íon extracelular para a transmissão nervosa. O magnésio plasmático é encontrado em forma ionizada, ligado às proteínas e complexos, configurando sua forma mais ativa (KRONQVIST, 2011).

A ingestão diária recomendada de magnésio para adultos é em torno de 400 mg/dia. Porém, um estudo realizado nos Estados Unidos da América revelou que o consumo deste elemento está abaixo do valor recomendado pela maioria dos seus habitantes. Os que utilizaram suplementos alimentares foram os que apresentaram ingestão mais próxima do valor recomendável (ATDSR, 2003).

As consequências patológicas para a deficiência de magnésio no organismo produzem anorexia, náusea, fraqueza muscular, letargia e se a deficiência for prolongada, há a perda de peso. As situações mais severas de deficiência de magnésio ocasionam manifestações de hiperirritabilidade, espasmos musculares, conduzindo as últimas instâncias às convulsões, arritmia cardíaca e edema pulmonar (FAO, 2002).

#### 3.2.4 Sódio (Na)

A maior parte do sódio encontrado no leite (92%) está em forma dissociada na fase aquosa e a outra parte encontra-se na fase coloidal. A sua concentração no leite de vaca cru varia entre 350 a 900 mg L<sup>-1</sup>. O estágio de lactação e o pH colaboram para as variações da concentração de sódio no leite. No início da lactação, a concentração apresenta-se em níveis elevados que diminuem no estágio intermediário e depois torna a aumentar no período final de lactação. O sódio possui relação direta com o pH do leite, ou seja, o aumento de pH influencia no aumento de concentração de sódio dissociado na fase aquosa (FOX e McSWEENEY, 1998).

Em leites industrializados do tipo UHT, é permitido utilizar o citrato ou fosfato de sódio com função de estabilizante. No entanto, o uso deste aditivo químico contribui para a elevação do teor de sódio neste alimento.

O sódio é o principal cátion do fluido extracelular do corpo e é um nutriente essencial necessário para a manutenção do equilíbrio ácido base e para a transmissão de impulsos nervosos, além de ter papel na atividade normal da célula. Em indivíduos saudáveis, todo o sódio é absorvido durante a digestão e a excreção urinária é o mecanismo primário para manter o equilíbrio do mineral no organismo (HOLBROOK et al., 1984).

A ingestão indiscriminada de sódio está relacionada à elevação de risco de acidente vascular cerebral (incidente e fatal) e doença coronariana devido ao aumento da pressão arterial. Em contrapartida, a diminuição da ingestão de sódio está relacionada com a diminuição da pressão arterial. Com base nessas evidências, a WHO faz a recomendação da ingestão diária menor que 2,0 g por dia (WHO, 2012b), visto que a quantidade mínima necessária para manutenção das funções do organismo é em torno de 200 a 500 mg/dia (HOLBROOK et al., 1984).

#### 3.2.5 Manganês (Mn)

A concentração de manganês no leite de vaca varia de 20 a 50  $\mu\text{g L}^{-1}$  (FOX e McSWEENEY, 1998), dos quais 32% do magnésio total encontra-se na fase aquosa, 67% estão ligados à caseína e 1% associado à gordura do leite (LÖNNERDAL et al., 1985).

O manganês é um elemento que ocorre naturalmente em muitos tipos de rochas e solo, combinado com outros elementos como oxigênio, enxofre e cloro. Pode existir em uma variedade de estados de oxidação. Os estados  $\text{Mn}^{+2}$  e  $\text{Mn}^{+3}$  são os biologicamente mais importantes (UNITED KINGDOM, 2003). Representa um oligoelemento essencial para a saúde do organismo humano (ATSDR, 2012), pois está envolvido na formação dos ossos e no metabolismo de aminoácidos, colesterol e carboidratos. Também atua na atividade de diversas enzimas, dentre elas a arginase, glutaminase, descarboxilase, glicosiltransferase, xylosyltransferase.

A deficiência de manganês em seres humanos é rara, uma vez que o mineral está presente em muitos alimentos como vegetais, grãos, cereais e produtos de origem animal. (WHO, 2011a). A ingestão recomendada é de 2 a 5 mg/dia e a média de quantidade de ingestão de manganês pelos adultos varia de 2 a 9 mg/dia, sendo que cerca de 3 a 5% é absorvido pelo trato intestinal.

A ingestão de altas doses de manganês pode ocasionar deficiências neurológicas e do controle neuromuscular, distúrbios mentais e emocionais, rigidez muscular, tremores, dificuldade de respirar e engolir (SANTAMARIA, 2008; EPA, 2006).

### 3.2.6 Ferro (Fe)

O ferro é um micronutriente essencial, pois desempenha papel fundamental no transporte de oxigênio, no metabolismo oxidativo, na reprodução celular e muitos outros processos fisiológicos. Participa da maioria das reações de oxidação-redução reversíveis, onde seu estado de oxidação oscila entre ferroso e férrico (NAIR e IYENGAR, 2009).

Segundo Casey et al. (1995), os níveis de ferro no leite são relativamente baixos, variam entre 0,2 a 0,6  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , dos quais de 20% podem ser encontrados na fração gordurosa do leite e 30-60% podem estar associadas à fração de caseína.

Existem estudos que relacionam a deficiência de ferro em humanos ao consumo de leite de vaca. É o caso de Oliveira e Osório (2005), que indicam que o ferro disponível no leite de vaca possui menor biodisponibilidade, porque os níveis de Vitamina C são baixos e os

níveis de fósforo e cálcio são altos, o que constituem fatores que estimulam a inibição da absorção do ferro pela mucosa intestinal.

A ingestão diária recomendada (IDR), de acordo com Centers for Disease Control and Prevention- CDC dos Estados Unidos (2011), varia conforme a faixa etária e gênero. Para bebês de 0 a 6 meses a IDR é de 0,27 mg/dia. Entre o sexo masculino a partir dos 9 anos é de 8 mg/dia, com exceção do período da adolescência, em que a recomendação é de 11 mg/dia. Entre indivíduos do sexo feminino, a necessidade do mineral é maior devido ao ciclo menstrual. Dos 9 aos 13 anos a IDR é de 8 mg/dia, dos 14 aos 18 é de 15 mg/dia, dos 19 aos 50 anos é de 18 mg/dia e a partir dos 51 anos a IDR diminui para 8 mg/dia. Para as mulheres gestantes a IDR é mais elevada, em torno de 27 mg/dia.

A manifestação mais característica da deficiência de ferro é a anemia ferropriva, a qual é prejudicial para a saúde em todas as fases da vida, pois causa o distúrbio do metabolismo oxidativo, na função muscular e na acuidade mental e capacidade de concentração, influenciando na eficiência das atividades físicas, na produtividade no trabalho e na vida estudantil (OLIVEIRA e OSÓRIO, 2005).

A ingestão de ferro em excesso traz como consequências para a saúde a hemocromatose e lesão hepática progressiva provocada pelo aumento do estresse oxidativo (SWANSON, 2003).

### 3.2.7 Zinco (Zn)

O zinco é considerado um elemento traço, pois 200 mL de leite podem contribuir com aproximadamente 8% da ingestão diária recomendada (CASHMAN, 2006) que é de 11 mg/dia para mulheres e homens com faixa etária entre 18 e 50 anos (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001). De acordo com Casey et al. (1995), o zinco disponível no leite encontra-se, na sua maior parte, ligado à caseína e a menor parte na forma de citrato de zinco na fase aquosa.

Dois propriedades do zinco se destacam. A primeira é que o zinco é um metal em que a toxicidade é rara, pois as células e tecidos são eficientes na sua excreção, não havendo a acumulação no organismo. Em segundo lugar, as suas propriedades físico-químicas, em geral, incluindo a sua associação estável com macromoléculas torna-o altamente adaptável para atender às necessidades de proteínas e enzimas que realizam diversas funções biológicas (VALEE e FALCHUCK, 1993).

É um dos metais mais utilizados no metabolismo de enzimas como oxiredutases, transferases, hidrolases, liases, isomerases e ligases (VALLE; FALCHUCK, 1993). Participa

da divisão celular, expressão genética, processos fisiológicos como crescimento e desenvolvimento. Na transcrição genética, age como estabilizador de estruturas de membranas e componentes celulares, além de participar da função imune e desenvolvimento cognitivo. Sua deficiência pode causar alterações fisiológicas como hipogonadismo, danos oxidativos, alterações do sistema imune, hipoguesia, danos neuropsicológicos e dermatites (MAFRA; COZZOLINO, 2004).

A alta ingestão de zinco pode gerar toxicidade aguda e crônica. Os sintomas da intoxicação aguda incluem náuseas, vômitos, perda de apetite, cólicas abdominais, diarreia e dores de cabeça (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001). A ingestão de 150 a 450 mg/dia tem sido associada à baixa absorção de cobre, alteração das funções do ferro, redução da função imunológica, redução dos níveis de lipoproteína de alta densidade (HOOPER et al., 1980).

### 3.2.8 Cobre (Cu)

Segundo Casey et al. (1995), 30 a 80% do cobre encontrado no leite de animais está associado à caseína e a outra parte está ligado aos lipídios do leite, principalmente no exterior da membrana do glóbulo de gordura. Sua concentração no leite bovino varia entre 0,05 a 0,2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais (ATSDR, 2004). É componente de várias metaloenzimas que atuam como oxidases na redução do oxigênio molecular (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Constitui-se em um elemento essencial em baixos níveis de ingestão para todos os organismos vivos, incluindo seres humanos. Em níveis muito elevados podem ocorrer efeitos tóxicos (ATSDR, 2004). A ingestão diária recomendada para homens e mulheres adultos é de 900  $\mu\text{g}/\text{dia}$ . O nível máximo tolerável de ingestão é de 10.000 mg/dia (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Apesar de ser rara, a deficiência de cobre em seres humanos contribui para a anemia hipocrômica normocítica, leucopenia e osteoporose. A exposição a níveis excessivos de cobre pode resultar em efeitos adversos à saúde, afetando órgão como fígado e rins. Também pode causar anemia e imunotoxicidade (ATSDR, 2004).

### 3.2.9 Cromo (Cr)

Segundo Casey et al. (1995), o cromo é um elemento traço essencial que desempenha função no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios e atua como cofator no

funcionamento da insulina. Sua concentração no leite de vaca, em termos de cromo total, é de cerca de  $0,4 \text{ ng mL}^{-1}$ .

O cromo existe em uma variedade de estados de oxidação como 0, +2, +3 e +6 (UNITED KINGDOM, 2003). Dependendo do seu estado, o cromo pode atuar tanto como mineral essencial como um elemento carcinogênico. O Cr (VI) é considerado cancerígeno, enquanto que Cr (III) é um elemento essencial (AMBUSHE et al., 2009) e esta é a forma prevalente em alimentos em geral (LAMEIRAS et al., 1998). Segundo Pechova e Pavlata (2007), o cromo hexavalente atinge seres humanos e animais principalmente por inalação ou devido à contaminação industrial.

Com o objetivo de melhorar o desempenho da produção leiteira, o cromo tem sido muito utilizado como suplemento na dieta animal, conjugado a aminoácidos (Cr-metionina), a outros minerais como o cloreto de cromo e à levedura como alternativa de minimizar o estresse bovino causado por condições climáticas adversas ou pelo período de transição entre gestação e lactação (AIRES, 2012), conforme foi constatado nos estudos de Hayirli et al. (2001) e Hareesh (2011). No entanto, a utilização deste mineral tem ocorrido de forma indiscriminada pelos criadores de gado leiteiro, uma vez que é desconhecida a dose adequada e não existe atualmente nenhuma legislação que estabelece os limites de dosagem, o que torna ainda mais relevante os estudos sobre a excreção de cromo em leite, devido à toxicidade que o mesmo fornece quando está em concentrações elevadas.

O Institute of Medicine (2001) indica a ingestão diária de cromo (III) para diferentes grupos. É recomendado a ingestão de  $35 \mu\text{g}/\text{dia}$  e  $25 \mu\text{g}/\text{dia}$  para homens e mulheres entre 19 e 50 anos de idade, respectivamente.

Vários sintomas estão relacionados à deficiência de cromo trivalente no organismo, dentre eles, perda de peso, neuropatia, elevação do teor de ácidos graxos, quociente respiratório deprimido (SCF, 2003).

A exposição crônica ao cromo hexavalente está relacionada à ocorrência de insuficiência renal, anemia, hemólise e disfunção hepática e renal (UNITED KINGDOM, 2003).

### **3.3 Metais potencialmente tóxicos em leite**

Segundo Malavolta (2006), os metais pesados ou metais-traço são elementos químicos que possuem densidade superior a  $5 \text{ g.cm}^{-3}$  e número atômico maior que 20. Dentro deste grupo existem os metais considerados não essenciais ou tóxicos, que possuem propriedades

de acumulação no ambiente e nos organismos vivos causando efeitos poluidores e tóxicos. Pertencem a este grupo o cádmio, chumbo, arsênio e mercúrio (MARTINS et al., 2011; SANTOS, 2009).

Vários autores têm associado a ocorrência de metais potencialmente tóxicos, especialmente o chumbo e o cádmio, em leites e outros tipos alimentos às atividades industriais, agrícolas e à alimentação do gado com ração e suplementos minerais contaminados (ABDULKAHALIQ et al., 2012; RODRIGUES, 2011; ANTUNOVIC et al., 2005; OKADA et al., 1997; MARÇAL, 2005).

De acordo com Licata (2004), o progresso tecnológico, as variadas atividades industriais e o aumento do tráfego rodoviário são fatores que contribuem para o aumento da contaminação ambiental. Além desses, o referido autor pontua o uso de fertilizantes e irrigação dos campos nas atividades agrícolas com reuso de águas provenientes de efluente sanitário tratado como outras fontes de contaminação do meio ambiente e, conseqüentemente, contaminando a cadeia alimentar. O uso de fertilizantes à base de fosfatos e de rejeitos industriais contendo cádmio e chumbo pode levar a uma elevada concentração dos referidos elementos em áreas e plantações agrícolas (MALAVOLTA, 1994).

Os estudos feitos por Marçal (2005) revelaram através da análise de sangue de bovinos, que esses foram contaminados pela ingestão de ração e suplemento mineral contaminados com metais potencialmente tóxicos e levantou a hipótese de que algum residual poderia ser excretado pelo leite, fazendo-se necessários estudos complementares.

### 3.3.2 Cádmio (Cd)

Segundo Magma (2011), o cádmio ocorre naturalmente no ambiente e é caracterizado como um metal suave e de cor branca prateada. Não pode ser encontrado na forma pura, mas como um mineral combinado com outros elementos como oxigênio (óxido de cádmio), cloro (cloreto de cádmio) ou enxofre (sulfeto de cádmio), sendo mais abundante na natureza em forma de óxidos complexos, sulfetos e carbonatos juntamente com zinco e chumbo.

O metal é usado em diversos processos industriais como componente de coberturas anticorrosivas, ligas metálicas, pigmentos, estabilizantes e na fabricação de PVC, baterias em resíduos de fabricação de cimentos e em esgotos industriais (ANGERER; SCHALLER, 1988).

O cádmio também pode ser encontrado em fertilizantes agrícolas a base de fosfato. Segundo a *International Fertilizer Industry - IFA* (1998), os teores de Cd em solos utilizados

para fins agrícolas estão geralmente bem abaixo dos níveis críticos, porém está aumentando lentamente, o que levanta preocupação por parte das indústrias de fertilizantes, pois este fato indica o surgimento de problemas ambientais e sanitários a médio e longo prazo. Esta também pode ser uma realidade enfrentada pelo Estado do Mato Grosso, uma vez que o mesmo foi o maior consumidor de fertilizantes agrícolas no Brasil em 2013 (ANDA, 2013), consequência de também ter sido o maior produtor de soja, milho e algodão no mesmo período (IBGE, 2013).

O alimento é a principal fonte de exposição ao cádmio para a população geral e não fumante. Carnes, peixes, ovos e laticínios contêm pouco cádmio – menos de  $0,01 \mu\text{g g}^{-1}$  de peso úmido, porém órgãos internos, especialmente fígado e rins, podem conter concentrações mais elevadas (CETESB, 2012). Em condições normais de processamento, o leite não entra em contato com o Cd. A maior fonte de contaminação do leite por este metal tóxico deve-se à sua ingestão pelo gado, via água ou ração (JARRET, 1979 apud RODRIGUES, 2011).

Uma vez que o cádmio é ingerido pelo homem, acumula-se principalmente nos rins e sua meia vida biológica é de 10 - 35 anos. Este acúmulo pode causar disfunção renal, o que resulta no aumento da excreção de proteínas de baixo peso molecular pela urina, que é um processo irreversível. A alta ingestão de cádmio pode levar a distúrbios no metabolismo do cálcio e à formação de pedra nos rins, amolecimento de ossos e osteoporose (WHO, 2010).

O “Joint Food And Agricultural Organization/World Organization Expert Committee on Food Additives” (JECFA) recomenda que  $7 \mu\text{g}$  de Cd por kg de peso corpóreo devem ser consideradas provisoriamente como ingestão máxima semanal tolerável para o cádmio (WHO, 2011b).

De acordo com a Resolução MERCOSUL nº 42, de 29 de agosto de 2013, o limite máximo de tolerância do cádmio, especificamente em leite, é de  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ .

### 3.3.3 Chumbo (Pb)

O chumbo é um metal pesado com toxicidade elevada que em baixíssimas concentrações tem efeitos agudos e crônicos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Ele não se constitui um elemento degradável na natureza e, portanto, uma vez liberado no ambiente, permanece em circulação (NCM, 2003). Apesar de não ser um elemento comum nas águas naturais é facilmente introduzido no meio ambiente por uma série de processos e produtos humanos: plásticos, tintas, pigmentos, indústrias metalúrgicas, aditivos da gasolina,

baterias de automóveis, reciclagens informais e pela atividade de mineração (ROCHA, 2009; FERNANDES et al., 2011).

A absorção do chumbo pelo organismo pode ocorrer por via oral e respiratória (partículas finas), e em casos mais específicos e raros, pode acontecer pela pele. Esta absorção é diferente entre crianças e adultos. O chumbo inalado pelo trato respiratório baixo é completamente absorvido, já pelo trato digestivo, que se constitui o principal meio de absorção, os adultos absorvem 10 a 15% da quantidade ingerida enquanto que as crianças e mulheres gestantes mais de 50%. Esta absorção aumenta quando há deficiência orgânica de ferro, cálcio e zinco (PAOLIELLO et al., 1997).

O chumbo é um elemento que tem característica de ser altamente tóxico e afetar negativamente o sistema nervoso, sistema reprodutivo, sistema sanguíneo e o coração. O chumbo pode acumular na estrutura óssea de humanos e no caso de mulheres, durante a gravidez, pode ser liberado da estrutura óssea e entrar na corrente sanguínea (NCM, 2003).

O “Joint Food And Agricultural Organization/World Organization Expert Committee on Food Additives” (JECFA) estabeleceu em 1972 a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) para chumbo como sendo 50 µg/kg peso corpóreo/semana para adultos. Em 1978, este limite de tolerância foi reconfirmado pelo JECFA. Em virtude da preocupação com relação à dieta de bebês e crianças, em 1995, o JECFA avaliou o risco à saúde deste segmento da população e a reduziu para 25 µg/kg peso corpóreo/semana, cujo valor foi reconfirmado em 1999 e mantido ainda nos dias atuais (WHO, 2000).

No Brasil, os limites máximos de tolerância de chumbo, especificamente em leite, são estabelecidos pelas legislações, conforme a tabela 3:

**Tabela 3.** Limites Máximos Toleráveis de chumbo estabelecidos pelas legislações.

<b>Legislação</b>	<b>Limite Máximo Tolerável</b>
Decreto nº 5.871, de 26 de março de 1965 (BRASIL, 1965).	0,05 mg kg <sup>-1</sup>
Portaria nº 16, de 13 de março de 1990 (BRASIL, 1990).	0,05 mg kg <sup>-1</sup>
Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013 (MERCOSUL, 2013).	0,02 mg kg <sup>-1</sup>

### 3.4 Técnicas instrumentais utilizadas na determinação da concentração de metais em leite

Diversas técnicas têm sido utilizadas para a determinação da concentração de metais em leite de variadas espécies e seus produtos derivados, sendo que as técnicas espectrométricas têm maior destaque, tais como a Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS), a Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite (GF-AAS), a

Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Aclopado (ICP-MS) e a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Aclopado (ICP-AES), por se tratar de técnicas consideradas rápidas, as quais são possíveis alcançar resultados precisos, exatos e com baixo limite de quantificação (SANTOS, 2009).

A Tabela 4 mostra os trabalhos mais atuais sobre determinação de metais essenciais e potencialmente tóxicos em leite que foram feitos em vários países utilizando as técnicas analíticas citadas anteriormente.

**Tabela 4.** Referências sobre técnicas instrumentais utilizadas para determinação da concentração de metais em leite.

Autor, Ano	Técnica	Metais analisados	Produto analisado	País
Pilarczyk et al, 2013	ICP AES	Ca, Mg, P, Cu, Fe, Mn, Se, Zn Cd e Pb	Leite cru bovino	Polônia
Rahimi, 2013	GF AAS	Cd e Pb	Leite cru bovino e ovino	Irã
Lukacová et al, 2012	FAAS	Fe, Cu, Zn, Cd e Ni	Leite cru e leite UHT	Eslováquia
Derakhshesh e Rahimi, 2012	GF AAS	Pb	Leite cru bovino e ovino	Iran
Dawd et al, 2012	FAAS	Fe, Zn, Cd e Pb	Leite bovino integral	Etiópia
Makepula et al, 2011	ICP AES	Ca, Mg, P, K, Na e Fe	Leite bovino	África do Sul
Nascimento et al, 2010	AAS	Pb, Cd, Cu, Fe e Zn	Leite Pasteurizado	Brasil

### 3.5 Produção mundial, nacional e regional de leite

Devido à sua rica composição nutricional e sabor agradável ao paladar das pessoas, o leite faz parte também da dieta de indivíduos de várias faixas etárias e participa da formulação de diversos produtos alimentícios como bolos, sorvetes, biscoitos, sobremesas, bebidas, etc. Com isso, o consumo de leite é amplamente difundido entre a população de hábitos ocidentais. Conseqüentemente, o homem buscou desenvolver tecnologias de processamento que permitissem aumentar a durabilidade deste alimento para o consumo. Segundo Swaisgood (2010), o leite de vaca (*Bos taurus*) representa quase a totalidade do leite processado no mundo e a maior parte produzida é consumida em forma fluida ou como bebida láctea.

Dados divulgados pela *Food and Agriculture Organization for United Nations* -FAO (2013) revelam que nos últimos 30 anos, a produção mundial leiteira aumentou em mais de 50%, saindo de 470 milhões de toneladas em 1981 e chegando a 727 milhões de toneladas em 2011, sendo a Índia o maior produtor mundial com 16% da produção mundial, seguido pelos

Estados Unidos da América, China, Paquistão e Brasil. A maior parte da expansão da produção de leite tem ocorrido no Sul da Ásia, entretanto na África o crescimento é o mais lento por causa das condições socioeconômicas e climáticas adversas. Os países com maiores excedentes de leite são Nova Zelândia, Estados Unidos, Alemanha, França, Austrália e Irlanda. Em contrapartida, os países com maiores déficits de leite são China, Itália, Rússia, México, Argélia e Indonésia.

Segundo Zoccal et al. (2011), a produção leiteira brasileira cresceu aproximadamente 5% entre 2000 e 2010, alcançando o volume de 30,7 bilhões de litros no final deste período. Isso significa que esse volume produzido forneceria, em média, 0,411 litros de leite por cada habitante do território nacional, entretanto o Ministério da Saúde recomenda o consumo médio de 0,575 litros por dia, o que refletiria numa produção de 40 bilhões de litros, considerando a população brasileira constituída de 190,8 milhões de habitantes.

De acordo com dados da EMBRAPA Gado de Leite, o Estado da federação com maior produção de leite é Minas Gerais, que produziu 8.388.039 litros de leite em 2010, o equivalente a 27,3 % do total produzido no país, seguido das produções do Rio Grande do Sul com 3.633.834 litros e Paraná com 3.595.775 litros.

Com uma área de 903.357,91 km<sup>2</sup>, Mato Grosso ocupa aproximadamente 10% do território nacional, sendo uma região típica de fronteira agrícola com sua base produtiva predominantemente agropecuária, incluindo além da produção de grãos uma notável área com exploração da pecuária extensiva, de corte e de leite. São 22,81 milhões de hectares de áreas de pastagens em solo mato-grossense, segundo o último Censo Agropecuário realizado em 2006, o que representa 47,2% das terras dos estabelecimentos agropecuários do estado. Entretanto, a pecuária de leite é pouco expressiva comparativamente a produção de pecuária para corte, com participação de apenas 0,75% do PIB estadual em 2006 (BNDES, 2010).

A produção agropecuária do Estado de Mato Grosso convive com dois extremos. De um lado, a produção de leite que tem pequena expressão em termos de mercado nacional e, por outro, as produções de soja, algodão e pecuária de corte, que ocupam locais destacados no cenário nacional (FAMATO, 2012).

A pequena participação da produção leiteira estadual na produção nacional pode ser atribuída ao fato da atividade ser conduzida com baixa tecnologia e investimento público, pois a estrutura sócio produtiva que a conduz é a familiar. Sabe-se que o empreendimento familiar não é foco central das políticas públicas, o que cria estereótipos da “baixa eficiência”,

“incapacidade técnica”, “descapitalização”, dentre outros atributos pejorativos atribuídos ao empreendimento familiar no espaço agrário (BNDES, 2010). Segundo SEDER (2010), estima-se que 30% dos agricultores familiares do Estado exerçam a pecuária de leite como atividade econômica.

O Estado do Mato Grosso foi o décimo Estado no ranking da produção leiteira nacional em 2010, com aproximadamente 708.481 litros de leite, que representaram 2,3 % da produção nacional (IBGE, 2012). Entretanto, em 2012 o Estado passou a ser o 8º maior produtor nacional com expectativa de no próximo ano ser o 6º maior produtor com a possibilidade de aumento do rebanho leiteiro e melhoras na alimentação do rebanho (IMEA, 2012).

Apesar do Estado representar uma pequena porcentagem na participação da produção leiteira nacional, o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária – IMEA (2012) aponta que a produção de leite no Mato Grosso evoluiu 139% em dez anos.

Segundo levantamento do BNDES (2010), os principais produtores de leite do Estado do Mato Grosso no ano de 2006 estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Principais municípios produtores de leite em Mato Grosso em 2006.

<b>Município</b>	<b>Volume de leite produzido (mil litros)</b>	<b>% na produção estadual</b>
------------------	---	-----------------------------------

Pontes e Lacerda	27.058	4,6%
Araputanga	20.212	3,5%
Cáceres	19.209	3,3%
Guarantã do Norte	18.617	3,2%
Terra Nova do Norte	18.451	3,2%
Rondonópolis	17.870	3,1%
Jauru	17.356	3,0%
Alta Floresta	15.998	2,7%
São José dos Quatro Marcos	15.191	2,6%
Colíder	14.956	2,6%
Mirassol d'Oeste	13.144	2,3%
Campinápolis	10.054	1,7%
Poxoréu	9.730	1,7%
Figueirópolis D'Oeste	9.698	1,7%
Salto do Céu	9.518	1,6%

**Fonte:** Dados da Pesquisa Pecuária Municipal realizado pelo IBGE. (BNDES, 2010).

A Federação das Indústrias do Estado do Mato Grosso – FIEMT apontou através do Censo Econômico e Demográfico do Setor de Laticínios de Mato Grosso que o Estado possui 131 empresas atuando no ramo de laticínios, considerando as formais, informais e artesanais. Dentre as empresas formais, existem 13 laticínios operando com selo de Inspeção Sanitária Estadual (SISE), enquanto que existem 54 empresas operando de maneira informal e sem a licença de inspeção sanitária (BNDES, 2010).

Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, com relação à capacidade de processamento e transformação do leite no Mato Grosso, em 2006 o número de laticínios e/ou usinas de beneficiamento com Selo de Inspeção Federal-SIF era de 44 unidades, sendo que nenhum deles poderia ser enquadrado como uma unidade de grande porte industrial, classificado como LT2, LT3 e LT4 (que apresentam a capacidade de produção de 300.000 a 500.000 litros/dia), pois a produção de cada um desses estabelecimentos não ultrapassava de 50.000 litros/dia. No mesmo levantamento realizado foi indicado que a produção gerada por esses estabelecimentos registrados representaram 58,5% da produção leiteira estadual (BNDES, 2010).

Em diagnóstico realizado pelo IMEA (2012), observou-se que a maior parte dos leites captados por cooperativas e indústrias de Mato Grosso foram destinados para a produção de queijo mussarela, leite pasteurizado Tipo C e leite UHT, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Destinação industrial dos leites captados por indústrias e cooperativas em MT.

Produto	Destinação do leite captado (%)	
	Indústrias	Cooperativas
Queijo mussarela	74	49
Leite pasteurizado Tipo C	6,4	31,4
Leite UHT	3,0	6,4

Fonte: IMEA (2012)

As pequenas quantidades de leite destinado para a produção de leite UHT deve-se à concorrência de produtos oriundos de outros estados disponíveis no mercado a preços competitivos e à baixa qualidade técnica das indústrias estaduais, pois este tipo de processo requer altos investimentos em maquinários.

A escassez de dados sobre as condições físico-químicas e de composição de leites industrializados no Estado do Mato Grosso levou a realização desta dissertação, na qual o tema foi tratado em dois capítulos.

O Capítulo 2, denominado, **Caracterização físico-química e determinação da concentração de metais em leites integrais UHT produzidos no Estado do Mato Grosso, Brasil**, apresenta-se de acordo com as normas para publicação do *Journal of Dairy Science*. Objetivou-se caracterizar físico-quimicamente e determinar as concentrações de minerais essenciais e metais potencialmente tóxicos em leites UHT integrais.

O Capítulo 3, intitulado, **Determinação da concentração de metais essenciais e potencialmente tóxicos em leites UHT produzidos em Mato Grosso, Brasil**, apresenta-se de acordo com as normas para publicação do *Food Analytical and Method Journal*. Neste trabalho, objetivou-se determinar as concentrações de minerais essenciais e metais potencialmente tóxicos em leites UHT integrais, semidesnatados e desnatados produzidos em Mato Grosso, Brasil.

#### 4 REFERÊNCIAS

ABDULKHALIQ, A. et al. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. **International Food Research Journal**, [S.l.], v.3. n.19, p.1089-1094, 2012.

ABREU, L.R. **Leite e derivados:** Caracterização físico-química, qualidade e legislação. Lavras: UFLA; FAEPE, 2005. 149p.

AIRES, A.R. **Efeitos do tratamento com niacina protegida e levedura rica em cromo em vacas holandesas submetidas à estresse térmico.** 2012. 26f. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012.

AMBUSHE, A. A; McCRINDLE, R. I.; McCRINDLE, C. M. E. Speciation of chromium in cow's milk by solid-phase extraction/dynamic reaction cell inductively coupled plasma mass spectrometry (DRC-ICP-MS). **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, [S.l.], v.1, n. 24, p. 502-507, 2009.

AMORIM, F. R. et al. Fast determination of manganese in milk and similar infant food samples using multivariate optimization and GF AAS. **International Journal of Spectroscopy**, [S.l.], v. 2011, n. --, 2011. ID 810641

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DOS ADUBOS - ANDA. **Mercado de fertilizantes:** janeiro/novembro de 2013. [S.l: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatistica/comentarios.pdf>> Acesso em: 23 jan. 2014.

ANGERER, J; SCHALLER, K. H. **Analysis of Hazardous Substances in Biological Materials.** Weinheim: VCH, 1988. 252p. v. 2

ANTUNOVIC, Z. et al. Concentrations of selected toxic elements (cadmium, lead, mercury and arsenic) in ewe milk in dependence on lactation stage. **Czech Journal of Animal Science**, [S.l.], v.50, n.8, p.369-375, 2005.

ASLAM, B. et al. Uptake of heavy metal residues from Swerage Sludge in milk of goat and cattle during summer season. **Pakistan Veterinay Journal**, [S.l.], v.1, n.31, p.75-77, 2011.

ATARO, A. et al. Quantification of trace elements in raw cow's milk by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). **Food Chemistry**, [S.l.], v.111, n.1, p.243-248, 2008.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. Toxicological profile for manganese. Atlanta: ATSDR, 2003. Disponível em:<<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=102&tid=23>>. Acesso em: 26 out. 2013.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. **Toxicological profile for manganese.** Atlanta: ATSDR,, 2004. Disponível em:<<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp132.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2013.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. **Toxicological profile for manganese**. Atlanta: ATSDR, 2012. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=102&tid=23>> Acesso em: 26 out. 2013.

BELTRANE, M.A; MACHINSKI JUNIOR, M. Principais riscos químicos no leite: Um problema de saúde pública. **Arq. Ciênc. Saúde Unipar**, Umuarama, v.9, n.2, p. 141-145, 2005. Disponível em:< <http://revistas.unipar.br/saude/article/viewFile/211/185>> Acesso em: 21 jan. 2014.

BERMUDO, F.M. et al. **Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on milk proteins, allergies and methods of analysis**. [S.l.; s.n.], 2010. Número de referencia: AESAN-2010-009 Documento aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 28 de septiembre de 2010. Disponível em: <[http://www.aesan.msc.es/en/AESAN/web/evaluacion\\_riesgos/subdetalle/riesgos\\_nutricional.es.shtml](http://www.aesan.msc.es/en/AESAN/web/evaluacion_riesgos/subdetalle/riesgos_nutricional.es.shtml)>. Acesso em: 26 out. 2013.

BILANDZIC, N. et al. Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. **Food Chemistry**, [S.l.], v.127, n.1, p.63-66, 2011.

BRASIL. Banco Nacional do Desenvolvimento - BNDES. **Caracterização, análise e Sugestões para adensamento das políticas de apoio a APLs implementadas nos Estados – Mato Grosso**. Rio de Janeiro: BNDS, 2010. Disponível em:<[www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes.../Caracterizacao\\_AL.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes.../Caracterizacao_AL.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 5.871, de 26 de março de 1965, referente às normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 09 abr. 1965. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871,+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 19 nov. 2013

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia Alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. Disponível em: [http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05\\_1109\\_M.pdf](http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05_1109_M.pdf). Acesso em: 21 jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº16, de 13 de março de 1990. Dispõe sobre os alimentos de tolerância de chumbo (Pb) em alimentos. **Diário Oficial**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 mar. 1990. Sessão 1, pag. 5436 Disponível: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=88&data=15/03/1990>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BRASIL. Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o regulamento Técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em Alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2013. Sessão 1, pag. 33. Disponível em:< [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/CRC/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2042%20-%20ANVISA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/CRC/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2042%20-%20ANVISA.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2013.

CAMPOS, L.M.A. et al. Osteoporose na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria**, [S.l.], v.79, n.6, p.481-488, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jped/v79n6/v79n6a05.pdf>> Acesso em: 14 out. de 2013.

CARVALHO, A.L. et al. **Qualidade do leite do centro-oeste brasileiro**. Goiânia: UFG, 1995. 189 p.

CASEY, C. E; SMITH, A; & ZHANG, P. Microminerals in humans and animal milks (Chapter 7). In: JENSEN, R. G. (Ed). **Handbook of milk composition**. San Diego: Academic Press, 1995.

CASHMAN, K.D. Milk minerals (including trace elements) and bone health. **International Dairy Journal**, [S.l.], v.16, n.11, p.1389-1398, 2006.

CDC. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Iron and Iron Deficiency**, [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/nutrition/everyone/basics/vitamins/iron.html>> Acesso em: 06 out. 2013

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Cádmiio e seus compostos. **FIT, Ficha de Informação Toxicológica**. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cadmio.pdf>> Acesso em: 27 out. 2013.

DAWD, A.G; GEZMU, T.B; HAKI, G.D. Essential and toxic metals in cow's whole milk from selected sub cities in Addis Ababa, Ethiopia. **Online International Journal Food Science**. [S.l.], v.1, n.1, p. 12-19, dez. 2012. Disponível em: <<http://onlineresearchjournals.org/OIJFS/pdf/2012/dec/Dawd%20et%20al..pdf>> Acesso em: 20 out. 2013.

DERAKSHSHESH, S.M; RAHIMI, E. Determination of lead residue in raw cow milk from different regions of Iran by Flameless Atomic Absorption Spectrometry. **American-Eurasian Journal of Toxicological Science**, [S.l.], v.1, n.4, p.16-19, 2012.

DOBRZAŃSKI, Z. et al. The content of microelements and trace elements in raw milk from cows in the Silesian Region. **Polish Journal of Environmental Studies**, [S.l.], v.14, n.5, p. 685–689, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Evolução da produção de leite no Mato Grosso de 1990 a 2010**. Brasília: Embrapa, [201?]. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/grafico02.64.php> Acesso em: 19 mai. 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Toxicity and Exposure Assessment for children's health.** [S.l.]: EPA, 2006. Disponível em: <[http://www.epa.gov/teach/chem\\_summ/manganese\\_summary.pdf](http://www.epa.gov/teach/chem_summ/manganese_summary.pdf)> Acesso em: 05 out. 2013.

EXPERT Group on Vitamins and Minerals. Risk Assessment: Manganese. [S.l.: s.n.], 2003. Disponível em: <[http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm\\_manganese.pdf](http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm_manganese.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

FEDERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DO MATO GROSSO - FAMATO. **Diagnóstico da cadeia do leite no Estado de Mato Grosso:** relatório de pesquisa. Cuiabá: Famato, 2012. Disponível em: <[http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Microsoft\\_Word\\_Diagnostico\\_da\\_Cadeia\\_do\\_Leite\\_MT\\_Final\\_.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Microsoft_Word_Diagnostico_da_Cadeia_do_Leite_MT_Final_.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2013.

FERNANDES, J.D. et al. Estudo de impactos ambientais em solos: o caso da reciclagem de baterias automotivas usadas, tipo chumbo ácido. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v.7, n.1, p.231-255, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Human vitamin and mineral requirements.** [S.l.]: FAO, 2001. Corporate Documentary Repository. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/y2809e/y2809e00.htm>>. Acesso em: 05 out. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Milk productions.** [S.l.]: FAO, 2005. Disponível em: <<http://www.fao.org/agriculture/dairygateway/milkproduction/en/#.UIB8z9KOTNt>>. Acesso em: 05 out. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Milk and dairy products in human nutrition.** Rome: FAO, 2013.

FOX, P.F; McSWEENEY, P.L.H. **Advanced Dairy Chemistry: Proteins.** 3.ed. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishes, 2003. 1349p. v.1.

FOX, P.F; McSWEENEY, P.L.H. **Dairy Chemistry and Biochemistry.** London: Blackie Academic & Professional, 1998. 478 p.

GAUCHERON, F. The minerals of milk. **Reproduction Nutrition Development**, [S.l.], v.45, n.4, p.473-483, 2005.

GONÇALVES, JUNIOR; MESQUITA, A.J; GONÇALVES, R.M. Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no Estado de Goiás. **Ciência Animal Brasileira**, [s.l.], v.9, n.2, p. 365-374, 2008.

GRÜDTNER, V.S; WEINGRILL, P; FERNANDES, A.L. Aspectos da absorção do cálcio e vitamina D. **Revista Brasileira de Reumatologia**, [S.l.], v.37, n.3, p.143- 151, 1997.

HAREESH, P.S. Effect of dietary supplementation of organic chromium in lactating cows. **Journal of Indian Veterinary Association**, [S.l.], v.9, n.1, p. 64-65, 2011.

HAYIRLI, A; et al. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v.84, n.5, p.1218–1230, 2001.

HOLBROOK J.T. et al. Sodium and potassium intake and balance in adults consuming self-selected diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, [S.l.], v.40, n.4, p.786–793, 1984. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6486085>>. Acesso em: 19 out. 2013.

HOOPER P.L. et al. Zinc lowers high-density lipoprotein-cholesterol levels. **Journal of American Medical Association**, [S.l.], v. 244, n.17, p.1960-1961, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária**. [S.l.]: IBGE, 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos\\_201201\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201201_publ_completa.pdf)>. Acessado em: 14 out. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola**. [S.l.]: IBGE, 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201309.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf)> . Acesso em: 23 jan. 2014.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA - IMEA. **Diagnóstico da cadeia produtiva leiteira no Estado do Mato Grosso**. Cuiabá: IMEA, 2012. Disponível em: <[www.imea.com.br/.../Diagnostico\\_da\\_Cadeia\\_do\\_Leite\\_MT\\_Final\\_.pdf](http://www.imea.com.br/.../Diagnostico_da_Cadeia_do_Leite_MT_Final_.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2013.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc**. Washington: National Academy Press, 2001. Disponível em: <<http://fnic.nal.usda.gov/dietary-guidance/dri-reports/vitamin-vitamin-k-arsenic-boron-chromium-copper-iodine-iron-manganese>>. Acesso em: 26 out. 2013.

JENSEN, R.G. **Handbook of milk composition**. San Diego: Academic Press, 1995. 921p.

KRÓL, J. et al. Content of selected essential and potentially toxic trace elements in milk of cows maintained in Eastern Poland. **Journal of Elementology**, [S.l.], v.17, n.4, p.597-608, 2012.

KRONQVIST, C. **Minerals to Dairy Cows with focus on Calcio and Magnesium Balance**. 2011. 66f. Tese (Doutorado em Veterinary Medicine and Animal Science) - Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2011.

LAMEIRAS, J. et al. Quantification of total chromium and hexavalent chromium in UHT milk by ETAAS. **Analyst**, [S.l.], v.123, p.2091-2095, 1998.

LICATA, P. et al. Levels of “toxic” and “essential” metal in samples of bovine Milk from various dairy farms in Calabria, Italy. **Environment International**, New York, v. 30, p. 1-6, 2004.

LÖNNERDAL, B; KEEN, C.L; HURLEY, L.S. Manganese proteins in human and cow's milk. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [S.l.], v.41, n.3, p. 550-559, 1985.

LUKÁCOVÁ, A. et al. Concentration of selected elements in raw and ultra heat treated cow milk. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, [S.l.], v.2, n.2, p.795-802, 2012.

MAFRA, D; COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, [S.l.], v.17, n.1, p.79 -87, 2004.

MAGMA, G.A.M. **Análise da exposição por chumbo e cádmio presente em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro-BA**: Caso do passivo ambiental da COBRAC. 2011. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <<http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/analise-da-exposicao-por-chumbo-e-cadmio-presentes-em-alimentos-vegetais-e-gramineas-no->>. Acesso em: 27 out. 2013.

MAKEPULA, M. et al. Fatty acid, amino acid and mineral compositions of milk from Neguni and local crossbred cows in South Africa. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S.l.], v.24, n. 4-5. p.529-536, 2011.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**: micronutrientes e metais pesados. São Paulo: Produquímica,1994. 153 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda; 2006. 638 p.

MALBE, M. et al. Content of selected micro and macro elements in dairy cows'. **Agronomy Research**, [S.l.], v.8, n.2, p.323-26, 2010.

MARÇAL, W.S. Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima a indústria metalífera. **Veterinária notícias**, Uberlândia, v.11, n.1. p.87-93, 2005. Disponível em: <[www.seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/download/18644/9961](http://www.seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/download/18644/9961)> Acesso em: 26 out. 2013.

MARTINS, C.A.S. et al. A dinâmica de metais-traço no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, [S.l.], v.17, n.3-4, p.383-391, 2011.

MOLINA, G; PELISSARI, F.M; FEIHRMANN. Perfil de consumo de leite e produtos derivados na cidade de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Technology**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 327-334, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/3630/3630>> Acesso em: 05 out. 2013.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Rural - SEDER. Realidade do Estado. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DOS NEGÓCIOS DA PECUÁRIA, 6., 2010, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: SEDER, 2010. Apresenta o Programa Estadual do Leite no Mato Grosso. Disponível em: <[http://www.enipec.com.br/arquivos/Seder\\_PROGRAMA.ESTADUAL.DO.LEITE.pdf](http://www.enipec.com.br/arquivos/Seder_PROGRAMA.ESTADUAL.DO.LEITE.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2013.

NAIR, K.M; IYENGAR, V. Iron content, bioavailability and factores affecting iron status of Indians. **Indian Journal of Medical Research**, [S.l.], v. 130, n.5, p. 634 – 635, 2009.

NASCIMENTO, I.R. et al. Determination of the mineral composition of fresh bovine milk from the milk-producing areas located in the State of Sergipe in Brazil and evaluation employing exploratory analysis. **Microchemical Journal**, [S.l.], v.96, n.1, p.37-41, 2010.

NORDIC COUNCIL MINISTERS - NCM. **Lead Review**. [S.l.]: NCM, 2003. Disponível em: <[http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr\\_lead.pdf](http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_lead.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2013.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Estudo e Pesquisas em Alimentação. **Tabela de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA; UNICAMP, 2011. 161p.

OKADA, I.A. et al. Avaliação dos níveis de chumbo e cádmio em leite em decorrência de contaminação ambiental na região do Vale da Paraíba, Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.31, n.2, p.140-143, abr. 1997. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v31n3/2106.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2012.

OLIVEIRA, A.A; OSÓRIO, M.M. Cow's milk consumption and iron deficiency anemia in children. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v.81, n.5, p.361-367, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/jped/v81n5/en\\_v81n5a04.pdf](http://www.scielo.br/pdf/jped/v81n5/en_v81n5a04.pdf)>. Acesso em 26 nov. 2013.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279p. v. 2

PAOLIELLO, M. M. B. et al. Valores de referência para plumbemia em população urbana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n.2, p.144-148, abr. 1997. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/24261/26185>>. Acesso em: 27 out. 2013.

PAOLIELLO, M. M. B.; DE CAPITANI, E. M. Chumbo. In: AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. A. M. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, 2003.

PECHOVA, A; PAVLATA, L. Chromium as na essential nutriente: a review. **Veterinarni Medicina**, [S.l.], v. 52, n.1, p.1-18, 2007. Disponível em: <<http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/00554.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2013.

PHILIPPI, S.T. et al. Pirâmide Alimentar Adaptada: Guia para escolha dos alimentos. **Revista de Nutrição**, [S.l.], v.12, n.1, p. 65-80, 1999.

PILARCZYK, R. et al. Concentrations of toxic metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.l.], v.185, n.10, p.8383-8392, 2013.

RAHIMI, E. Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep and buffalo milks from different regions of Iran. **Food Chemistry**, [S.l.], v.136, n.2, p.389-391, 2013.

ROCHA, A.F. **Cadmium, lead, Mercury – The issue of these metals in Public Health?** 2009. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Nutrição) - Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto, Porto, 2009.

RODRIGUES, C. C. F. **Determinação de metais em leite *in natura* proveniente de vacas criadas no sistema semi-extensivo do alto da Bacia do Rio Paraná em Goiás, Brasil Central**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Pontífica Universidade Católica de Goiás, Goiânia. 2011.

SANTAMARIA, A.B. Manganese exposure, essentiality and toxicity. **Indian Journal of Medical Research**, [S.l.], v.128, n.4, p. 484-500, 2008.

SANTOS, L.M.G. **Estudo de diferentes técnicas da Espectrometria de Absorção Atômica na determinação de elementos inorgânicos em matrizes de interesse sanitário**. 2009. 126f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.

SCIENTIFIC COMMITTEE ON FOOD - SCF. **Opinion of Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Trivalent Chromium**. Bruxelles: SCF, 2003. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out197\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out197_en.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2013.

SOETAN, K.O; OLAYA, C.O; OYEWOLE, O.E. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. **African Journal of Food Science**, [S.l.], v. 4, n.5, p. 220-222, 2010. Disponível em:

<<http://www.voiceofeden.org/wp-content/uploads/2012/06/Importance-of-Mineral-elements.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2013.

SWAISGOOD, H.E. Características do leite. In: DAMODARAN, S; PARKIN, K.L; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennemma**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 689-717.

SWANSON, C.A. Iron intake and regulation: implications for iron deficiency and iron overload. **Alcohol**, [S.l.], v.30, n. 2, p.99-102, 2003.

THEOBALD, H.E. Dietary calcium and health. **Nutrition Bulletin**, [S.l.], v.30, n.3, p. 237-277, 2005. Disponível em: <[http://nutrition.org.uk/attachments/105\\_Dietary%20calcium%20and%20health.pdf](http://nutrition.org.uk/attachments/105_Dietary%20calcium%20and%20health.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

TRONCO, V.M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2003.

VALLE, B.L; FALCHUK, K.H. The biochemical basis of zinc physiology. **Physiological Reviews**, [S.l.], v.73, n.1, p. 79-18, 1993.

WEAVER, C.M; PROULX, W.R; HEANEY, R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [S.l.], v.70, n.3, p.543-548, 1999. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10479229>>. Acesso em: 20 out. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Safety evaluation of certain Food Additives and contaminants**. Geneva: World Health Organization (WHO), 2000. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec12.htm>>. Acesso em: 27 out. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Cadmium in drinking water**. Geneva: WHO Press, 2011b. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Calcium and magnesium in drinking-water: public health significance**. Geneva: WHO Press, 2009. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43836/1/9789241563550\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43836/1/9789241563550_eng.pdf?ua=1)>. Acesso em: 27 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Diet, nutrition and the prevention of chronic disease: Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation**. Geneva: World Health Organization (WHO), 2003. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_916.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_916.pdf)>. Acesso em 19 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Exposure to cadmium:** a major public health concern. Geneva: WHO, 2010. Disponível em: <<http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Guideline:** Potassium intake for adults and children. Geneva: WHO Press, 2012a. Disponível em: <[http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium\\_intake\\_printversion.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium_intake_printversion.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Guideline:** Sodium intake for adults and children. Geneva: WHO Press, 2012b. Disponível em: <[http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium\\_intake\\_printversion.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Manganese in drinking-water.** Geneva: WHO Press, 2011a. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/manganese.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf)>. Acesso em: 20 de out. 2013.

ZAMBERLIN, S. et al. Mineral elements in milk and dairy products. **Mljekarstvo**, [S.l.], v. 62, n.2, p.111-125, 2012.

ZOCCAL, R; ALVES, E.R; GASQUES, J.G. **Diagnóstico da Pecuária de Leite Nacional:** Estudo preliminar, Contribuição para o Plano Pecuário 2012. [S.l: s.n.], 2011. Disponível em: <[http://www.cnpq1.embrapa.br/nova/Plano\\_Pecuario\\_2012.pdf](http://www.cnpq1.embrapa.br/nova/Plano_Pecuario_2012.pdf)>. Acesso em: 06 out. 2013.

## **CAPÍTULO 2**

**Caracterização físico-química e determinação da concentração de metais  
em leites integrais UHT produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil**

Carolina Balbino Garcia dos Santos<sup>a</sup>, Daiane Lima Martins<sup>a</sup>, José Carlos de Oliveira<sup>a</sup>,  
Francisca Graciele Gomes Pedro<sup>a</sup>, Ricardo Dalla Villa<sup>b</sup>, Adriana Paiva de Oliveira<sup>a\*</sup>.

<sup>a</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Campus Cuiabá - Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá- MT, Brazil.

<sup>b</sup> Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas e da Terra (ICET), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá (UFMT), Av. Fernando Correa da Costa 2367, Boa Esperança, 78000-000, Cuiabá - MT, Brasil.

*\*Autor de correspondência (Adriana Paiva de Oliveira): Endereço: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) – Campus Cuiabá Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá – MT, Brasil.*

*Telefone: + 55 65 3318-5100*

*E-mail: [adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br](mailto:adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br)*

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi caracterizar físico-quimicamente e determinar a concentração de metais (Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Zn, Fe, Mn, Pb e Cd) em leites UHT integral produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil, e comparar os resultados com as legislações vigentes. Para isso, quatro amostras de diferentes marcas de leite UHT integral foram coletadas e analisadas em triplicata. Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: gordura, índice crioscópico, densidade, extrato seco total e desengordurado, caseína, lactose, acidez, prova do álcool e alizarol, pesquisa de conservantes e reconstituintes de densidade. A quantificação dos metais

foi feita por espectrometria de absorção atômica em chama e o preparo das amostras por decomposição por via úmida. Os resultados dos testes qualitativos indicaram que as amostras estão isentas de possíveis fraudes e/ou adulterações. Quanto aos parâmetros físico-químicos, duas amostras apresentaram discordância aos requisitos exigidos pela legislação vigente quanto à acidez em ácido láctico. Para os metais, todas as amostras apresentaram concentrações de minerais similares às indicadas pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, exceto para o K, o qual apresenta valores acima do indicado. Para o Pb, uma das amostras apresentou concentração acima do limite máximo permitido pela legislação vigente. Os resultados deste trabalho sugerem a importância de um estudo sobre as condições sanitárias, zootécnicas e ambientais do rebanho leiteiro do Mato Grosso está sendo submetido. Além disso, indica a necessidade uma maior fiscalização do processo de produção e coleta do leite a fim de evitar riscos para a saúde humana.

**Palavras-chave:** *leite, qualidade, segurança alimentar.*

## **ABSTRACT**

The aim of this work was to characterize physico-chemically and determine the metals concentration (Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Zn, Fe and Mn, Pb and Cd) in whole UHT milk produced in the Mato Grosso State, Brazil, and compare the results with the Legislations. For this, four samples of different types of whole UHT milk were collected and analyzed in

triplicate. The physicochemical parameters evaluated were: fat, cryoscopic index, density, total and defatted dry extract, casein, lactose, acidity, alcohol and alizarol tests, search preservatives and density restoratives. The metals quantification was made by flame atomic absorption spectrometry and sample preparation used wet decomposition. The results of qualitative tests showed that the samples were free of potential fraud and/or adulterations. Regarding physic-chemical parameters, two samples did not comply with requirements of current legislation regarding the acidity in lactic acid. For metals, all samples showed concentrations of minerals similar to those indicated by the Brazilian Table of Food Composition, except for K, whose values were above indicated. For Pb, one of the samples had concentrations above the maximum allowed by current Legislation. The results of this work suggest the importance of a study on the health, husbandry and environmental conditions to which the Mato Grosso dairy cattle is being submitted. Furthermore, it indicates the need for greater fiscalization of production and milk collection process in order to avoid risk of human health.

**Keywords:** *milk, quality, food security.*

## 1. INTRODUÇÃO

Leite, sem outra especificação, pode ser definido como o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e

descansadas (Brasil 1996) e é considerado um alimento quase completo, uma vez que se constitui uma boa fonte de proteínas, gorduras e minerais importantes. Além disso, o leite e seus derivados são os principais constituintes da dieta diária, especialmente para grupos vulneráveis, como bebês, crianças em idade escolar e idosos (Enb et al. 2009).

A composição química do leite pode sofrer variações, uma vez que fatores ligados ao manejo, à genética e ao 'status' nutricional podem afetar os constituintes básicos do leite (Fagan et al. 2010). Segundo Barbosa et al. (2007), a presença e multiplicação de microrganismos também são fatores que provocam alterações físico-químicas no leite, o que limita sua durabilidade e, conseqüentemente, são gerados problemas econômicos e de saúde pública, necessitando, então, que o produto seja submetido a um tratamento térmico, visando à eliminação dos germes contaminantes antes que seja oferecido ao consumo humano.

Segundo Lima et al. (2012), a atual tendência do mercado em produzir produtos de qualidade, com longa vida de prateleira e praticidade ao consumidor, gerou o interesse de inúmeros laticínios em produzir o leite UHT. Apesar de este produto ter sido lançado no Brasil em 1972, foi na década de 90 e, principalmente, depois da implantação do Plano Econômico Real que as vendas desse produto alcançaram patamares elevados, superando as do leite pasteurizado (EMBRAPA 2010).

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasileiro – Portaria nº 146, de 7 de março de 1996 estabelece que o leite UHT integral deve atender às características sensoriais aspecto líquido, cor branca, odor e sabor característicos, sem sabores nem odores estranhos e as características físico-químicas tais como mínimo de 3% de gordura, acidez entre 0,14 e 0,18 g ácido láctico / 100 mL, estabilidade ao álcool de 68% e, no mínimo, 8,2% de extrato seco desengordurado.

Pelas suas características nutricionais e físico-químicas, a qualidade dos leites oferecidos aos consumidores é uma preocupação constante para técnicos e autoridades ligados

à área de saúde pública (Timm et al. 2003). As maiores preocupações quanto à qualidade físico-química do leite estão associadas ao estado de conservação, à eficiência do seu tratamento térmico e integridade físico-química, principalmente aquelas relacionadas à adição de substâncias químicas próprias ou estranhas à sua composição (Polegato e Rudge 2003).

Essa qualidade pode ser evidenciada por meio das determinações físico-químicas, provas de higiene, reações colorimétricas e provas organolépticas (Tronco 2003). Dentre as análises físico-químicas mais utilizadas pela indústria de laticínios estão a determinação da acidez, da densidade, do teor de gordura, do extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD), além da determinação do ponto de congelamento e do índice de refração que detectam adulteração por adição de água.

A avaliação de acidez no leite pode ser realizada através da análise titulométrica de acidez Dornic, determinação do pH, análise colorimétrica com alizarol e estabilidade ao álcool. Portanto, uma acidez alta é o resultado da acidificação da lactose provocada por microrganismos em multiplicação no leite (IAL 2008). Em contrapartida, a acidez abaixo do normal pode indicar a incidência de leite instável não ácido (Zanela et al. 2006) ou a adição de substâncias neutralizantes para mascarar o aumento de pH resultante da fermentação microbiana.

A mensuração da densidade do leite, por ser uma emulsão de gordura em água, oferece informações sobre a quantidade de gordura nele contida, e, de maneira geral, um acréscimo de gordura provoca um decréscimo da densidade (IAL 2008).

A determinação de gordura se faz necessária por se tratar do componente mais importante do leite, pois possui inúmeras propriedades que permitem a diversificação nas indústrias lácteas e é responsável por boa parte das características sensoriais do leite (EMBRAPA 2007), enquanto que a determinação do EST tem como objetivo verificar

fraudes por adição de água, verificar a integridade do leite e estimar o rendimento na indústria de produtos lácteos (EMBRAPA 2005).

A detecção e quantificação de metais em leite pode ser um indicador direto do seu estado higiênico, bem como indicador indireto do grau de contaminação em que o mesmo foi produzido (Licata et al. 2004).

O Estado de Mato Grosso representa o 8º maior produtor de leite nacional e sofreu uma evolução de 139% na sua produção entre 2002 e 2012 (IMEA 2012). Apesar do crescimento significativo, a produção leiteira estadual tem pequena expressão frente ao grande destaque das produções de soja, algodão e pecuária de corte desenvolvido na região (FAMATO 2012).

A atividade leiteira no Estado do Mato Grosso é conduzida principalmente pelo sistema familiar, que é caracterizado por ser um setor que recebe poucos incentivos da iniciativa pública em capacitação técnica e melhorias tecnológicas (BNDES 2010), o que favorece a produção de leite com baixa qualidade.

Considerando o aumento do consumo de leite UHT pela população brasileira, especialmente a do Estado do Mato Grosso e a escassez de informações sobre seus aspectos nutricionais e higiênicos sanitários, este trabalho teve como objetivo determinar as características físico-químicas e a concentração de minerais essenciais e metais tóxicos em leites integrais UHT produzidos no referido Estado e avaliar se os parâmetros estão de acordo com os respectivos padrões de identidade e qualidade.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta**

Três amostras de diferentes lotes de leites integrais do tipo UHT das quatro marcas de

leites produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil, foram coletadas em estabelecimentos comerciais da cidade de Cuiabá, totalizando 12 amostras. Todas as amostras foram identificadas por numeração e mantidas sob refrigeração após abertura.

## 2.2 Parâmetros físico-químicos

### 2.2.1 Análise qualitativa

As análises qualitativas realizadas foram prova de estabilidade ao álcool 68%, teste do alizarol, teste com guaiacol, teste de formol, teste de bicarbonato de sódio, teste com lugol, todas em triplicatas.

A prova da estabilidade ao etanol 68% foi feita a fim de estimar a estabilidade térmica do leite por meio da reação com solução alcoólica, conforme o método 428/IV do Instituto Adolpho Lutz (IAL 2008). O teste do alizarol foi utilizado como um indicador de acidez do leite e também para verificar a estabilidade da coagulação, conforme Brasil (1981). A identificação de peróxido de hidrogênio feita pela reação com o guaiacol, segundo o método 443/IV do IAL (IAL 2008), teve o objetivo de avaliar a presença de água oxigenada no leite, que diminui o desenvolvimento da flora microbiana existente no mesmo. O formaldeído é utilizado como bactericida e a identificação do mesmo foi feito por meio do teste com floroglucina, segundo o método 446/IV do IAL (IAL 2008). O teste do bicarbonato de sódio foi realizado conforme Brasil (1981) e seu objetivo foi verificar a adição deste reagente no leite pela reação com ácido oxálico e etanol P.A. A identificação de amido foi feita através do teste com solução de Lugol, conforme o método 441/IV do IAL (IAL 2008).

### 2.2.2 Análise quantitativa

As análises quantitativas realizadas foram teor de umidade, proteína, caseína, gordura, EST e ESD. Com exceção da caseína, todos os parâmetros analisados foram realizados conforme metodologias recomendadas pelo IAL (2008).

A umidade foi determinada por meio da secagem à pressão atmosférica em estufa a 105° C (Marca Olidef cz<sup>®</sup>, Ribeirão Preto, Brasil), conforme método 429/VI. O teor de proteínas foi determinado por meio do método de Kjeldahl modificado, com utilização de bloco digestor (Marca TECNAL, modelo TE-040/25) e destilador de nitrogênio (Marca TECNAL modelo TE-0363), de acordo com o método 435/IV. A determinação de gordura foi feita pelo método de Gerber utilizando butirômetro (Marca Guerber, modelo 03-0032), conforme o método 433/IV. O índice crioscópico foi determinado em um crioscópio eletrônico Marca ITR, Modelo MK 540 Flex II (Esteio, Brasil). A medida de densidade foi feita em um termolactodensímetro (Marca Incoterm, modelo 27811), seguindo respectivamente os métodos 424/IV e 423/IV. O extrato seco total foi determinado por meio da evaporação da água e substâncias voláteis em estufa de acordo com o método 429/IV e o extrato seco desengordurado pela diferença entre o teor de gordura e o extrato seco, método 431/IV. A acidez em ácido láctico e em graus Dornic foi feita por volumetria de neutralização, segundo os métodos 426/IV e 427/IV do IAL e o teor lactose pelo método de Fehling (432/IV). O teor de caseína foi determinado pelo método de Walker (Fagundes 1997).

Todos estes parâmetros foram determinados em triplicata e, quando necessário, acompanhados de um branco analítico, seguindo as recomendações do livro “Métodos físico-químicos para análise de alimentos” do Instituto Adolfo Lutz (IAL 2008).

### 2.3 Determinação da concentração de metais

Para a quantificação dos metais Na, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Cr, Cu, Cd e Pb foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica em chama modelo SpectrAA 220 e lâmpadas

de catodo oco ambos da marca Varian<sup>®</sup>. Acetileno, óxido nitroso e ar comprimido (Linde Gás, São Paulo, Brasil) foram utilizados como gases combustíveis e oxidantes. A taxa de aspiração das soluções padrão de calibração e amostras foi ajustada em  $2,00 \pm 0,2 \text{ mL min}^{-1}$ , e todas as determinações foram feitas de acordo com as recomendações do fabricante.

Curvas analíticas foram construídas utilizando o método da padronização externa nas seguintes faixas de concentração:  $0,0 - 100,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Na;  $0,0 - 6,0 \text{ mg L}^{-1}$  de K;  $0,0 - 100 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca;  $0,0 - 25,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Mg;  $0,0 - 10,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Fe;  $0,0 - 8,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Pb;  $0,0 - 5,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Cu;  $0,0 - 3,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Zn;  $0,0 - 0,5 \text{ mg L}^{-1}$  de Mn;  $0,0 - 3,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Cd;  $0,0 - 1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Cr a partir de diluições sucessivas de padrões espectroscópicos aquosos  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  marca Quimex<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil) em meio aquoso. Estas curvas foram utilizadas para a obtenção dos parâmetros instrumentais limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ) e coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) e na determinação da concentração dos metais nas amostras.

O preparo de amostras consistiu na decomposição por via úmida de 10 gramas de leite pela adição de 30 mL de solução aquosa de HCl 1:1 (v:v) (Quemis<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil) e aquecimento por condução a  $100^\circ\text{C}$  por 2 horas em chapa aquecedora (Marca SOLAB<sup>®</sup>, modelo SL 40, Piracicaba, Brasil). Após aquecimento, a amostra decomposta foi resfriada até temperatura ambiente e filtrada com papel de filtro quantitativo em balão volumétrico de 25 mL e o volume completado até o menisco com água deionizada (resistividade  $18,2 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$ ) obtida em sistema deionizador marca Milipore<sup>®</sup> (Bedford, EUA).

Todas as leituras das amostras foram feitas em triplicata de cada uma das amostras coletadas e acompanhadas de um branco analítico.

A fim de garantir a precisão e exatidão dos resultados analíticos foram realizados testes de adição e recuperação dos analitos em três diferentes níveis de fortificação, conforme Tabela 1. Para cada um dos níveis de fortificação foi realizado o cálculo da média aritmética e

da porcentagem do desvio padrão relativo (%DPR). As médias obtidas foram comparadas com o intervalo ideal de recuperação recomendado por Taverniers et al. (2004).

**Tabela 1.** Níveis de fortificação dos analitos no teste de adição e recuperação

<b>Metais</b>	<b>Concentração adicionada (mg g<sup>-1</sup>)</b>		
	<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 3</b>
<b>Na</b>	0,05	0,1	0,2
<b>K</b>	0,3	0,6	0,8
<b>Ca</b>	0,009	0,018	0,13
<b>Fe</b>	0,02	0,04	0,06
<b>Cu</b>	0,00005	0,00007	0,00011
<b>Zn</b>	0,04	0,05	0,08
<b>Mg</b>	0,02	0,03	0,05
<b>Mn</b>	0,02	0,04	0,06
<b>Cr</b>	0,0005	0,0008	0,0012
<b>Cd</b>	0,001	0,002	0,008
<b>Pb</b>	0,2	0,4	0,5

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Parâmetros físico-químicos

Para todas as amostras, as análises qualitativas apresentaram resultados negativos, sugerindo a ausência de possíveis fraudes e adulterações.

Os resultados médios e os desvios padrões relativos das análises físico-químicas das amostras de leite UHT integral das quatro marcas produzidas no Mato Grosso estão disponibilizados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Análises físico-químicas de amostras de leite UHT integral produzidas em Mato Grosso.

Parâmetro	Média ± Desvio Padrão Relativo %				Padrão*
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	
Densidade a 15°C (g mL <sup>-1</sup> )	1,03±0,0	1,03±0,0	1,03±0,0	1,03±0,0	
Índice Crioscópico (C°)	-0,54±0,0	-0,51±0,0	-0,51±0,0	-0,51±0,0	
Acidez Titulável (°D)	16,3±6,0	11,8±14,0	16,0±0,0	10,8±0,0	14 a 18
Acidez ac. láctico (g/100 mL)	0,16±6,0	0,11±14,0	0,16±0,0	0,10±0,0	0,14 a 0,18
Umidade (%)	87,93±7,0	88,70±3,0	88,35±17	88,21±10,0	
Gordura (%)	3,70±0,0	3,10±0,0	3,33±11,0	3,37±6,0	Min 3,0
Proteína (%)	3,14±3,0	3,10±2,0	3,26±6,0	3,32±2,0	
Caseína (%)	2,99±6,0	2,97±0,0	3,02±16,0	2,77±26,0	
Lactose (%)	4,56±41,0	7,07±0,00	7,53±64,0	8,11±19,0	
EST(%)	12,07±7,0	11,30±3,0	11,64±17,0	11,78±10,0	
ESD(%)	8,36±0,07	8,20±0,03	8,31±0,05	8,42±4,0	Min 8,2

\* Valores estabelecidos pela Portaria nº 146, de 7 de março de 1996 do MAPA. EST – Extrato seco total. ESD – Extrato Seco Desengordurado.

Não existe padrão estabelecido para densidade e índice crioscópico no Regulamento de Identidade e Qualidade do Leite UHT, portanto tais parâmetros foram comparados aos estabelecidos para o leite cru pela Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002. Foi possível verificar que todas as amostras apresentaram valores dentro da conformidade com relação à densidade, porém, em relação ao índice crioscópico apenas a amostra 1 apresentou

valor dentro do padrão. Segundo Tronco (2003), o índice crioscópico é uma propriedade física que mede o ponto de congelamento do leite e que apresenta pequenas variações, entretanto, é possível que ocorram diferenças mediante alterações na dieta alimentar do rebanho leiteiro, período de lactação, estação do ano ou até mesmo propositalmente pela adição de água para aumento do volume de leite. Beloti et al. (2010) afirma que a ausência de um padrão de crioscopia específico para leite UHT estimula a indústria a recompor a densidade do leite sem considerar que houve adição de estabilizantes, como citrato de sódio ou potássio, que por sua vez alteram o ponto de congelamento. Souza et al. (2010) analisaram 5 marcas de leite UHT comercializadas em Londrina-PR e verificou que todas as amostras estavam dentro dos padrões exigidos para a densidade e índice crioscópico.

As amostras 2 e 4 apresentaram índice de acidez abaixo do intervalo estabelecido pela legislação, que é de 0,14 a 0,18 g/100 mL. Leites não ácidos, ou seja, com acidez titulável abaixo de 18° D, são considerados leites instáveis não ácido(LINA) e são suscetíveis a coagulações durante o tratamento térmico (Lopes 2008, Balbinot et al. 2005). Ao analisar amostras de leite UHT integral do Brasil, Argentina e Paraguai, Domareski et al. (2010) não encontraram irregularidades quanto ao teor de acidez, porém Martins et al. (2006) constataram que algumas amostras de duas marcas produzidas no Brasil apresentaram acidez titulável abaixo do padrão exigido pela legislação. Já Tamanini et al. (2011) mostraram que 33,33% das amostras analisadas apresentaram resultados superiores ao valor máximo e nenhuma com resultado abaixo de 14°D.

Em relação ao teor de umidade, os valores encontrados estão próximos do valor médio de 87,3% indicado por Tronco (2003). Há que se considerar que a quantidade de água em todas as amostras está coerente com a quantidade de gordura. Observa-se que a amostra 1, a qual a quantidade de água é menor, é a que apresenta maior teor de gordura. Lima et al.

(2009) encontraram valores de umidade menores em amostras de leite UHT integral de São Joaquim da Barra, oscilando entre 80 e 83%.

Todas as amostras apresentaram quantidade de gordura acima do mínimo estabelecido pela legislação, 3% (Brasil 1996). Observou-se que possivelmente a amostra 1 não sofreu desnate durante seu processamento tecnológico devido à grande quantidade de gordura que contém. Tais resultados são concordantes com os encontrados por Domareski et al. 2010, Costa et al. 2010 e Souza et al. 2010. Entretanto, Viana et al. (2010) encontraram irregularidades na porcentagem de gordura em 62% das amostras de leite UHT comercializadas nos Estados do Paraná e Santa Catarina.

Segundo Sgarbieri (2005), o teor de proteínas do leite de vaca varia entre 3,3 e 3,5%. Neste estudo, os teores de proteína variaram entre 3,10 e 3,32%, indicando que todas as amostras apresentaram teor abaixo que o indicado pela literatura, com exceção da amostra 4. Entretanto, levando em consideração a Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002 (BRASIL, 2002), que estabelece o mínimo de 2,9% de proteínas no leite cru refrigerado, todas estão com valores acima do limite. Sousa (2004) encontrou valores entre 3,16 e 3,23% em leites UHT oriundos de laticínios da região norte e noroeste do Paraná. Nos estudos de Lima et al. (2009), as amostras de leite UHT comercializadas em São Joaquim da Barra apresentaram teores de proteína entre 3,90 a 5,02%.

Não há limites estabelecidos pela Portaria nº 146, de 07 de março de 1996 referentes às quantidades de caseína e lactose. Todavia, Swaisgood (2010) indica que a quantidade de lactose no leite pode variar na faixa de 4,9 a 5,0%, enquanto que a de caseína pode variar aproximadamente entre 2,4 a 2,8%. Logo, com exceção da amostra 1, todas apresentaram valores acima do intervalo de variação no que se refere à quantidade de lactose e com relação à caseína, somente a amostra 4 está dentro do intervalo indicado por Swaisgood (2010). Tais resultados demonstram que não houve ocorrência de degradação proteolítica e glicídica

ocasionada por microrganismos, o que indica que as amostras estavam, no que se refere ao aspecto microbiológico, em bom estado de conservação. Ao analisar amostras de leite oriundas de cinco diferentes rebanhos da região centro-oriental do Estado do Paraná, Gaya (2013), verificou que a porcentagem de caseína variou entre 1,0 a 3,5% e de lactose variou de 2,4 a 5,3%.

O Extrato Seco Total (EST) ou matéria seca representa todos os componentes do leite menos a água e o Extrato Seco Desengordurado (ESD) correspondem aos componentes do leite menos a água e a gordura (Tronco 2003). Com relação ao ESD, todas as amostras apresentaram valores condizentes com o exigido pela legislação (min 8,2%). Robim et al. (2012) encontrou valores de ESD acima do exigido pela legislação em leites UHT comercializadas no Rio de Janeiro. Bersot et al. (2010) detectaram que aproximadamente 50% das 150 amostras de leite UHT integral produzido no Estado do Paraná estavam em desacordo com o mínimo exigido. Domareski et al. (2010) encontraram valores de ESD abaixo dos padrões determinados pela legislação em 75% das marcas brasileiras, 100% das marcas argentinas e paraguaias. Em amostras de leite UHT de Juiz de Fora, Silva et al. (2004) detectaram que 58% das amostras estavam com ESD abaixo de 8,2%.

### 3.2 Determinação da concentração de metais

Para os intervalos de concentração de todos os analitos avaliados na determinação de metais, foram obtidos valores de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 o que indica excelente correlação entre a absorvância e a concentração, atendendo às recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Instituto Brasileiro de Metrologia (INMETRO). Os limites de detecção e quantificação instrumentais variaram na faixa de  $1,8 \times 10^{-3}$  a  $2,4 \times 10^{-1}$  mg/100 g e  $5,4 \times 10^{-3}$  a  $7,2 \times 10^{-1}$  mg/100 g, respectivamente.

Com relação aos testes de adição e recuperação, as concentrações obtidas em todos os níveis de fortificação variaram entre 77 e 109%, com DPR% menores que 12,1. Estes resultados estão de acordo com os valores recomendados para níveis de fortificação no intervalo de concentração de mg g<sup>-1</sup> (Taverniers et al. 2004), indicando que a precisão e exatidão do método utilizado para a quantificação atendem ao propósito do trabalho.

A Tabela 3 apresenta os resultados encontrados na determinação de metais em leites UHT integrais produzidos em Mato Grosso.

**Tabela 3.** Concentração de metais (valor médio dos lotes em mg/100g ± DPR (%)) em leites UHT integrais produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Meta	Concentração média dos lotes em mg/100g ± DPR %				Concentração (mg/100g)		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	TACO <sup>1</sup>	ANVISA <sup>2</sup>	MERCOSUL <sup>3</sup>
<b>Na</b>	54,6±4,9	55,2±0,9	55,9±2,0	50,2±8,3	64	-	-
<b>K</b>	6312,2±26,1	5813,4±18,8	5004,2±7,7	5531,4±5,0	133	-	-
<b>Ca</b>	123±3,5	126,3±6,0	126,0±2,7	124,7±4,1	123	-	-
<b>Mg</b>	8,9±18,2	11,4±5,0	12,0±7,2	12,0±4,5	10	-	-
<b>Fe</b>	≤ 0,005	≤0,005	≤0,005	≤0,005	Tr	-	-
<b>Mn</b>	≤0,4	≤0,4	≤0,4	≤0,4	Tr	-	-
<b>Cu</b>	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	0,02	3,0	-
<b>Zn</b>	0,2±16,9	0,3±1,9	0,2±7,7	0,2±11,2	0,4	5,0	-
<b>Cr</b>	≤0,02	≤0,02	≤0,02	≤0,02	-	0,01	-
<b>Cd</b>	≤0,006	≤0,006	≤0,006	≤0,006	-	0,1	0,005
<b>Pb</b>	≤0,06	0,07±0,10	≤0,06	≤0,06	-	0,005	0,002

- Não reportado, Tr – Traço, <sup>1</sup> Valores médios indicados pela Tabela de Composição de Alimentos, <sup>2</sup> Valores máximos permitidos pelo Decreto nº55.871, de 26 de março de 1965, <sup>3</sup> Valores máximos permitidos pela Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013. ≤ menor ou igual ao limite de quantificação do respectivo elemento.

A composição mineral das amostras de leite UHT integral analisadas mostraram que estão em concordância com a TACO, exceto a concentração de potássio que apresentou quantidades cerca de 50 vezes superior ao indicado em todas as amostras (NEPA 2011). Estes valores elevados podem ser atribuídos à dieta alimentar do animal ou ao uso de aditivos químicos no leite. O potássio é um elemento encontrado em grandes concentrações em forragens e rações comuns e é caracterizado como o principal cátion excretado no leite de bovinos e ovinos (Araújo et al. 2010)

Segundo Guedes Neto et al. (2002) e Ford e Thompson (1981), o processamento térmico UHT (UAT) não altera significativamente o conteúdo mineral do leite, sendo assim, é possível comparar os resultados obtidos com outros tipos de leites fluidos comerciais e crus.

Para o cádmio, as concentrações encontradas estão abaixo da legislação para todas as amostras. Porém, observa-se na Tabela 3 que a amostra 2 apresentou concentração de Pb superior aos limites estabelecidos pelas legislações vigentes (Brasil 1965, Mercosul 2013).

A contaminação por metais potencialmente tóxicos em leites, principalmente por Cd e Pb, tem sido relatada por vários autores, conforme pode ser observado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Média das concentrações (mg/100g) de Cd e Pb encontradas em trabalhos com leite bovino.

País	Produto	Cd	Pb	Referência
Etiópia	Leite cru	$1,0 \times 10^{-2}$	$9,9 \times 10^{-2}$	Dawd et al. (2012).
Índia	Leite cru	-	$6,6 \times 10^{-2}$	Zodape et al. (2012).
Eslováquia	Leite comerc.	$3,3 \times 10^{-2}$	-	Lukáčová et al. (2012).
Palestina	Leite UHT	$3,6 \times 10^0$	$2,0 \times 10^1$	Abdulkhaliq et al. (2012).
Iran	Leite cru	-	$1,0 \times 10^{-3}$	Derakhshesh e Rahimi (2012).
Polônia	Leite cru	$1,0 \times 10^{-4}$	$8,0 \times 10^{-4}$	Starska et.al (2011).
Hungria	Leite cru	$5,2 \times 10^{-4}$	$2,49 \times 10^{-3}$ .	Kodrik et al. (2011).
Paquistão	Leite cru	$1,47 \times 10^{-5}$	$1,99 \times 10^{-3}$	Aslam et al. (2011).
China	Leite comerc.	$4,3 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-3}$	Quin et al. (2009).
Japão	Leite comerc.	$1,57 \times 10^{-4}$	$1,24 \times 10^{-3}$	Quin et al. (2009).
Brasil	Leite pasteur.	$5,0 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-1}$	Gonçalves et al. (2008).

Todas as referências citadas na Tabela 3 encontraram concentrações de Cd maiores do que as encontradas neste estudo. Com relação à concentração de Pb, Dawd et al. (2012) encontraram valores superiores em amostras de leite cru da Etiópia, bem como Abdulkhaliq et al. (2012) em amostras de leite UHT comercializado na Palestina.

A presença de metais tóxicos em leite pode ser atribuída à contaminação da água, do solo e do ar por poluentes industriais, ao uso de agroquímicos que possuam tais elementos em sua composição, e à utilização de ração e suplementos minerais de baixa qualidade na dieta do rebanho leiteiro (Abdulkahaliq et al. 2012; Rodrigues 2011; Antunovic et al. 2005; Okada et al. 1997; Marçal 2005).

#### **4. CONCLUSÃO**

No aspecto físico-químico, as amostras apresentaram valores compatíveis com a legislação, com exceção de duas amostras que apresentaram acidez em ácido láctico fora do padrão exigido. Todas as amostras apresentaram quantidades de minerais compatíveis com os valores indicados pela TACO, com exceção de K, que apresentou valores muito superiores. No que se refere aos metais tóxicos, somente uma das amostras apresentou concentração de Pb acima do limite estabelecido pelas legislações pertinentes e nenhuma apresentou concentração de Cd acima do limite de detecção do equipamento. Neste contexto, observa-se a necessidade de intensificação do controle de qualidade em toda a cadeia produtiva do leite, a fim de detectar os pontos nos quais o leite tem sofrido com as interferências que o levam a contrair contaminação inorgânica e características físico-químicas que não atendam às exigências da legislação.

#### **5. Agradecimentos**

Os autores agradecem ao IFMT Campus Cuiabá- Bela Vista pela disponibilização de equipamentos e reagentes e pela bolsa de Iniciação Científica concedida a F.G.G.P. Ao Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos da UFMT e ao LACEN – MT pela disponibilização do espectrômetro de absorção atômica em chama e do digestor de proteínas, respectivamente. À Fundação de Amparo a Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT). Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelas bolsas de Iniciação Científicas concedidas a D.L.M e J.C.O, respectivamente.

#### **6. REFERÊNCIAS**

- Abdulkahaliq A, Swaileh KM, Hussein RM, Matani M (2012) Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *Inter Food Res J* 3:1089-1094.
- Antunovic Z, Bogut I, Sensic D, Katic M, Mijic P (2005) Concentrations of selected toxic elements (cadmium, lead, mercury and arsenic) in ewe milk in dependence on lactation stage. *Czech J Sci* 50:369-375
- Araújo WAG, Rostagno HS, Albino LFT, Carvalho TA, Neto ACR (2010) Potássio na nutrição animal. *Rev Elet Nutritime* 7:1280 - 1291
- Aslam B, Javed I, Kahan FH, Rahman Z (2011). Uptake of heavy metal residues from Swerage Sludge in milk of goat and cattle during summer season. *Pakistan Vet J* 31:75-77.
- Balbinot M, Marques LT, Fischer V, Ribeiro MER, Stumpf W, Reckziegel FJ, Carbonari C, Varela M (2005) Incidência do leite instável não ácido (LINA) na região sul do Rio Grande do Sul. *Rev Bras Agrociência* 13:91-100.
- Barbosa AS, Pires, VCF, Barbosa AS, Canuto TM, Araújo AP, Nunes LS (2007) Características físico-químicas e microbiológicas do leite cru e pasteurizado consumido no município de Queimadas, PB, Natal. [www.annq.org/congresso2007/trabalhos\\_apresentados/T127.pdf](http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T127.pdf). Acesso em 21 nov. 2013.
- Beloti V, Mantovani FD, Silva MR, Tamanini R, Garcia DT, Silva FA (2010) Alterações do ponto de congelamento do leite por adição do estabilizante citrato de sódio. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite, Florianópolis.*
- Bersot LS, Galvão JA, Raimundo, NKL, Barcellos, VC, Pinto, JPA, Mazieiro, MT (2010). Avaliação microbiológica e físico-química de leites UHT produzidos no Estado do Paraná-Brasil. *Semina: Ciências Agrárias* 31: 645-652
- Banco Nacional do Desenvolvimento- BNDES (2010) Caracterização, análise e Sugestões para adensamento das políticas de apoio a APLs implementadas nos Estados – Mato

Grosso.

[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/em\\_presa/pesquisa/Consolidacao\\_APLs.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/em_presa/pesquisa/Consolidacao_APLs.pdf) . Acesso em: 14 out. 2013  
 Brasil (2002) Instrução Normativa nº51, de 108 de setembro de 2002, Brasília.

[http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932)

[operacao=visualizar&id=8932](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932). Acesso em 21 nov. 2013.  
 Brasil (1996) Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Aprova os regulamentos técnicos de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos, Brasília.

[http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1218)

[operacao=visualizar&id=1218](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1218). Acesso em 19 nov. 2013  
 Brasil (1981) Métodos Analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos, Brasília. Acesso em: 19 nov. 2013

Brasil (1965) Decreto nº 5.871, de 26 de março de 1965, referente às normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, Brasília.

[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871,+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871,+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?MOD=AJPERES)

[MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871,+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?MOD=AJPERES). Acesso em: 19 nov. 2013  
 Costa AMC, Oliveira MB; Moura, CJ (2010) Avaliação de características físico-químicas de leites UAT produzido no estado de Goiás ao longo da estocagem, Goiânia.

[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=197876)

[select\\_action=&co\\_obra=197876](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=197876). Acesso em 19 nov. 2013.  
 Dawd AG, Gezmu TB, Haki GD (2012) Essential and toxic metals in cow's whole milk from selected sub cities in Addis Ababa, Ethiopia. Online Inter J Food Sci 1:12-19.  
 Derakshshesh SM, Rahimi E (2012) Determination of lead residue in raw cow milk from different regions of Iran by Flameless Atomic Absorption Spectrometry.

American-Eurasian J Toxicol Sci 4:16-19  
 Dobrzanski Z, Kolacz R, Górecka H, Chojnacka K, Bartowiak A (2005). The content of microelementos and trace elements in raw milk from cows in the Silesian region. Polish J Envir Studies 14:685-689.

- Domareski JL, Bandeira NS, Sato RT, Aragon-Alegro LC, Santana EHW (2010) Avaliação físico-química e microbiológica do leite UHT comercializado em três países do Mercosul (Brasil, Argentina e Paraguai). *Archivos Lat Amer Nut* 60:261-269.
- Enb A, Abou Donia MA, Abd-Rabou NS, Abou Arab AAK, El Senaity MH (2009) Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Glob Vet* 3:268-275
- EMBRAPA (2010). Circular Técnica: O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886169/1/CT104Kenny.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2013
- EMBRAPA (2007) Composição do leite, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01\\_128\\_21720039243.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_128_21720039243.html). Acesso em: 16 jan. 2014
- EMBRAPA (2005) Qualidade do Leite, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/qualidade.htm>. Acesso em: 16 jan. 2014
- Fagan EP, Jobim CC, Junior MC, Silva MS, Santos GT (2010) Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Sci* 32:309-316
- Fagundes CM (1997) Inibidores e controle de qualidade do leite. 1ed. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas
- FAMATO (2012) Diagnóstico da cadeia do leite no Estado de Mato Grosso: relatório de pesquisa. [http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Microsoft\\_Word\\_Diagnostico\\_da\\_Cadeia\\_do\\_Leite\\_MT\\_Final\\_.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Microsoft_Word_Diagnostico_da_Cadeia_do_Leite_MT_Final_.pdf). Acesso em 19 nov. 2013.
- Ford JE, Thompson SY (1981) In: International Dairy Federation (ed) The nutritive value of UHT milk. New monograph on UHT milk, Brussels.

- Gaya C (2013) Porcentagem de caseína no leite de vacas holandesas em controle leiteiro no Estado do Paraná, Curitiba. <http://www.ccz.agrarias.ufpr.br/carol20122.pdf>. Acesso em 21 de nov. 2013
- Gonçalves JR, Mesquita AJ, Gonçalves RM (2008) Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no Estado de Goiás. *Ciência Animal Bras* 9:365-374
- Guedes Neto LG, Aguiar EG, Kratka FC, Penna CFAM, Cerqueira MMOP, Souza MR (2002) Influência do tratamento UAT no valor nutritivo do leite. *Leite e derivados*, 12: 36:39
- IMEA (2012) Diagnóstico da cadeia produtiva leiteira no Estado do Mato Grosso. <http://sistemafamato.org.br/portal/arquivos/03082013020936.pdf>. Acesso em 13 out. 2013
- Instituto Adolfo Lutz (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ed. IAL, São Paulo
- Kodrik L, Wagner L, Imre K, Polyak KF, Besenyei F, Husveth F (2011) The effect of highway traffic on heavy metal content of cow milk and chesse. *Hung Ind Chem Veszprém* 39:15-19
- Licata P, Trombeta D, Cristiano M, Giofrè F, Martino D, Calò M, Naccari F (2004) Levels of “toxic” and “essential” metal in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy, *Envir Inter* 30: 1-6
- Lima FM, Brunini MA, Maciel Junior VA, Morandin CS, Ribeiro CT (2009) Qualidade de Leite UHT integral e desnatado comercializado na cidade de São João da Barra, São Paulo, *Rev Nucleus Animalium* 1:61-69
- Lima NKP, Castro MLL, Regis, KG, Silva DM, Ramirez, EAS, Silva SM (2012) Análises físico-químicas de amostras de leite UHT integral comercializados no município de Morrinhos, GO. *Rev Biotec e Ciência* 2:93-102
- Lopes, LC (2008) Composição e características físico-químicas do leite instável não ácido (LINA) na região de Casa Branca, Estado de São Paulo, Pirassununga. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-29042008-103024/pt-br.php>. Acesso em 21 nov. 2013

- Lukáčová A, Massányi P, Agnieszka G, Jozef G (2012) Concentration of selected elements in raw and ultra heat treated cow milk. *J of Microbiol, Biotech and Food Sci* 2:795-802.
- Malbe M, Otstavel T, Kodis I, Viitak A (2010) Content of selected micro and macro elements in dairy cows'. *Agron Res* 8:323-26
- Marçal WS (2005) Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima a indústria metalífera. *Veterinária notícias* 11:87-93
- Martins FO, Silvia CAO, Campos MEM, Antunes VC, Milagres MP, Brandão SCC (2006) Avaliação da composição, da qualidade físico-química e ocorrência de adulterações em leite UHT, Viçosa. <http://www.terraviva.com.br/IICBQL/p043.pdf>. Acesso em 21 nov. 2013.
- MERCOSUL (2013) Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o regulamento Técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em Alimentos, Assumpção. [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/CRC/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2042%20-%20ANVISA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/CRC/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2042%20-%20ANVISA.pdf)> Acesso em 30 nov. 2013
- NEPA-UNICAMP (2011) Tabela de composição de alimentos. 4 ed. Rev. e ampl. NEPA-UNICAMP, Campinas
- Okada IA, Sakuma, FD, Dovidauskas S, Zenebon O (1997) Avaliação dos níveis de chumbo e cádmio em leite em decorrência de contaminação ambiental na região do Vale da Paraíba, Sudeste do Brasil. *Rev de Saúde Pública* 31:140-143, 1997
- Polegato EPS; Rudge, AC (2003) Estudo das características físico-químicas e microbiológicas dos leites produzidos por mini-usinas da região de Marília – São Paulo/ Brasil. *Rev Hig Alimentar* 17:56-63
- Quin LQ, Wang XP, Li W, Tong X, Tong WJ (2009) The minerals and heavy metals in cow's milk from China and Japan. *J of Health Sci* 55:300-305
- Ribani M, Bottoli, CBG, Collins, CH, Jardim, ICSF, Melo LFC (2004) Validação em métodos cromatográficos eletroforéticos. *Química Nova* 27:771-778

- Robim MS, Cortez MA, Silva, AC, Torres Filho RA, Gemal NH, Nogueira EB (2012) Pesquisa de fraude no leite UAT comercializado no estado do Rio de Janeiro e comparação entre os métodos de análises físico-químicas oficiais e o método de ultrassom. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* 67:389
- Rodrigues CCF (2011). Determinação de metais em leite *in natura* proveniente de vacas criadas no sistema semi-extensivo do alto da Bacia do Rio Paraná em Goiás, Brasil Central. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Pontífica Universidade Católica de Góias, Goiânia. 2011.
- Silva PHF, Abreu LR, Magalhães FAR, Brito JRF, Furtado MAM (2004) Leite UHT: avaliação da desnaturação de soroproteínas e do escurecimento não enzimático. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* 81:24-36
- Sgarbieri VC (2005) Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. *Braz J of Food Techn* 8:43-56
- Sousa LG (2004) Avaliação da composição do leite UHT proveniente de dois laticínios das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná. *Acta Scientium Animal Sci* 26:259-264
- Souza AHP, Katsuda MS, Dias LF (2010) Avaliação físico-química do leite UHT e pasteurizado comercializado na cidade de Londrina – PR. *Rev Bras de Pesq em Alimentos* 1:39-42
- Starska K, Wojciechowska-Mazurek M, Mania M, Brulinska-Ostrowska E, Biernat U, Karlowski K (2011) Noxious Elements in milk and milk products in Poland. *Polish J Environ Stud* 20: 1043-1051
- Swaisgood, HE (2010) In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (ed) *Química de Alimentos de Fennemma*, 4ed. Artmed, Porto Alegre
- Tamanini R, Beloti V, Ribeiro Junior JC, Silva LCC, Yamada AK, Silva FA (2011) Contribuição ao estudo da qualidade microbiológica e físico-química do leite UHT. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* 66:27-33

Taverniers I, Loose MD, Bockstaele EV (2004) Trends in quality in the analytical laboratory,

II. Analytical method validation and quality assurance. Trends in Anal Chem 23:535-550.  
Timm CD; Gonzalez HL; Oliveira DS; Büchle J; Alexis MA; Coelho FJ O, Porto CR (2003)

Avaliação da qualidade microbiológica do leite pasteurizado integral produzido em micro  
usinas da região sul do Rio Grande do Sul. Rev Hig Alimentar 17:100-104

Tronco VM (2003) Manual para inspeção da qualidade do leite. 2.ed. UFSM, Santa Maria

Viana C, Mazieiro MT, Bersot LS (2010) Qualidade físico-química de leite UHT produzido

nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Anais do IV Congresso Brasileiro de Qualidade

do Leite, Florianópolis

Zanela MB, Fischer V, Ribeiro MER, Barbosa RS, Marques LT, Stumpf Junior W, Zanela C

(2006) Leite instável não ácido e composição do leite de vacas Jersey sob restrição  
alimentar. Pesq Agropec Bras 41: 835-840

Zodape GV, Dhawan VL, Wagh RR (2012) Determination of metals in cow milk collected

from Mumbai city, India, Colombo.

<http://bionanofrontier.org/wp-content/uploads/2013/06/SPECIALISSUEECOREVOLUTI>

[ONAUGUST-2012/69%20a%20G%20V%20%20ZODAPE.pdf](http://bionanofrontier.org/wp-content/uploads/2013/06/SPECIALISSUEECOREVOLUTI) . Acesso em 21 nov.

2013.

### **CAPÍTULO 3**

## **Determinação da Concentração de Metais Essenciais e Potencialmente Tóxicos em Leites UHT Produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil**

Carolina Balbino Garcia dos Santos<sup>a</sup>, Daiane Lima Martins<sup>a</sup>, José Carlos de Oliveira<sup>a</sup>,  
Francisca Graciele Gomes Pedro<sup>a</sup>, Ricardo Dalla Villa<sup>b</sup>, Adriana Paiva de Oliveira<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Campus Cuiabá - Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá- MT, Brasil.

<sup>b</sup> Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas e da Terra (ICET), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá (UFMT), Av. Fernando Correa da Costa 2367, Boa Esperança, 78000-000, Cuiabá - MT, Brasil.

*\*Autor de correspondência (Adriana Paiva de Oliveira): Endereço: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) – Campus Cuiabá Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá – MT, Brazil.*

*Telefone: + 55 65 3318-5100*

*E-mail: [adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br](mailto:adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br)*

## RESUMO

Este trabalho objetivou a determinação de Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Zn, Fe Mn, Pb e Cd em leites UHT produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil. As amostras foram preparadas por decomposição por via úmida e a quantificação dos analitos foi feita por FAAS. Foram coletados três lotes de leites integrais, semidesnatados e desnatados do tipo UHT de quatro marcas de leites envasados no Mato Grosso disponíveis no comércio da cidade de Cuiabá. O coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) das curvas analíticas foram maiores que 0,99. Os limites de detecção e quantificação instrumentais variaram entre  $1,8 \times 10^{-3}$  a  $2,4 \times 10^{-1}$  mg/100 g e  $5,4 \times 10^{-3}$  a  $7,2 \times 10^{-1}$  mg/100 g respectivamente. A precisão e exatidão do método foram avaliadas por meio de testes de adição e recuperação. Para todos os níveis de adição avaliados, as porcentagens de recuperação variaram de 71 a 117%, com coeficientes de variação menores do que 13%. As concentrações dos minerais Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn estão de acordo com os valores indicados pela TACO, exceto o K que apresentou concentração superior, o que pode ser atribuído da dieta dos animais. No caso dos metais tóxicos, as concentrações de Cd estão de acordo com a Legislação, porém para o Pb e o Cr, 50% das amostras apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido pela Legislação. Estes resultados indicam a necessidade de um maior controle de qualidade em relação à produção de leite, principalmente em relação à contaminação por metais tóxicos.

**Palavras-chave:** *leite; controle de qualidade; contaminantes inorgânicos.*

## ABSTRACT

This study aimed to determine Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Zn, Fe, Mn, Pb and Cd in UHT milk produced in the Mato Grosso State, Brazil. The samples were prepared by wet decomposition and quantification of analytes was performed by FAAS. Three lots of whole, skim and semi-skimmed UHT milk of the four different Mato Grosso producers were collected in the market of Cuiabá City. The linear correlation coefficient ( $R^2$ ) of the calibration curves were greater than 0.99. The instrumental limits of detection and quantification ranged from  $1,8 \times 10^{-5}$  to  $2,4 \times 10^{-3}$  mg g<sup>-1</sup> and  $5,4 \times 10^{-5}$  to  $7,2 \times 10^{-3}$  mg g<sup>-1</sup>, respectively. The precision and accuracy of the method were evaluated by addition and recovery tests. For all addition levels evaluated, the recovery percentages ranging 71-117%, with coefficients of variation lower than 13%. The concentrations of minerals Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn are in accordance with the values indicated by TACO except that K showed higher concentration, which can be attributed to the diet of animals. In the case of toxic metals, Cd concentrations are in accordance with the Legislation, but for Pb and Cr 50% of the samples had concentrations above the maximum allowed by Legislation. These results indicate the need for increased quality control in relation to milk production, especially contamination by toxic metals.

**Keywords:** *milk; quality control; inorganic contaminants.*

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar do Estado do Mato Grosso ser o décimo na produção nacional com produção aproximada de 680 milhões de litros ao ano, vem sofrendo expansão estimada em 139% no seu volume de produção nos últimos 10 anos (IMEA 2012). Entretanto, o setor leiteiro é sub

assistido, pois é conduzido principalmente pela estrutura sócio produtivo familiar, que não é o foco das políticas públicas para investimentos em capacitação técnica e tecnologias para melhoria da produção com qualidade (BNDES 2010), fato esse que levanta preocupação quanto às condições sanitárias e nutricionais dos leites produzidos em Mato Grosso, Brasil.

O leite tem papel importante como fonte única da alimentação de mamíferos muito jovens devido à sua composição química, que representa uma mistura complexa de lipídios, proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (Swaisgood 2010). Por ser um alimento amplamente consumido, deve apresentar qualidade adequada para assegurar a saúde da coletividade. Para tanto, é necessário que o leite seja proveniente de animais saudáveis, coletado e armazenado em condições sanitárias satisfatórias e livre de contaminação ambiental (Okada et al. 1997).

Os sais do leite constituem a menor fração (8 a 9 g L<sup>-1</sup>) da composição total do leite, na qual contém cálcio, magnésio, sódio e potássio entre os principais cátions e fosfatos inorgânicos, citratos e cloretos entre os principais ânions. Os íons encontram-se em parte associados às proteínas. Dependendo do tipo, eles podem estar difusos (sódio, potássio e cloretos) ou parcialmente associados com as micelas de caseína (cálcio, magnésio, fosfatos e citratos) (Gaucheron 2005).

Os minerais essenciais têm um papel vital no funcionamento do organismo humano. Eles participam de diversos processos metabólicos e regulam reações bioquímicas, atuam em reações bioquímicas e aparecem como ativadores ou componentes de algumas enzimas específicas. Os elementos Fe, Cu, Zn e Mn desempenham papel crucial na proteção de um corpo contra o efeito negativo de radicais livres tóxicos (Król et al. 2012).

Dobrzanski et al. (2005) afirmam que o conteúdo dos principais minerais do leite, como Ca, P, K, Na, Mg, Cl e S geralmente é constante, sofrendo leves alterações por

influência do período de lactação, qualidade da nutrição, aplicação de aditivos químicos ou até mesmo ação de poluentes químicos provenientes do ambiente.

Além dos minerais essenciais, o leite pode apresentar concentrações de metais potencialmente tóxicos, principalmente Cd e Pb, devido à contaminação ambiental e à dieta alimentar com suplementos minerais (Abdulkahaliq et al. 2012; Rodrigues et al. 2011; Antunovic et al. 2005; Okada et al. 1997; Marçal 2005).

Lukáčová et al. (2012) determinou concentração de metais potencialmente tóxicos em amostras de leite cru e leite UHT por FAAS e constatou a contaminação de leite UHT por cádmio. Dawd et al. (2012) usou a mesma técnica instrumental para determinar concentração de metais essenciais e potencialmente tóxicos em amostras de leite integral de vaca da região de Addis Ababa na Etiópia e os resultados mostraram que os leites representavam perigo à saúde pública por estarem contaminados com metais acima do limite aceitável. Com o objetivo de determinar os teores de chumbo, cádmio, cobre, ferro e zinco em leite bovino integral pasteurizado, Gonçalves et al. (2008) utilizou a FAAS e detectou contaminação de chumbo nas amostras e ainda caracterizou-as como deficientes nos minerais essenciais estudados.

Ante ao exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de minerais essenciais e metais potencialmente tóxicos Ca, Na, K, Zn, Fe, Cr, Cu, Mn, Mg, Pb e Cd em leites do tipo UHT integrais, semidesnatados e desnatados produzidos no Estado Mato Grosso, Brasil, e comparar os resultados com as legislações vigentes.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta**

Foram coletadas amostras pertencentes a lotes diferentes de leite UHT integral, semidesnatado e desnatado de todas as marcas produzidas no Estado do Mato Grosso e que se encontravam disponíveis no mercado da cidade de Cuiabá. Desta forma, foram encontradas 4 marcas, codificadas de 1, 2, 3 e 4. Da marca 1 foram coletadas 3 amostras de leite integral, 3

de semidesnatado e 3 de desnatado. Da marca 2 foram coletadas somente 3 amostras de leite integral, enquanto que das marcas 3 e 4 foram coletadas 3 amostras de leite integral e 3 de desnatado, o que forneceu um total de 24 amostras. Todas as amostras foram mantidas sob refrigeração após abertura.

## 2.2 Instrumentação

Para a quantificação dos analitos Na, K, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg, Cu, Cr, Cd e Pb foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica em chama modelo SpectrAA 220 e lâmpadas de cátodo oco ambos da marca Varian<sup>®</sup>. Acetileno e ar comprimido (Linde Gás, São Paulo, Brasil) foram utilizados como gases combustível e oxidante, respectivamente para a determinação de Na, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Cd e Pb, e, para o elemento Ca foram utilizados acetileno e óxido nítrico (Linde Gás, São Paulo, Brasil). A taxa de aspiração das soluções padrão de calibração e amostras foi ajustada em  $2,00 \pm 0,2 \text{ mL min}^{-1}$ . Todas as determinações foram feitas de acordo com as recomendações do fabricante. A Tabela 1 mostra as condições instrumentais utilizadas para cada analito.

**Tabela 1.** Condições instrumentais de operação utilizadas na determinação de metais.

Analito	Comprimento de onda (nm)	Corrente (mA)	Resolução	Gases	Estequiometria
			espectral (nm)	Combustível/Oxidante	da chama
Na	330,0	5,0	0,5	Acetileno/Ar	Oxidante
K	769,9	6,0	1,0	Acetileno/Ar	Oxidante
Ca	422,7	10,0	0,5	Acetileno/Óxido Nítrico	Redutora
Mg	202,6	5,0	1,0	Acetileno/Ar	Oxidante
Fe	272,0	5,0	1,0	Acetileno/Ar	Oxidante
Mn	279,5	5,0	0,2	Acetileno/Ar	Oxidante
Zn	213,9	5,0	1,0	Acetileno/Ar	Oxidante
Cu	327,4	10	0,2	Acetileno/Ar	Oxidante

<b>Cr</b>	357,9	7,0	0,2	Acetileno/Ar	Oxidante
<b>Cd</b>	228,8	10	0,5	Acetileno/Ar	Oxidante
<b>Pb</b>	324,7	10	0,5	Acetileno/Ar	Oxidante

No procedimento de preparo de amostras e nos testes de adição e recuperação, as medidas de massa foram feitas em uma balança analítica Marca Marte<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil) Modelo AW 220 (precisão de  $\pm 0,0001$  g). O procedimento de preparo das amostras foi feito em uma chapa aquecedora marca Quimis<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil).

Micropipetas da marca Boeco Germany<sup>®</sup> (Hamburgo, Alemanha) com capacidade de 50-200  $\mu\text{L}$  e da marca Eppendorf<sup>®</sup> (Huston, EUA) com capacidade de 100-1000  $\mu\text{L}$  foram utilizadas no procedimento de preparo das soluções padrão de calibração e das amostras.

### 2.3 Reagentes, soluções e amostras

Para o preparo das soluções padrão de calibração e das amostras foi utilizada água deionizada de alta pureza (resistividade  $18,2 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$ ) obtida em sistema deionizador marca Miilipore<sup>®</sup> (Bedford, EUA). As soluções padrões de calibração foram preparadas por meio de diluições sucessivas de padrões espectroscópicos aquosos  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  marca Quimex<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil) em meio aquoso. Nos testes de adição e recuperação, as fortificações foram feitas por meio da adição de volumes previamente calculados dos padrões espectroscópicos. Para a execução do procedimento de preparo de amostras por decomposição por via úmida foi utilizado ácido clorídrico concentrado (HCl) 38% (m:m) P.A.ACS marca Quemis<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil).

Todas as vidrarias e frascos plásticos foram lavados com detergente comum e enxaguados com água da torneira. Em seguida, foram imersos em uma solução aquosa 1,0 % (v:v) de Extran Alcalino MA 01 Merck<sup>®</sup> (Darmstadt, Alemanha) por 24 h e enxaguados abundantemente com água da torneira, e posteriormente imersos por 24 h em solução aquosa

de  $\text{HNO}_3$  7,0 % (v:v) e enxaguados abundantemente com água destilada. Todas as vidrarias foram secas à temperatura ambiente 25° C.

#### 2.4 Parâmetros instrumentais

Para a determinação dos parâmetros instrumentais limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ) e coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ), foram construídas curvas analíticas, pelo método de padronização externa (Skoog, 2006), com as seguintes faixas de concentração: 0,0 – 100,0 mg L<sup>-1</sup> de Na; 0,0 - 6,0 mg L<sup>-1</sup> de K; 0,0 – 100 mg L<sup>-1</sup> de Ca; 0,0 – 25,0 mg L<sup>-1</sup> de Mg; 0,0 - 10,0 mg L<sup>-1</sup> de Fe; 0,0 - 8,0 mg L<sup>-1</sup> de Pb; 0,0 - 5,0 mg L<sup>-1</sup> de Cu; 0,0 – 3,0 mg L<sup>-1</sup> de Zn; 0,0 – 0,5 mg L<sup>-1</sup> de Mn; 0,0 - 3,0 mg L<sup>-1</sup> de Cd; 0,0 - 1,0 mg L<sup>-1</sup> de Cr.

Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) instrumentais foram calculados por meio dos parâmetros desta curva analítica como recomendado por Currie (1999). O coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) foi obtido por meio da regressão linear da curva analítica (Skoog 2006).

Todas as leituras foram feitas em triplicata e acompanhadas de branco analítico.

#### 2.5 Procedimento de preparo de amostras

A decomposição por via úmida foi utilizada como procedimento de preparo de amostras. O procedimento consistiu na pesagem de 10 gramas de leite em um erlenmeyer de 250 mL e posterior adição de 30 mL de solução aquosa de HCl 1:1 (v:v). Em seguida, o erlenmeyer foi levado a aquecimento a 100°C por 2 horas em chapa aquecedora onde permaneceu parcialmente tampado com papel filme a fim de possibilitar o refluxo durante o aquecimento a contar do início da ebulição. Ao término do aquecimento, a amostra digerida foi resfriada até temperatura ambiente e filtrada com papel de filtro quantitativo em balão volumétrico de 25 mL e o volume completado até a marca de aferição com água deionizada.

## 2.6 Testes de adição e recuperação dos analitos

A precisão e exatidão do método foram avaliadas por meio de testes de adição e recuperação dos analitos. Este teste consistiu na adição de uma concentração conhecida do analito na amostra em três níveis diferentes de adição e a posterior quantificação por meio do método utilizado (Skoog 2006). Este teste foi feito por meio da adição de três diferentes alíquotas dos padrões espectroscópicos aquosos de 1000 mg L<sup>-1</sup> dos analitos em três lotes de uma amostra de leite integral UHT. Após esta etapa, os recipientes foram cobertos com filme fino de policloreto de vinil (PVC) e permaneceram em repouso por 24 horas à temperatura ambiente a fim de garantir a completa interação entre o analito e a amostra. Em seguida, as amostras foram decompostas por via úmida. Todas as determinações foram feitas em triplicatas acompanhadas de um branco analítico.

Os níveis de fortificação de cada analito foram selecionados de acordo com a sensibilidade do instrumento, os limites de detecção (LD) e os limites de quantificação (LQ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Níveis de fortificação dos analitos utilizados no teste de adição e recuperação.

Metais	Concentração adicionada (mg g <sup>-1</sup> )		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Na	0,05	0,1	0,2
K	0,3	0,6	0,8
Ca	0,009	0,018	0,13
Fe	0,02	0,04	0,06
Cu	0,00005	0,00007	0,00011
Zn	0,04	0,05	0,08
Mg	0,02	0,03	0,05
Mn	0,02	0,04	0,06
Cr	0,0005	0,0008	0,0012
Cd	0,001	0,002	0,008
Pb	0,2	0,4	0,5

2.7 Determinação da concentração de minerais e metais potencialmente tóxicos nas amostras

Todas as amostras coletadas foram submetidas à decomposição por via úmida, conforme descrito anteriormente e quantificadas por espectrometria de absorção atômica em chama.

Os resultados obtidos foram comparados com os valores indicados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para leite integral e desnatado UHT (NEPA 2011), Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 da Agência de Vigilância Sanitária que disponibiliza limites para metais pesados em alimentos como aditivos incidentais (Brasil 1965) e Resolução nº 42 de 2013 da Agência de Vigilância Sanitária Brasileira dispõe sobre o regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos (MERCOSUL 2013).

Para verificar a existência de diferenças significativas entre as amostras com relação à concentração de cada um dos metais, foi feita a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) utilizando programa ASSISTAT®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os intervalos de concentração avaliados foram obtidos valores de coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) superiores a 0,99 (Tabela 3) indicando uma excelente correlação entre a intensidade de absorvância (A) e a concentração dos analitos ( $\text{mg L}^{-1}$ ), atendendo às recomendações da ANVISA ( $R^2 = 0,99$ ) e do INMETRO ( $R^2 > 0,90$ ) (Ribani et. al., 2004).

**Tabela 3.** Parâmetros instrumentais obtidos através da construção das curvas de calibração dos analitos.

Analitos	$R^2$	LD (mg/100 g)	LQ (mg/100 g)
Na	0,999	$2,4 \times 10^{-1}$	$7,2 \times 10^{-1}$
K	0,998	$3,9 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$
Ca	0,997	$5,8 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-2}$
Fe	0,997	$1,8 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-3}$

<b>Cu</b>	0,999	$8,8 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-2}$
<b>Zn</b>	0,999	$2,9 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-1}$
<b>Mg</b>	0,999	$1,4 \times 10^{-1}$	$4,2 \times 10^{-1}$
<b>Mn</b>	0,998	$1,9 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-3}$
<b>Cr</b>	0,996	$6,8 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-2}$
<b>Cd</b>	0,994	$1,9 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-3}$
<b>Pb</b>	0,997	$2,1 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-2}$

Os resultados obtidos nos testes de adição e recuperação de todos os analitos de interesse demonstraram que as porcentagens de recuperação variaram de 71 a 117%, com valores de DPR % menores do que 13% (Tabela 4)

**Tabela 4.** Porcentagem de recuperação dos analitos em amostras fortificadas de leite UHT (valor médio  $\pm$  DPR%,  $n = 3$ )

<b>Metais</b>	<b>% Recuperação <math>\pm</math> DPR %</b>		
	<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 3</b>
<b>Na</b>	103 $\pm$ 10	97 $\pm$ 12	77 $\pm$ 12
<b>K</b>	109 $\pm$ 5	94 $\pm$ 6	97 $\pm$ 8
<b>Ca</b>	98 $\pm$ 2	88 $\pm$ 9	117 $\pm$ 11
<b>Fe</b>	108 $\pm$ 4	97 $\pm$ 8	96 $\pm$ 10
<b>Cu</b>	88 $\pm$ 11	91 $\pm$ 0	88 $\pm$ 5
<b>Zn</b>	104 $\pm$ 11	93 $\pm$ 6	99 $\pm$ 6
<b>Mg</b>	102 $\pm$ 8	94 $\pm$ 3	80 $\pm$ 5
<b>Mn</b>	76 $\pm$ 8	71 $\pm$ 2	102 $\pm$ 10
<b>Cr</b>	109 $\pm$ 4	108 $\pm$ 2	106 $\pm$ 5
<b>Cd</b>	105 $\pm$ 4	103 $\pm$ 8	100 $\pm$ 6
<b>Pb</b>	93 $\pm$ 3	81 $\pm$ 1	81 $\pm$ 6

De acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC), o intervalo de recuperação entre 80 a 110%, com valores de DPR% de até 15% são aceitáveis para níveis de fortificação em  $\text{mg g}^{-1}$  (Taverniers et al. 2004). Porém, dependendo da complexidade da matriz, a faixa de recuperação aceitável pode ser estendida para 50 a 120% com precisão de  $\pm 16\%$  (Ribani et al. 2004; CGCRE, 2011). O leite pode ser considerado uma matriz complexa para a determinação de espécies metálicas, principalmente devido à presença de gorduras e

proteínas em sua composição. Os resultados da Tabela 4 indicam que o método utilizado neste trabalho possui precisão e exatidão suficientes para a quantificação dos analitos na faixa de concentração das amostras coletadas.

Os valores encontrados na determinação da concentração dos metais nas amostras de leite integral, semidesnatado e desnatado, bem como os valores indicados pela TACO e Legislações estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Concentração dos analitos nas amostras de leite UHT produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil (valor médio dos três lotes  $\pm$  RSD %,  $n=3$ ).

Amostras	Concentração (mg/100 g) $\pm$ DPR %										
	Na	K	Ca	Fe	Cu	Zn	Mg	Mn	Cr	Cd	Pb
A1(I)	54,6 $\pm$ 4,9a	6312,1 $\pm$ 26,1a	123,0 $\pm$ 3,5ab	$\leq$ 0,005 c	$\leq$ 0,027 a	0,2 $\pm$ 16,9 a	8,9 $\pm$ 18,2b	0,002 $\pm$ 9,6c	$\leq$ 0,02 c	$\leq$ 0,006 a	$\leq$ 0,006 d
A2(I)	55,2 $\pm$ 0,9a	5813,4 $\pm$ 18,8a	126,3 $\pm$ 6,0a	$\leq$ 0,005 c	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 1,9a	11,4 $\pm$ 5,0ab	0,002 $\pm$ 13,2c	$\leq$ 0,02 c	$\leq$ 0,006 a	0,07 $\pm$ 11,8 a
A3(I)	55,9 $\pm$ 2,0a	5004,2 $\pm$ 7,7a	126,0 $\pm$ 2,7a	$\leq$ 0,005 c	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,2 $\pm$ 7,7a	11,97 $\pm$ 7,2a	0,004 $\pm$ 12,0bc	$\leq$ 0,02 c	$\leq$ 0,006 a	$\leq$ 0,006 bc
A4(I)	50,2 $\pm$ 8,3a	5531,4 $\pm$ 5,0a	124,7 $\pm$ 4,1a	$\leq$ 0,005 c	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,2 $\pm$ 11,2a	11,96 $\pm$ 4,5ab	0,003 $\pm$ 16,7c	$\leq$ 0,02 c	$\leq$ 0,006 a	$\leq$ 0,006 d
A5(S)	56,7 $\pm$ 6,1a	5434,8 $\pm$ 10,1a	115,9 $\pm$ 5,9 abc	0,08 $\pm$ 8,2b	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 15,0a	11,4 $\pm$ 7,9ab	0,007 $\pm$ 11,1ab	0,05 $\pm$ 6,5 b	$\leq$ 0,006 a	$\leq$ 0,006 d
A6(D)	56,5 $\pm$ 3,6a	6275,5 $\pm$ 8,0a	116,9 $\pm$ 3,8abc	0,13 $\pm$ 0,3a	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 17,7a	11,7 $\pm$ 0,7ab	0,008 $\pm$ 17,0a	0,05 $\pm$ 6,1 ab	$\leq$ 0,006 a	$\leq$ 0,006 d
A7(D)	52,9 $\pm$ 2,8a	5242,9 $\pm$ 3,2a	105,1 $\pm$ 2,3bc	0,08 $\pm$ 8,3b	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 5,5a	11,8 $\pm$ 2,0ab	0,008 $\pm$ 17,5ab	0,05 $\pm$ 6,1ab	$\leq$ 0,006 a	0,03 $\pm$ 29,1 b
A8(D)	51,5 $\pm$ 1,8a	4962,4 $\pm$ 3,8a	104,5 $\pm$ 2,2c	0,12 $\pm$ 4,2a	$\leq$ 0,027 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 7,1a	10,0 $\pm$ 0,8ab	0,01 $\pm$ 12,6a	0,06 $\pm$ 0,7a	$\leq$ 0,006 a	0,02 $\pm$ 12,3 cd
TACO <sup>1</sup> (I)	64	133	123	Tr	0,02	0,4	10	Tr	-	-	-
TACO <sup>2</sup> (D)	51	140	134	Tr	0,02	0,4	10	Tr	-	-	-
ANVISA <sup>3</sup>	-	-	-	-	3,0	5,0	-	-	0,01	0,1	0,005
MERCOSUL <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,002

<sup>a,b,c,d</sup> Valores seguidos de letras iguais na mesma coluna significa que não existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; <sup>1</sup> Leite integral; <sup>2</sup> Leite desnatado; <sup>3</sup> Valores máximos permitidos pelo Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965; <sup>4</sup> Valores máximos permitidos pela Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013. (I)Integral, (S)Semidesnatado, (D)Desnatado. Tr- Traços.  $\leq$  menor ou igual ao limite de quantificação do respectivo elemento. TACO<sup>1</sup>(I) – valores médios indicados pela TACO para leite UHT integral. TACO<sup>2</sup>(D) – valores médios indicados pela TACO para leite UHT desnatado.

Para o cálcio, observou-se que todos os leites integrais estão de acordo com os valores indicados pela TACO, porém no caso dos leites semidesnatados e desnatados os valores foram menores do que o exigido. Com relação à concentração de magnésio, todos os lotes de ambos os tipos de leite apresentaram valores concordantes com a TACO, exceto uma das marcas de leite integral. A concentração de sódio para todos os lotes de leite integral apresentaram valores menores que a concentração estipulada, e para todos os leites semidesnatados e desnatados somente os valores foram maiores do que o indicado pela TACO. A variação na concentração destes minerais encontradas nas amostras em estudo pode ser atribuída ao período de lactação, alimentação do rebanho, uso de aditivos químicos durante o processamento, medicamentos veterinários ou até mesmo ação de poluentes químicos provenientes do ambiente (Dobrzanski et al 2011).

Os valores obtidos para cobre e zinco em todos os lotes analisados estão abaixo da concentração indicada pela TACO. Baixos teores de Cu e Zn em leites já foram verificados em outros trabalhos na literatura (Licata et al. 2004; Birghila et al. 2008) e podem ser atribuídos a interferências causadas por outros nutrientes e componentes presentes no leite (Cozzolino 1997). Vale salientar que os elementos Cu e Zn dependendo da faixa de concentração presente no alimento podem ser considerados como metais potencialmente tóxicos. Neste caso, a legislação vigente é o Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 da ANVISA e as amostras analisadas neste trabalho apresentaram valores abaixo do limite máximo permitido.

Para o potássio, as concentrações obtidas em todas as amostras apresentaram valores muito superiores aos indicados pela TACO, o que pode ser atribuído ao uso de aditivos químicos como estabilizantes (citrato de potássio) ou pela suplementação mineral da dieta do rebanho com sais à base potássio, entre eles os fosfatos, sulfatos e cloretos que possuem alta biodisponibilidade no metabolismo do animal e têm a função de equilibrar o balanço

osmótico e hídrico corporal, participar do metabolismo proteico e de carboidratos e atuar na integridade da atividade muscular e nervosa (EMBRAPA 2005).

Para as amostras de leites semidesnatado e desnatado, a concentração de cromo está acima dos valores máximos permitidos pela legislação vigente para contaminantes inorgânicos. O cromo pode ser considerado um elemento essencial ou tóxico em alimentos dependendo da sua concentração e estado de oxidação (Ambushe et al. 2009). A contaminação por cromo em leite pode ocorrer devido à poluição inerente à atividade de mineradoras, uso de agroquímicos e durante a etapa de processamento (Beltrame et al. 2005). Outra possível fonte de contaminação seria a suplementação mineral da dieta do rebanho leiteiro com sais de cromo, como por exemplo, o quelato de cromo, que tem se constituído uma alternativa para suprir as deficiências minerais provocados pelo sistema de pastagem no Estado de Mato Grosso (Moreira 2012). Considerando que os minerais presentes no leite provêm do sangue por filtração ou por combinações biológicas (Tronco 2003), não há de se descartar a possibilidade do Cr ser excretado pelo leite, porém faz-se necessária uma investigação mais pontual. De acordo com Bunting (1997), o cromo é de grande importância na suplementação da dieta de bovinos, pois atua na resposta imunológica e diminui o estresse dos animais, contribuindo assim com o ganho de peso e melhor desenvolvimento de carcaças de bovinos de corte e maior produtividade de leite em rebanhos leiteiros. De acordo com Branco (2008) o cromo deve ser utilizado nas concentrações entre 10 e 20 mg/kg de peso corpóreo. Outra possibilidade de contaminação do leite por cromo é o contato com equipamentos utilizados no processamento, uma vez que a maioria é constituída em aço inoxidável, que por sua vez possui em torno de 10% da sua composição formada por Cr, elemento o qual contribui para a resistência à corrosão (Carbó 2008).

Nenhuma das amostras apresentou concentrações de cádmio acima do limite permitido pela legislação.

Uma amostra de leite integral (A2) e duas amostras de leite desnatado (A7 e A8) apresentaram concentrações de chumbo acima do permitido. Estes resultados podem ser atribuídos à contaminação provocada por atividades industriais, agrícolas e à alimentação do gado com ração e suplementos minerais contaminados (Abdulkahaliq et al. 2012; Rodrigues et al. 2011; Antunovic et al. 2005; Okada et al. 1997; Marçal 2005). Segundo Marçal et al. (2003), o Brasil é grande consumidor de suplementos minerais para uso animal, devido à intensa atividade pecuarista desenvolvida no país. Com intuito de reduzir os custos de produção deste insumo, as indústrias do setor, mediante permissão do governo expedida através da Portaria SRD nº 20 de 06 de julho de 1997, passaram a utilizar fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatos de rochas na produção de suplementos, o que pode contribuir para a contaminação com metais potencialmente tóxicos e elementos radioativos. Marçal et al. (2003) detectaram que 67% das amostras de suplementos minerais analisadas apresentaram concentração de chumbo acima do limite permitido pela legislação ( $10 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Contaminação por chumbo em leite também foi detectada por Licata et al. (2004) em amostras de leite bovino coletadas na cidade de Calabri, Itália, onde a maior concentração encontrada foi em torno de  $0,0009 \text{ mg}/100\text{g}$ . Abolfazi et al. (2012) detectaram concentrações entre  $0,0182$  e  $0,001 \text{ mg}/100\text{g}$  em leites produzidos na região leste de Azerbaijão. Gonçalves et al. (2008) determinaram concentrações que variaram entre  $0,025$  a  $0,020 \text{ mg}/100$  em leites bovinos pasteurizados coletados em 5 regiões do Estado de Goiás.

A análise de variância revelou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as concentrações das amostras para os elementos Ca, Mg, Mn, Cr e Pb. Os resultados destacam a heterogeneidade das amostras que pode ser atribuída a diversos fatores como a lactação, dieta do rebanho, raça do animal, agroquímicos utilizados nas pastagens, aditivos químicos, medicamentos veterinários e poluição ambiental, conforme mencionado anteriormente.

#### **4 CONCLUSÃO**

As concentrações dos minerais nos leites UHT analisados apresentaram concordância com os valores indicados pela TACO, com exceção do potássio que apresentou um teor acima do indicado. Quatro amostras apresentaram concentrações de chumbo acima do valor máximo permitido. Todas as amostras de leites semidesnatado e desnatado apresentaram concentração de cromo acima dos valores máximos permitidos pela legislação vigente para contaminantes inorgânicos. Neste contexto, torna-se de relevância um estudo mais aprofundado sobre as causas da transferência destes dois metais tóxicos para o leite desta região brasileira, visto que este alimento é consumido de maneira frequente pela população em sua forma fluida ou fazendo parte da formulação de diversos alimentos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao IFMT Campus Cuiabá- Bela Vista pela disponibilização de equipamentos e reagentes utilizados no preparo de amostras e pela bolsa de Iniciação Científica concedida a F.G.G.P. Ao Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos da UFMT pela disponibilização do espectrômetro de absorção atômica em chama, reagentes e água deionizada. À Fundação de Amparo a Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelas bolsas de Iniciação Científicas concedidas a D.L.M e J.C.O., respectivamente.

### **5 REFERÊNCIAS**

- Abdulkahaliq A, Swaileh KM, Hussein RM, Matani M (2012) Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *Inter Food Res J* 3:1089-1094
- Albofazi AD, Ali E, Albofazi AG, Kambiz N, Ali Asghar Y, Soheil H (2012) Evaluation and determination of toxic metal (Lead and Cadmium) in cow milk collected from East Azerbaijan, Iran. *Euro J Exp Bio* 2:261-265

- Ambushe AA, Mc Crindle R, Mc Crindle CME (2009)** Speciation of chromium in cow's milk by solid-phase extraction/dynamic reaction cell inductively coupled plasma mass spectrometry (DRC-ICP-MS). *J Anal At Spectrom* **24**:502-507
- Antunovic Z, Bogut I, Sensic D, Katic M, Mijic P (2005) Concentrations of selected toxic elements (cadmium, lead, mercury and arsenic) in ewe milk in dependence on lactation stage. *Czech J Sci* **50**:369-375
- Araújo WAG, Rostagno HS, Albino LFT, Carvalho TA, Neto ACR (2010) Potássio na nutrição animal. *Rev Elet Nutritime* **7**:1280 - 1291
- Beltrame, MA, Junior MM. (2005) Principais riscos químicos no leite: um problema de saúde pública. *Arq Ciênc Saúde* **9(2)**:141-145
- Birghila S, Dobrinas S, Stanciu G, Soceanu A. (2008) Determination of major and minor elements in milk through ICP- AES. *Envir Eng and Mag J* **7**:805-808
- BNDES. Banco Nacional do Desenvolvimento (2010) Caracterização, análise e Sugestões para adensamento das políticas de apoio a APLs implementadas nos Estados – Mato Grosso.  
[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/em\\_presa/pesquisa/Consolidacao\\_APLs.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/em_presa/pesquisa/Consolidacao_APLs.pdf) . Acesso em 14 out. 2013
- Branco A F (2008) O papel do cromo na nutrição de bovinos.  
<http://gadoleiteiro.iepec.com/noticia/o-papel-do-cromo-na-nutricao-de-bovinos>. Acesso em 17 jan. 2014.
- Brasil (1965) Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962, Brasília.  
<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DEC>

RETO+N%C2%BA+55.871,+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?

MOD=AJPERES. Acesso em 19 nov. 2013

Bunting LD (1997) Chromium and dairy nutrition: what do you know? Animal Health and Nutrition motormans, Inc. Quincy, IL62301

CGCRE. Coordenação Geral de Acreditação - INMETRO (2011). Orientação sobre validação de métodos analíticos. [http://www.inmetro.gov.br/sidoq/arquivos/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-8\\_04.pdf](http://www.inmetro.gov.br/sidoq/arquivos/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-8_04.pdf). Acesso em 25 mar. 2014

Cozzolino S M F (1997) Biodisponibilidade de minerais. Rev. Nutr. PUCCAMP 10: 87-98

Currie, L. A. (1999). Detection and quantification limits: origins and historical overview. Anal. Chim. Acta, 391, 127-134

Dawd AG, Gezmu TB, Haki GD (2012) Essential and toxic metals in cow's whole milk from selected sub cities in Addis Ababa, Ethiopia. Online Inter J Food Sci 1:12-19

Dobrzanski Z, Kolacz R, Górecka H, Chojnacka K, Bartowiak A (2005). The content of microelements and trace elements in raw milk from cows in the Silesian region. Polish J Envir Studies 14:685-689

EMBRAPA (2005) Criação de Gado Leiteiro na Zona Bragantina. EMBRAPA Amazônia Oriental.

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/smineral.htm>. Acesso em 19 jan. 2014

Gaucheron F (2005) The minerals of milk. Reprod Nutr Dev 45:473-483

Gonçalves JR, Mesquita AJ, Gonçalves RM (2008) Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no Estado de Goiás. Ciência Animal Bras 9:365-374

IMEA (2012) Diagnóstico da cadeia produtiva leiteira no Estado do Mato Grosso. <http://sistemafamato.org.br/portal/arquivos/03082013020936.pdf>. Acesso em 13 out. 2013

- Król J, Litwinczuk Z, Brodziak, A, Kedzierska-Matysek M(2012) Content of selected essential and potentially toxic trace elements in milk of cows maintained in Eastern Poland. J. Elem. DOI: 10.5601
- Lukáčová A, Massányi P, Agnieszka G, Jozef G (2012) Concentration of selected elements in raw and ultra heat treated cow milk. J of Microbiol, Biotech and Food Sci 2:795-802.
- Marçal WS (2005) Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima a indústria metalífera. Veterinária notícias 11:87-93
- MERCOSUL (2013) Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o regulamento Técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em Alimentos, Assumpção. [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/CRC/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2042%20-%20ANVISA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/CRC/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2042%20-%20ANVISA.pdf)> Acesso em 30 out. 2013
- Moreira PSA, Lourenço FJ, Polizel Neto A, Heinrich LC, Berber RCA (2012) Quelato de cromo em suplementos minerais para bovinos de corte. Comunicata Ascientiae 3: 186-191
- NEPA-UNICAMP (2011) Tabela de composição de alimentos. 4 ed. Rev. e ampl. NEPA-UNICAMP, Campinas
- Okada IA, Sakuma, FD, Dovidauskas S, Zenebon O (1997) Avaliação dos níveis de chumbo e cádmio em leite em decorrência de contaminação ambiental na região do Vale da Paraíba, Sudeste do Brasil. Rev de Saúde Pública 31:140-143, 1997
- Ribani M, Bottoli CBG, Collings CH, Jardim ICSF, Mello SFC (2004) Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. Quím Nova 27:771-81
- Rodrigues CCF (2011). Determinação de metais em leite *in natura* proveniente de vacas criadas no sistema semi-extensivo do alto da Bacia do Rio Paraná em Goiás, Brasil Central. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Pontífica Universidade Católica de Góias, Goiânia. 2011.

Skoog DA, West DM, Holler FJ, Crouch SR (2006) Fundamentos de química analítica:  
Pioneira Thomson Learning, São Paulo

Swaisgood, HE (2010) In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (ed) Química de  
Alimentos de Fennema, 4ed. Artmed, Porto Alegre

Taverniers I, Loose MD, Bockstaele EV (2004) Trends in quality in the analytical laboratory,  
II. Analytical method validation and quality assurance. Trends in Anal Chem 23:535-550

## CAPÍTULO 4

### IMPLICAÇÕES

O leite, pelo fato de oferecer uma composição de nutrientes, é um alimento muito comum na alimentação humana. Sua principal função é nutrir recém-nascidos até chegar à fase do desmame, onde outros tipos de alimentos começam a ser introduzidos para suprir as necessidades nutricionais. Porém, muitos não restringem a sua ingestão na fase inicial da vida e continuam a consumi-lo até durante sua fase adulta. Sua forma fluida não é a única alternativa de ingestão pelos humanos, uma vez que a partir do leite, vários outros produtos derivados compõem a dieta alimentar, a princípio os queijos, iogurtes e manteigas e depois, com a evolução tecnológica industrial, pôde ser acrescentado o leite pasteurizado, o leite UHT e o leite em pó.

Todos os produtos derivados e industrializados do leite foram surgindo pela necessidade de criar mecanismos para aumentar sua vida útil, visto que é um alimento altamente perecível por causa de suas características físico-químicas e de composição química. Considerando a mudança de estilo de vida da população, que tem buscado cada vez mais por praticidade e segurança alimentar, os processos de pasteurização e esterilização vieram a colaborar para essa nova realidade.

O crescente consumo do leite pela população tem se refletido no Estado do Mato Grosso, que nos últimos 10 anos experimentou uma progressão significativa na produção que pode ser ocasionado pelo lançamento de leites esterilizados a preços competitivos por empresas estaduais e pelo aumento do poder aquisitivo da população.

Porém, tanto avanço na produção estadual não está sendo acompanhada pelo controle de qualidade. Neste estudo pode ser observado que o leite produzido no Estado do Mato Grosso levanta preocupação quanto à sua condição composicional e sanitária. Há evidências de que as condições de manejo e alimentação do rebanho, manipulação inadequada, bem

como fatores ambientais têm trazido alterações não satisfatórias ao leite como contaminação por metais potencialmente tóxicos, especificamente chumbo e cromo.

Diante do exposto, torna-se relevante a implementação de programas de controle de qualidade do leite em toda a sua cadeia produtiva, desde o manejo do rebanho, ordenha, processamento, envase, armazenamento e distribuição, maiores investimentos por parte da iniciativa pública na capacitação do setor produtivo, intensificação da fiscalização por órgãos competentes, bem como realizar estudos mais aprofundados sobre as reais causas de contaminação e alterações físico-químicas no leite.