



Mestrado
em Ecologia e
Produção Sustentável



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós- Graduação
Programa de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável

CLÁUDIA CRISTINA FRANÇA RODRIGUES

**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**

Goiânia

2011

CLÁUDIA CRISTINA FRANÇA RODRIGUES

**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**

Dissertação de Mestrado em Ecologia
e Produção Sustentável para obtenção
do título de Mestre pela Pontifícia
Universidade Católica de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães

Goiânia
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Rodrigues, Cláudia Cristina França.

R696d 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. / Cláudia Cristina França Rodrigues. – Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2010.

83f.

Dissertação (Mestrado em Ecologia). Pontifícia Universidade Católica de Goiás – GO.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães

1. Metais. 2. Leite *in natura*. 3. Bacia do Rio Paraná. I. Título.

CDU: 631

CLÁUDIA CRISTINA FRANÇA RODRIGUES

**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**

APROVADA EM: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães (Orientador)
PUC-GO

Prof. Dr. José Paulo Pietrafesa (Membro Examinador)
PUC-GO

Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior (Membro Examinador)
UNIOESTE-PR

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que não mediram esforços para que eu cumprisse mais essa meta em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Santíssima Trindade e A Nossa Senhora Aparecida.

EPÍGRAFE

“Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro... ou formar uma aliança global para cuidar da Terra e uns dos outros, ou arriscar a nossa destruição e da diversidade da vida.”

Leonardo Boff

RESUMO

Grande parte da produção leiteira de Goiás é oriunda da agricultura familiar, que ao longo dos anos vem perdendo seu espaço físico para as grandes áreas de cultivo de soja e cana de açúcar. Estas monoculturas são muito tecnificadas e grandes poluidoras do meio ambiente, devido ao uso de um grande volume de insumos agrícolas, os quais contêm vários elementos químicos, dentre eles metais tóxicos, altamente poluentes e nocivos ao meio biótico e a saúde pública. A presença de elementos metálicos em alimentos de origem animal dependem das condições naturais, da composição química dos insumos agropecuários utilizados nos sistemas de produção animal ou vegetal, do manejo dos animais e da poluição ambiental. Portanto, podem variar ou não de uma região para outra, sendo necessário um controle rigoroso em relação a presença de metais tóxicos nos alimentos. Os teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb) e zinco (Zn) no leite *in natura* de vacas criadas em sistema semi-extensivo, em propriedades de agricultura familiar, foram determinados utilizando espectrometria de absorção atômica modalidade chama (EAA-Chama). As amostras de leite *in natura* foram coletadas em 27 propriedades de agricultura familiar localizadas na Região Sul de Goiás. As análises estatísticas mostraram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as regiões amostradas. O objetivo deste trabalho foi determinar os teores de Cd, Pb e Zn, presentes no leite *in natura* de vacas criadas em propriedades de agricultura familiar, nos municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Itumbiara e Goiatuba, alto da bacia do rio Paraná, sul de Goiás.

Palavras-chave: leite bovino *in natura*, contaminação ambiental, metais tóxicos, agricultura familiar, Região Sul de Goiás.

ABSTRACT

Most of the milk production of Goiás is from the family farm, which over the years has been losing its physical space for the large areas of soybean and sugar cane. These monocultures are much technicality and major polluters of the environment due to the use of a large volume of agricultural insumos, which contain various chemicals, including toxic metals, highly polluting and harmful to the biota and public health. The presence of metallic elements in foods of animal origin are dependent on natural conditions, the chemical composition of agricultural inputs used in production systems, animal or plant and environmental pollution. So can vary or not from one region to another, requiring a strict control over the presence of toxic metals in foods. The cadmium (Cd), lead (Pb) and zinc (Zn) in fresh milk from cows reared in semi-extensive system in the family farming properties were determined by atomic absorption spectrometry method calls (AAS-Flame). The fresh milk samples were collected on 27 family farms located properties in south Goiás. Statistical analysis showed no significant difference ($p > 0.05$) between the regions sampled. The aim of this study was to determine the levels of Cd, Pb and Zn, present in fresh milk from cows raised by family farmers in semi-extensive system in the municipalities of Piracanjuba, Morrinhos, Itumbiara and Goiatuba, top of the Paraná River Basin, south of Goiás.

Keywords: Bovine milk *in natura*; Environmental contamination; Toxic metals; Family farming; The South of Goiás.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água	38
Figura 2	Distribuição no espaço geográfico das propriedades onde o leite <i>in natura</i> de bovinos foi coletado.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Efetivo do rebanho bovino, vacas leiteiras e produção de leite em Goiás – 1995-2008	24
Tabela 2	Adições globais dos metais tóxicos Cd e Pb ao solo, procedentes de diferentes fontes.	30
Tabela 3	Uso global de fertilizantes e produção média de grãos	31
Tabela 4	Faixa de concentração de metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos.	31
Tabela 5	Concentração de metais pesados em seis fertilizantes usados nos cerrados de Minas Gerais	32
Tabela 6	Concentração de metais pesados em oito calcários usados nos cerrados de Minas Gerais	33
Tabela 7	Valores médios (mg L^{-1}) da concentração de Zn nos leites de bovino	55
Tabela 8	Valores médios (mg L^{-1}) da concentração de Cd nos leites de bovinos	57
Tabela 9	Valores médios (mg L^{-1}) da concentração de Pb nos leites de bovinos	59
Tabela 10	Médias e erro padrão dos metais pesados (Zn, Cd, Pb) em mg L^{-1} nas regiões de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba	62
Tabela 11	Coeficiente de variação dos metais pesados (zinco, cádmio, chumbo) nas regiões de Goiatuba, Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba	62
Tabela 12	Zn mg L^{-1}	63
Tabela 13	Cd mg L^{-1}	64
Tabela 14	Pb mg L^{-1}	69

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIações

°C	Graus Centígrados
µg	Micrograma
Ag	Prata
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
As	Arsênio
ASBRAM	Associação Brasileira das Indústrias de Suplementos Minerais
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
B	Boro
Be	Berílio
Br	Bromo
Camen	Camargo e Mendonça Ltda
CCL	Cooperativa Central de Laticínios
Cd	Cádmio
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act
CETESB	Companhia de tecnologia de Saneamento Ambiental
Cm	Centímetros
Co	Cobalto
COOAPIL	Cooperativa Mista dos Produtores de Leite de Morrinhos
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DP	Desvio Padrão
EPA	Environmental Protection Agency
F	Flúor
Fe	Ferro
FGV	Fundação Getúlio Vargas
G	Gramma
HDL	Lipoproteína de baixa densidade
Hg	Mercúrio
I	Iodo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Kg	Quilograma
L	Litro
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Miligramma
Mn	Manganês
Mo	Molibidênio

Na	Sódio
Ni	Níquel
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
Pb	Chumbo
PIB	Produto Interno Bruto
PPM	Parte Por Milhão
Pv	Peso Vivo
RDA	Recommended dietary allowances
Sb	Antimônio
Se	Selênio
Sn	Estanho
Ti	Tinômio
USFDA	United States Food and Drug Administration
V	Vanádio
WHO	World Health Organization
Zn	Zinco

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REVISÃO LITERÁRIA	17
1.1 ESTADO DE GOIÁS	17
1.2 MUNICÍPIOS PESQUISADOS: CONTEXTO E INSERÇÃO REGIONAL	18
1.3 AGRICULTURA FAMILIAR E SISTEMA LEITEIRO	20
1.4 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	24
1.5 METAIS	26
1.5.1 Origem dos metais pesados	28
1.6 FONTES ANTROPOGÊNICAS DE POLUENTES DO SOLO E DA	38
ÁGUA	
1.6.1 Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água	38
1.6.2 Caracterização e toxicidade do Cd	39
1.6.3 Caracterização e toxicidade do Pb	43
1.6.4 Caracterização e toxicidade do Zn	47
2 METODOLOGIA	50
2.1 ÁREA DE ESTUDO	50
2.2 COLETA DAS AMOSTRAS	51
2.3 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	52
2.4 ANÁLISES LABORATORIAIS	52
2.5 PONTOS DE COLETA	52
2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	53

2.7 ANÁLISES DAS AMOSTRAS	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 METAIS	55
3.1.1 Zn	55
3.1.2 Cd	57
3.1.3 Pb	59
3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS METAIS	62
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	67

INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária geralmente utiliza um grande volume de insumos químicos para melhorar a produtividade dos sistemas de produção animal e vegetal. O mau gerenciamento desta prática pode levar a poluição dos solos, das águas, podendo contaminar com metais tóxicos os alimentos produzidos em uma determinada região.

Em todo país, a expansão das áreas de pecuária e agricultura configura o principal impacto ambiental negativo, causado pelas atividades agropastoris sobre todos os recursos naturais de nossos exuberantes Biomas.

O atual sistema de produção de alimentos de origem vegetal e animal praticado em Goiás, está fundamentado na retirada da vegetação nativa seguida do uso intensivo dos solos e das águas por atividades agropastoris. Este modelo predatório de desenvolvimento econômico vem ocorrendo de forma intensiva nas últimas décadas, destruindo os recursos naturais não renováveis e poluindo os renováveis do Bioma Cerrado goiano.

A presença de elementos metálicos nos alimentos de origem animal e vegetal varia amplamente, dependendo de numerosos fatores associados às condições ambientais, assim como as práticas tecnológicas e o uso intensivo de produtos químicos.

Na Região Sul de Goiás onde foi realizada a pesquisa de campo, nos municípios de Morrinhos, Piracanjuba, Itumbiara e Goiatuba, alto da bacia do rio Paraná, região de exuberante hidrografia e solos agricultáveis, há vários anos vem sendo muito intenso o processo de substituição das áreas nativas de Cerrado pelas pastagens, pelo crescimento desordenado das cidades e por vastas áreas de monocultura, caracterizada pela produção em grande escala, sempre acompanhada pela utilização de um grande volume de insumos agrícolas.

O Brasil no ano de 2010, produziu 22.883.689 (vinte e dois bilhões, oitocentos e oitenta e três milhões e seiscentos e oitenta e nove mil litros), sendo que a maior parte do leite que é produzido em todos os Estados da Federação é oriundo de propriedades de agricultura familiar (ANUALPEC, 2010).

O Estado de Goiás produziu 3.003.182 litros de leite no ano de 2010, sendo o município de Piracanjuba o principal produtor goiano de leite e o 3^o no ranking nacional, com 112, 395 milhões de litros. A bacia leiteira amostrada nesta pesquisa é a primeira no ranking de produção em Goiás (GOIÁS, 2010).

A pecuária leiteira da Região Sul de Goiás não apresenta diferenças em relação a outras regiões do país. Ao longo dos anos vem sendo explorada majoritariamente pela agricultura familiar, dentro de um sistema de produção semi-extensivo, o qual é caracterizado por pastagens de baixa qualidade, aguada natural, sal mineral e algum tipo de suplementação alimentar na época da seca (GOIÁS, 2009a; CNA, 2009).

Embora o tema relacionado à contaminação por metais tóxicos em vários animais de produção seja largamente abordado pela literatura científica, em bovinos de leite o estudo ainda é limitado. São frequentes os trabalhos científicos que relacionam os efeitos desses elementos químicos sobre a saúde humana ou sobre algum compartimento ambiental específico, como é o caso do solo, da vegetação, dos sedimentos e das águas. Obviamente, quando esses compartimentos estão poluídos, existe a possibilidade de aumento nos níveis desses metais tóxicos no organismo dos animais de produção.

Considerando que, de um lado as propriedades familiares pesquisadas estão com sérias dificuldades econômicas, sociais e ambientais e de outro, localizadas muito próximas das vastas áreas de monocultura de soja e cana de açúcar e, até mesmo em alguns casos são vizinhas de agroindústrias, é provável que o atual

sistema de produção leiteira da agricultura familiar na Região Sul de Goiás não vem se desenvolvendo de forma sustentável.

Neste sentido, dentro do projeto de pesquisa científica sobre a Influência da produção leiteira na qualidade do meio aquático no alto da bacia do rio Paraná em Goiás, o presente trabalho teve como objetivo determinar a presença de metais tóxicos no leite *in natura* produzido por vacas mantidas em sistema de produção semi-extensivo, de propriedades de agricultura familiar.

1 REVISÃO LITERÁRIA

Para contextualização deste trabalho fez-se necessário abordar os aspectos socioeconômicos de Goiás e dos quatro municípios goianos localizados na microrregião bacia do rio Meia Ponte, alto da bacia do rio Paraná em Goiás, onde foi desenvolvida toda a pesquisa de campo.

1.1 ESTADO DE GOIÁS

O Estado de Goiás, localizado na Região Centro - Oeste do Brasil ocupa uma área de 340.086,689 Km². Contabiliza uma população de 6.003.000 habitantes (IBGE, 2010). Possui três importantes regiões hidrográficas (Região Hidrográfica Tocantins/Araguaia, Região Hidrográfica do São Francisco e Região Hidrográfica do Paraná). Seu solo é predominantemente do grupo Latossolo, o relevo é de baixa declividade em sua maior parte, formada por terras planas (chapadões). O clima possui duas estações bem definidas, um período chuvoso e outro com baixos índices pluviométricos. Sua vegetação é predominantemente o Cerrado.

Nos últimos anos, a economia de Goiás tem mostrado índices de crescimento de sua economia, expressos através do produto interno bruto (PIB), bem acima da média nacional, frutos da expansão local do agronegócio.

Goiás possui a quarta maior produção de grãos do País, com participação de 9,74% em 2009. A soja se destaca como principal produto agrícola, representando 51,4% do total de grãos produzidos no estado. A produção passou de 4.092.934 t em 2000 para 6.808.587 t em 2009, crescimento de 66,35% e a área colhida de 1, 491 milhões de hectares para 2, 315 no mesmo período (GOIÁS, 2010).

No setor sucroalcooleiro, Goiás tem se despontado nas últimas safras como nova fronteira de expansão do cultivo, em 2000 a produção era de 10, 163 milhões de toneladas, subindo para 44,064 milhões de toneladas em 2009, com expansão de 333,58%. A área colhida no mesmo período cresceu 272,71 hectares. O setor já responde por 6,6% da produção canavieira no Brasil (GOIÁS, 2009b).

A pecuária tem papel importante na economia goiana. O Estado está entre os maiores produtores do Brasil, com um rebanho bovino de 20, 466 milhões de cabeças, posicionando-se em 4º lugar no ranking nacional, com 10,12% de participação. A produção de leite foi de aproximadamente 3 bilhões de litros, representando o 4º lugar nacional (IBGE 2010).

A agropecuária se mostra grande responsável pelos expressivos números do PIB do agronegócio do estado de Goiás. Estudos mostram que aproximadamente 41% dos municípios têm na agropecuária sua principal atividade econômica. Os municípios de Morrinhos e Piracanjuba detêm a maior bacia leiteira goiana, juntos produziram no ano de 2009 aproximadamente 190 milhões de litros de leite (GOIÁS, 2010).

1.2 MUNICÍPIOS PESQUISADOS: CONTEXTO E INSERÇÃO REGIONAL

A Região Sul de Goiás é caracterizada por dois modelos de uso da terra. De um lado há uma agricultura altamente tecnificada, praticada por produtores que detêm a posse de grandes extensões de terra e que utilizam tecnologia de ponta em seus sistemas de produção animal e vegetal. De outro lado, uma agropecuária bem menos tecnificada, que utiliza menos insumos agrícolas e pecuários, caracterizada pelos minifúndios, pela agricultura familiar de subsistência e ou excedente, e que apresenta importante participação no agronegócio brasileiro (FAEG; SENAR, 2010).

A produção agrícola de Goiás tem se destacado pela incorporação de um alto padrão tecnológico nas suas principais culturas, caso da soja, milho e com maior intensidade a partir de 2000 da cana de açúcar. O uso da terra pela agricultura altamente tecnificada na Região Sul de Goiás é muito intensivo na busca de ganhos de produtividade e aumento das áreas de produção agrícola, com isso tem-se um cenário de devastação ambiental que atinge as bacias hidrográficas da região, favorecendo um processo de assoreamento e poluição de muitos rios e ribeirões que cortam toda a região (RODRIGUES; RODRIGUES; PASQUALETTO, 2003).

A referida região é formada por 26 municípios, com estradas pavimentadas. Morrinhos é o maior em área territorial (2.846,191 Km²) e está no centro da região.

Situa-se na vertente goiana do rio Paranaíba e é banhado pelos rios Piracanjuba e Meia Ponte e por vários ribeirões.

Morrinhos tem como fator preponderante em sua economia a agricultura e a pecuária que juntas respondem por cerca de 59% da riqueza gerada. No município são utilizadas as mais avançadas técnicas de produção agrícola, detendo índices de produtividade dentre os melhores de Goiás. Possui ainda a 3º maior área irrigada por pivôs no estado de Goiás, com 73 pivôs de irrigação trabalhando. Existem 3 grandes indústrias de laticínios em atividade. No setor sucroalcooleiro, a Usina de açúcar e álcool CAMEN Ltda, entrou em operação em abril de 2008 com área de cultivo de 10.600 hectares, com projeção de atingir nos próximos anos 53.000 hectares de área plantada de cana de açúcar (SEPLAN, 2009).

Na agricultura, os principais produtos do município de Morrinhos são a soja, milho, arroz, feijão, milho doce e tomate industrial. Na pecuária, o destaque está na produção de leite que foi de 80,81 milhões de litros no ano de 2008, estando sempre entre as primeiras posições no ranking de produção estadual (SEPLAN, 2009).

O município de Piracanjuba possui área de 2.564 Km². Possui uma exuberante hidrografia, está localizado na bacia do rio Paraná, tendo como principais rios o Meia Ponte, Piracanjuba e Piratinga, além de diversos ribeirões e córregos.

Atualmente Piracanjuba é o principal produtor goiano de leite e o 3º no ranking nacional, com 112, 395 milhões de litros de leite produzido no ano de 2009 (IBGE, 2010). No seguimento da indústria láctea, existem hoje 3 grandes empresas operando no município (SINDILEITE, 2010). Na pecuária de corte o município vem se destacando como um grande produtor de carnes e possui um moderno frigorífico capacitado para abate de bovinos, suínos e ovinos.

O município de Piracanjuba é considerado um grande celeiro, devido a sua alta produção de grãos (soja, milho e sorgo), algodão e as culturas irrigadas de tomate industrial e milho doce (IBGE, 2010).

A cidade de Itumbiara é o portal de entrada do Estado. É um dos mais competitivos municípios goianos (IBGE, 2010). Está localizado no extremo sul de Goiás, divisa com Minas Gerais, à margem direita do rio Paranaíba. Possui área de 2.461,3 Km². O fácil acesso ao sul e sudeste do país e ao sudoeste do Estado, facilita o escoamento da produção. Isto contribui para o aumento da produção e para

a expansão e instalação de novas agroindústrias, favorecendo o crescimento e desenvolvimento da economia local.

A agropecuária juntamente com a agroindústria é o motor propulsor da economia no município. Na produção agrícola, Itumbiara tem como destaque a produção de algodão, milho, soja, cana de açúcar e girassol. No caso dos grãos, a produção é matéria prima para processamento nas agroindústrias de alimentos instaladas no local. Ressalte-se que boa parte da produção é irrigada. A indústria sucroalcooleira também está presente em Itumbiara, sendo que em 2008 a Usina Panorama S/A, produziu 86.239 litros de álcool. Existem outros 4 projetos de novas usinas em andamento, as quais segundo dados da SIFAEG; PRODUZIR; ÚNICA; CONAB de 2008 que entraram em operação até o ano de 2011.

O rebanho bovino é composto por mais de 180.000 cabeças, sendo 30.000 de vacas leiteiras, que produziram 35.700.000 litros (IBGE, 2009). Em decorrência da grande produção vegetal e animal, grandes empresas exportadoras se instalassem no município (SEPLAN-GO; SEPIN; GERÊNCIA de estatística Socioeconômica, 2010).

O município de Goiatuba está localizado no centro da Região Sul de Goiás, aproximadamente 50 Km ao norte do rio Paranaíba. A cidade de Goiatuba fica a 10 Km da BR 153 que liga toda a Região Sul a capital Goiânia e ao sudeste do país. Possui área total de 2.475 Km².

A economia municipal é baseada no setor agropecuário. Nos últimos anos várias agroindústrias e indústrias se instalaram no município e estão operando regularmente nos mais diversos ramos: laticínios, abatedouro de aves, revenda de implementos agrícolas dentre outras (GOIÁS, 2010).

1.3 AGRICULTURA FAMILIAR E SISTEMA LEITEIRO

A agricultura familiar no Brasil é normatizada pela Lei nº 11.326, de 24/07/2006. De acordo a legislação vigente, deter sob qualquer forma, no máximo até 4 módulos fiscais de terra, quantificados na lei, é condição necessária, mas não suficiente para o enquadramento na agricultura familiar. Simultaneamente a legislação prevê que sejam atendidos limites de 02 (dois) empregados contratados,

limites no valor da renda gerada, limites na produção da renda proveniente de atividades fora do estabelecimento, além de outras condições, como residência no próprio estabelecimento ou em lugar próximo.

Segundo (Guanzirolli, 2000), as principais características que definem a agricultura familiar são: a administração dos trabalhos da propriedade familiar é exercida pelo produtor; a mão de obra familiar é superior ao trabalho contratado; a propriedade dos meios de produção é da família. O que realmente define a condição de agricultor familiar são as relações sociais de produção e não o tamanho da propriedade (SILVA, 2008).

A agricultura familiar representa um contingente numeroso de 3.330.667 estabelecimentos rurais no Brasil (FGV, 2010). Em meio aos poucos produtores especializados, inúmeros agricultores familiares estão distribuídos por todas as regiões brasileiras vivendo exclusivamente da renda gerada na atividade, sendo esta vital para a sobrevivência da agricultura familiar (CARVALHO; OLIVEIRA, 2006). Neste sentido, Armando *et al.*, (2002), ressalta que a agricultura familiar no Brasil exerce importante papel como principal fonte de abastecimento de leite para o mercado interno.

Nas propriedades de agricultura familiar, todos da família participam de alguma forma do processo de trabalho. Fração importante da produção leiteira oriunda da Região Sul de Goiás, microbacia do rio Meia Ponte, é desenvolvida a pasto, no sistema semi-extensivo, cujo rebanho leiteiro é constituído por animais mestiços da raça Holandesa com animais das raças Gir e Nelore. O rebanho leiteiro está distribuído em pequenas propriedades familiares, sendo 28% localizadas no município de Piracanjuba e 30% no município de Morrinhos (SEPIN, 2007), o que segundo Pietrafesa (2002), define a pecuária leiteira praticada na microbacia do Rio Meia Ponte como uma atividade de agricultura familiar.

Na cadeia produtiva, o leite é considerado uma importante fonte de geração de emprego e renda, principalmente para a agricultura familiar, o que confere ao leite e seus derivados uma expressiva relevância socioeconômica.

O uso intensivo dos solos e práticas agrícolas inadequadas na formação dos pastos, das lavouras e no manejo incorreto das pastagens contribui para a degradação ambiental. Nos municípios estudados, os agricultores familiares ao longo da história de suas propriedades, não fizeram o manejo correto dos solos, das pastagens e das águas. Muitos retiraram até mesmo as matas Ciliares.

Esse processo pressiona a saída do agricultor familiar do campo, uma vez que sua propriedade está toda degradada e não só a pecuária leiteira se tornou insustentável, bem como qualquer outra atividade.

Por outro lado, a rápida expansão das áreas de cultivo de grãos e cana de açúcar, sobre áreas de agricultura familiar na Região Sul de Goiás, ocorrida notadamente na última década, faz com que novos desafios ocorram na busca por um desenvolvimento sustentável ambiental, social e econômico, conforme a visão de Pietrafesa; Agrícola; Sauer (2009):

A expansão implica em novos desafios, especialmente, relacionados a conflitos sócio-ambientais resultantes do processo de expansão de monocultura e perda de biodiversidade, manutenção e ampliação de formas degradantes de trabalho nos canaviais e pressão sobre a agricultura familiar, a qual perde competitividade e diminui o ritmo de produção de alimentos (o leite é um exemplo visível em Goiás).

Nos quatro municípios pesquisados, foi constatada a vital contribuição do agricultor familiar para a grande produção de leite em toda a região, bem como o avanço das áreas de cultivo de cana de açúcar e soja sobre as áreas de pastagens e Cerrado. A exploração intensiva das áreas de lavoura impacta de forma negativa sobre a agricultura familiar e o meio ambiente, principalmente em relação às águas.

O leite é um alimento essencial para o desenvolvimento humano. No mundo todo, o leite bovino é muito utilizado com sucedâneo do leite materno. Qualquer contaminação detectada no leite é uma questão de especial gravidade, uma vez que ele representa o principal constituinte da alimentação infantil e parte importante da dieta alimentar de outros grupos de diferentes faixas etárias (TOLONEN, 1995).

O leite e seus derivados são um forte produto no mercado consumidor e possui uma capacidade de produção diversificada. A Região Sul de Goiás tem se destacado no fortalecimento do setor lácteo, embora existam ainda pontos fracos levantados na pesquisa que precisam ser melhorados tais como: solos e pastagens degradados, matas Ciliares destruídas, rios assoreados, inexistência de educação ambiental e produção animal mais sustentável para todos os produtores rurais, falta de assistência técnica, péssimas condições de rodovias, baixa profissionalização dos produtores, falta de conhecimento gerencial, falta de investimento em genética bovina e controle de prevenção de doenças, endividamento dos produtores, baixo preço pago pelo leite dentre outros fatores observados.

De acordo com Reddy e Rao (1993), a qualidade do leite resulta do cuidado com todo o processo de produção leiteira e, principalmente da qualidade da matéria prima utilizada na alimentação dos animais em lactação.

Goiás é o maior produtor de leite da Região Centro-Oeste, possui grande capacidade para a produção de leite e derivados. É sabido que a eficiência do setor pecuário depende do progresso tecnológico no sistema de produção. Estudos feitos em 2009 pela FAEG/SENAR mostraram que falta de profissionalização do setor; escassez de pesquisa e desenvolvimento; endividamento e uma administração pouco eficiente que muitas vezes levam ao abandono da atividade. Estes fatores juntos mostram um grande gargalo na cadeia produtiva láctea de Goiás, impedindo maior produtividade na pecuária leiteira. Por outro lado, nos últimos 10 anos, a rápida expansão das áreas de cultivo de lavouras, notadamente a cana de açúcar, em toda Região Sul goiana também tem causado forte impacto negativo na pecuária leiteira.

Nota-se, conforme apresentado na Tabela 1, que nos últimos 13 anos a produção de leite tem crescido assim como a produtividade por animal e o número de animais lactantes diminuiu. Porém, segundo IBGE 2010 (*apud* Queiroz, 2010), entre 1998 e 2005, a produtividade de leite no Brasil cresceu cerca de 27,08%, enquanto que no Centro-Oeste o crescimento foi de 17,65% e, nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal, os percentuais foram abaixo da média nacional e regional, de 25%, 10,34%, 15,22% e 2,17% respectivamente.

A migração dos agricultores e suas famílias para as cidades é um processo que tem revelado o lado perverso do crescimento da economia goiana, no que tange ao excelente momento do agronegócio em Goiás. Nas cidades, os antigos agricultores não encontram emprego, uma vez que não possuem qualificação para se candidatarem a uma vaga de trabalho.

Tabela 1. Efetivo do rebanho bovino, vacas leiteiras e produção de leite em Goiás – 1995-2008.

Ano	Bovino (cabeças)	Vacas Leiteiras (cabeças)	Produção de Leite (1000l)	Produtividade Produção/Vaca/dia
1995	18.492.318	2.680.338	1.450.157	2,00
1996	16.954.667	1.726.793	1.999.398	2,32
1997	17.182.332	1.781.689	1.868.976	2,43
1998	18.118.412	1.870.489	1.978.579	2,57
1999	18.297.357	1.937.574	2.006.404	2,75
2000	18.339.222	2.006.038	2.193.799	3,00
2001	19.132.372	2.121.271	2.231.740	3,29
2002	20.101.893	2.217.158	2.483.366	3,68
2003	20.178.516	2.247.895	2.523.048	4,13
2004	20.419.803	2.257.829	2.538.368	4,64
2005	20.726.586	2.334.558	2.648.599	5,27
2006	20.646.560	2.293.105	2.613.622	6,01
2007	20.471.490	2.286.190	2.286.568	6,93
2008	20.466.360	2.363.068	2.873.541	8,43

Fonte: IBGE, 2010. In: QUEIROZ, A.M. et al. A pecuária leiteira em Goiás nos últimos anos. p. 75, 2010.

Infere-se destes dados, que a expansão das áreas de lavouras em toda a região do Centro-Oeste brasileiro está interferindo negativamente no índice de produtividade da pecuária leiteira. No estado de Goiás, na região da microbacia do Rio Meia Ponte, municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba e Itumbiara é notório que a expansão das áreas de cultivo de soja e cana de açúcar está ocorrendo sobre terras que até pouco tempo pertenciam aos agricultores familiares que se dedicavam na sua grande maioria a pecuária de leite.

1.4 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ao longo da história, a poluição do meio ambiente tem sido um fator que acompanhou o progresso da civilização. A contaminação ambiental está associada à capacidade dos humanos em alterar os ecossistemas que os cercam retirando destes recursos para o seu proveito (ODUM, 2004).

A extração e o processamento de recursos naturais provocam invariavelmente modificações no meio ambiente e as conseqüências mais deletérias são as contaminações do solo, água e ar. A poluição está associada com o aumento da incidência de doenças crônicas e congênitas (GENUIS, 2006).

A disposição de resíduos urbanos, industriais e agropecuários bem como o uso crescente de fertilizantes e agrotóxicos nos sistemas de produção animal e vegetal, tem ao longo dos anos poluído nossos solos e águas, uma vez que os resíduos podem apresentar agentes prejudiciais ao ambiente, aos animais de produção e ao homem, como é o caso dos metais tóxicos, substâncias com grande potencial de causar sérios danos ambientais. É evidente que a freqüência e a extensão dos poluentes poderão aumentar significativamente com o atual modelo desenvolvimentista praticado (MATOS, 2010).

A poluição pode ser considerada a liberação de elementos contaminantes em um ambiente prejudicando os ecossistemas e até mesmo toda uma cadeia trófica, podendo atingir dessa forma os seres humanos (MORAES, 2009).

Um conceito moderno de poluição pode ser definido como todo e qualquer tipo de alteração no meio decorrente da introdução, pelo homem, de substâncias de modo a danificar ou prejudicar suas características originais (MATOS, 2010).

Em vista da grande variedade e quantidade de pesticidas usados no controle de pragas e doenças em plantas e animais, notadamente na agricultura, após a “Revolução Verde”, muita atenção passou a ser dada para os riscos de contaminação ambiental com contaminantes e toxicidade (GARCIA, 2010).

De acordo com as pesquisas feitas por Matos (2010), metais pesados podem alcançar o ambiente por fontes naturais ou antropogênicas. No meio rural as principais fontes de poluição com metais pesados, como o Cd, Pb e Zn, tanto para o solo como a água e o ar, são dentre outras o uso indiscriminado de fertilizantes fosfatados, calcários e os pesticidas que são aplicados diretamente nos solos agricultáveis todos os anos.

A ação desordenada do homem sobre o meio ambiente impacta negativamente todas as formas de vida na Terra. O processo antropogênico pode ser aferido pelas medições de metais pesados presentes nos solos, plantas e animais, uma vez que a poluição por elementos químicos prejudica a densidade e diversidade de comunidades bióticas, incluindo os seres humanos (MOUNTOURIS *et al.*, 2002).

A presença de elementos químicos nos alimentos é variável, em função de muitos fatores inerentes as condições ambientais, as práticas tecnológicas e ao uso indiscriminado de produtos químicos em sistemas cada vez mais intensivos de produção animal e vegetal, levando ao aparecimento de metais em alimentos, a exemplo do Pb e Cd (FLYNN,1992).

No mundo atual, globalizado e altamente competitivo, a segurança alimentar está focada no controle da qualidade dos alimentos de origem vegetal e animal, em consequência do elevado uso de fertilizantes, corretivos para o solo, dissecantes utilizados no plantio direto, pesticidas vegetal e animal, drogas veterinárias ou mesmo por acidentes envolvendo contaminantes ambientais (BRASIL, 1999).

1.5 METAIS

Metais pesados ou metais tóxicos são termos genéricos aplicados a um grupo heterogêneo de elementos químicos. Muitos os classificam como tóxicos, porém nem todos têm essa característica de toxicidade. A característica comum entre esses elementos é que possuem peso específico maior que 5g/cm^3 ou número atômico maior que 20. Camargo *et. al.*, (2001) considera como metais tóxicos aos seres vivos Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Zinco (Zn), Prata (Ag), Arsênio (As), Berílio (Be), Bromo (Br), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Cromo (Cr), Flúor (F), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibidênio (Mo), Níquel (Ni), Antimônio (Sb), Selênio (Se), Estanho (Sn), Tálcio (Ti) e Vanádio (V).

Alguns elementos deste grupo, os chamados micronutrientes ou elementos traços essenciais, são requeridos pela maioria dos organismos vivos em pequenas concentrações, podendo causar toxicidade quando em excesso. Os elementos químicos Cu, Mn, Fe e Zn, são essenciais às plantas e animais; Co, Cr, Se e I, são essenciais aos animais; B, Mo e possivelmente o N, são elementos essenciais às plantas. Os elementos que não apresentam funções biogeoquímicas essenciais são chamados de “elementos não essenciais” ou “elementos tóxicos” (ALLOWAY; AYERS, 1996).

Os elementos metálicos como Zn, Fe e Cu, desempenham quando em pequenas concentrações, funções biológicas essenciais para o homem e animais.

Altas concentrações são tóxicas. Por outro lado, a sua deficiência acarreta distúrbios no crescimento e metabolismo. Os metais Cd e Pb apresentam sérios problemas por sua comprovada toxicidade para o organismo vivo, ainda que em concentrações baixas, cuja presença nos alimentos deve ser evitada. Estes elementos químicos são geralmente considerados poluentes e são translocados através da cadeia alimentar para homens e animais (MURTA, 1993).

Necessário se faz, de acordo com Raij, (2001), definir com precisão os teores de deficiência e excesso dos elementos, ou a partir de qual quantidade o metal é tóxico. Conhecer a atuação dos elementos químicos no solo é fundamental para entender a disponibilidade desses para as plantas, a contribuição na adubação mineral e o teor de toxicidade, bem como a sua entrada na cadeia alimentar dos animais, seres humanos e a sua distribuição.

Da mesma forma, se faz necessário distinguir os termos “contaminação e “poluição” a fim de caracterizar situações em que a ação do homem tenha provocado alterações no meio ambiente. O termo contaminação tem sido empregado para caracterizar uma situação na qual uma substância está presente no ambiente, mas não causa qualquer dano evidente, enquanto o termo poluição tem sido reservado para caracterizar situações em que os efeitos danosos ou prejudiciais ao ambiente ou ao seu potencial uso pelo homem estão aparentes (ALLOWAY, 1995 *apud* MATOS, 2010).

Um dos aspectos mais importantes que faz a distinção de metais pesados de outros poluentes tóxicos é que além dos metais não serem biodegradáveis, a sua toxicidade é altamente controlada pelas suas propriedades físico-químicas. O estado de oxidação de alguns metais determina a sua mobilidade, biodisponibilidade e toxicidade. (CAMARGO; BORBA, 2003). Alguns metais apresentam maiores riscos de contaminação que outros, podendo citar o Pb e o Cd (ABREU; ABREU; BERTON, 2002).

É notório que a poluição ambiental gerada de atividades urbanas, industriais e agropecuárias pode provocar aumentos acima do normal na concentração de metais tóxicos no meio. Os metais são muito utilizados na fabricação de equipamentos eletrônicos, máquinas e objetos de uso cotidiano. Os metais tóxicos também podem aparecer como contaminantes de outros insumos, como é o caso de fertilizantes, corretivos e resíduos orgânicos. Rejeitos com altas concentrações de metais são gerados na mineração, metalurgias, curtumes, laticínios, processamento de cana-

de-açúcar, matadouros, extração e processamento de óleos vegetais, processamento de frutas, legumes e hortaliças (BARROS *et al.*, 1995).

O solo possui grande capacidade de retenção de metais pesados, o que os torna em geral, pouco biodisponíveis (MACÊDO, 2002). Entretanto, caso a capacidade de recepção do solo for ultrapassada, os metais poderão permanecer na solução ou complexo de troca do solo e, dessa forma, ser absorvidos pelas plantas, entrando, assim, na cadeia alimentar, ou podem ser lixiviados para o subsolo (especialmente se os solos apresentarem condições ácidas) (MATOS *et. al.*, 1999).

De acordo com Mota 2002, são altos os riscos de poluição do meio com elementos químicos, embora os teores de metais pesados tóxicos no solo considerados perigosos para as plantas e posterior entrada na cadeia alimentar ainda não estão bem definidos, e uma série de estudos a respeito estão sendo desenvolvidos em diversos países.

1.5.1 Origem dos metais pesados

Os metais pesados possuem origem litogênicas e antropogênicas. As primeiras estão relacionadas às fontes geológicas como resíduos de rochas e processos de intemperismo, indicando que esse teor natural pode estar relacionado ao material de origem. As fontes antropogênicas estão relacionadas com as atividades humanas que podem chegar a teores elevados, comprometendo a qualidade ambiental (CAMARGO; ALLEINI, CASAGRANDE, 2001).

Os metais pesados estão presentes naturalmente nos solos e rochas que formam toda a Terra, bem como em vários produtos e insumos utilizados na produção de bens de consumo. Várias são as fontes desses elementos que podem contaminar o solo, a água, as plantas e, portanto os animais (Kuno *et al.*, 1999; Swarup *et al.*, 2005) e o próprio homem (SRIVASTA; GUPTA, 1994; DUARTE; PASCAL, 2000).

A aplicação de agroquímicos aos solos e culturas é uma prática comum nas atividades agrícolas, objetivando corrigir a acidez do solo, aumentar o suprimento de nutrientes disponíveis para o solo (corretivos e fertilizantes), bem como a proteção das lavouras e pastagens pelo controle de doenças e pragas (agrotóxicos). Essas

práticas podem causar degradação química do solo, como resultado do acúmulo de elementos metálicos e/ou compostos tóxicos indesejáveis (RAMALHO; AMARAL SOBRINHO; VELLOSO, 2000).

Por conseguinte, o acúmulo dos metais pesados nos solos agrícolas é frequentemente causado pelo uso repetido e excessivo de corretivos, fertilizantes, disseccantes, pesticidas e resíduos orgânicos (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984; ALLOWAAY, 1990b; BLUME; BRUMMER, 1991; GIMENO-GARCIA *et al.*, 1996 *apud* RAMALHO *et al.* 2000).

De acordo com Larcher (2004), os metais pesados estão entre as substâncias com potencial para permanecer nos solos e águas, podendo criar graves problemas ao longo dos anos. Devido à acumulação nos organismos e sua introdução nas cadeias tróficas, eles podem ficar nos ecossistemas em uma concentração causando problemas por um longo período.

Segundo Rodella e Alcarde (2001), a queima de resíduos urbanos e industriais os quais possuem diferentes componentes metálicos, como por exemplo o Cd e o Pb, poderá acarretar a poluição do ar pela dispersão das partículas através dos ventos, do solo e das águas pela deposição de partículas.

Os gases poluidores não produzem efeitos apenas na atmosfera e os poluentes líquidos não ficam apenas na hidrosfera, ocorrem movimentações, tendo como exemplo o transporte dos metais pesados e de sais de fertilizantes do solo ao lençol freático. Por isso, atualmente a preocupação não é apenas com um poluente específico, mas com a sua combinação e inter-relação com o ambiente (MATOS, 2010).

De acordo com Soares (2004), dentre as principais atividades antrópicas e fonte de poluição estão: as emissões industriais, os efluentes, os biossólidos, os fertilizantes fosfatados e os pesticidas, todos eles podem aumentar os níveis de concentrações dos metais pesados nos solos, águas e ar, sendo quase impossível atribuir a cada fonte o aumento dos níveis de metais.

É importante conhecer a composição dos elementos químicos presentes no solo, para se ter uma ideia de seu teor no ambiente tanto nos estudos de contaminação, como para estudos na área de ciências do solo e agrárias. Se um elemento pode representar um perigo eminente à cadeia alimentar, é importante avaliar seus teores disponíveis ou solúveis, uma vez que eles vão estar relacionados

com a mobilidade, absorção pelas plantas e possível translocação pelos frutos (CAMARGO; ALLEINI; CASAGRANDE, 2001).

Assim como ocorre com outros elementos, os metais pesados passam por uma biociclagem no solo através da absorção pelas plantas, biomassa microbiana e transformação em formas livres (iônica) ou de quelatos, os quais se equilibram com outras formas encontradas no solo. Os elementos metálicos, portanto, além de sofrerem inúmeras transformações por causa de sua baixa mobilidade estão também sujeitos à mineralização, a imobilização na biomassa microbiana, ou podem ainda serem absorvidos pelas plantas e ingressarem na cadeia alimentar (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Para Malavolta (1994), tanto o uso de fertilizantes fosfatados como o uso de rejeitos industriais constituem numa via de entrada no solo de metais tóxicos como o Cd e o Pb, podendo aumentar a concentração destes nos solos e plantações agrícolas, o que pode causar diversos problemas de ordem ambiental, dentre eles a contaminação do lençol freático, toxidez em plantas, animais e pessoas (WHO, 1989).

A Tabela abaixo mostra os elevados valores de Cd e Pb que são introduzidos anualmente nos solos ao redor do mundo, através da adubação feita a partir de resíduos agrícolas, lixo urbano e fertilizantes.

Tabela 2. Adições globais dos metais tóxicos Cd e Pb ao solo, procedentes de diferentes fontes.

Fontes	Cádmio	Chumbo
		(t ano ⁻¹)
Resíduos agrícolas	0,00 – 3,00	1,50 – 27,00
Rejeitos urbanos	0,88 – 7,50	18,00 – 62,00
Fertilizantes	0,03 – 0,25	0,42 – 2,30

Fonte: Adaptado de CASTRO, M. L. L. **Retenção de metais pesados em solos agricultáveis do Estado de Goiás.** 2009. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

Na Tabela 3 estão apresentados os altos índices de uso de fertilizantes, comparados a produção média de grãos nas décadas de 1950 a 1990.

Tabela 3. Uso global de fertilizantes e produção média de grãos.

Ano	Fertilizantes (milhões - t)	Produção (t)
1950	15,1 (100)	1,05 (100)
1960	24,2 (160)	1,30 (124)
1970	59,2 (392)	1,35 (128)
1980	111,3 (737)	1,90 (181)
1990	142,9 (946)	2,20 (209)

Fonte: COSTA, L. M.; MATOS, A. T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: _____. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, ABEAS, p. 177, 1997.

A poluição ambiental provocada por Pb e Cd tem despertado grande interesse no estudo da contaminação de alimentos e suas interações com Cu, Zn, Fe e Ca da dieta têm papel importante em sua toxicidade aguda e crônica pelo efeito acumulativo nos órgãos dos animais e do ser humano (CARL, 1991).

Alguns metais tóxicos como o Pb e o Cd, se estiverem em formas disponíveis, podem ser absorvidos pelas plantas, prejudicando seu desenvolvimento, além do risco de utilização destas plantas por homens e animais (POMBO, 1992).

Observa-se na Tabela 4 os fertilizantes NPK (nitrogênio-fósforo-potássio), os quais resultam da mistura de vários fertilizantes específicos, podem por isso, apresentarem contaminação com os metais Cd, Pb e Zn. Como esses fertilizantes são utilizados em larga escala em solos agricultáveis de Goiás, muito provavelmente estão sendo a principal fonte de contaminação desses elementos para os solos e as águas superficiais (quando carregados pelas chuvas).

Tabela 4. Faixa de concentração de metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos.

Elemento	N	P	NKP	Calcário
	-----mg/kg-----			
Cd	0,05 – 8,5	0,1- 170	0,1 – 10	0,04 – 0,1
Pb	2 – 27	7 – 225	10 – 130	20 – 1250
Zn	1 – 42	50 – 1450	22 – 350	10 – 450

Fonte: Adaptado de COSTA, L. M.; MATOS, A. T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: _____. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, ABEAS, p. 178, 1997.

Sistemas de produção intensivos como lavouras de monoculturas, maximizam a necessidade do uso de fertilizantes, corretivos, dissecantes e pesticidas, elevando as concentrações residuais de elementos químicos metálicos, contaminando o solo e as águas de superfície e subterrâneas (FAY; SILVA, 2004).

A Tabela 5 mostra a presença de metais pesados em fertilizantes químicos e fosfatados utilizados em solos de Cerrados.

Tabela 5. Concentração de metais pesados em seis fertilizantes usados em solos de Cerrados de Minas Gerais.

Fertilizante	Cd	Pb		Zn
		----- µg/g-----		
0-30-15+Zn	5	55		2220
2-20-20+Zn	3	38		3115
2-28-8+Zn	15	275		5385
Termosfato	3	65		374
Fosfato Natural	7	36		740
Superfosfato Triplo	4	18		810

Fonte: Adaptado de COSTA, L. M.; MATOS, A. T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: _____. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, ABEAS, p. 179, 1997.

A disposição indiscriminada nos solos de fertilizantes, corretivos, dejetos animais, lodo de esgoto, lixo urbano processado ou não, lixo rural e pesticidas, também tem se mostrado nos últimos anos uma fonte potencial de entrada de metais pesados no solo, provocando poluição. Segundo Lima (2004), o destino final dos pesticidas aplicados na agricultura, na maioria das vezes é o solo. Matos (2010), afirma que a maior fonte de poluição do solo com metais tóxicos como o Cd e o Pb são os fertilizantes e outros minerais.

Segundo Costa e Matos (2009), os calcários agrícolas muito usados na correção dos solos ácidos dos Cerrados, podem contribuir para a poluição dos solos com Pb, Cd e Zn, dependendo da qualidade e da quantidade de calcário a ser aplicado ao longo do tempo. Os dados descritos na tabela abaixo corroboram as observações destes autores.

Tabela 6. Concentração de metais pesados em oito calcários usados nos cerrados de Minas Gerais.

Local	Cd	Pb	Zn
	-----µg/g-----		
Unaí	3	23	21
Arcos	2	27	78
Italva	3	26	15
Pote	3	23	36
Coromandel	3	28	12
Bocaiúva	3	27	40
Formiga	2	25	17
Paracatu	52	281	10220
Concentração Média na Listosfera	(0,05)	(10)	(50)

Fonte: Adaptado de COSTA, L. M.; MATOS, A. T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: _____. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, ABEAS, p. 180, 1997.

A contaminação do solo por metais tóxicos é extremamente nociva, pois estes são altamente persistentes no ambiente. Ao contrário da maioria dos contaminantes orgânicos, os metais não podem ser degradados ou prontamente destoxificados pelos seres vivos, tornando, assim, um grave problema de poluição ao longo do tempo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A movimentação de poluentes através do solo por processo de lixiviação é, frequentemente, muito mais moroso que quando ele se encontra adsorvido em partículas de solo é carregado por vento ou água de escoamento superficial (VON SPERLING, 2005).

O aumento da produção de alimentos se dá pela expansão da fronteira agropecuária ou pela melhoria dos índices de produtividade via intensificação dos sistemas de produção seja ele animal ou vegetal. A expansão da fronteira agropecuária de forma não sustentável ocorre em detrimento dos recursos renováveis, ao passo que o aumento da produtividade é seguido adoção de tecnologias. De acordo com Faria; Faria e Facchini *et al.* (2007), o Brasil é um dos líderes mundiais no consumo de agrotóxicos, e ressaltam que embora as pesquisas brasileiras sobre o impacto do uso destes produtos tenham avançado ano após ano, ainda são insuficientes para se conhecer a extensão dos danos causados ao ambiente, decorrente do uso intensivo e abusivo de várias classes de agrotóxicos.

No ano de 2008, o Estado de Goiás ocupava a quinta posição no consumo de agrotóxicos, com 55.960 toneladas. No período de 2004 a 2008 o uso de agrotóxicos

creceu 42,2% entre herbicidas, fungicidas e inseticidas. São utilizados em média 3,4Kg de agrotóxicos por hectare de área cultivada em Goiás (ALVES FILHO, 2008). Uma realidade preocupante no que se refere à contaminação dos trabalhadores rurais, do solo, das águas e da biota em geral.

Nos países desenvolvidos, é público que a segurança alimentar é uma política governamental e prioritária, onde existe um rigoroso controle de possíveis resíduos biológicos e químicos que possam contaminar o leite cru ou durante o processo de pasteurização nas indústrias.

No Brasil, a produção de leite é regulamentada pela Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual determina os requisitos para a produção de leite tipo A, B e C no país. Esta normativa estabelece que o leite é um produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas. A norma estabelece também que o leite deve atender a legislação vigente quanto aos contaminantes orgânicos, inorgânicos e os resíduos biológicos eventualmente presentes no produto não devem superar os limites máximos estabelecidos pela legislação específica. Esta legislação específica é de responsabilidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 e a Portaria nº 685, de agosto de 1998, estabelecem os níveis máximos de contaminantes químicos orgânicos e inorgânicos dentre outros.

O leite é essencial para o desenvolvimento humano e de todos os animais mamíferos. No mundo todo, o leite bovino é muito utilizado com sucedâneo do leite materno. Qualquer contaminação detectada no leite é uma questão de especial gravidade, uma vez que ele representa o principal constituinte da alimentação infantil e parte importante da dieta alimentar de outros grupos de diferentes faixas etárias (TOLONEN, 1995).

O aparecimento de elementos químicos no leite de vaca pode ocorrer mediante rações e pastagens contaminadas, ou tratamento dos animais com pesticidas para combater ectoparasitas e endoparasitas quando aplicados em desacordo com as normas preconizadas pelas boas práticas agropecuárias (MIDIO; MARTINS, 2000).

Conforme a comissão do CODEX ALIMENTARIUS (1995):

Contaminantes são quaisquer substâncias adicionadas involuntariamente ao alimento e que está presente neste como resultado da produção, inclusive operações efetuadas no cultivo e na criação de animais em medicina veterinária, nas seguintes operações: fabricação, elaboração, preparação, envase, empacotamento, transporte ou conservação deste alimento, ou ainda como resultado da contaminação ambiente. Entre os metais pesados, o cádmio tem sido pesquisado por se encontrar naturalmente em rochas fosfáticas utilizadas na fabricação de insumos agropecuários, constituindo-se assim em importante fonte de contaminação ambiental.

A utilização de rações e suplementos minerais de baixa qualidade na alimentação dos bovinos pode resultar concentração residual de metais pesados como Cd e Pb que, se excretados no leite, poderão ter o homem como receptor final da contaminação na cadeia alimentar (MARÇAL; CAMPOS NETO; NASCIMENTO, 1988).

Na literatura científica são relatados vários casos de intoxicação de bovinos por exposição ambiental ou ingestão de ração contaminada com chumbo e cádmio (MURTA *et al.*, 1993). Sharma *et al.* (1982) observaram que a ingestão, pelos animais, de quantidades maiores que 500 mg de Pb por dia ocasionou aumento nos níveis de Pb no leite, atingindo valores de cerca de 0,06 mg L⁻¹. Para o Cd, a ingestão diária de 40 mg não proporcionou elevação nos níveis desse metal no leite.

Do ponto de vista toxicológico, o Pb é a causa mais comum de intoxicação em bovinos, normalmente associada à ingestão de alimentos contaminados. O Pb pode se acumular nos tecidos dos animais e ser eliminado pelo leite, o que de acordo com estudos realizados por Radostits *et al.*; 2000, representa sérios riscos à saúde pública.

Church e Pond (1977) destacam que o Cd é perigoso para a saúde pública por causar problemas de esterilidade, lesões nos rins, nos testículos, e anemia. O Cd também é considerado um elemento químico de alta toxicidade, causa severas alterações patológicas como disfunção renal, tumor e necrose testicular, arteriosclerose, lesões no sistema nervoso central e inibição de crescimento em seres humanos e animais (ANDRIGUETO *et al.*, 1990).

Além disso, o Cd foi responsável por problemas renais em pacientes humanos, induzindo osteomalácia pela atrofia no túbulo proximal com alterações na reabsorção de fósforo. O Cd ainda se acumula no leite, ovos e carne, sendo que sua concentração nos tecidos é proporcional a sua ingestão (SHIRLEY, 1985).

A atividade de pecuária leiteira polui o meio ambiente com elementos químicos que são utilizados na alimentação dos animais de produção e excretados no ambiente (ANDRIGUETO; MARÇAL, 2000). Em todas as propriedades produtoras de leite que foram pesquisadas nos municípios de Morrinhos, Piracanjuba, Itumbiara e Goiatuba, foi observado o fornecimento diário de elementos metálicos para os animais de produção via sal mineral. As misturas minerais são compradas prontas para uso, diretamente das lojas mantidas pelas cooperativas dos produtores rurais de cada município.

Outro fator agravante é que em todas as propriedades produtoras de leite pesquisadas estão localizadas muito próximas das grandes áreas de cultivo de soja e cana de açúcar, sobre as quais todos os anos é jogado um grande volume de corretivos, fertilizantes e agrotóxicos em todas as etapas de produção.

De acordo com Almeida e Silva (1973), diversas pesquisas demonstram que os mais altos níveis de contaminação do solo, água, flora e fauna são observados em áreas de monocultura, local em que ocorre uso intensivo de fertilizantes nos solos e de agrotóxicos via aplicação direta e pulverização aérea. Segundo os mesmos pesquisadores, o problema tende a se agravar em decorrência da diversificação e intensificação de culturas vegetais, de permeio com sistemas de produção animal. Note-se que há quase 40 anos atrás, pesquisadores já alertavam para o risco da poluição ambiental gerar graves problemas ambientais decorrentes do cultivo intensificado de algumas culturas. Atualmente na Região Sul de Goiás, o sistema de produção vegetal é quase que totalmente baseado na monocultura intensiva.

Os pesticidas aplicados em lavouras, terrenos ou em processos de reflorestamento ligam-se aos sedimentos do solo e sofrem ação de lixiviação e contaminação de águas, volatilização e contaminação do ar ou são absorvidos por microorganismos vegetais ou animais (RODRIGUES, 1997).

Em geral os lençóis freáticos apresentam riscos moderados de contaminação, porém as cargas variam dependendo das contaminações locais (temperatura, acidez, salinidade, etc.) (WHO, 1989). Maiores riscos estão associados ao uso intensivo de agrotóxicos principalmente em áreas de monoculturas (RODRIGUES, 1997).

Considerando os efeitos que causam ao ambiente e à saúde humana, Carvalho; Schlittler; Tornisielo (2000), demonstraram que:

A intensidade do uso de pesticidas requer o conhecimento de suas principais propriedades físicas e químicas para prever interações com o solo e a possibilidade de contaminação e transporte, quando dissolvidos em água ou associados aos sedimentos. A necessidade da avaliação do risco de contaminação deve-se ao considerável suprimento de água que a agricultura e pecuária exigem, o que conduz ao desenvolvimento dessas atividades próximo a rios e lagos.

Dentre as conseqüências indesejáveis do uso de pesticidas podem ser elencadas a presença de resíduos no solo, na água, no ar e nos tecidos vegetais e animais (DORES; LAMONICA-FREIRE, 1999). Nessa mesma linha de pensamento, Olival e Peixoto (2004), afirmam que o leite também pode veicular pesticidas, metais pesados, desinfetantes, toxinas e drogas diversas.

Silva e Fay (2004), afirmaram que a biota possui três vias de exposição aos agrotóxicos no ambiente: via ingestão de alimentos ou água; via respiração; e via contato direto com a pele ou exoesqueleto. A exposição de um organismo ao agrotóxico pode ocorrer através de uma aplicação do composto para controle de pragas em áreas agrícolas, ou pode ser pela exposição indireta, quando o organismo está exposto a baixos níveis de resíduos remanescentes de uma aplicação que atingiu áreas não alvo.

Uma vez no solo, para Silva e Fay (2004), o agrotóxico pode ter diferentes destinos: ser adsorvido às partículas do solo, permanecer dissolvido na água presente no solo, volatilizar-se, ser absorvido pelas raízes das plantas ou por organismos vivos, ser percolado ou carregado pelas águas das chuvas, ou sofrer decomposição química ou biológica. A mobilização do agrotóxico a partir do solo poderá ocorrer pelo carregamento pelas águas das chuvas, por erosão, lixiviação ou volatilização. O processo de volatilização é uma das principais formas de dispersão dos agrotóxicos no ambiente, onde através dos ventos podem chegar as áreas não alvo uma vez que atingem as plantas e retornam ao solo e as águas pelas chuvas (SANCHES *et al.*, 2003).

1.6 FONTES ANTROPOGÊNICAS DE POLUENTES DO SOLO E DA ÁGUA

Conforme apresentado, na Figura 1, várias são as fontes poluidoras dos solos. Entretanto, uma vez presentes nos solos, tais poluentes também podem atingir as águas. Quando ocorre a erosão, os poluentes podem ser transportados junto as partículas dos solos, contaminando assim as águas superficiais. Porém, quando aplicados à superfície ou incorporados aos solos, estão também sujeitos a lixiviação através do perfil do solo, contribuindo para a contaminação das águas subterrâneas.

1.6.1 Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água

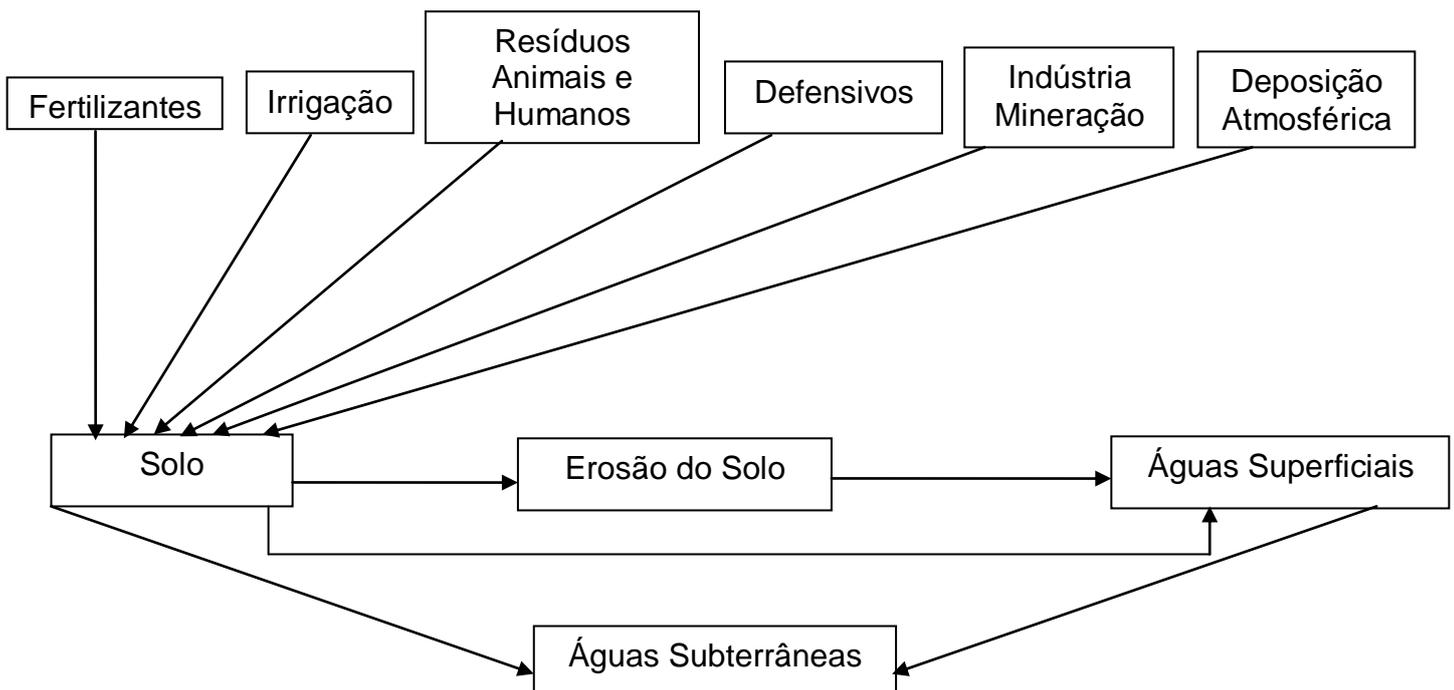


Figura 1 – Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água.
 Fonte: MATOS. Antônio Teixeira. **Poluição ambiental: impactos no meio físico.** Viçosa, MG : Ed. UFV, 2010. p.17.

Poluição pode ser considerada a liberação de elementos, radiações, vibrações, ruídos e substâncias ou elementos contaminantes em um ambiente prejudicando os ecossistemas e os seres humanos. Ao longo da história do

desenvolvimento da humanidade, a poluição ambiental tem sido um fator que acompanhou o progresso da civilização. A poluição ambiental está associada a capacidade da espécie humana em modificar o ambiente que o cerca para extração de recursos para sua sobrevivência e seu proveito. A extração e o processamento de recursos naturais provocam alterações ambientais e as conseqüências mais nocivas são a contaminação do solo, água e ar. A contaminação destes três elementos está associada com o aumento da incidência de doenças crônicas e congênitas (GENIUS, 2006).

1.6.2 Caracterização e toxicidade do Cd

A deposição atmosférica e o material de origem são fontes naturais de Cd em solos, o qual é encontrado na natureza associado ao Zn e ao Pb (ADRIANO, 1966). Quando presente acima dos valores naturalmente encontrado na natureza é altamente poluente para o meio ambiente e muito tóxico para as plantas e os animais, incluindo o homem (LABUSKA *et al.*, 2003).

O Cd pode mudar de forma química, mas o metal Cd não desaparece do ambiente. Compostos de Cd são frequentemente encontrados aderidos em pequenas partículas presentes no ar. Os sedimentos e rochas contêm normalmente pequenas quantidades de cádmio, entretanto, em combustíveis fósseis e fertilizantes esses valores aumentam (ATSDR, 1999).

Dentre os metais tóxicos o Cd tem sido pesquisado por se encontrar naturalmente em rochas fosfóricas, utilizadas na fabricação de fertilizantes e suplementos minerais, constituindo-se, assim, em importante fonte de contaminação ambiental (GREENE, 1980). O uso elevado de insumos agropecuários químicos e a poluição ambiental também favorecem o aparecimento de metais tóxicos no leite de animais de produção (MTDA, 1980).

Em 2001, o cádmio foi o 7º classificado na lista de “substâncias mais perigosas” da *Comprehensive Enviromental Response, Compensation, and Liability Act* (CERCLA), juntamente com *Enviromental Protection Agency* (EPA) e *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR), onde as substâncias são

classificadas de acordo com sua toxicidade, potencial de risco à saúde e exposição destes aos organismos vivos.

De acordo com Matos (2010), os fosfatos naturais apresentam associações químicas com Zn, Cd, e Pb, podendo constituir importante fonte de poluição do solo com esses metais.

Mesmo que as concentrações de Cd nos solos não alcancem valores preocupantes, esse metal pode permanecer em forma parcialmente biodisponível por muitos anos, sendo sua meia vida estimada de 15 a 1.100 anos (ALLOWAY, 1990). O Cd em ambientes aquáticos tem maior mobilidade do que a maioria dos outros metais. É também biocumulativo e persistente no meio ambiente (LABUSKA et al, 2000).

O Cd é facilmente disponível para a ingestão em grãos, especialmente o arroz e vegetais, havendo ainda associação clara entre a concentração de Cd no solo e as plantas que crescem naquele solo (LABUSKA *et al.*, 2000). Segundo estes mesmos autores, a absorção do Cd do solo por culturas alimentares pode resultar em altos níveis deste elemento nos animais de produção, podendo chegar ao homem.

A presença de metais tóxicos nos alimentos varia amplamente em função de vários fatores associados a condições ambientais, as práticas tecnológicas e ao uso indiscriminado de produtos químicos nas culturas e na produção animal, levando ao aparecimento de metais tóxicos nos alimentos, a exemplo do Cd (FLYNN, 1992).

Os itens qualidade e preço representam uma permanente preocupação entre médicos veterinários, zootecnistas e técnicos que trabalham na área de saúde e produção animal. Contudo, existe a possibilidade de ter no mercado formulações minerais contaminadas por metais tóxicos. Essa suspeita, aliada ao fato de que o Ministério da Agricultura através da Portaria SRD n° 20 de 06/07/1997, liberou o uso de fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatados de rochas, corroboram a necessidade de avaliar rotineiramente as formulações minerais destinadas ao consumo animal em todo o país.

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Suplementos Minerais (ASBRAM), atualmente suas 66 empresas associadas, juntas produzem cerca de 80% de suplementos minerais destinados a pecuária brasileira, totalizando mais de 1,5 milhões de toneladas. De acordo com a ASBRAM, as empresas associadas possuem controle de qualidade da matéria prima e das misturas fabricadas e comercializadas. Quanto aos outros 20% de suplementos minerais

existentes no mercado não se pode garantir sua qualidade, muito menos se são isentos de elementos químicos tóxicos (BARUSELLI, 2010).

O Cd e o Pb são considerados por muitos pesquisadores como elementos químicos inorgânicos de maior risco à saúde dos animais de produção, principalmente os bovinos (ANDRIGUETO *et al.*, 1990; ALLEN, 1992; VILLEGAS-NAVARRO, 1993; MARÇAL *et al.*, 1999; MARÇAL *et al.*, 2001; MARÇAL *et al.*, 2003).

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 a sua ingestão pelo gado, via água ou ração (JARRET, 1979).

Alguns metais pesados, mesmo em baixas concentrações, desempenham conforme citado por Catalã; Montoro; Ibanez (1993), funções biológicas essenciais ao homem. Outros metais como Cd e Pb, ao contrário, trazem graves problemas, pela sua comprovada toxicidade para o organismo humano. A fonte mais importante de ingestão destes metais tóxicos são os alimentos contaminados (OMS, 1998).

Relativamente grandes quantidades de Cd são encontradas em grãos, fertilizantes fosfatados e água conduzida por canos galvanizados ou de polietileno preto (UNDERWOOD, 1971). Revisão feita por Anderson (1992), apresentou dados com indícios de que os níveis de Cd em forragens são inversamente proporcionais as distâncias das rodovias.

Sendo um elemento químico tóxico cumulativo, o Cd deposita-se nos tecidos do corpo, e em casos agudos são identificáveis como Cadmiose (OSSANAI, 1979; OMS, 1998). Pesquisas recentes associam o cádmio à hipertensão, câncer de próstata e supressão da função testicular, ruptura de sistemas enzimáticos complexos (Adamis *et al.*, 2003), além de estar associado a distúrbios como puberdade precoce.

O Cd encontra-se presente em vários tipos de alimentos, tais como leite e derivados, carne bovina, milho, trigo, peixes, frutos do mar, frutas, batatas, legumes, podem conter quantidades que variam entre 0,05-5,4 mg/kg⁻¹ de Cd, sendo que a maior fonte de Cd via alimentos encontra-se nos cereais em grãos (SALADO; PRADO FILHO, 1987).

Yamagata e Shigmatsu (1970 *apud* Ossanai, 1979), demonstraram que alimentos de cultura de solos poluídos com Cd podem acumular quantidades suficientes de Cd para ser perigoso ao homem que consome estes alimentos.

A alimentação é por tanto a principal fonte de contaminação, cerca de 70% da exposição ocorre via oral (TYLER, 1990). Esta contaminação pode ocorrer pelo uso de águas contaminadas na irrigação ou pelo solo contaminado (MÍDIO; MARTINS, 2000; JARUP *et al.*, 1998).

Na literatura consta que estudos realizados em vários países, demonstraram a possibilidade de contaminação de formulações minerais com presença de metais pesados, chegarem até a cadeia trófica alimentar atingindo os bovinos e, por conseguinte, o homem através do consumo de leite, carne e seus derivados, o que representa potencial risco a saúde pública (ANDRIGUETTO *et al.*, 1990, ALLEN, 1992; JUNQUEIRA, 1993; CAMPOS NETO, 1996; MARÇAL *et al.*, 2001).

Segundo Shirley (1985), o Cd é um metal de alto potencial tóxico, que se acumula nos organismos de várias espécies animais, o que possibilita a sua entrada na cadeia alimentar, podendo chegar ao homem. O Cd se acumula no leite, ovos e carne, sendo que sua concentração nos tecidos é proporcional a sua ingestão. Church e Pond (1977), destacam que o Cd é perigoso para a saúde pública por causar problemas de esterilidade, disfunção renal e testiculares, hipertensão, arterosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos, câncer e anemia.

Kessels *et al.* (1990), afirmaram que o Cd pode afetar a absorção do Fe no organismo, pois detectaram níveis baixos de hemoglobina e volume celular em bovinos de áreas contaminadas.

O Cd é excretado de forma lenta, principalmente pela via urinária (Ammerman *et al.*, 1977). Este elemento também estimula a síntese hepática e renal de metalotioneína. Assim, quando o Cd está em excesso, uma grande quantidade de metaloproteína combina-se com o Zn e o Cu, provocando a deficiência destes elementos. Este mecanismo explica o antagonismo destes metais (FOX, 1987). O aumento na ingestão de Cd pode levar a carência de Zn pela substituição no sítio funcional do carreador (FOX, 1987).

Malavolta (1994), relata que nos produtos vegetais também pode ocorrer contaminação pelo Cd, originário das mais variadas fontes do meio ambiente. Este autor sugere que o consumo médio desses produtos contaminados pode estar excedendo o limite máximo permitido pela Organização Mundial de Saúde e assegura que a fonte de contaminação é o solo que transfere os metais para as plantas.

Amodio *et al.*, (1987) estudaram as concentrações de Cd em leite *in natura* de vacas criadas na região da Campania, Itália, encontrando um teor médio de 0,021 mg/ L.

A vida média do Cd no organismo é de aproximadamente 10 anos a 30 anos, e com exposição constante a concentração do metal nos tecidos tende a aumentar (KLASEN, 1995). O Cd segundo afirmações de Zanini e Oga (1995), possui meia vida biológica prolongada sendo, portanto, considerado um metal tóxico e ambientalmente poluente, com elevada propensão para acumular nos organismos vivos.

1.6.3 Caracterização e toxicidade do Pb

O Pb está presente na atmosfera, porém retorna ao solo, água e plantas como partículas de tamanhos variados (AMMERMAN *et al.*, 1977). Normalmente está combinado com dois ou mais elementos químicos formando compostos de Pb (ATSDR, 2005). Sua ocorrência natural geralmente é em rochas magmáticas. As maiores emissões naturais ocorrem através das atividades vulcânicas, intemperismo geoquímico e névoas aquáticas (WHO, 1995; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

O Pb é considerado por muitos pesquisadores o metal pesado de maior risco à saúde dos animais de produção, principalmente os bovinos (ANDRIGUETO *et al.*, 1990; ALLEN, 1992; VILLEGAS-NAVARRO, 1993; MARÇAL *et al.*, 1999; MARÇAL *et al.*, 2001; MARÇAL *et al.*, 2003).

Alguns metais tóxicos, mesmo em baixas concentrações, desempenham conforme citado por Catalã; Montoro; Ibanez (1993), funções biológicas essenciais ao homem. Outros metais ao contrário, como o Pb, por exemplo, trazem graves problemas pela sua comprovada toxicidade para o organismo humano.

O Pb é um metal tóxico de efeito cumulativo e largamente encontrado na natureza (CARL, 1991). Este metal tende a cumular-se nos tecidos do homem (OSSANAI, 1979). Os efeitos tóxicos envolvem vários órgãos e são as conseqüências de uma variedade de efeitos bioquímicos (NRIAGE *et al.*, 1984 *apud* OMS 1998). Sua presença no organismo humano pode ser prejudicial à saúde podendo levar a morte.

A contaminação ambiental por Pb provém de produtos manufaturados, onde o metal está presente em determinadas matérias primas que são utilizadas em misturas de suplementos minerais pecuários, além de ser encontrado também como substância contaminante de pastagens naturais para bovinos, o que leva a ingestão pelos bovinos, inclusive animais em lactação (MARÇAL, 2006). Segundo Marçal *et al.* (1999), suplementos minerais com baixo controle de qualidade por parte dos fabricantes podem conter Pb suficiente para provocar alterações clínicas relevantes em bovinos.

O Pb está presente na atmosfera, porém retorna ao solo, água e plantas como partículas de tamanhos variados (AMMERMAN *et al.*, 1977). Foi avaliado o teor de Pb em 45 solos do Cerrado, e o valor médio encontrado foi de 10g Kg^{-1} (MARQUES, 2002). Pode ocorrer a contaminação de águas subterrâneas por este elemento através de erosões do solo (MELO *et al.*, 2002).

De acordo com Raij (1991), o metal Pb é encontrado principalmente no chumbotetraetila que é adicionado na gasolina, mas também está presente nos defensivos agrícolas, nos adubos fosfatados e nos minerais que contenham este elemento químico.

Quando o Pb é lançado no meio ambiente, ele tem um longo tempo de residência comparado à maioria dos outros metais poluentes. Como resultado, ele tende a se acumular em solos e sedimentos, onde, devido a baixa solubilidade, pode permanecer acessível à cadeia alimentar e ao metabolismo humano por muito tempo. Plantas e animais podem acumular Pb a partir da água, dos solos e sedimentos (LABUSKA, 2000).

O organismo dos animais de produção pode acumular Pb em larga escala, uma vez que esse metal está presente praticamente em todos os componentes do meio ambiente e nos alimentos (JARRET, 1999).

O leite *in natura* pode ser contaminado por Pb de várias maneiras: ingestão pelos animais em lactação de suplementação mineral e rações contaminadas; ingestão de pastagens contaminadas com partículas de poeira contendo Pb proveniente de processos industriais, mineração e descarga de automóveis; água contaminada; emprego de defensivos agrícolas; fertilizantes fosfatados; suplementos minerais fosfatados e outros, a exemplo do óxido de zinco, óxido de magnésio, óxido de ferro, óxido de manganês, calcário dolomítico (agrícola) o qual é muito insolúvel,

bem como vários outros suplementos insolúveis e ricos em impurezas a exemplo dos fosfatos de rocha e óxido de zinco (SHARIATPANAH; ANDERSON, 1996).

O leite é pode ser uma fonte significativa de Pb para mamíferos jovens, incluindo a espécie humana em todas suas fases de vida. Este metal pesado possui a capacidade de se ligar as micelas da caseína em leites *in natura* ou congelados (BEACH; HENNING, 1988).

Há indícios dos efeitos nocivos de Pb sobre o desenvolvimento intelectual das crianças (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2005). O Pb se acumula pouco no cérebro, contudo causa danos ao sistema nervoso central, levando a encefalopatia e neuropatia, especialmente em crianças (BARKER; AMMERMAN, 1995). Segundo Fox (1987), crianças e lactentes apresentam alto risco de intoxicação devido aos elevados níveis de absorção de 46% para essa faixa etária em comparação a 15% para adultos.

A presença de Pb no organismo poderá interagir a deslocar minerais básicos como Ca, Fe, Cu, Zn e Mg nos processos enzimáticos. As conseqüências são especialmente graves para a química cerebral e do sistema nervoso. Além disso, compete com o Ca depositando-se nos ossos e sendo um imunodepressor, reduz a resistência ao ataque de bactérias e vírus (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2005).

O Pb é uma das mais freqüentes causas de envenenamento de animais de produção, especialmente os da espécie bovina. É possível que ocorram muito mais casos de intoxicação por Pb do que os casos atualmente diagnosticados (AMMERMAN, 1997). Segundo Ammerman (1997), as perdas anuais de bovinos por intoxicação por Pb é elevada na Inglaterra.

A exposição dos bovinos de produção ao Pb, dentre outros fatores, advém dos alimentos e suplementos minerais provenientes de matérias primas contaminadas, as quais são utilizadas em misturas minerais e na fabricação de rações e concentrados destinados a alimentação de ruminantes, água contaminada com Pb, dentre outros (UNDERWOOD, 1991).

A natural curiosidade e o hábito de provar, aliado a depravação de apetite, devido a um desequilíbrio nutricional em elementos minerais essenciais, principalmente da carência de P em bovinos, fazem de alguns dos materiais que contém Pb, uma das importantes fontes de intoxicação. A principal fonte de intoxicação aguda para animais de produção, em especial os bovinos, deriva de

depósitos de placas de baterias, linóleo, asfalto, gasolina queimada, óleo de motores, recipientes de alimentos, tintas, inseticidas, motores velhos abandonados nas propriedades rurais e resíduos de alimentos provenientes das áreas urbanas industrializadas (AMMERMAN *et al.*, 1997).

Poluição de pastagens, água e solo com Pb, poderão ocorrer nas proximidades de fundições de placas e fábricas de baterias, inclusive com frequência em algumas regiões do Brasil e no estado de Goiás (GONÇALVES, 1999). O conteúdo de Pb em plantas de áreas de minas é muito variável, dependendo da proximidade das minas e fábricas, fundições e rota dos caminhões, em média é de 280 ppm. A medida que se distancia da rota, teoricamente esses teores vão caindo gradativamente (LIMA *et al.*, 1995).

Em seres humanos, o Pb dos alimentos é absorvido gradativamente e depositado nos tecidos. O Pb absorvido entra na corrente sanguínea chegando aos ossos e tecidos moles, inclusive rins e fígado, dos quais é gradualmente excretado, via bile no intestino delgado, sendo então eliminado pelas fezes. Uma pequena parte fica retida nos tecidos, sendo responsável pelos sintomas de intoxicação. O Pb tem grande afinidade pelos ossos e tecidos moles, fazendo com que o metal venha a competir com outros elementos químicos essenciais ao organismo, diminuindo a ação dos mesmos em nível desses tecidos, tendo como consequência a desmineralização e fragilidade óssea. Essa ação antagônica afeta principalmente os elementos Zn, Cu e Fe, uma vez que participam de importantes mecanismos enzimáticos e por possuir a mesma valência em nível de eletrosfera (BRUHN; FRANKE, 1997).

O Pb tem grande afinidade pelos ossos e níveis de 5mg/kg a 20mg/Kg, têm sido reportados em caso de fragilidade óssea desenvolvida nos bovinos, especialmente em vacas em lactação (UNDERWOOD, 1991).

A ingestão de pequenas doses tem efeito cumulativo, produzindo também toxidez. O consumo diário de aproximadamente 6mg/Kg a 7mg/Kg de peso vivo pode causar toxidez em bovinos no médio prazo. No homem, o Pb dos alimentos é pouco absorvido, algo em torno de 10%. Todavia, o processo se agrava com o efeito cumulativo no organismo, principalmente no fígado, rins e ossos. (UNDERWOOD, 1991).

De acordo com Aranha *et al.*, (1994) resíduos de metais pesados em órgãos de animais de produção, especificamente fígado e rins procedentes de Frigoríficos

sob Inspeção Federal, apresentam resultados residuais superiores aos eliminados pelo leite, especialmente para Pb e Cd. Acredita-se que o Pb armazena-se nos órgãos, sendo uma pequena parte lançada na corrente sanguínea que, posteriormente, é eliminada pelo leite em concentrações inferiores a 5 ou 6 vezes menores àquelas acumuladas nos órgãos dos bovinos (GONÇALVES, 1999).

1.6.4 Caracterização e toxicidade do Zn

O Zn é encontrado nas rochas da crosta terrestre em concentrações variáveis nos basaltos, granitos, riolitos, xistos, argilitos, arenitos e calcários (MALAVOLTA, 1994). As principais fontes antropogênicas de Zn para o solo são atividades de mineração, galvanização, uso de fertilizantes, uso de resíduos e subprodutos industriais e uso de lodo de esgoto como adubo (MELO *et al.*, 2004).

Kiekens, (1990), afirma que os fertilizantes minerais e orgânicos, bem como os corretivos do solo contêm Zn, frequentemente como impurezas. Gimeno-Garcia; Andreu e Boluda, em 1996, pesquisaram a ocorrência de metais pesados, como impurezas de fertilizantes e pesticidas ministrados aos solos agrícolas, tendo encontrado que as condições mais significativas foram Zn e Pb dentre outros.

Os metais pesados também fazem parte da fórmula estrutural de vários agrotóxicos, sendo que o uso de sais de Zn, artefatos de Pb e compostos de metais inorgânicos tem elevado os níveis de contaminação do solo com esses elementos químicos tóxicos (TILLER, 1989). Dentre todos os elementos metálicos conhecidos, 22 entram na composição dos agrotóxicos comercializados, dentre eles o Zn, Pb, BARBOSA 2004).

Frank; Ishida e Suda, em 1976, estudaram a contaminação com metais pesados em 296 campos agrícolas que utilizaram agrotóxicos e descobriram elevados teores de Zn e Pb. Alguns pesticidas, segundo Kiekens (1990), contêm Zn em concentrações de até 25%, o que pode fazer com que haja um aumento nas concentrações desse elemento metálico no solo. Para Tavares; Carvalho, (1992); Egreja Filho, (1993), as fontes mais comuns de metais tóxicos no ambiente são fertilizantes, pesticidas, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, mineração, fundição, refinamento e incineração de resíduos urbanos e industriais.

De acordo com Flynn (1992), os valores de metais pesados presentes nos alimentos podem variar muito em função de diversos fatores ligados as condições ambientais, uso de determinadas tecnologias e o uso indiscriminado de produtos químicos nas culturas e na produção animal, fazendo com que ocorra a contaminação dos alimentos com metais pesado, a exemplo do Zn, Cd e Pb, dentre outros.

O Zn é um elemento essencial para o homem, atuando no processo de divisão celular e intervindo em várias reações do metabolismo energético no corpo humano (Paganini *et al.* 2004), auxiliando na prevenção de doenças gastrintestinais e de outros sistemas metabólicos (ATSDR, 2005). Entretanto, muito embora o Zn seja um elemento químico essencial aos organismos vivos, a exposição excessiva a este mineral pode trazer efeitos nocivos aos seres vivos (OLIVEIRA, 1999).

De acordo com Azevedo e Chasin (2003), o Zn é necessário em nível traço, podendo ocorrer casos de intoxicação, seja por ingestão de alimentos, por bebidas contaminadas, poeiras e fumaças com altos níveis de Zn e seus sais ou mesmo em contato com a pele.

A princípio, o Zn, é considerado não tóxico se ingerido oralmente. Entretanto, quando em excesso (acima de 11 mg/dia), ocorrem efeitos adversos que incluem náuseas, vômitos, anemia, distúrbios no pâncreas, decréscimo do HDL (lipoproteína de baixa densidade = colesterol bom). Sua carência (níveis abaixo de 0,3 mg/dia), por outro lado, causa perda de apetite, diminuição no sentido do paladar e olfato, diminuição da função imunológica, surgimento de lesões na pele, retardo no crescimento e distúrbios no desenvolvimento dos órgãos sexuais (WHO, 1996).

A ingestão diária máxima permitida pela United States Food and Drug Administration (USFDA) para zinco é de 11 mg/dia para homem e 9 mg/dia para mulher. No caso de mulheres gestantes esse valor pode ser maior, devido ao aumento do metabolismo e das necessidades nutricionais (ATSDR, 2005). Diferentes valores são recomendados pelo RDA (1989): 10 mg/dia para crianças; 15mg/dia para adultos do sexo masculino; 12mg para adultos do sexo feminino. Gestantes devem ingerir 15mg/dia e nutrízes 19mg/dia durante o primeiro mês de lactação e 16mg/dia durante o segundo mês.

As principais fontes de Zn para o ser humano são os derivados de leite (Underwood, 1991). No mundo ocidental, os derivados de leite contribuem como uma faixa de 19 a 31% do Zn total ingerido por adultos (Tolen, 1995). Para os

animais de produção, as fontes de Zn mais importantes são os suplementos minerais e as pastagens. A concentração média de Zn em leite de vaca *in natura* encontrada por Pennington; Johnson (1995), foi de 3,5 a 3,8 mg L⁻¹. Murthy e Rhea (1995), encontraram uma concentração de 2,3 a 5,1 mg L⁻¹, com média de 3,28 mg L⁻¹, enquanto que Koops *et al.* (1986), encontraram concentração de 4,02 mg L⁻¹, em média.

A intoxicação por Zn inclui sintomas como emese, anorexia, diminuição de concentração tissular de Fe, Cu e Mn, artrite, hemorragia interna, desmineralização óssea, com diminuição da concentração de Cálcio e desequilíbrio no metabolismo do Cobre GOMES, 2002). Segundo O'Dell, 1984), outro elemento metálico que também é antagonista ao Zn é o Pb.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A região Hidrográfica do rio Paraná esta situada na porção centro-sul do Estado, ocupando 141.350,03 Km² é representada em Goiás pelos afluentes da margem direita do rio Paranaíba, dentre os quais destacam-se os rios Corumbá, Meia Ponte, dos Bois, Claro e Aporé (SEPLAN, 2009).

A pesquisa de campo foi realizada na região onde geograficamente está localizada a maior bacia leiteira goiana (ANUALPEC, 2009). Conforme apresentada na Figura 2, essa região está compreendida entre a margem esquerda da bacia do rio Meia Ponte (Leste), a margem direita da bacia do rio Piracanjuba (Oeste) e a bacia do ribeirão Santa Maria (Sul), alto da bacia do rio Paraná em Goiás, Brasil Central.

A referida bacia hidrográfica, segundo dados do IBGE de 2009, é a mais densamente povoada de Goiás, com uma população próxima de 3,5 milhões de habitantes e a maior demanda hídrica estadual, gerando grande pressão sobre os seus recursos naturais, principalmente os hídricos. Os principais afluentes da região hidrográfica do rio Paraná em Goiás são: rio Corumbá, rio Meia Ponte, rio Piracanjuba, rio dos Bois, rio Turvo, rio Verdão, rio São Marcos, rio Claro, rio Verde, rio Aporé e rio Corrente.

As 27 (vinte e sete) propriedades onde foram coletadas as amostras de leite *in natura* estão distribuídas em 04 (quatro) municípios, elencados em ordem decrescente de acordo com o número de propriedades participantes da pesquisa: Morrinhos 12 (doze); Piracanjuba 07 (sete); Itumbiara 06 (seis) e Goiatuba 02 (duas).

Inicialmente foram visitadas 29 (vinte e nove) propriedades rurais, caracterizadas como de agricultura familiar.

Em cada propriedade rural visitada, foi realizado um questionário de campo, objetivando levantar dados a respeito de: informações gerais sobre as famílias; composição da família ao chegar à propriedade; situação atual na composição do grupo familiar; tipo de habitação existente na propriedade; área da propriedade;

histórico do uso da água na propriedade; histórico da área de pastagem; composição genética do rebanho; tamanho do rebanho; insumos agropecuários utilizados no trato com o rebanho; manejo sanitário do rebanho; equipamentos e máquinas existentes na propriedade; informações gerais do sistema de produção; existência de assistência técnica; políticas públicas; relações da família fora da propriedade; futuro da família na propriedade rural.

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Posteriormente, 27 (vinte e sete) propriedades participantes do projeto foram novamente visitadas, sendo que em cada uma delas foi de forma aleatória, coletado um pool de amostras de leite *in natura* em parte do rebanho que se encontrava em lactação.

O leite *in natura* analisado foi coletado em ordenha manual e individual, sendo que as tetas dos animais foram higienizadas antes da coleta. As amostras de leite foram coletadas em vidros de cor âmbar com tampa de silicone e tampa de baquelita. Todas as vidrarias foram previamente lavadas no laboratório de Química da PUC – Goiás, com água e detergente, após foram descontaminadas utilizando uma solução de HNO₃ a 20% em água, e posteriormente foram enxaguadas com água destilada e secas em estufa.

Foi coletada a quantidade de 50 ml de cada animal escolhido aleatoriamente dentro do rebanho em lactação. Todas as amostras coletadas foram devidamente identificadas com etiquetas brancas e colocadas em saquinhos plásticos duplos para não danificar as etiquetas, evitando assim erros de leitura. As amostras foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo triturado e encaminhadas ao laboratório de Química da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), onde foram congeladas a - 18°C para posterior análise.

2.3 PRÉ- TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

O pré-tratamento das amostras foi realizado no Laboratório de Química da PUC – GO. As amostras de cada uma das propriedades foram descongeladas em temperatura ambiente e homogeneizadas, gerando uma amostra por propriedade. Com esta marcha analítica, obteve-se 100 ml de amostra para cada uma das 27 (vinte e sete) propriedades pesquisadas. Cada amostra foi acondicionada em um vidro de cor âmbar previamente esterilizado e devidamente identificado com etiqueta branca, colocado em saquinhos duplos de plástico e novamente as amostras foram congeladas a -18°C. Foram feitas duplicatas de todas as amostras, as quais também foram devidamente identificadas.

2.4 ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE-PR), *campus* Marechal Cândido Rondon para as devidas análises químicas.

Para determinação dos metais Cu, Zn, Mn, Fe, Al, Cr, Cd e Pb, efetuaram-se digestões totais das amostras, utilizando-se o método nitro-peróxido (AOCAC, 1990) e, em seguida, a determinação pelo Método espectrometria de absorção atômica modalidade chama (EAA-Chama), utilizando curvas com padrões certificados para todos os metais de acordo com a metodologia proposta por Welz (1985).

2.5 PONTOS DE COLETA

O mapa abaixo ilustra a localização das propriedades amostradas na Região Sul de Goiás, situadas próximas aos rios Meia Ponte, Piracanjuba e ribeirão Santa Maria, alto da Bacia do rio Paraná.

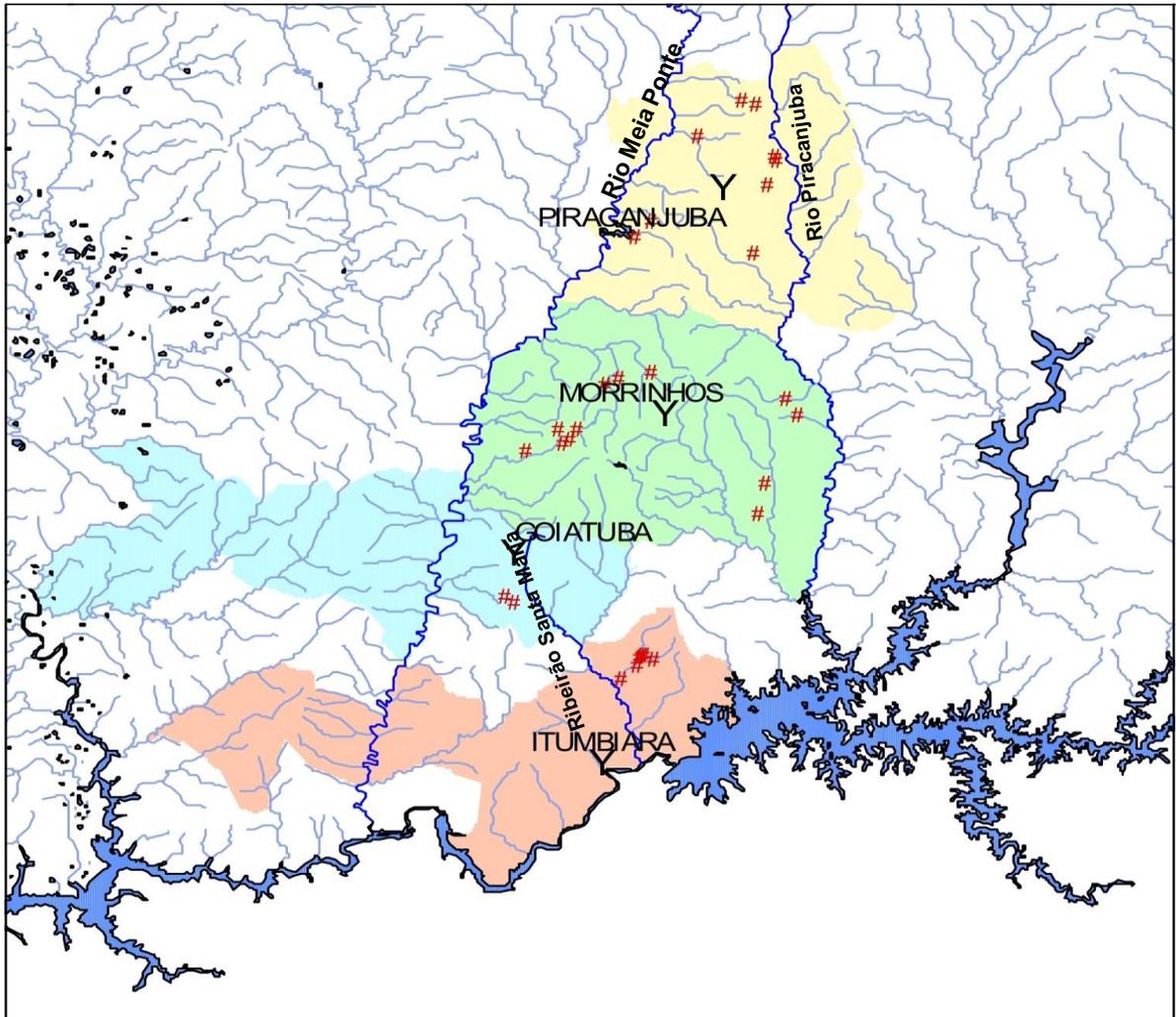


Figura 2: Distribuição no espaço geográfico das propriedades onde o leite *in natura* de bovinos foi coletado.

Fonte: Adaptado do Google pela autora.

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises foram realizadas pelo programa *Instat* (2006) e as médias comparadas por meio do Teste Tukey ($p < 0,05$).

Os coeficientes de variação (%) foram calculados através da seguinte fórmula:

$$CV = \frac{DP}{\bar{X}} \times 100$$

Sendo:

CV= Coeficiente de variação (%);
DP= Desvio Padrão;
 \bar{X} = Média de um conjunto de valores amostrais.

2.7 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

Todas as amostras de leite *in natura* foram analisadas em duplicatas, calculando-se a média e os resultados expressos em mg L⁻¹. Os metais foram determinados pelo Método espectrometria de absorção atômica modalidade chama (EAA - Chama).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 METAIS

Os metais Cu, Mn, Fe, Cr e Al não foram detectados nas amostras de leite *in natura* analisadas pelo método utilizado.

3.1.1 Zn

Na Tabela 7, são apresentados os teores médios de Zn, obtidos de duas determinações em leite *in natura* de vacas nas regiões pesquisadas.

Tabela 7. Valores médios (mg L^{-1}) da concentração de Zn no leite de bovinos.

Região	Amostra	Zn (mg L^{-1})
Morrinhos (A)	01	9,00
	02	4,00
	03	4,50
	04	5,50
	05	4,50
	06	3,50
	07	6,50
	08	4,50
	09	4,50
	10	2,50
	11	3,50
	12	7,50
Itumbiara (B)	01	3,50
	02	3,00
	03	3,50
	04	2,50
	05	3,50
	06	3,50
Piracanjuba (C)	01	4,50
	02	2,00
	03	1,50
	05	4,00
	06	5,50
Goiatuba (D)	07	1,00
	01	5,00
	02	2,00

Todas as propriedades analisadas apresentaram valores inferiores aos estabelecidos pela legislação brasileira vigente (50,00 mg L⁻¹), pelo Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965, anexo. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Os valores médios dos teores de Zn determinados em leite *in natura* das diferentes regiões amostradas, variaram de 1,00 mg L⁻¹ (região C, amostra 07) a 9,00 mg L⁻¹ (região A, amostra 01). Os valores estão em conformidade com os encontrados na literatura. Contudo, esses teores ainda estão abaixo do requerimento necessário diário para a manutenção do organismo humano em perfeito funcionamento, que segundo estudos realizados por Tolonen (1995), Dutra – de Oliveira e Marchini (1998), variam de acordo com o desenvolvimento do organismo e sexo (crianças até 1 ano 4,00 mg/dia; crianças de 1 a 10 anos 10,00 mg/dia; mulheres 11 mg/dia; mulheres gestantes e homens 14,00 mg/dia; lactantes 20,00 mg/dia). Estudos têm demonstrado, contudo, que a ingestão de Zn por diferentes grupos populacionais não é alta, embora não existam dados nacionais suficientes para que a situação brasileira seja avaliada.

A concentração média de Zn em leite de vaca *in natura* encontrada por Pennington e Johnson (1995), foi de 3,5 a 3,8 mg L⁻¹. No mesmo ano Murthy e Rhea (1995), encontraram concentração variando de 2,3 a 5,1 mg L⁻¹, com média de 3,28 mg L⁻¹, enquanto Koops *et al.* (1986), encontraram concentração de 4,02 mg L⁻¹. Estudo realizado por Baldini *et al.* (1990), na Itália, mostraram variação de 3,3 a 7,3 mg L⁻¹. Os resultados encontrados por Murta (1993), oscilaram entre 2,6 e 4,00 mg L⁻¹, apresentando limite inferior mais próximo ao obtido neste trabalho. Bruhn e Franke (1997), determinaram os valores de zinco no leite *in natura* produzido na Califórnia, com predomínio de resultados entre 3,5 e 3,7 mg L⁻¹.

Em comparação aos resultados acima citados, os teores obtidos no presente trabalho foram superiores, provavelmente em função do manejo nutricional praticado pelos agricultores familiares no sistema de produção de seus rebanhos leiteiros (utilização de insumos pecuários como rações e sal mineral com altos teores de Zn) e da contaminação ambiental. Todavia, estima-se que um certo percentual de Zn disponível no organismo, poderá ser deslocado em função da presença de Cd e Pb, justificando parcialmente assim, os teores mais baixos encontrados no leite *in natura* das 4 regiões amostradas.

Ressalva-se, segundo pesquisas realizadas por Zanini e Oga (1995), que pode haver algum tipo de interferência no organismo dos bovinos leiteiros, com relação à presença de metais pesados como o Cd e o Pb, pois são da mesma valência, podendo ocupar o mesmo espaço no organismo. De acordo com esses pesquisadores, existe propensão de deslocamento do elemento metálico Zn, quando o organismo se encontra com teores de Cd e Pb acima do tolerado.

3.1.2 Cd

Na Tabela 8, estão apresentados os teores médios de Cd, obtidos de duas determinações em leite *in natura* de vacas nas regiões pesquisadas.

Tabela 8. Valores médios (mg L^{-1}) da concentração de Cd no leite de bovinos.

Região	Amostra	Cd (mg L^{-1})
Morrinhos (A)	01	3,00
	02	3,00
	03	3,50
	04	3,00
	05	3,00
	06	3,50
	07	3,00
	08	3,00
	09	3,00
	10	2,50
	11	2,50
	12	3,00
Itumbiara (B)	01	3,50
	02	3,00
	03	3,50
	04	2,50
	05	3,50
	06	3,00
Piracanjuba (C)	01	3,50
	02	1,50
	03	1,50
	04	2,50
	05	2,00
	06	2,00
	07	1,50
Goiatuba (D)	01	2,00
	02	2,50

Os valores de Cd determinados no leite *in natura* oscilaram de 1,50 mg L⁻¹ (região C, amostras 02, 03 e 07) a 3,50 mg L⁻¹ (região A, amostras 03 e 06; região B amostras 01, 03 e 05; região C, amostras 01).

Todas as amostras apresentaram teores de Cd acima do recomendado pelo CODEX e a OMS (0,05 mg L⁻¹) e também superior aos valores estabelecidos na Legislação Brasileira pela Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1988 e MERCOSUL (0,050 mg L⁻¹).

A presença de Cd no leite *in natura* amostrado, com valores muito acima do recomendado, causa preocupação em relação a sanidade dos animais de produção e principalmente com a saúde do ser humano, pois, trata-se de um metal químico altamente tóxico, cumulativo, cancerígeno e que permanece no organismo por décadas.

O CODEX (2005), aceita o consumo máximo diário de 1,0 micrograma de Cd por quilograma de massa corpórea e informa que os alimentos fornecem 40% do Cd absorvido pelo homem. Segundo a OMS (2005), a vida média biológica deste elemento químico é de 19 anos a 38 anos, podendo levar sua acumulação no corpo humano, principalmente rins e fígado. Altos teores podem causar disfunções em pessoas com mais de 50 anos de idade (CODEX ALIMENTARIOS COMMISSION, 2005).

Os teores de Cd encontrados no leite amostrado é um forte indicativo de contaminação pelo metal em todas as 04 (quatro) regiões estudadas. Segundo Murta (1993), amostras com teores a partir de 0,0174 mg L⁻¹ devem ser consideradas contaminadas. Considerando o efeito cumulativo do Cd, o qual pode permanecer no organismo das pessoas por décadas, a situação mostra-se preocupante, pois os principais consumidores de leite e derivados são as crianças, os adolescentes e os adultos jovens. Isto pode contribuir para o aparecimento de possíveis sintomas de intoxicação nos indivíduos desde a adolescência até a senilidade.

Os resultados mais elevados com relação aos teores de Cd em leite *in natura* encontrados na literatura foram os de Amodio e Cocchieri (1987), que obtiveram teores de 0,020 a 0,025 mg L⁻¹, utilizando também o método EAA – Chama. O teor de Cd no leite amostrado no presente estudo encontra-se acima do registrado pela literatura italiana, observando-se contaminação com Cd na região estudada.

Dada a importância dos dados apresentados e a sua relevância para a saúde coletiva, está comprovado que o leite consumido pela população contém uma

quantidade significativa de Cd, cabendo a responsabilidade pelo controle de qualidade dos produtos lácteos, aos produtores e a indústria beneficiadora, devendo as autoridades de saúde pública exercerem a supervisão das ações de vigilância sanitária.

3.1.3 Pb

Na Tabela 9, estão apresentados os teores médios de Pb, obtidos de duas determinações em leite *in natura* de vacas nas regiões pesquisadas.

Tabela 9. Valores médios (mg L^{-1}) da concentração de Pb no leite de bovinos.

Região	Amostra	Pb (mg L^{-1})
Morrinhos (A)	01	24,50
	02	29,00
	03	40,00
	04	27,00
	05	30,00
	06	37,50
	07	26,50
	08	26,00
	09	34,00
	10	24,00
	11	26,00
	12	28,50
Itumbiara (B)	01	26,50
	02	25,50
	03	29,00
	04	28,00
	05	28,50
	06	26,50
Piracanjuba (C)	01	30,00
	02	22,00
	03	31,00
	04	28,00
	05	21,50
	06	21,50
	07	23,00
Goiatuba (D)	01	24,00
	02	38,00

Os valores de Pb determinados em leite *in natura* oscilaram de 21,50 mg L⁻¹ (região C, amostras 05 e 06) a 40,00 mg L⁻¹ (região A, amostra 03). Em todas as amostras foi determinado alto teor de Pb, excedendo os valores recomendados pelo CODEX, OMS e MERCOSUL (0,05 mg L⁻¹) e também acima do nível recomendado para o Brasil (0,05 mg L⁻¹), de conformidade com o Decreto nº 55. 871 - ANVISA – Ministério da Saúde.

Os teores de Pb encontrados, mostram uma tendência de acumulação deste metal em leite *in natura* em concentrações acima do teor máximo aceito pela OMS. Os valores encontrados são capazes de causar intoxicação em pouco tempo devido a acumulação no organismo dos indivíduos. Depreende-se que existe uma real possibilidade, em se tratando de segurança alimentar, para todos os consumidores de leite e derivados oriundos das regiões pesquisadas, se intoxicarem em um curto espaço de tempo. Todavia, do total de Pb ingerido, apenas 10% é absorvido e acumulado no organismo e o restante é eliminado nas fezes e rins. Vale ressaltar o poder cumulativo do Pb nos organismos dos animais, inclusive do homem e sua elevada toxicidade e poder de interagir com elementos essenciais a exemplo do Ca e Zn, podendo suscitar aparecimento de enfermidades ósseas (UNDERWOOD, 1977).

Blood (1978), há 30 anos atrás já alertava para o fato de valores acima de 0,2 mg L⁻¹ /Kg/pv serem capazes de causar intoxicação em pouco tempo devido a acumulação no organismo das pessoas.

Murta (1993), observou em leite analisado no Estado de São Paulo, teores variando de 0,02 a 0,12 mg L⁻¹. Em estudo realizado na Itália por Amodio *et al.* (1987), foram determinados valores na faixa de 0,200 a 0,300 mg L⁻¹, utilizando metodologia similar à empregada neste estudo. O Pb constitui-se num sério contaminante ambiental, sendo a exposição da população a este metal elevada (MURTA, 1993).

Considerando-se que o Pb acumula-se no organismo, a ingestão diária de leite e derivados contendo concentrações observadas no presente estudo, pode causar graves efeitos tóxicos, principalmente em crianças, porque para elas, segundo estudos realizados por Carl (1991), a toxicidade pode ocorrer em teores 50% menores que os observados para adultos.

A proximidade das propriedades de agricultura familiar produtoras de leite com várias agroindústrias e com extensas áreas de cultivo de soja e cana de açúcar, as quais implicam na utilização de um grande volume de agrotóxicos e fertilizantes

fosfatados todos os anos, podem ter contribuído para uma maior concentração do metal Pb no leite *in natura* dos bovinos amostrados.

Os subprodutos oriundos das agroindústrias e das indústrias alimentícias que são utilizados na alimentação dos bovinos leiteiros, podem ser fontes potenciais de contaminação por metais tóxicos. Todavia, há evidências de outras fontes de contaminantes por Pb, a exemplo da suplementação mineral produzida com matéria prima de baixa qualidade e os dejetos gerados pela prática da pecuária leiteira também é uma fonte de contaminação.

No Brasil, a produção de leite é regulamentada pela Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual determina os requisitos para a produção de leite tipo A, B e C no país. Esta normativa estabelece que o leite é um produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas. A norma estabelece também que o leite deve atender a legislação vigente quanto aos contaminantes orgânicos, inorgânicos e os resíduos biológicos eventualmente presentes no produto não devem superar os limites máximos estabelecidos pela legislação específica.

A legislação específica é de responsabilidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 e a Portaria nº 685, de agosto de 1998, estabelecem os níveis máximos de contaminantes químicos orgânicos e inorgânicos dentre outros. Para o elemento químico Pb os níveis máximos são $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ e para o Cd os níveis máximos permitidos são $0,050 \text{ mg L}^{-1}$.

Os resultados obtidos são preocupantes, principalmente em relação aos metais tóxicos Pb e Cd. A pesquisa mostrou que estes metais estão presentes no leite *in natura* de bovinos amostrados em 27 propriedades localizadas na região Sul de Goiás, alto da bacia do rio Paraná. Uma vez que o sistema de produção de leite em todo o Estado de Goiás é muito similar, é provável que o leite *in natura* produzido em outras regiões goianas também esteja contaminado com metais pesados.

3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS METAIS

Os dados referentes à comparação das médias dos metais Zn, Cd e Pb nas regiões pesquisadas encontram-se dispostos na tabela a seguir.

Tabela 10. Médias e erro padrão dos metais pesados (Zn, Cd e Pb) em mg L⁻¹ nas regiões de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba.

Metais	Goiatuba	Itumbiara	Morrinhos	Piracanjuba
Zinco	3,00 ± 0,70 ^a	4,33 ± 1,72 ^a	4,37 ± 1,98 ^a	3,92 ± 1,60 ^a
Cádmio	3,00 ± 0,72 ^a	2,66 ± 0,40 ^a	2,87 ± 0,56 ^a	2,14 ± 0,37 ^a
Chumbo	28,50 ± 0,70 ^a	27,50 ± 3,49 ^a	30,04 ± 4,73 ^a	25,92 ± 5,79 ^a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p > 0,05).

Observando os dados, percebe-se que não houve diferença significativa (p > 0,05) em nenhum dos metais pesados determinados, considerando as quatro regiões pesquisadas. Esta constatação pode ser justificada pela similitude de manejo nutricional aplicado aos rebanhos leiteiros; por todas as propriedades pesquisadas estarem localizadas na mesma bacia hidrográfica; e pelo fato das propriedades possuírem características muito semelhantes em relação ao tipo de sistema de produção leiteira.

Os dados referentes ao coeficiente de variação (%) dos metais pesados determinados nas regiões de estudo, encontram-se dispostos na Tabela 11.

Tabela 11. Coeficiente de variação (%) dos metais pesados (Zn, Cd e Pb) nas regiões de Goiatuba, Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.

Metais	CV (%)			
	Goiatuba	Itumbiara	Morrinhos	Piracanjuba
Zinco	23,33	39,72	45,30	40,81
Cádmio	24,00	15,03	19,51	17,28
Chumbo	2,45	12,69	15,74	22,33

Nas regiões que o coeficiente de variação apresentou-se menor houve menor interferência de fatores ambientais; naquelas regiões que o coeficiente de variação foi maior houve maior interferência do ambiente. A região que apresentou o menor

coeficiente de variação foi a de Goiatuba (2,45 % para o metal Pb) e a região de Morrinhos apresentou o maior coeficiente de variação (45,30% para o metal Zn).

A coleta das amostras do leite *in natura* foi toda realizada nos currais das propriedades amostradas. Nestas condições intervenções ambientais ocorrem com frequência. Portanto, os valores encontrados são aceitáveis. Outro fator que pode justificar, parcialmente, esses valores é a metodologia utilizada, desde a coleta até a análise final no laboratório, incluindo o pré-tratamento das amostras, vez que as amostras simples foram homogeneizadas e formaram amostras compostas, as quais foram posteriormente submetidas a análises laboratoriais.

A Tabela 12, apresenta resultados do teste Tukey ($p < 0,05$), o qual compara as médias de Zn mg L⁻¹, entre as propriedades do mesmo município.

Tabela 12. Valores médios de Zn mg L⁻¹, encontrados por propriedade nos municípios de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba.

Propriedades	Goiatuba	Itumbiara	Morrinhos	Piracanjuba
01	3,50 ± 0,70 ^a	4,50 ± 1,70 ^a	9,00 ± 1,41 ^a	3,00 ± 0,70 ^a
02	2,50 ± 2,12 ^a	4,50 ± 0,71 ^a	4,00 ± 1,78 ^{ab}	7,00 ± 5,65 ^a
03		2,50 ± 0,70 ^a	4,50 ± 0,70 ^{ab}	4,00 ± 0,20 ^a
04		3,50 ± 2,12 ^a	5,50 ± 0,70 ^{ab}	5,50 ± 3,53 ^a
05		7,50 ± 6,36 ^a	4,50 ± 0,70 ^{ab}	1,00 ± 0,10 ^a
06		3,50 ± 0,75 ^a	3,50 ± 0,71 ^{ab}	5,00 ± 3,40 ^a
07			6,50 ± 4,95 ^{ab}	2,00 ± 1,41 ^a
08			3,50 ± 0,70 ^{ab}	
09			4,50 ± 0,71 ^{ab}	
10			4,50 ± 2,12 ^{ab}	
11			3,50 ± 2,12 ^{ab}	
12			1,50 ± 0,70 ^b	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey ($p > 0,05$).

Pode ser percebido que apenas o valor de 9,00 mg L⁻¹ encontrado na propriedade 01 do município de Morrinhos, diferiu significativamente ($p < 0,05$) do valor de 1,50 mg L⁻¹ encontrado na propriedade 12 desse mesmo município. Nos demais resultados não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as propriedades estudadas dentro do mesmo município. (Vide Tabela 13)

Tabela 13. Valores médios de Cd mg L⁻¹, encontrados por propriedade nos municípios de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba.

Propriedades	Goiatuba	Itumbiara	Morrinhos	Piracanjuba
01	3,00 ± 0,00 ^a	3,00 ± 0,00 ^a	3,00 ± 1,41 ^a	2,50 ± 0,70 ^a
02	3,00 ± 0,00 ^a	3,00 ± 0,00 ^a	3,00 ± 0,60 ^a	2,50 ± 0,71 ^a
03		2,50 ± 0,70 ^a	3,50 ± 0,70 ^a	2,00 ± 0,41 ^a
04		2,50 ± 0,70 ^a	3,00 ± 0,40 ^a	2,00 ± 1,41 ^a
05		3,00 ± 0,00 ^a	3,00 ± 0,20 ^a	1,50 ± 0,70 ^a
06		2,00 ± 0,00 ^a	3,50 ± 0,70 ^a	2,00 ± 1,41 ^a
07			3,00 ± 0,10 ^a	2,50 ± 0,12 ^a
08			3,00 ± 1,44 ^a	
09			3,00 ± 0,05 ^a	
10			3,00 ± 1,14 ^a	
11			1,50 ± 0,70 ^a	
12			2,00 ± 1,14 ^a	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey ($p > 0,05$).

Observando os dados nota-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as propriedades pesquisadas dentro do mesmo município. Este fato pode ser explicado, em parte, pelo manejo semelhante que é praticado em todas as propriedades. (Tabela 14)

Tabela 14. Valores médios de Pb mg L⁻¹, encontrados por propriedade nos municípios de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba.

Propriedades	Goiatuba	Itumbiara	Morrinhos	Piracanjuba
01	29,00 ± 2,82 ^a	2,60 ± 1,41 ^a	24,50 ± 0,70 ^a	2,50 ± 0,70 ^a
02	28,00 ± 5,65 ^a	34,00 ± 4,24 ^a	29,00 ± 1,41 ^a	2,50 ± 0,71 ^a
03		24,00 ± 0,00 ^a	40,00 ± 7,07 ^a	2,00 ± 0,41 ^a
04		26,00 ± 4,24 ^a	30,00 ± 1,41 ^a	2,00 ± 1,41 ^a
05		28,50 ± 6,36 ^a	37,50 ± 3,53 ^a	1,50 ± 0,70 ^a
06		26,50 ± 2,12 ^a	28,50 ± 2,12 ^a	2,00 ± 1,41 ^a
07			28,50 ± 3,53 ^a	2,50 ± 0,12 ^a
08			26,50 ± 2,12 ^a	
09			30,00 ± 14,14 ^a	
10			27,00 ± 1,41 ^a	
11			31,00 ± 4,24 ^a	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey ($p > 0,05$).

Em todos os resultados obtidos não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as propriedades pesquisadas dentro do mesmo município. Embora estatisticamente não houve nenhuma diferença, observa-se que a propriedade 01 do município de

Itumbiara, apresentou valor bem abaixo das demais propriedades situadas no mesmo município.

As propriedades localizadas no município de Piracanjuba apresentaram valores médios semelhantes entre si, entretanto, muito abaixo dos valores observados nos demais municípios. Essa diferença de valores pode ser explicada, em parte, pelo manejo adotado pelas propriedades.

CONCLUSÕES

A presença de metais pesados tóxicos em leite *in natura*, produzido pela pecuária de agricultura familiar do alto da bacia do rio Paraná em Goiás, indica que o sistema de produção leiteira não está sendo sustentável, evidenciando a existência de um grave problema sócioambiental nas regiões pesquisadas.

Os agricultores familiares, o meio ambiente e os consumidores de leite, são as maiores vítimas de todo um processo predatório de um modelo desenvolvimentista agrícola notoriamente não sustentável, uma vez que é fundamentado no cultivo intensivo de grandes áreas de monocultura, em constante avanço sobre as propriedades de agricultura familiar, responsáveis por grande parte da produção leiteira no estado de Goiás.

Diante de expressivos valores determinados para Cd e Pb em leite *in natura*, recomenda-se mais estudos e que os órgãos governamentais façam um rigoroso controle sobre a utilização de insumos agropecuários, os quais podem levar ao aparecimento de metais pesados no leite, bem como manter um rigoroso controle de resíduos metálicos nas matérias-primas que são utilizadas na fabricação de rações e sal mineral para bovinos leiteiros.

Realizar estudos epidemiológicos nas populações que consomem leite proveniente dos municípios goianos de Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba e Itumbiara.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; ABREU, M.F.; BERTON, R.S. Análise química de solo para metais pesados. In: **TÓPICOS em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 645-692, 2002.

ADAMIS, P.D.B.; PANEK, A.D.; LEITE, S.G.F. et al. Factors involved with cadmium absorption by a wild-type strain of *saccharomyces cerevisiae*. **Brasilian Journal of Microbiology**, [S.l], v. 34, p. 55-60, 2003.

ADRIANO, C. D. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer – Verlag, 1986. 533 p.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for lead**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 2005. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html>>. Acesso em: 02 set. 2010.

_____. **Toxicological profile for zinc**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 2005. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.html>>. Acesso em: 02 set. 2010.

ALLOAY, B. J. **Heavy metals in soil**. New York: John Wiley, 1990. 339 p.

_____. **Heavy metals in soils**. 2 ed. Glasgow: Blackie Academic, 1995. 364p.

ALLOAY, B. J.; AYERS, D. C. **Chemical principles of environmental pollution**. 2. ed. [S.I]: CRC Press, 1996. 395p.

ALMEIDA, G. L. G.; SILVA, F. B. **Pesticida de uso pecuário no Brasil**. Brasília (DF): Ministério da Agricultura. 1973. 55 p.

ALVES FILHO, J. P. **Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos**. São Paulo: Annablume, 2002. 188 p.

AMMERMAN, C. B. *et al.* Contaminant elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. **J. Anim. Aci.**, [S.I.], v. 44, p. 485-508, 1997.

ANDRIGUETTO, J. M. *et al.* Os princípios nutritivos e suas finalidades. In: _____. *Nutrição animal*. 4. ed. São Paulo: Nobel, p.189-255, 1990.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA (ANUALPEC). São Paulo: FNP, 2009.

_____. São Paulo: FNP, 2010.

ARANHA, S. *et al.* Níveis de cádmio e chumbo em fígado e rins de bovinos. **Revista Inst. Adolfo Lutz**, [S.I.], v. 54, n.1, p. 16-20, 1994.

ARMANDO, M. S. *et al.* Agrofloresta para a Agricultura Familiar. **Circular Técnica**. Brasília (DF), 2002. 11p. Disponível em: <<http://www.agrisustentavel.com/doc/agrofloresta.Pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15 ed. Washington, DC, 1990.

BAKER , H. D. ; AMMERMAM, C. B. Copper Bioavailability. In: Ammermam, C.B.; Baker, H.D.; Lewis, A. J. **Bioavailability of nutrients for animals (aminoacids, minerals and vitamins)**. San Diego: Acemic Press. 1995. 441p.

BALDINI, M.; COONI, E.; STACCHINI, P. Presence and assesment of xenobiotic substances in Milk and dairy products. **Ann. Ist. Super. Sanitá.**, [S.l.], v. 26, p. 167-176, 1990.

BARROS, R. T. V. *et al.* Saneamento. In: **MANUAL de Saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v. 2, 1995. 221p.

BARUSELLI, Marcos Sampaio. **ASBRAM**. Disponível em: <http://www.alimentacaoanimal.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=260&Itemid=1>. Acesso em: 13 out. 2010.

BEACH, J. R.; HENNING, S. J. The distribution of lead in milk and the fate of milk lead in the gastrointestinaltract of suckling rats. **Pediatr. Res.**, [S.l.], v. 23, 58-62.1988.

BERNARD, A. M. Peripheral bioma-kers of lung or kidney toxicity applicable in epidemiology: state of the art and new perspectives. **Rev. Bras. Toxicol.**, [S.l.], 8, n. 1, p. 26-27, 1995.

BLOOD, D. C. ; HENDERSON, J.A.; RADOSTITS, O.M. **Clínica veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 690-695, 1998.

BRASIL. Decreto nº 55. 851, de 26 de março de 1965. In: ANVISA. **Decretos**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/55871_65>. Acesso em: 03 nov. 2010.

_____. Lei nº 11. 362, de 24 de julho de 2006. **Diário Oficial [da] república Federativa Do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 jul. 2006. p. 2, col. 2. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/sicon/executapesquisalegislação.action>>. Acesso em: 02 ago.2009.

_____. Leis, etc. Portaria n° 16 de 13 de março de 1990: fixa limites máximos de tolerância de chumbo em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 mar. 1990. Seção I, p. 5436.

_____. _____. Portaria n° 685 de 27 de agosto de 1998: Regulamento técnico dos limites gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 set. 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 03 nov. 2010.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 51 de 18 de setembro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 set. 2002. Seção I, p. 13-22.

_____. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n° 42**. Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal – PNCR. Brasília (DF): Ministério da Cultura, 1999.

_____. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Instrução Normativa SDA**: limites de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivo, inoculantes e biofertilizantes. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16951>>. Acesso em: 03 ago. 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/55871_65.htm>. Acesso em: 04 out. 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 04 out. 2010.

BRUHN, J.C.; FRANKE, A. A. Trace metal and protein concentrations in California market milks. **J. Food Prot.**, [S.l.], v. 40,170-173,1997.

CAMARGO, O. A.; ALLEINI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C.; Reação dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo, In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; 2001.

CAMARGO, O. A.; BORBA, R. P. Metais Pesados: da cosmogênese aos solos brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

CAMPOS, M. L. et al. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p.361-367, 2005.

CARL, M. Heavy metals and other trace elements. In: Residues and contaminants in Milk and Milk products. Brussels: International Dairy Federation, 1991. p. 112-119. Monograph on Tissue 9101, **IDF special**. 1991.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, [S.l.], v.23, n. 5, p. 529-537, 2000.

CARVALHO, G. R.; OLIVEIRA, A. F. de. O setor lácteo em perspectiva. **Boletim de conjuntura agropecuária**. Campinas, 2006. 23p. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/conjuntura/0609-leitederivados.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2010.

CASTRO, M. L. L. **Retenção de metais pesados em solos agricultáveis do Estado de Goiás**. 2009. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

CATALÃ , R.; MOMTORO, R.; IBANEZ, N. Contaminación por metales pesados de los productos cárnicos. **Rev. Agroqui, Tecnol. Aliment.**, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 202-216., 1983.

CHURCH, D. C.; POND, W. G. **Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos**. Zaragoza: Acríbia, 1977.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Food Standarts Programme. **List of maximum levels recommended for contaminants by the joint FAO/WHO/OMS**. Rome: Food and Agriculture Organization., 2005.

COSTA, L. M.; MATOS, A. T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: _____. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, ABEAS, 1997. p. 173-189.

DORES, E. F. G. C.; LAMONICA-FREIRE, E. M. **Pesticidas: Ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 9, p. 18. EMBRAPA, 1999.

DUARTE, R.P.S.; PASCAL, A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e Zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.15, n.1, p.46-58, 2000.

DUTRA-DE- OLIVEIRA, J. E. ; MARCHINI, J.S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. 403 p.

EGREJA FILHO, F. B. **Avaliação da ocorrência e distribuição dos metais pesados na compostagem de lixo domiciliar e urbano**. 1993,176 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia/Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

FARIA, N. M. X .; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.12, n. 1, p. 25-38, 2007.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S. **Comportamento e destino de agrotóxicos no ambiente solo-água**. In: _____. Agrotóxicos e ambiente. Brasília, (DF): Embrapa informação tecnológica, 2004.

FERGUSSON, J. E. **The heavy elements**: chemistry, environmental impact and healthy effects. Glasgow: Pergamon Press, 1990. 614p.

FLYNN, A. Minerals and trace elements in milk. **Advances in Food and Nutrition Research.**, [S.l.], v. 36, p. 209-252,1992.

FRANK, R.; ISHIDA, K.; SUDA, P. Metals in agricultural soils of Ontário. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.56, p.181-196, 1976.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Quem produz o que no campo**: quando e onde: censo agropecuário 2006: resultados: Brasil e regiões. Brasília (DF): Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil, 2010.

GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos da. et al. (Eds.). **Sistemas agroflorestais**: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes, (RJ): Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006.

GARCIA, E.G. Todo cuidado é pouco. **Le Monde Diplomatique Brasil**. São Paulo, ano 3, n. 33, p.6-7, abr. 2010.

GENUIS, S. J. The chemical erosion of human health: adverse environmental exposure and in-utero pollution determinants of congenital disorders and chronic disease. **Journal of Perinatal Medicine**, [S.l.], v. 34, n.3, p. 185 – 195, 2006.

GIMENO–GARCIA, E.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to Rice farming soils. **Environmental Pollution**, Kidlington, v.92, n.1, p.19 - 25, 1996.

_____. Instituto Evaldo Lodi. **O novo ciclo da cana**: Estudo sobre a competitividade do sistema na agroindústria da cana -de- açúcar e prospecção de novos investimentos. Goiânia: IEL;NC; SEBRAE, 2006b. Disponível em <www.iel.cni.org.br>. Acesso: em 02 jun 2007.

_____. Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento. **Gerência de Estatística Socioeconômica**: 2009. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sep/sep/pub>>. Acesso em: 13 set. 2010.

_____. _____. Pesquisas Anuais. **PAM: Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sep/sep>>. Acesso em: 13 set. 2010.

_____. _____. Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação. **Goiás em dados**: 2009. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sep/sep/down/GoDados2009.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2010.

_____. _____. _____. **Goiás em dados**: 2010. Goiânia: SEPLAN, 2010, 99 p.

_____. _____. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás 2008**. Disponível em: <<http://www.portalsepin.seplan.go.gov.br>>. Acesso: 03 mar. 2010.

_____. _____. **Perfil socioeconômico de Itumbiara**, 2007. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sep/sep/>>. Acesso em: 03 mar. 2010.

_____. _____. **Estatísticas municipais de Goiatuba**, 2007. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sep/sep/>>. Acesso em: 03 mar. 2010.

GOMES, G. P. **Avaliação quantitativa de xenobioticos em fontes de fósforo para nutrição mineral de bovinos**. 2002. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR.

GONÇALVES, J. R.,. **Determinação de metais pesados em leite integral pasteurizado no Estado de Goiás**. 1999. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GREENE, G. U. **Cadmium Compouts**. 2. Ed. New México: E. C. T. Institute Mining and technology, [S.l.], v. 3, p. 819-911, 1980.

GUANZIROLI, Carlos Enrique et al. **O novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília: FAO; INCRA, 2000.

JARRET, W. D. A review of the important trace elements in dairy products. **Aust. J. Dairy Technol.**, [S.l.], v. 34, p. 28-34, 1999.

JOHNSON, A. H. **The composition of milk, fundamentals of dairy chemistry**. Connecticut: AVI, 1-57. 1994.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, Inc. p. 51-68, 1984.

KESSELS, B. G. F. et al. Clinical chemical and hematological parameters in cattle kept in a cadmium contaminated area. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, [S.l.], v. 44, n.2, p.339-344, 1990.

KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOWAY, B.J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie and Son, 1990. p.261-277.

KOOPS, J.; KLOMP, H.; WESTERBEEK, D. Spectrophometric and flame atomic absorption spectrometric determination of zinc in milk and milk products. Comparison of methods. **Neth. Milk Dairy J.**, [S.l.], v. 40, 337-350 p, 1986.

KUNO, R. et.al. Lead concentration in blood samples of humans and animal near an industrial waste dump in São Paulo, Brazil. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, [S.l.], v.41, n.4, p.249-250, 1999.

LABUSKA, I; STRINGER, R; BRIGDEN, K. Poluição por metais e compostos orgânicos associada à unidade da Bayer em Belford Roxo, Rio de Janeiro, Brasil 2000. Universidade de Exeter, Exeter, Reino Unido. Nota Técnica. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/bayer-relatorio.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LIMA, D. M. **Sorção e deslocamento miscível da antrazina em amostras de latossolos**. 2004. 66 f. Dissertação (Mestre em Agronomia: Solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LIMA, F. R. et al. Chemical and physical evaluations of commercial and calcium phosphate as source of phosphorus in animal nutrition. **Poult. Sci.**, [S.l], v.74, p.1659-1670, 1995.

LIMA, J. M.; GUILHERME, L. R. G. Recursos naturais renováveis e impacto ambiental: solo. In: LIMA, J.M.; GUILHERME, L. R. G.; CARVALHO, M. S. **Recursos naturais renováveis e impacto ambiental**. Lavras: UFLAS/FAEPE, 2001. Cap.2, P. 33-69.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução à química ambiental**. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2002. 487p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

_____. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.

_____. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MARÇAL, W. S. Atuação pericial do Medico Veterinário em ações de biomonitoramento ambiental. Londrina. Revista do CFMV. 27-34p, n 39.2006.

MARÇAL, W. S. et al. Avaliação de fontes de fósforo para nutrição mineral de bovinos. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, p. 255-258, 2003.

MARÇAL, W. S.; CAMPOS NETO, O.; NASCIMENTO, M. R. L. Valores sanguíneos de chumbo em bovinos nelore suplementados com sal mineral naturalmente contaminado por chumbo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 53-57. 1988.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; LIBONI, M.; PARDO, P.E.; NASCIMENTO, M.R.L. Lead Concentration in mineral salt mixtures used in beef cattle food supplementation in Brazil. **Veterinarsk Arhiv**. Croatia, v. 69, p. 349-355, 1999.

MARQUES, J. J. G. S. M.; CURI, N. SCHULZE, D. G. Trace elements in Cerrado soils. In: **Tópicos em Ciências do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, v.III, p. 103-142, 2002.

MATOS, A. T. **Poluição ambiental**: impactos no meio físico. Viçosa, MG : Ed. UFV, 2010. 260p.

MATOS, A. T. et al. Retardation factors and the dispersion-diffusion coefficients of Zn, Cd, Cu and Pb in soil from Viçosa – MG, Brasil. **Transaction of ASAE**, [S,I], n. 2, p.903-910,1999.

MELO V. P. **Propriedades químicas e disponibilidade de metais pesados para a cultura de milho em dois Latossolos que receberam adição de lodo de esgoto**. 2002 134p. (Tese de Doutorado) – FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2002.

MELO W. J. ; MARQUES, M. O. ; MELO V.P. Resíduos urbanos e industriais e qualidade do ambiente. In: Encontro Brasileiro sobre substâncias húmicas, 1999, Santa Maria. **Livro de Resumos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 412p.

McBRIDE, M. B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. **Advances Soil Science**, New York, v.10, p.1-56, 1997.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 295 p.

MINERAL TOLERANCE OF DOMESTICAL ANIMALS (MTDA). Washimngton: **National Research Council**, 577. 1980.

MORAES, M. F. de. **Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola**. 2009. 108f. Tese (Doutorado – Programa de Pós- Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MONTOURIS, A.; VOUTSAS, E.; TASSIOS, D. Bioconcentration of heavy metal in aquatic environments: the importance of bioavailability. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 44, p.1136-1141, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABS, 2000. 416 p.

MURTA, P. H. G. et al. A influência da poluição ambiental sobre a qualidade do leite. **Higiene Alimentar.**, v.7, p. 12-4, 1993.

MURTHY, G. K.; RHEA, U. S. Cooper, iron, manganese, strontium and zinc content of market milk, **J. Dairy Sci.**, v. 55, 1666-1677 p. 1972.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C). **Estudos sobre envenenamento com chumbo**. Washington: National Academy Press, 2005.

ODUM, E. P. **Ecologia**. A energia nos sistemas ecológicos. São Paulo: Guanabara Koogan, 2002, cap.3, p.55-110.

OLIVAL, A. A.; SPEXOTO, A. A. Leite informal no Brasil: aspectos sanitários e educativos. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 18, n. 119, p.12-17, 2004.

OSSANAI, J. Efeitos dos metais pesados na saúde. In: Seminário sobre poluição por metais pesados, Brasília, **Anais...** Brasília. Secretaria Especial do Meio Ambiente, p. 103-128, 1979.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Elementos traço na nutrição e saúde humana. Genebra: OMS, 1998.

PAGANINI, W. S.; SOUZA, A.; BOCCHIGLERI, M. M.; Avaliação do comportamento dos metais pesados no tratamento do esgoto por dispersão no solo. **Engenharia Sanitária. Ambiental**, São Paulo, v.9, n.3, p. 225 – 239, jul/set. 2004.

PAOLIELLO, M. M. B., CHASIN, A. A. M. Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos. CRA - Salvador (BA). Série Cadernos de Referência Ambiental, vol.3,. 2001. 144p.

PENNINGTON, J. A. T.; Johson, R.D. Composition of core foods of the U.S. Food supply, 1982-1991. III copper, manganese, selenium and iodine. **J. Food Comp. Anal.**, [S.l], v. 8, 171-217 p. 1995.

PIETREFASA, J. P. **A grande travessia**: agricultura familiar e qualidade de vida. 2002. 295f. Tese (Doutorado). Departamento de sociologia, Universidade de Brasília, Brasília. 2002.

PIETREFASA, J. P.; AGRICOLA, J. M. A.; SAUER, S. Agroindústria canavieira no estado de Goiás: ocupação de novos em áreas de Cerrado. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS. 33. **GT**: Ruralidade, território e meio-ambiente, 35. 2009. p.2-18.

POMBO, L. C. A. **Absorção de metais pesados por plantas e metodos de avaliação da disponibilidade de Cd no solo**. 1992. 84f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991. 343p.

_____. Pesquisa e desenvolvimento em micronutrientes e metais pesados. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; Fapesp; Potafos, 2001. 599p.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. A. X. Contaminação da Microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesq. Agropec. bras**, Brasília, v.35, n.7, p. 1289-1303, jun. 2000.

RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES (RDA). 11. Ed. Washington: **National Academy Press**, 284 p. 239 p. 1989.

REDDY, M.K; RAO,M.V. **Heavy metals in the SPM of air in the environmental surrounding alloy industrial plant in India**. Environ. Monit. Assess.; 25: 109-8, 1993.

RIBEIRO, J. F.; SCHIAVINI, I. **Recuperação de matas de galeria**: integração entre a oferta ambiental e a biologia das espécies. RIBEIRO, J. F. ed. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. 164 p.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Legislação sobre micronutrientes e metais pesados. In: Ferreira, M. E. (Ed). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPQ; FAPESP, Potafos, 2001. 599p.

RODRIGUES, G. S. **LIBRO VERDE**: Elementos para uma política agroambiental em el cono sur Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur - PROCICUR – Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola. Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura. Montevideo: Uruguai, 1997.

RODRIGUES, E.; RODRIGUES, S.; PASQUALETTO, A. **O desmatamento legal em Goiás para atividades de agricultura e pecuária de 2000 a 2002**. Disponível em: <<http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/0001.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2010.

SANCHES, S. M. et al. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. Pesticidas. **Rev. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 53-58, jan./dez. 2003.

SHARIATPANAHI, M. ANDERSON, A.C. Accumulation of cadmium; mercury and lead by vegetables following long-term land application of wastewater. **Sci. Tot. Environ.**, [S.l.], v. 52, p.41-47, 1996.

SHARMA, R.P. et al. Accumulation and depletion of cadmium and lead in tissues and milk of lactating cows fed small amounts of these metals. **J. Dairy Sci.**, [S.l.], v. 65, p. 972-979, 1982.

SHIRLEY, R. L. Water requirements for grazing ruminants and water as source of minerales. In: MCDOWELL, L.R. Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Orlando: Academic Press, 1985. p.182 - 186.

SILVA, C. M M. S.; FAY, E. F. **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2004.

SILVA, Margot Riemann Costa. **Pecuária leiteira Piracanjuba: Goiás 2000-2006: avançar para sistemas sustentáveis de produção/ Margot Riemann Costa e Silva**. Goiânia: Ed. da UCG, 2008.

SOARES, M. R. **Coeficiente de distribuição (K_d) de metais pesados em solos do Estado de São Paulo**. 2004. 202p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

SOUZA, M. V. et al. Metais pesados em amostras biológicas de bovinos. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 39, n.6, set. 2009.

SRIVASTAVA, A. K.; GUPTA, B. N. The role of human hairs in health and disease with special reference to environmental exposures. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v.36, n.6, p.556-560,1994.

SWARUP, D. et al. Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; transfer of lead into milk. **Science of Total Environment**, Shannon, v.347, p. 106-110, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.scitptenv.2004.12.079>>. Acesso em: 09 de set. 2010.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos no recôncavo baiano. **Química Nova**, São Paulo, v.5, n.2, p.147-153, 1992.

TILLER, K. G. Heavy metals in soils and their environmental significance. In: _____. **Advances in soil science**. New York : Springer, v.9, p.113-114, 1989.

TOLONEN, M. **Vitaminas y minerales em la salud y la nutrición**. Espanha: Zaragoza, 1995. 278p.

UNDERWOOD, E. J. **Trace Elements in human and Animal Nutrition**. New York, N. Y : Academic Press, Inc. 1991. 545 p.

VERNIER, Jacques. **O meio ambiente**. Campinas, SP: 1998. 67 p.

VON SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 240p.

WALTER, B.M.T. **Distribuição espacial de espécies presentes em uma Mata de Galeria Inundável no Distrito Federal**: florística e fitossociologia. 2001. Tese (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília. 2001.

WELZ, B. *Atomic absorption spectrometry*. Weinheim: wiley – VCH, 1985.

WIKIPÉDIA. **Cádmio**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1dmio>>. Acesso em: 24 out. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Lead environmental aspects. **Environmental Health Criteria 85**, Geneva, 1989. 106p.

_____. **Environmental Health Criteria 165**: inorganic lead. Geneva, 1995, 300p.

_____. **Environmental Health Criteria**: DDT and Derivatives – Environmental Aspects. Finland, v. 83, 1989.

_____. Health criteria and supporting information, v.2, p.2 – Chemical and physical aspects. Geneva, 1996. Disponível em: <[http://www.who.int/water sanitation health/dwq/2edvol2p2a.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p2a.pdf)>. Acesso em: ago. 2010.

_____. A model for establishing Upper Levels of Intake for Nutrients and related Substances. Report of a Joint FAO/WHO Technical Workshop on Nutrient Risk Assessment. WHO Headquarters, Geneva, Switzerland 2-6 May 2005. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/methods/nra_final.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2010.

ZANINI, A.C.; OGA, Z. **Farmacologia Aplicada**. 3 Ed. São Paulo: Atheneu, 457-470p, 1995.