

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

**LANA CARLA TISO**

**Determinação de Metais Poluentes em Cursos de Água e Peixes do Alto da**  
**Bacia do Rio Paranaíba em Goiás**

**Goiânia/GO**

**2011**

**LANA CARLA TISO**

**Determinação de Metais Poluentes em Cursos de Água e Peixes do Alto da  
Bacia do Rio Paranaíba em Goiás**

Dissertação de Mestrado da Pontifícia  
Universidade Católica de Goiás, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Ecologia e Produção Sustentável.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Cleonice Rocha

Goiânia  
2011

**LANA CARLA TISO**

Determinação de Metais Poluentes em Curso de Água e Peixes do Alto da Bacia do  
Rio Paranaíba em Goiás

APROVADO EM: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Cleonice Rocha  
MEPS – PUC Goiás

---

Prof. Dr. Francisco Leonardo Tejerina Garro  
MEPS – PUC Goiás

---

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos  
IESA - UFG

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Cleonice Rocha pela dedicação e paciência;

A banca examinadora composta pelo Prof. Dr. Francisco Leonardo Tejerina Garro e ao Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos do IESA – UFG;

Aos funcionários da UNIOESTE em especial ao Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior pela colaboração na realização das análises de absorção atômica;

Ao CNPq pelo apoio financeiro e a FAPEG pela concessão de bolsa por 6 meses.

## RESUMO

O sul goiano vem se destacando por ser uma das maiores bacias leiteiras do estado de Goiás o que nos últimos anos impulsionou a aumento no número de agroindústrias. A criação de gado leiteiro nesta região é predominantemente extensiva e tem sido apontada como fontes poluidoras dos córregos da região. O trabalho teve por objetivo avaliar a presença de metais poluentes em peixes e água de córregos da Bacia do Rio Paranaíba, Goiás, considerando quatro municípios: Goiatuba (A), Itumbiara (B), Morrinhos (C) e Piracanjuba (D). Foram coletadas amostras de água e peixes em trinta pontos no período de julho a setembro de 2009 nas quais foram determinadas as concentrações de Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr e Al por espectrometria de absorção atômica. Em peixes a presença de Al, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr e Cu foram detectados, acima dos valores limites determinados em 27,2% das amostras, ANVISA/1998. Os valores máximos encontrados na água de Zn= 2,15; 1,95; 5,43 e 5,83 mg/mL<sup>-1</sup>, Mn= 0,26; 0,50; 0,42 e 0,50 mg/mL<sup>-1</sup> e Al= 1,94; 0,98; 1,97 e 2,80 mg/mL<sup>-1</sup>, Fe= 0,05; 0,15; 0,09 e 0,15 para A, B, C e D respectivamente. As concentrações de Cu, Cd, Cr e Pb determinado encontram-se abaixo do limite de detecção. Os pontos que apresentam Zn acima a 5,00 mg/mL<sup>-1</sup> e Al ≥ a 0,20 mg/mL<sup>-1</sup> estão acima dos padrões estabelecidos pelo CONAMA. Conclui-se que a contaminação de peixes nos municípios é proveniente do sedimento, uma vez que estes metais não foram detectados na água. Nas amostras de água recolhidas submetidas ao teste de variabilidade a um nível de 5% de significância não apresentaram diferenças quanto os valores encontrados a jusante e a montante do ponto referência.

Palavras chaves: Contaminação, bacia leiteira.

## ABSTRACT

The southern Goiás has stood out for being one of the largest dairy basins of the state of Goiás in recent years spurred the increase in the number of agricultural industries. The dairy farming in this region is predominantly extensive and has been identified as sources of pollution of streams in the region. The study aimed to evaluate the presence of metal pollutants in fish and water from streams Paranaíba River Basin, Goiás, considering four municipalities: Goiatuba (A), Itumbiara (B), Morrinhos (C) and Piracanjuba (D). We collected water samples and fish in thirty points in the period from July to September 2009 in which we determine the concentrations of Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr and Al by atomic absorption spectrometry. Fish in the presence of Al, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr and Cu were detected above the limits determined in 27.2% of the samples ANVISA/1998. The highest values found in the water Zn = 2.15, 1.95, 5.43 and 5.83 mg/mL<sup>-1</sup>, Mn = 0.26, 0.50, 0.42 and 0.50 mg/mL<sup>-1</sup> and Al = 1.94, 0.98, 1.97 and 2.80 mg/mL<sup>-1</sup>, Fe = 0.05, 0.15, 0.09 and 0.15 for A, B, C and D respectively. The concentrations of Cu, Cd, Cr and Pb are given below the detection limit. The points show up 5.00 mg/mL<sup>-1</sup> Zn and Al  $\geq$  0.20 mg/mL<sup>-1</sup> are above the standards established by CONAMA. It is concluded that the contamination of fish in the municipalities comes from the sediment, as these metals were not detected in the water. In water samples taken tested with variability at a 5% level of significance showing no difference in the values found upstream and downstream of the reference point.

Keywords: Contamination, milk basin.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Localização dos municípios estudados.	23
<b>Figura 2</b> – Localização das estações amostrais.	26
<b>Figura 3</b> - Esquema para obtenção dos metais em água e peixe.	29
<b>Figura 4</b> – Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Zn por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A-Goiatuba, B- Itumbiara, C-Morrinhos e D-Piracanjuba.	41
<b>Figura 5</b> – Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Mn por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A- Goiatuba, B-Itumbiara,C- Morrinhos e D- Piracanjuba.	42
<b>Figura 6</b> - Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Fe por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A- Goiatuba, B- Itumbiara, C- Morrinhos e D-Piracanjuba.	43
<b>Figura 7</b> - Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Al por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A-Goiatuba, B-Itumbiara, C-Morrinhos e D-Piracanjuba.	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Teores de Cr, Co, Ni, Cu, Zn e Cd de horizontes A e B de solos brasileiros.	14
<b>Tabela 2</b> - Padrões quanto a parâmetros inorgânicos para água doce classe 1.	19
<b>Tabela 3</b> - Concentrações máximas permitidas pela EPA para metais em águas naturais.	19
<b>Tabela 4</b> - Produção de leite em Goiás e nos municípios pesquisados.	21
<b>Tabela 5</b> - Parâmetros médio, máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe recolhidas no município de Goiatuba.	31
<b>Tabela 6</b> - Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe recolhidas no município de Goiatuba..	32
<b>Tabela 7</b> - Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Itumbiara.	33
<b>Tabela 8</b> – Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Itumbiara.	34
<b>Tabela 9</b> – Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Morrinhos.	35
<b>Tabela 10</b> – Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Morrinhos.	36
<b>Tabela 11</b> – Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Piracanjuba.	38
<b>Tabela 12</b> – Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Piracanjuba.	39



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
Cd	Cádmio
Ca	Cálcio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
FAPEG	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás
Fe	Ferro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN	Instrução Normativa
K	Potássio
kg	Quilograma
km	Quilometro
km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado
L	Litro
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
Mn	Manganês
MS	Matéria Seca
MO	Matéria Orgânica
OMS	Organização Mundial de Saúde
P	Fósforo
Pb	Chumbo
ppm	Parte por Milhão
PV	Peso Vivo
SANEPAE	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento
SEPIN	Superintendência de Estatística, pesquisa e informações sócio econômicas
Zn	Zinco
ZnS	Sulfeto de Zinco
µg	Micrograma
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	13
1.1 Metais poluentes.....	13
1.2 Indicadores de Contaminação.....	15
1.3 Parâmetros de Qualidade.....	17
1.4 Caracterização da Atividade Leiteira.....	20
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	23
2.1 Área de Estudo.....	23
2.2 Municípios .....	24
2.3 Amostragem.....	25
2.4 Coleta de Água e Peixe.....	27
2.5 Análises das Amostras.....	28
2.6 Análises dos Dados.....	30
<b>3. RESULTADOS</b> .....	31
3.1 Goiatuba .....	31
3.2 Itumbiara.....	32
3.3 Morrinhos.....	35
3.4 Piracanjuba.....	37
3.5 Amostras de Água dos Municípios.....	41
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	51
<b>REFERENCIAS</b> .....	52

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, como resultado da ação antrópica, o nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos vem aumentando consideravelmente. A utilização de recursos como solo e água pela agropecuária e indústria são apontados como os grandes vilões na contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Estas atividades levam ao aumento considerável nos fluxos de macro e micro poluentes recebidos diariamente pelos cursos de água.

Mesmo com evidências da ação humana de forma direta, ações indiretas como a deposição atmosférica e águas de drenagem também podem contribuir para a contaminação de córregos e rios levando metais poluentes para estes mananciais.

As conseqüências desta contaminação merecem atenção especial visto que atuam de forma direta na manutenção de sistemas produtivos e na vida humana, e esta, tem se preocupado cada vez mais com a qualidade do ambiente onde vive e com os recursos utilizados, recursos estes cuja cadeia produtiva se tornou alvo de investigação por toda sociedade científica.

Um alimento que merece destaque pois faz parte da dieta humana desde a infância até a fase adulta é o leite, rico em proteínas este alimento é indicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como fundamental na alimentação diária, principalmente nos primeiros anos de vida. Sabe-se que a produção de leite no Brasil vem apresentando um crescimento anual significativo desde o início dos anos 90. No período entre 1996 a 2004 este crescimento foi da ordem de 2,96% ao ano, quando a produção saltou de 14,5 para 19,3 bilhões de litros de leite.

Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores de leite do mundo, ocupando o quinto lugar, atrás dos EUA, Índia, China e Rússia (FAO, 2011). O estado de Goiás com uma área de aproximadamente 340.086 Km<sup>2</sup> se destaca no ranque dos produtores nacionais, sendo o quarto maior (EMBRAPA, 2011). As características geográficas, de relevo pouco acidentado e estações bem definidas ao longo do ano podem ser qualidades que impulsionaram o crescimento do rebanho leiteiro na região.

Goiás é banhado por três bacias hidrográficas, a Bacia do Rio Paraná, a Bacia do Tocantins e a Bacia do São Francisco, na qual a bacia do Rio Paraná

microregião do Rio Meia Ponte é destaque entre as áreas de produção leiteira. Os municípios de Piracanjuba e Morrinhos produzem respectivamente  $90.033 \cdot 10^3$  e  $74.613 \cdot 10^3$  litros/ano somando um rebanho leiteiro de 128.060 cabeças. Municípios como Itumbiara e Goiatuba produzem mais de  $60.000 \cdot 10^3$  litros/ano e também estão na lista dos maiores produtores dentro do estado (IBGE, 2010).

Em virtude do acentuado crescimento do rebanho nestes municípios e do gado leiteiro necessitar da água para sua dessedentação podem estes, em propriedades que utilizam aguadas naturais depositar seus dejetos dentro ou próximo aos cursos de água, contribuindo assim para a contaminação dos recursos hídricos.

A qualidade da água dos córregos utilizados para diversas atividades, entre elas pelo rebanho leiteiro, pode refletir a presença direta ou indireta de contaminação que conseqüentemente provoca impacto sobre a biota.

Os fatores responsáveis pela contaminação podem ser pontuais como lançamento de esgotos e atividade industrial, ou ainda difuso como o uso de agrotóxicos e deposição de resíduos animais, desta forma a possível contaminação dos córregos da Bacia em estudo pode ser mensurada com a determinação de contaminantes como os metais na água e fauna aquática. Conforme exposto, o estudo sobre a influência da pecuária leiteira na contaminação ambiental de córregos se faz necessário, portanto, este trabalho objetiva avaliar a presença de metais poluentes Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr e Al, em peixes e água de córregos da Bacia do Rio Paranaíba, Goiás, considerando quatro municípios: Goiatuba (A), Itumbiara (B), Morrinhos (C) e Piracanjuba (D).

Esta dissertação está dividida em cinco itens além dessa introdução. No primeiro item é feita uma breve revisão bibliográfica sobre metais poluentes, indicadores de contaminação e parâmetros de qualidade da água, a seguir é apresentada a metodologia onde é feita uma descrição sucinta das áreas de estudos e das técnicas de análise dos metais. No terceiro item são apresentados os resultados obtidos da concentração dos metais em peixes e nos cursos de água e posteriormente segue a discussão dos resultados e conclusão. Ao final estão dispostas as referencias bibliográficas.

## 1 REVISÃO LITERÁRIA

### 1.1 Metais Poluentes

Os metais poluentes são elementos químicos que podem ser identificados como indicadores biológicos de poluição quando encontrados em excesso na água, solo e biota. São classificados de acordo com a sua função nos sistemas vivos em três grupos: metais essenciais (Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) que apresentam funções biológicas conhecidas e específicas; metais tóxicos (Cd, Sn, Au, Hg, Ti, Pb, Bi e Al); e metais eventualmente presentes nas células (Rb, Cs, Sr), que não apresentam funções definidas, podendo ocasionar até mesmo um mau funcionamento das células dependendo de sua concentração (BEVERIDGE et al., 1997; MELO et al, 1999 apud TEIXEIRA, 2010).

Os metais encontrados no ambiente são transportados das rochas para o solo por intemperismo e portanto ocorrem de maneira natural, contudo, o aporte antropogênico nos ecossistemas tem causado preocupação sobretudo com a deposição destes elementos em quantidades que possam causar danos aos ciclos naturais de vida. Para Teixeira (2010), várias dessas entradas são originárias do descarte de resíduos, material particulado e do uso de agroquímicos.

É freqüente o uso do termo metal pesado quando se refere a metais que causam danos ambientais, entretanto por definição metal pesado é aquele que possui densidade elevada o que não impede a utilização correta deste a um grupo de elementos associados a problemas de poluição e toxicidade para (TOMAZELLI, 2003).

Para Duffs (2002), o termo metal pesado, relatado em várias definições encontradas na literatura dificultavam uma padronização do conceito. O autor afirma ainda que a definição do conceito deve levar em conta a toxicidade potencial do elemento metálico.

Para Benjamin e Honeyman (1992), uma das importantes propriedades dos metais pesados é a sua tendência de formar ligações com um grande número de compostos que em um sistema podem controlar o transporte e destino dos metais.

Os elementos considerados metais tanto essenciais quanto os tóxicos quando acumulados não são biodegradáveis e participam do ciclo ecobiológico global no

qual a água tem papel principal, derivam de um considerável número de fontes e são transportados dinamicamente através da atmosfera, solos e água podendo permanecer no ambiente por longos períodos (LINDE et al., 1996). Neste estudo será utilizado o termo metal poluente visto que em ecossistemas naturais apenas seu acúmulo e conseqüente contaminação é prejudicial.

No Brasil, Fadigas et al. (2006) estudaram teores dos metais pesados Cr, Co, Ni, Cu, Zn e Cd (Tabela 1) nas principais classes de solos brasileiro em condições naturais, ou seja, sem perturbação antrópica. Com exceção do Cd, os teores encontrados de forma geral foram inferiores aos valores médios encontrados em estudos internacionais.

**Tabela 1.** Concentrações de Cr, Co, Ni, Cu, Zn e Cd de horizontes A e B de solos brasileiros.

Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd
30,0± 10,2	9,6 ± 2,9	19,5 ± 7,7	14,3 ± 4,8	37,8 ± 8,1	0,8± 0,2
21,1 ± 8,7	7,8 ± 1,8	10,8 ± 4,6	10,6 ± 5,3	23,4 ± 5,6	0,7± 0,2
38,4 ± 5,8	6,3 ± 1,4	17,1 ± 3,0	12,4 ± 3,7	26,0 ± 4,1	1,0± 0,2
75,0 ± 9,8	5,3 ± 2,9	29,9 ± 4,7	8,0 ± 3,7	21,2 ± 6,7	1,8 ± 0,7
54,5 ± 7,8	2,1 ± 0,6	13,6 ± 2,0	3,2 ± 1,4	13,5 ± 3,6	0,4± 0,1
9,6 ± 2,4	1,7 ± 0,3	2,7 ± 0,6	1,6 ± 0,4	5,4 ± 1,0	0,2± 0,1
25,3 ± 4,6	2,9 ± 0,8	7,3 ± 1,5	3,1 ± 1,1	11,4 ± 2,3	0,3± 0,1
MG* 36	5	14	8	20	1

Fonte: Fadigas et al. (2006).

\*MG = Média Geral.

A ocorrência de elevados níveis de metais poluentes em especial nos solos podem muitas vezes ser atribuídos a influências antropogênicas, ao invés de um enriquecimento natural dos sedimentos geológicos por intemperismo (JESUS et al., 2004).

Assim como no solo os ecossistemas aquáticos são facilmente acometidos por ações antrópicas que em geral causam comprometimento de seu ciclo. O acúmulo de metais a partir da água sobrejacente ao sedimento depende de uma série de fatores ambientais externos, tais como pH, força iônica, o tipo e

concentração de ligantes orgânicos e inorgânicos e da superfície disponível para adsorção causada pela variação granulométrica (DAVIES *et al.*, 2006; BONAI *et al.*, 2009).

Bonai *et al.* (2009) afirmam que a concentração de metais contaminantes presentes na coluna d'água pode ser relativamente baixa, mas a longo prazo pode aumentar a concentração nos sedimentos como resultado do acúmulo de poluentes.

Em águas naturais, os metais podem estar presentes nas formas de particulados, em suspensão, sedimento e dissolvido, sendo constantemente redistribuídos entre estas fases durante o transporte (SHI *et al.*, 1998) e dependendo de suas propriedades podem ser acumulados pelos organismos vivos (FORSTNER e WITTMANN, 1983).

## **1.2 Indicadores de Contaminação**

Com a necessidade de pesquisas voltadas à manutenção do ambiente aquático para que as gerações futuras não comprometam seu bem estar, a descoberta de indicadores que auxiliam na identificação de contaminantes e fontes contaminadoras é de fundamental importância.

O monitoramento da contaminação no ambiente aquático em seus diferentes elementos pode ser avaliado na descoberta de informações que colaborem no controle de eventuais danos a este ecossistema. Os parâmetros frequentemente utilizados em ambientes aquáticos são a água, sedimento e biota, onde se destaca o uso de peixes.

Para Forstner e Wittmann (1983), os teores de metais dissolvidos na água tendem a variar ao longo do tempo e dos diferentes pontos de amostragem, o que se deve ao grande número de variáveis dinâmicas envolvidas. Apesar da variação nos parâmetros atribuídos a água, estes índices tem sido utilizados por muitos pesquisadores para avaliação do grau de contaminação de diversos ambientes aquáticos (SMITH *et al.*, 1996; MASTRINE *et al.*, 1999).

Já no final da década de 1960 início dos anos 1970, Brooks e Rumsby (1965), estudaram metais em três espécies de bivalves marinhos da Nova Zelândia, dando assim início a estudos sobre a possibilidade do uso de organismos para monitorar contaminantes que pudessem ser acumulados em ecossistemas aquáticos.

O uso das respostas biológicas como indicador de degradação ambiental, principalmente hídricas se mostrava vantajoso em relação às medidas físicas e químicas da água que registram apenas as condições do momento em que foram coletadas (METCALFE, 1989).

Para Tomazelli (2003), o uso de bioindicadores para quantificar o grau de contaminação de ambientes aquáticos obteve vantagens práticas e teóricas sobre as análises da água em programas de monitoramento. A autora afirma que estas vantagens se dão pela considerável capacidade de acúmulo de contaminantes que permitem medidas relativamente simples para sua quantificação comparadas com as análises necessárias para estudo de um elemento dinâmico como a água.

Técnicas para a avaliação de impactos causados pela ação antrópica ao meio ambiente como a utilização de componentes da biota ou bioindicadores vêm sendo largamente ampliadas e estudadas.

Segundo Rosemberg e Resh, (1993), estas técnicas podem ser divididas em duas abordagens principais: aquelas associadas aos níveis superiores de organização, tais como populações, comunidades e ecossistemas ou no nível individual que trata de alterações comportamentais, definidos como componentes biológicos, celulares, bioquímicos, estruturas e funções biológicas, alteradas quando em contato com compostos xenobióticos.

Os peixes constituem um grupo de grande importância nas avaliações de toxicidade ambiental, representam alguns dos organismos mais empregados nos programas de monitoramento principalmente de metais poluentes (REDMAYNE et al., 2000; SANTOS et al., 2002; KINGURA e AKAGI, 2003), pois além de estarem presentes em vários ambientes aquáticos e apresentarem ampla distribuição geográfica, participam ainda, de diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar, sendo considerados como excelentes modelos biológicos de estudo (VAN DER OOST et al. 2003).

Inúmeros autores discutem a utilização de bioindicadores da ictiofauna os quais refletem o aumento dos estudos e levantamento de sua utilidade ao aferir a presença de contaminantes, Karr e Duddley (1981) e Karr (1987), (quadro 1) mencionam as seguintes vantagens da utilização de peixes na identificação de contaminantes.



**Quadro 1**– Vantagens na utilização da ictiofauna na identificação de contaminantes.

---

- Refletem as condições das populações produtoras e consumidoras presentes no meio aquático por causa de sua posição final ou semifinal nas redes tróficas.
- Podem ser utilizados como indicadores de processos longos ocorridos no ambiente a uma escala temporal e espacial por causa de sua longevidade e mobilidade respectivamente.
- A diversidade das espécies ictícas representa os diferentes níveis tróficos e de fácil identificação taxonômica em comparação aos outros grupos de animais.
- Consomem alimentos originários do meio terrestre e aquático
- Podem ser encontrados na maioria dos corpos d'água exceto aqueles efêmeros ou muito poluídos.

---

Adaptado de Karr: 1987, Karr e Duddley: 1981.

Os organismos da fauna aquática além de fornecer informações a respeito da biodisponibilidade dos elementos analisados, fornecem também indicações sobre as concentrações disponíveis ao homem, uma vez que podem fazer parte da dieta humana (TOMAZELLI, 2003). Visto a importância de se monitorar ambientes aquáticos quanto sua qualidade não só na descoberta de poluentes mas na manutenção deste recurso, a análise conjunta de parâmetros ambientais como água e a fauna aquática podem colaborar ainda mais com os estudos nesta área.

### **1.3 Parâmetros de Qualidade**

A água como um bem vital merece atenção principalmente com o aumento da população mundial que exige muito mais deste recurso não só de forma direta, mas na produção de outros bens. O Conselho Nacional do Meio Ambiente, (CONAMA) em sua resolução nº 357 de 2005, classifica os recursos hídricos (quadro 2) segundo seus usos preponderantes, em oito classes.

**Quadro 2-** Classificação dos recursos hídricos quanto à classe

<b>Classe</b>	<b>Uso</b>
<b>Classe 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Abastecimento doméstico após tratamento simplificado</li> <li>* Proteção de comunidades aquáticas</li> <li>* Irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas</li> <li>* Recreação de contato primário (natação, esqui)</li> <li>* Aqüicultura</li> </ul>
<b>Classe 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Abastecimento doméstico após tratamento convencional</li> <li>* Proteção de comunidades aquáticas</li> <li>* Recreação de contato primário</li> <li>* Irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas</li> <li>* Aqüicultura</li> </ul>
<b>Classe 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Abastecimento doméstico após tratamento convencional</li> <li>* Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras</li> <li>* Dessedentação de animais</li> </ul>
<b>Classe 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Navegação</li> <li>* Harmonia Paisagística</li> </ul>
<b>Classe 5</b> (Águas Salinas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Recreação de contato primário</li> <li>* Proteção de comunidades aquáticas</li> <li>* Aqüicultura</li> </ul>
<b>Classe 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Navegação comercial</li> </ul>
<b>Classe 7</b> (Águas Salobras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Recreação de contato primário</li> <li>* Proteção de comunidades aquáticas</li> <li>* Aqüicultura</li> </ul>
<b>Classe 8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Navegação comercial</li> <li>* Harmonia paisagística</li> <li>* Recreação de contato secundário</li> </ul>

Fonte: CONAMA resolução nº 357 de 2005.

Em relação à utilização da água em média, 70% é destinado para a agricultura, 22% para a indústria e 8% para fins domésticos. As águas das classes 1, 2 e 3 podem ser utilizadas para abastecimento humano após o tratamento adequado. Uma vez realizado este tratamento, ela deve atender à portaria 512 do Ministério da Saúde que apresenta as normas e padrões de água destinada ao consumo humano. A resolução nº 357 de 2005 (tabela 4) dispõe também das

diretrizes ambientais estabelecendo as condições e padrões quanto à presença de elementos inorgânicos para água classe 1.

**Tabela 2-** Padrões quanto a parâmetros inorgânicos para água doce classe 1.

<b>Substancia</b>	<b>Concentrações (mgL<sup>-1</sup>)</b>
Alumínio dissolvido	0,1
Arsênio total	0,01
Bário total	0,7
Berílio total	0,04
Boro total	0,5
Cádmio total	0,001
Chumbo total	0,01
Cobre dissolvido	0,009
Cromo total	0,05
Ferro dissolvido	0,3
Fluoreto Total	1,4
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020

Fonte: CONAMA, 2005.

Instituições como a Filial de Qualidade da Água e Meio Ambiente do Canadá (Water Quality Branch of Environment Canadá), a Agencia Americana de Proteção Ambiental (Environment Protection Agency - EPA) e a Comissão Europeia Consultiva da Pesca (European Inland Fisheries Advisory Commission -EIFAC) também estabelecem classificações e critérios de qualidade da água. A tabela 3 mostra os valores estabelecidos pela EPA para metais em águas naturais.

**Tabela 3** – Concentrações máximas permitidas pela EPA para metais em águas naturais.

<b>Metal</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Concentração máxima permitida (mg/L<sup>-1</sup>)</b>
Mercúrio	Hg	0,144
Chumbo	Pb	5
Cádmio	Cd	10
Selênio	Se	10

Continuação tabela 3

Tálio	Ti	13
Níquel	Ni	13,4
Prata	Ag	50
Magnésio	Mn	50
Cromo	Cr	50
Ferro	Fe	300
Bário	Ba	1000

Fonte: Adaptado de ZABEL, 1993.

Quanto à qualidade de peixes, os parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), portaria n° 685/98, são bem claros, indicando os valores máximos permitidos de metais em peixes destinados a consumo humano.

Neste estudo não serão levantados os cuidados quanto à ingestão de peixes encontrados nas estações amostrais visto que o porte e quantidade destes animais são irrisórios quanto ao consumo humano, mesmo, havendo a identificação de costumes locais no preparo destes como alimento ou iscas para espécies de peixes de maior porte.

#### 1.4 Caracterização da Atividade Leiteira

Conforme o Censo de Agropecuário de 2006, existem no Brasil 5.175.902 estabelecimentos rurais familiares (segundo a metodologia utilizada por INCRA/FAO), ocupando uma área de 107,8 milhões de hectares. Os agricultores familiares representam 85,5% do total de estabelecimentos, ocupam 30,5% da área onde são responsáveis por 37,9% do Valor Bruto da Produção Agropecuária Nacional (VPB) proveniente em parte da atividade leiteira.

Buainain, (2003) afirma que os agricultores familiares utilizam os recursos produtivos de forma mais eficiente, pois, mesmo detendo menor proporção de terras e de financiamento disponível, produzem e empregam mais do que a agricultura patronal. A alta flexibilidade da adaptação a diferentes processos de produção proporcionaram a agricultura familiar elementos fundamentais para a modernização

agrícola e particularmente de certas cadeias agroindustriais como a produção leiteira (GOMES, 2004).

Provavelmente, em nenhuma outra atividade humana, exista interação tão grande entre o ser humano e a natureza como na agricultura e sua consequência atual é que, ali, acabam por ocorrer grandes problemas ambientais (BRANDENBURG, 1999).

Inquestionavelmente toda agricultura trouxe mudanças revolucionárias ao planeta, onde estas têm sido muitas vezes destrutivas para a ordem natural (WORSTER, 2003). Contudo, a agricultura pode prover desde que orientada um conjunto de serviços como o manejo sustentável de suas linhas produtivas de forma que diminuam ou extingam seus impactos sobretudo os causados aos ecossistemas oriundos da atividade leiteira.

Nas fazendas da bacia leiteira do rio Paraná em Goiás é comum o sistema produtivo extensivo como foi observado em campo, no qual várias cabeças de gado são acomodadas em pequenas áreas, visto as propriedades serem em média de 75 hectares e geridas por integrantes da própria família. Estas propriedades leiteiras são caracterizadas pela presença de locais onde o gado visita para beber água, locais de dessedentação, popularmente denominados de aguadas.

Os municípios goianos de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba, apresentam inúmeras propriedades que utilizam aguadas naturais e estes são considerados os municípios leiteiros mais produtivos de todo o estado, o que requer assim atenção quanto aos resíduos da atividade leiteira (tabela 4).

**Tabela 4-** Produção de leite em Goiás e nos municípios pesquisados

<b>Estado/Municípios</b>	<b>Produção de leite (litros/dia)</b>
<b>Goiás</b>	2.873.543
Goiatuba	33.275
Itumbiara	36.200
Morrinhos	80.807
Piracanjuba	107.942

Fonte: SEPLAN (GO), 2008

As aguadas utilizadas pelos animais nas propriedades destes municípios recebem grandes quantidades de fezes e urina, proveniente da visita e permanência constante do gado, nos quais ao lançar seus dejetos enriquece o solo nas proximidades do córrego interferindo até mesmo na água e no sedimento de fundo com o acúmulo de matéria orgânica, nutrientes e demais componentes presentes nestes dejetos.

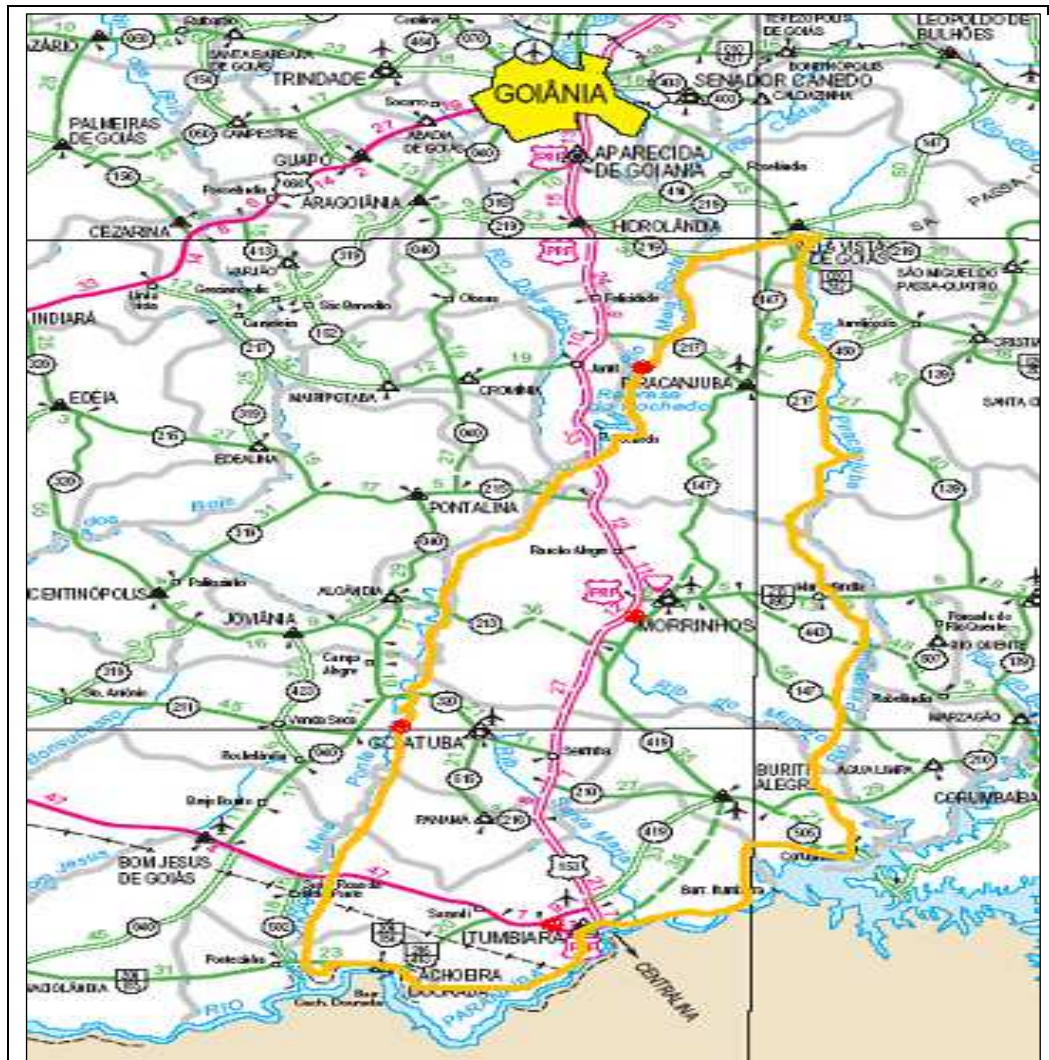
Os dejetos de origem animal podem trazer consigo compostos como fósforo, nitrogênio, herbicidas e inseticidas aplicados na manutenção de pastos e do próprio animal prejudicando o ambiente aquático, (LIM et al, 1998;. FITCH E ADAMS, 1998;. CEREJEIRA et al, 2003; MARÇAL et al, 2003; SHIGAKI et al, 2006).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A bacia leiteira amostrada neste estudo compreende 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), no alto da bacia do rio Paraná em Goiás, Brasil Central.

Os pontos em vermelho (figura 1) apontam os municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Goatuba e Itumbiara escolhidos para o desenvolvimento deste trabalho.



**Figura 1** – Localização dos municípios estudados.

Fonte: Goiás Mapas, 2008.

## 2.2 Municípios

O município de Goiatuba pertence a microrregião homogênea, vertente Goiana do Paranaíba, a uma altura média de 783 metros acima do nível do mar, limita-se ao norte com os municípios de Vicentinópolis, Joviânia e Morrinhos, ao sul com os municípios de Castelândia, Bom Jesus de Goiás e Itumbiara (IBGE, 2004).

A área do município é de 247.510 hectares com padrão de drenagem do tipo retangular aparecendo nos rios e córregos inúmeras corredeiras, destacando-se os Rios dos Bois e Meia Ponte, os ribeirões Santa Bárbara, São Domingos, Bom Sucesso e Santa Maria. As chuvas apresentam escoamento superficial concentrado em áreas de substituição da cobertura vegetal primitiva por pastos, submetidos à prática de queimadas e ao pisoteio intenso do gado que favorece a retirada de nutrientes do solo.

O clima do município é tipicamente tropical quente e úmido, apresentando nitidamente as estações secas e chuvosas sendo necessária a rotação de pastos pela atividade agropecuária (SEPIN, 2005).

Itumbiara que também pertence à bacia em estudo está localizado no sul do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais a uma distância de 206 quilômetros de Goiânia e 400 km de Brasília. Sua população estimada pelo IBGE em 2010 era de 92.942 habitantes. A cidade é o portal de entrada do Estado, também é um dos mais competitivos municípios goianos. O fácil acesso ao Sul e Sudeste do país e também ao sudoeste do Estado, facilita o escoamento da produção de leite e grãos o que torna este município muito atrativo para a instalação de grandes agroindústrias, favorecendo assim seu acentuado crescimento e desenvolvimento econômico (SEPIN, 2007).

Pertencente a Microrregião do Rio Meia Ponte, Morrinhos no qual possui uma população estimada é de 41.457 habitantes (IBGE, 2010), possui clima ameno que favorece a atividade agropecuária como consequência menos de 30% da cobertura é vegetal natural. Mais de 50% da área do município apresenta potencial para o uso com lavouras e pastagens plantadas, (IBGE, 2004).

A agropecuária é responsável por 53% da geração de divisas para o município com mais de 240.000 cabeças de gado bovino de corte e leite. O rebanho



leiteiro produz 52,7 milhões de litros de leite por ano. A produção de quase 60 milhões de litros de leite por ano coloca o município como a 2ª *bacia leiteira do Estado*. (SEPLIN, 2007).

O quarto município encontrado na bacia em estudo é Piracanjuba, situado a 87 km da capital Goiânia, tem cerca de 150 anos, sua população estimada pelo IBGE em 2010 era de 24.033 habitantes.

Localizada na Bacia do Rio Paraná nos quais estão os principais rios do município o Meia Ponte e o Piracanjuba, maior bacia leiteira do Estado de Goiás produz quase 110 mil litros de leite por dia. Considerado um celeiro do estado, produz milhares de sacas de soja, milho, algodão e sorgo. O destaque fica por conta da produção da soja, um dos principais produtores do Estado de Goiás (IBGE, 2004).

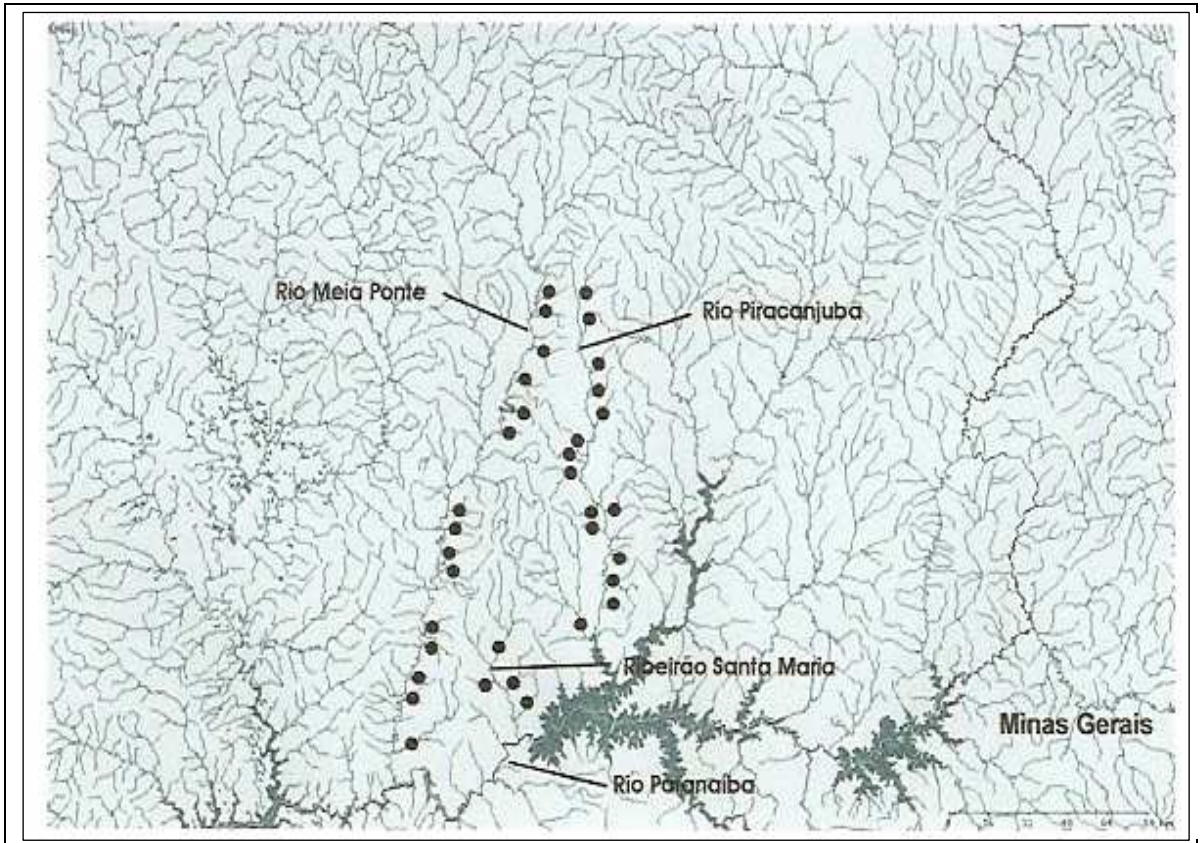
### **2.3 Amostragem**

Neste estudo foram escolhidas trinta e quatro (34) propriedades que apresentam diferentes graus de desenvolvimento decorrente da atividade leiteira. Em primeira visita, através de questionário, foi perguntado aos proprietários sobre a forma de dessedentação do gado afim de, selecionar aqueles que utilizavam córregos e riachos de suas propriedades para os animais matarem a sede, as aguadas naturais.

Em três (3) propriedades das trinta e quatro (34) pré selecionadas constatou-se que ofereciam água a seus animais em lagoas formadas pela alta dos córregos e portanto foram descartadas por não apresentar a característica do uso de aguadas de água corrente.

A fim de evitar problemas de diluição induzidos pelo período das chuvas bem como a facilitação do acesso a estas propriedades e córregos as coletas de dados foram feitas no período da estiagem de maio a setembro de 2009.

Os pontos apresentados na figura 2 determinam a localização das propriedades ou pontos amostrais nas quais foram feitas o primeiro levantamento.



**Figura 2** – Localização das estações amostrais (pontos escuros) nos cursos de água que drenam a principal bacia leiteira no sul do estado de Goiás, alto do rio Paraná, Brasil Central.

Desta forma foram selecionadas 31 propriedades nas quais em segunda visita foram recolhidas amostras de água e peixes. Após a escolha das propriedades foi montado uma equipe que com o auxílio de transporte pode utilizar equipamentos e utensílios para coletar as amostras. As datas das coletas dentro de um mesmo município mostram-se variadas, pois as propriedades visitadas (quadro 3) muitas vezes se encontravam sem os proprietários ou caseiros postergando a data da coleta a uma nova visita.

Os córregos encontrados nas propriedades apresentavam características comuns, quanto ao tamanho apresentavam profundidade entre 0,33m a 1,10 m. A vegetação das margens tanto esquerda quanto direita apresentava incidências de árvores evidenciando uma cobertura ripária total na maioria dos trechos.

Os barrancos apresentavam-se pouco inclinados ou inexistentes em alguns córregos, onde se puderam observar ações antrópicas.

**Quadro 3-** Informações sobre os pontos de coleta

Data	Local	Município	C FINAL W C FINAL S
04/09/09	P.24	Goiatuba	18°05'09.0'' 49°20'44.0''
05/09/09	P.23	Goiatuba	18°05'33.0'' 49°21'44.0''
14/09/09	P.36	Goiatuba	18°02'46.0'' 49°21'30.0''
18/08/09	P.30	Itumbiara	18°12'07.0'' 49°08'54.0''
19/08/09	P.32	Itumbiara	18°14'32.0'' 49°11'27.0''
20/08/09	P.31	Itumbiara	18°13'03.0'' 49°09'53.0''
21/08/09	P.34 Cór. da Divisa	Itumbiara	18°13'24.0'' 49°14'40.0''
22/08/09	P.33 Cór. Dantas	Itumbiara	18°12'18.0'' 49°08'11.0''
03/09/09	P.35	Itumbiara	17°40'44.0'' 49°08'54.0''
02/09/09	P. 16	Morrinhos	17°40'43.0'' 49°12'55.0''
02/06/09	P. 12 Cór. da sede	Morrinhos	17°55'42.1'' 48°57'28.8''
03/06/09	P. 14 Cór. Chapadão	Morrinhos	17°42'20.2'' 48°54'41.9''
04/06/09	P.15 Cór. das Almas	Morrinhos	17°44'11.4'' 48°53'35.2''
05/06/09	P.19	Morrinhos	17°48'21.9'' 49°20'53.7''
15/06/09	P.17	Morrinhos	17°46'25.7'' 49°17'06.5''
24/09/09	P.42	Morrinhos	17°52'01.0'' 48°56'31.0''
16/06/09	P.18 Cór. Macacos	Morrinhos	17°45'47.4'' 49°17'38,2''
17/06/09	P.22 Rib. do Gongo	Morrinhos	17°39'18.4'' 49°08'22.3''
18/06/09	P.20 Cór. Sabão	Morrinhos	17°45'49.6'' 49°15'37.2''
19/06/09	P.21 Rib. da Serra	Morrinhos	17°39'58.5'' 49°11'29.0''
25/05/09	P. 10 Cór. Samambaia	Piracanjuba	17°12'04.0'' 49°03'36.0''
27/05/09	P. 4 Cór. Ponte Furada	Piracanjuba	17°23'49.0'' 49°09'59.0''
28/05/09	P. 8 Areia	Piracanjuba	17°14'43.0'' 48°55'43.0''
15/09/09	P.02	Piracanjuba	17°25'48.0'' 48°57'48.0''
16/09/09	P.01	Piracanjuba	17°22'54.0'' 48°50'31.0''
17/09/09	P.37	Piracanjuba	17°08'19.0'' 48°59'47.0''
18/09/09	P.39	Piracanjuba	17°20'42.0'' 48°05'08.0''
21/09/09	P.07	Piracanjuba	s/i s/i
22/09/09	P.38	Piracanjuba	s/i s/i
23/09/09	P.40	Piracanjuba	17°21'13.0'' 48°47'46.0''
23/09/09	P.41	Piracanjuba	17°16'16.0'' 48°02'46.0''

Dados de coleta forjados pela equipe.

## 2. 4 Coletas de água e peixes

As amostras de água foram coletadas em fraco âmbar de 1L em dois pontos do curso de água, jusante e montante da aguada. Os frascos, mesmo novos, foram lavados três vezes com a água do próprio córrego a fim de evitar qualquer resíduo do recipiente a 40 centímetros abaixo da superfície da água no meio do fluxo, em

seguida identificados com os seguintes dados: analista, procedência, local e ponto da coleta, data e hora.

A preservação das amostras, o transporte bem como a estocagem foram feitos considerando os métodos oficiais. Posteriormente, as amostras foram enviadas para o laboratório de Química da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

O método de coleta está em conformidade ao estabelecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO), determinação estabelecida pela Resolução N°20 de 18/06/1986, disposta no art. 24 em seu *caput* (CONAMA, 1986).

Os peixes foram coletados utilizando a pesca elétrica com um gerador portátil (220 v) acoplado a um transformador de energia, no qual são ligados dois puçás (ânodo e cátodo) que produzem um campo elétrico na água provocando paralisia ou morte dos peixes.

Em laboratório, os peixes coletados foram conservados em freezer, identificados quanto ao seu local de captura, pesados em balança até 15 kg por se tratar de peixes pequenos (<5cm) até o momento do pré tratamento.

## **2. 5 Análises das amostras**

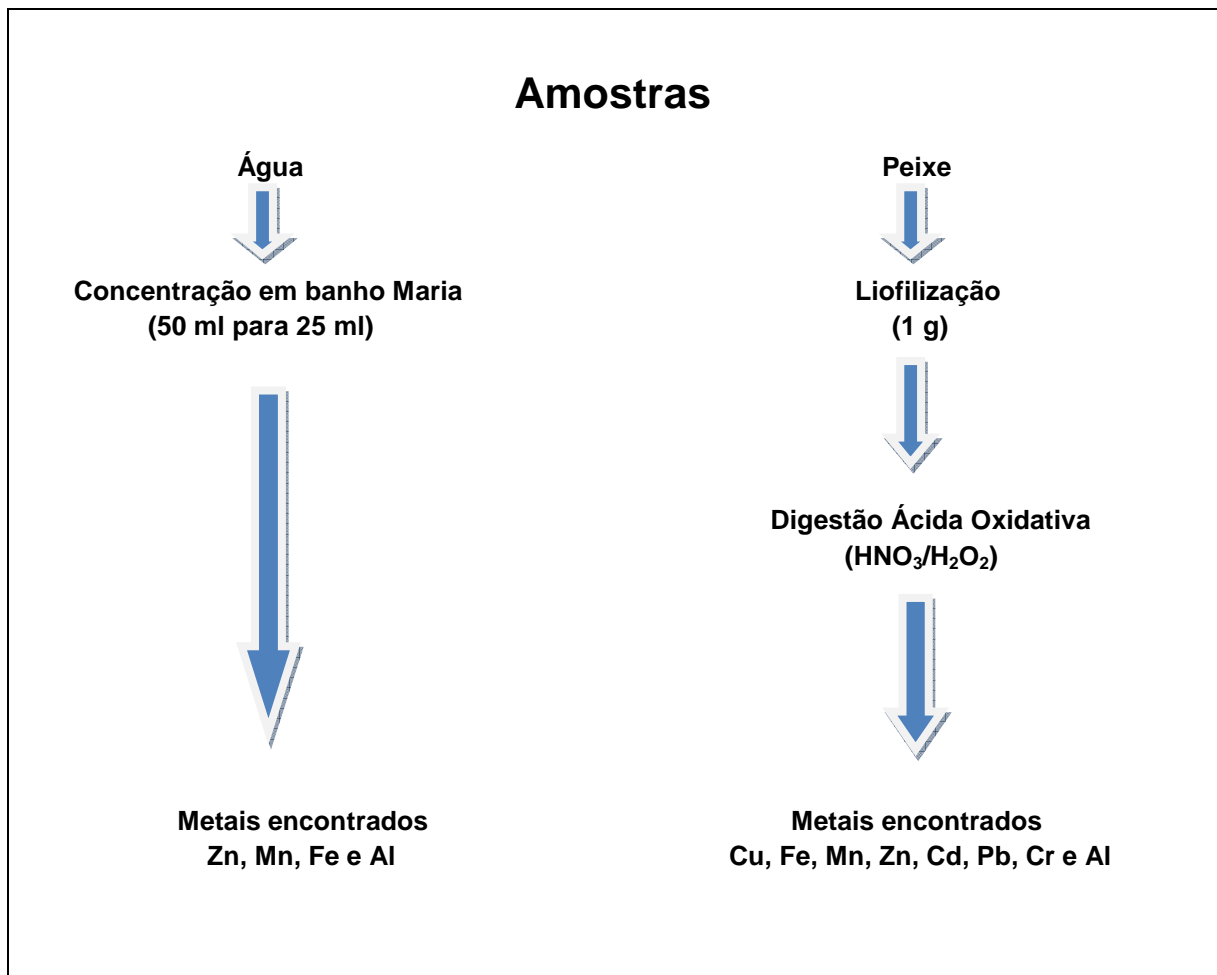
Em laboratório as amostras de água foram filtradas para a separação de material dissolvido e particulado em suspensão. Foram medidos 50 mL de cada amostra para redução a 25 mL em banho Maria.

Os peixes foram submetidos à liofilização e posteriormente a um protocolo para extração de metais, seguindo os procedimentos abaixo. Foi pesado 1 g de amostra seca, adicionados 5,0 mL de HNO<sub>3</sub> (1:1) e aquecidas em bloco digestor por 10 minutos a 95±5°C. Após resfriamento natural foram adicionadas mais 15 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado.

As amostras foram novamente aquecidas a 95±5°C por 12 horas e deixadas resfriar naturalmente a temperatura ambiente e então foram adicionadas 1,0 mL de água destilada e 3,0 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em seguida as amostras foram aquecidas por 1 hora a 95±5°C. Com o resfriamento total foram adicionadas 6 parcelas de 1,0 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> até a solução parar de ferver e não mais mudar de cor (EPA, 1995).

Após digestão das amostras de peixe e a pré concentração das amostras de água foram encaminhadas ao Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE-PR) campus Marechal Cândido Rondon para a determinação da concentração dos metais Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr e Al (Figura 3).

As análises foram realizadas por 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).



**Figura 3** – Esquema para obtenção dos metais em água e peixes.

## 2.6 Análises dos dados

Com o propósito de possibilitar a melhor visualização das amostras e das variáveis, foram efetuados análise de componentes principais (ACP). Os valores referentes às amostras de peixes foram organizados em valores médios, máximos e mínimos e posteriormente submetidos à análise de porcentagem pela concentração do metal.

Os dados referentes às amostras de água foram submetidos a Teste de Kruskal-Wallis apropriado para comparar as distribuições de duas ou mais variáveis pelo menos ordinais observadas em duas ou mais amostras independentes.

O teste de hipóteses é:

$H_0$  : As distribuições das  $k$  amostras são idênticas;

$H_1$  : As distribuições das  $k$  amostras diferem na localização.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Goiatuba

##### 3.1.1 Amostras de peixes

Nos 3 (três) pontos analisados no município de Goiatuba (tabela 5), observou-se nos pontos 23, 24 e 36, respectivamente 66,6%, 57,1% e 60% das amostras apresentaram concentrações de cobre acima dos valores de referencia ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Para o Fe 66,6% das amostras do ponto 23, 56% das amostras coletadas no ponto 24 e 60% do ponto 36 mostraram valores acima dos limites estabelecidos pela legislação ( $5,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

Para Mn e Zn todas as amostras coletadas em Goiatuba apresentaram concentrações abaixo do limite máximo permitido pela lei.

**Tabela 5**– Parâmetros médios, máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Goiatuba.

Ponto	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
23	3	1,83 (3,00- < LD)	12,7 (37,00-0,20)	0,84 (2,00-0,02)	14,00 (28,00-< LD)
24	14	2,50 (3,00-1,00)	22,50 (35,00-0,40)	0,80 (2,00-0,05)	25,40 (29,00-10,50)
36	5	2,40 (4,89-1,00)	25,30 (31,61-0,70)	0,55 (1,00-0,01)	15,20 (27,89-10,02)
	Valor Referencia	2,00*	5,00**	2,50*	50,00*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

LD, limite de detecção

Para o metal cádmio encontrado no município de Goiatuba (tabela 6), observou-se que nos pontos 23, 24 e 36, respectivamente 33,3%, 33,3% e 80% das amostras apresentaram concentrações acima dos valores de referencia ( $1,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Para Pb 33,3% das amostras do ponto 23, 70% das amostras coletadas no ponto 24

e 30% do ponto 36 mostraram valores acima do dos limites estabelecidos pela legislação ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

**Tabela 6**– Parâmetros médios, máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Goiatuba.

Ponto	N	Cd	Pb	Cr	Al
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
23	3	1,33 (3,00-< LD)	1,50 (3,00-< LD)	0,53 (1,00-0,20)	2,26 (4,00-0,30)
24	14	1,00 (3,00-2,00)	3,33 (4,00-2,00)	0,50 (1,00-0,30)	3,80 (4,00-3,00)
36	5	4,38 (3,89-2,00)	2,19 (2,37-2,00)	1,30 (1,21-0,50)	7,61 (4,63-3,50)
Valor Referencia		1,00**	2,00**	0,10**	0,20*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

LD, limite de detecção

Para Cr e Al todas as amostras coletadas em Goiatuba apresentaram concentrações acima do limite máximo permitido pela lei.

## 3.2 Itumbiara

### 3.2.1 Amostras de peixes

Para o parâmetro peixe foram encontrados no município de Itumbiara os metais cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, chumbo, cromo e alumínio, onde nos pontos (30,31,32, 33, 34 e 35) analisados (tabela 7), observou-se que todas as amostras apresentaram concentrações de cobre acima dos valores de referencia ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

Para o Fe 100% das amostras do ponto 30, 31, 32 e 34 mostraram valores acima do dos limites estabelecidos pela legislação ( $5,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e nos pontos 33 e 35 as amostras apresentam concentrações dentro dos limites máximos exigidos por lei.



Para Mn observou-se que 50% das amostras do ponto 30, 75% do ponto 32, 30% do ponto 33, 28% do ponto 34 e 100% do ponto 35 apresentam concentrações acima dos limites de referencia para este metal ( $2,50 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

No ponto 31 todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do limite.

As amostras coletadas nos pontos 30 e 35 apresentam valores de Zn abaixo do valor de referencia. Nos pontos 31, 32, 33 e 34 observou-se respectivamente que 12%, 9%, 15% e 10% das amostras apresentaram concentrações acima do limite máximo permitido pela lei ( $50,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

**Tabela 7**– Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Itumbiara.

Ponto	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
30	18	4,89 (3,91-3,30)	5,87 (7,17-6,57)	2,30 (3,00-1,30)	20,34 (38,00-6,00)
31	12	4,86 (3,16-3,00)	6,71 (9,00-8,00)	1,46 (2,00-1,00)	18,86 (56,32-9,00)
32	19	2,06 (6,67-3,20)	6,67 (9,00-7,30)	2,50 (3,00-2,24)	33,30 (53,33-8,00)
33	22	3,40 (7,00-3,00)	2,90 (5,00-3,00)	2,00 (3,20-2,00)	29,50 (59,00-9,00)
34	15	3,53 (6,00-3,00)	4,97 (7,69-6,00)	2,17 (3,00-1,00)	22,70 (60,15-7,00)
35	7	2,27 (7,00-4,00)	4,11 (4,00-2,00)	8,69 (7,00-4,00)	28,33 (39,00-2,00)
	Valor Referencia	2,00*	5,00**	2,50*	50,00*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

Os valores encontrados para os metais cádmio, chumbo, crômio e alumínio são apresentados na tabela 8. Observou-se que para Cd nos pontos 30 a 35 todos

os valores estão acima dos de referencia ( $1,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ), estando portanto as amostras recolhidas nos seis pontos em desacordo com a lei.

Para chumbo encontramos dados inversos ao do cádmio, pois todas as amostras apresentam valores até o limite de referencia ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

**Tabela 8**– Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Itumbiara.

Ponto	N	Cd	Pb	Cr	Al
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
30	18	3,89 (6,52-2,00)	1,34 (1,74-1,00)	4,57 (3,91-2,00)	5,95 (13,30-7,00)
31	12	2,43 (7,89-2,00)	0,71 (1,58-0,20)	3,57 (4,21-2,00)	14,71 (16,63-2,00)
32	19	3,30 (6,67-2,00)	1,86 (2,00-1,00)	3,16 (4,00-1,00)	7,11 (16,33-1,00)
33	22	2,70 (4,00-2,00)	0,80 (2,00-1,00)	2,20 (3,00-1,00)	6,80 (12,00-6,00)
34	15	3,52 (7,69-2,00)	1,06 (1,46-1,00)	4,55 (5,69-4,00)	5,95 (12,23-6,00)
35	7	3,14 (4,69-2,00)	1,40 (2,00-1,00)	2,10 (2,00-1,00)	6,80 (16,00-9,00)
Valor Referencia		1,00**	2,00**	0,10**	0,20*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

Para Cr e Al todos os pontos apresentaram valores bem acima do valor referência (Cr =  $0,10 \mu\text{g g}^{-1}$  e Al =  $0,20 \mu\text{g g}^{-1}$ ), o que coloca as amostras encontradas no município de Itumbiara para estes metais em desacordo com a lei.

### 3.3 Morrinhos

#### 3.3.1 Amostras de peixes

Nos 10 pontos analisados no município de Morrinhos (tabela 9 e 10), observou-se a presença de metais cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, chumbo, cromo e alumínio. Nos pontos 12, 14 e 15, respectivamente 37,5%, 15% e 10% das amostras apresentaram concentrações de cobre acima dos valores de referência ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Nos pontos 16, 18, 19, 20, 21, 22 e 42 para o mesmo metal respectivamente 30%, 12%, 12%, 15,5%, 10%, 17,5% e 20% das amostras apresentam concentrações de cobre acima dos permitidos por lei.

**Tabela 9**– Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Morrinhos.

Ponto	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
12	21	4,35 (16,88-0,52)	2,55 (4,38-2,92)	0,56 (2,13-0,43)	7,83 (33,75-2,60)
14	5	5,32 (16,43-0,25)	2,19 (9,69-4,50)	0,49 (2,43-0,45)	8,84 (50,00-5,95)
15	15	5,01 (11,70-0,33)	2,17 (8,85-2,90)	0,76 (2,17-0,69)	2,37 (11,80-3,26)
16	17	5,79 (19,03-0,27)	2,79 (6,84-4,59)	0,56 (2,10-0,71)	5,45 (46,58-1,97)
18	17	3,41 (16,15-0,25)	1,37 (4,10-3,97)	0,22 (2,26-0,95)	5,64 (26,50-5,67)
19	12	4,11 (11,50-0,40)	6,50 (6,46-1,76)	0,81 (2,48-0,73)	6,17 (30,89-4,32)
20	16	8,71 (19,20=0,63)	3,55 (5,00-4,85)	0,45 (2,20-0,30)	7,73 (50,00-3,03)
21	13	5,14 (19,72-0,58)	3,04 (3,00-2,45)	0,41 (2,00-0,45)	6,92 (34,76-5,10)

Continuação tabela 9					
22	14	5,22 (13,68-0,46)	4,53 (5,31-4,28)	0,40 (2,50-0,42)	4,72 (27,97-3,22)
42	14	12,34 (13,20-0,83)	2,90 (5,37-2,50)	0,56 (2,00-0,73)	4,46 (48,80-5,10)
Valor Referencia		2,00*	5,00**	2,50*	50,00*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

Para o Fe 10% das amostras do ponto 12, 16% das amostras coletadas no ponto 14 e 20% das amostras do ponto 15 mostraram valores acima dos limites estabelecidos pela legislação ( $5,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Para os pontos 16, 18, 19, 20, 21, 22 e 42 observaram-se respectivamente 30%, 23%, 40%, 35%, 20%, 15,5% e 17,5% das amostras apresentam concentrações de ferro acima do valor de referência.

Para Mn e Zn todas as amostras coletadas em Morrinhos mostraram concentrações abaixo do limite máximo permitido pela lei.

Com relação Cádmio observou-se que 100% das amostras estão dentro do valor referencia ( $1,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Para o Pb nos pontos 12, 14 e 15 respectivamente encontraram-se 20%, 23% e 15% das amostras acima do valor máximo permitido para este metal. Os pontos 16, 18, 19, 20, 21, 22 e 42 observaram-se 15%, 15,5%, 23,6%, 12,5%, 31,4%, 10% e 17,3% acima do valor referencia ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

Para o Cr e Al, todas as amostras coletadas em Morrinhos apresentaram teores acima do valor referencia Cr ( $0,10 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e Al ( $0,20 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

**Tabela 10**– Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Morrinhos.

Ponto	N	Cd	Pb	Cr	Al
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
12	21	0,31 (0,25-0,05)	0,80 (3,75-0,37)	1,69 (2,00-0,15)	27,41 (34,38-2,63)

Continuação tabela 10

14	5	0,83 (0,55-0,15)	1,28 (3,37-0,35)	0,87 (1,68-0,50)	18,21 (22,96-4,40)
15	15	1,01 (0,15-0,04)	1,15 (2,41-0,47)	2,56 (2,64-0,17)	19,58 (36,64-6,44)
16	17	0,26 (0,55-0,03)	2,20 (1,50-0,30)	0,84 (2,03-0,11)	22,73 (28,88-3,36)
18	17	0,17 (0,30-0,07)	2,10 (3,37-0,10)	0,71 (1,49-0,40)	27,35 (22,89-7,85)
19	12	0,33 (0,39-0,05)	1,84 (3,32-0,60)	0,85 (1,08-0,15)	25,43 (27,20-5,88)
20	16	0,24 (0,80-0,05)	2,20 (2,80-0,60)	2,77 (2,00-0,23)	6,14 (12,00-7,43)
21	13	0,25 (0,34-0,08)	2,97 (4,35-0,60)	0,81 (2,22-0,28)	8,40 (13,55-7,00)
22	14	0,26 (0,47-0,04)	2,84 (4,06-0,72)	1,11 (2,70-0,20)	6,86 (10,37-5,70)
42	14	0,35 (0,20-0,07)	1,84 (3,60-0,17)	2,26 (1,00-0,37)	9,88 (11,20-8,40)
Valor Referencia		1,00**	2,00**	0,10**	0,20*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

### 3.4 Piracanjuba

#### 3.4.1 Amostras de peixes

Nos 11 pontos analisados no município de Piracanjuba (tabela 11 e 12), observou-se que nos pontos 1, 2, 4, 7 e 8 respectivamente 10%, 12,3%, 14,5%, 10,5% e 13,3% das amostras apresentaram concentrações de cobre acima dos

valores de referencia ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Nos pontos 10, 37, 38, 39, 40 e 41 respectivamente 16,3%, 15%, 23,2%, 15,2%, 11% e 20,5% das amostras apresentam concentrações de cobre acima dos permitidos por lei.

Para o Fe 50% das amostras do ponto 2, 15,8% das amostras coletadas no ponto 4, 22,2% das amostras do ponto 7, 50% das amostras do ponto 8 e 12,5% do ponto 38 mostraram valores acima do dos limites estabelecidos pela legislação ( $5,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Para os pontos 1, 10, 37, 39, 40 e 41 observou-se que todas as amostras apresentaram concentrações de ferro abaixo do valor de referência.

Todas as amostras coletadas nos pontos 4 e 37 apresentaram concentrações de Mn acima do valor de referência ( $2,50 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Para os pontos 1, 2, 7, 8, 10, 38, 39, 40 e 41 observam-se respectivamente 50%, 25%, 21% 50%, 27%, 50,5%, 30%, 10,5% e 20,5% das amostras possuíam teores de Mn acima do estabelecido pela legislação.

Para zinco todas as amostras coletadas em Morrinhos mostraram concentrações abaixo do limite máximo permitido pela lei.

**Tabela 11**– Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas amostras de peixe coletadas no município de Piracanjuba.

Ponto	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
1	2	5,25 (12,50-<LD)	4,05 (6,10-2,00)	1,65 (3,30-<LD)	8,00 (26,20-<LD)
2	8	3,39 (16,20-0,58)	1,55 (8,70-2,28)	4,71 (7,80-1,13)	7,89 (30,20-4,50)
4	13	3,60 (15,24-0,20)	3,33 (9,57-2,40)	4,29 (7,10-4,50)	8,32 (28,55-3,20)
7	2	3,72 (19,44-<LD)	5,70 (9,44-2,00)	4,16 (8,33-<LD)	8,61 (17,22-<LD)
8	23	4,29 (19,77-0,46)	4,63 (9,10-2,92)	3,19 (6,50-0,54)	5,00 (50,00-3,30)
10	13	2,12 (13,34-0,20)	2,10 (3,40-3,30)	4,31 (7,00-1,15)	8,89 (45,18-4,00)

Continuação tabela 11

37	5	3,81 (11,34-0,40)	1,89 (2,50-2,20)	4,82 (9,38-3,80)	2,29 (24,38-4,30)
38	11	2,65 (11,37-0,58)	5,20 (9,73-4,60)	3,30 (3,67-0,30)	6,85 (36,52-4,70)
39	22	3,46 (18,73-0,71)	2,19 (2,58-1,58)	6,07 (9,39-0,93)	7,65 (50,00-3,46)
40	17	3,64 (15,00-0,73)	4,00 (4,49-2,60)	4,53 (6,44-0,73)	5,48 (38,89-3,75)
41	32	3,10 (17,80-0,19)	3,90 (4,20-2,15)	4,80 (10,00-0,58)	13,91 (26,50-2,34)
Valor Referencia		2,00*	5,00**	2,50*	50,00*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

LD, limite de detecção

Para Cádmiu (tabela 12) observaram-se que as amostras coletadas nos pontos 1, 2, 4, 7, 8, 10, 37, 38, 40 e 41 em Piracanjuba respectivamente 50%, 20%, 18,5%, 50%, 12,5%, 20%, 40%, 22,1%, 17,5% e 12,3% estão acima do valor referencia ( $1,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). O ponto 39 apresenta valores para cádmio dentro do valor Máximo estabelecido para este metal. Para Chumbo nos pontos 1, 2, 7, 8, 10, 37, 38 e 41 respectivamente encontraram-se 50%, 23%, 50%, 16,5%, 20%, 68%, 80% e 45% das amostras acima do valor máximo permitido para este metal.

**Tabela 12**– Parâmetros máximos e mínimos dos metais Cd, Pb, Cr e Al encontrado nas amostras de peixe coletadas no município de Piracanjuba.

Ponto	N	Cd	Pb	Cr	Al
	Peixe	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$	Media (max-min) $\mu\text{g g}^{-1}$
1	2	0,65 (1,30-<LD)	1,90 (3,80-<LD)	0,50 (1,00-<LD)	6,75 (4,50-9,00)
2	8	0,18 (1,20-0,08)	2,28 (4,00-0,63)	0,68 (1,10-0,23)	5,43 (7,70-6,75)

Continuação tabela 12

4	13	0,24 (1,30-0,08)	0,72 (1,00-0,73)	0,83 (1,64-0,20)	3,02 (6,26-9,38)
7	2	0,50 (1,00-<LD)	1,94 (3,89-<LD)	1,66 (3,33-<LD)	5,05 (5,11-5,00)
8	23	0,23 (1,55-0,06)	2,56 (6,76-0,68)	0,91 (3,10-0,24)	2,46 (3,22-6,26)
10	13	0,28 (1,41-0,15)	3,45 (4,88-0,30)	1,47 (2,68-0,30)	2,76 (3,03-10,30)
37	5	0,81 (1,88-0,30)	2,89 (3,13-0,60)	2,74 (6,94-0,60)	2,43 (8,64-5,90)
38	11	0,73 (1,93-0,05)	4,42 (4,18-0,68)	3,81 (6,60-0,28)	3,30 (6,48-5,60)
39	22	0,37 (1,00-0,04)	0,77 (1,25-0,61)	0,81 (1,08-0,11)	2,40 (6,59-1,60)
40	17	0,41 (1,42-0,08)	1,62 (2,00-0,63)	2,31 (3,50-0,15)	2,00 (3,02-4,80)
41	32	0,19 (1,30-0,03)	1,88 (3,80-0,26)	0,48 (1,00-0,03)	1,65 (8,50-1,23)
Valor Referencia		1,00**	2,00**	0,10**	0,20*

\*FAO/WHO, 1998

\*\*ANVISA, Portaria 685 de 1998

LD, limite de detecção

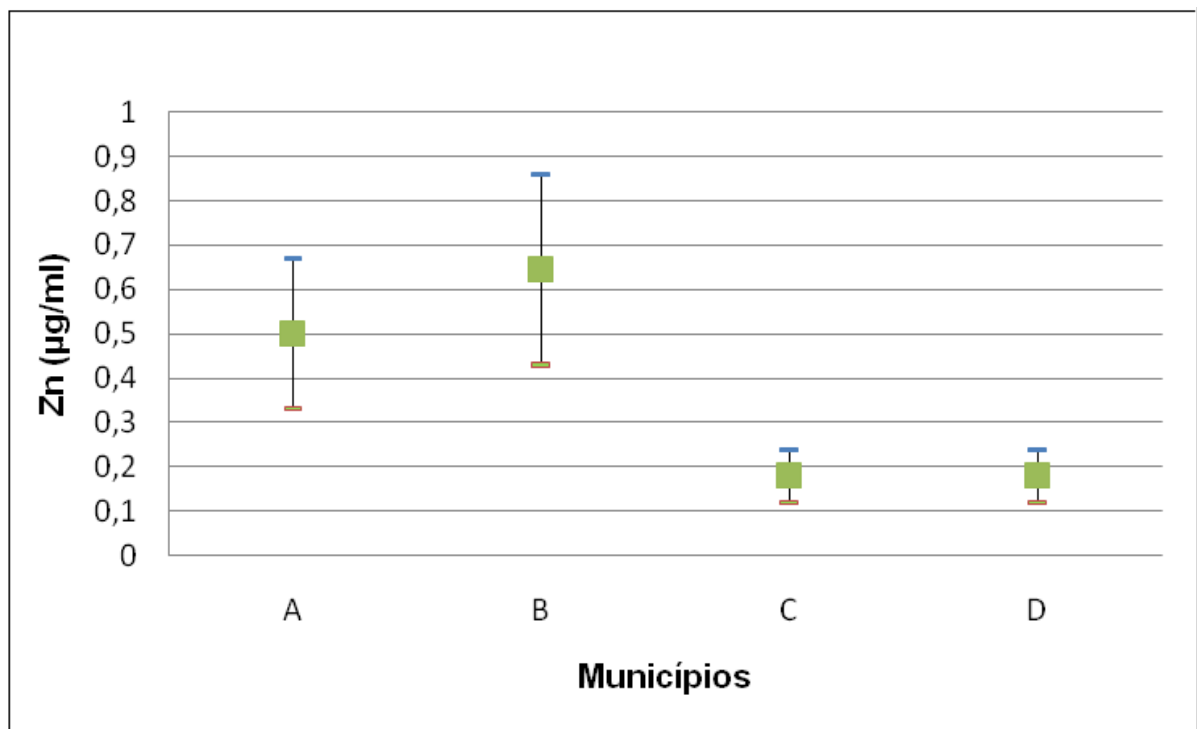
Os pontos 4, 39 e 40 apresentam valores próximos ao limite máximo permitido por lei ( $2,00 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Quanto ao metal cromo os pontos 1 e 7 apresentam 50% das amostras acima do valor referencia ( $0,10 \mu\text{g g}^{-1}$ ), nos pontos 100% das amostras apresentam concentrações de Cr acima do permitido em lei.

Para Al todas as amostras coletadas em Piracanjuba apresentaram valores acima do valor de referencia ( $0,20 \mu\text{g g}^{-1}$ ).



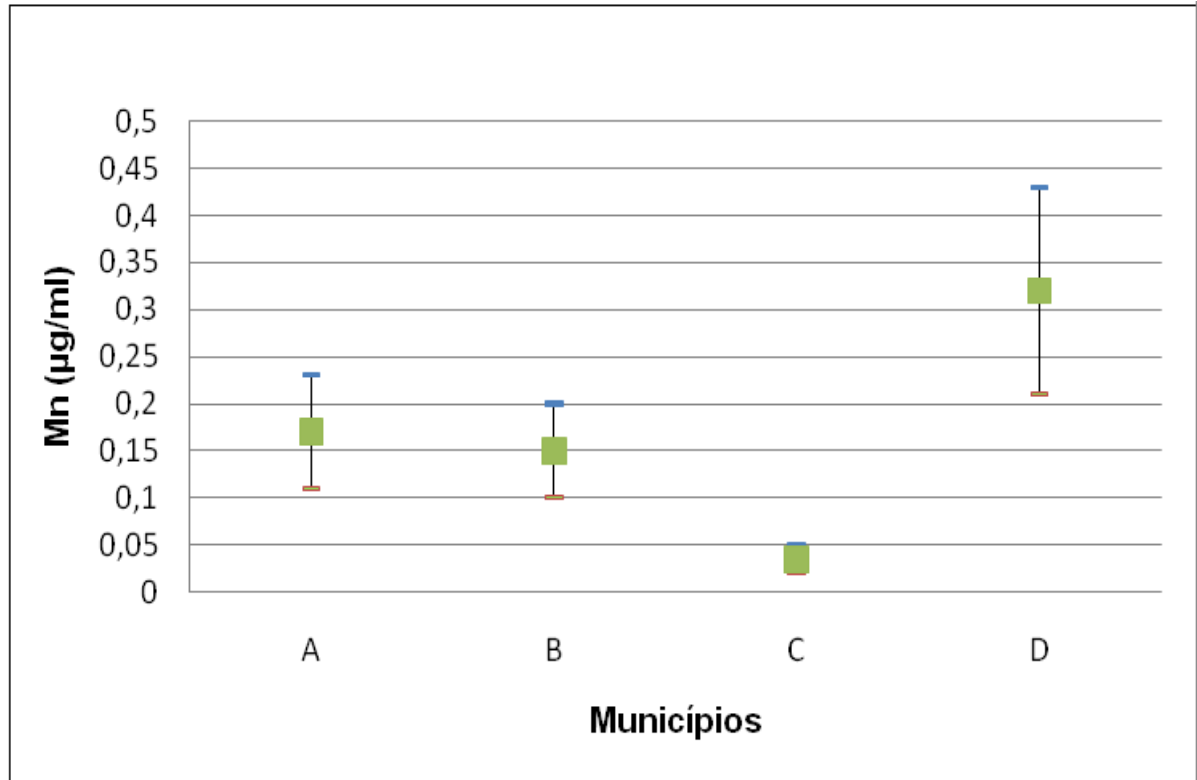
### 3.5 Amostras de água em todos os Municípios

A baixo (figura 4) estão apresentados as quantidades médias, máximas e mínimas de Zn presentes nas amostras de água dos municípios de (A) Goiatuba, (B) Itumbiara, (C) Morrinhos e (D) Piracanjuba onde, a um nível de 5% não há diferença significativa entre as concentrações de Zinco encontradas a jusante e a montante dos pontos de coleta.



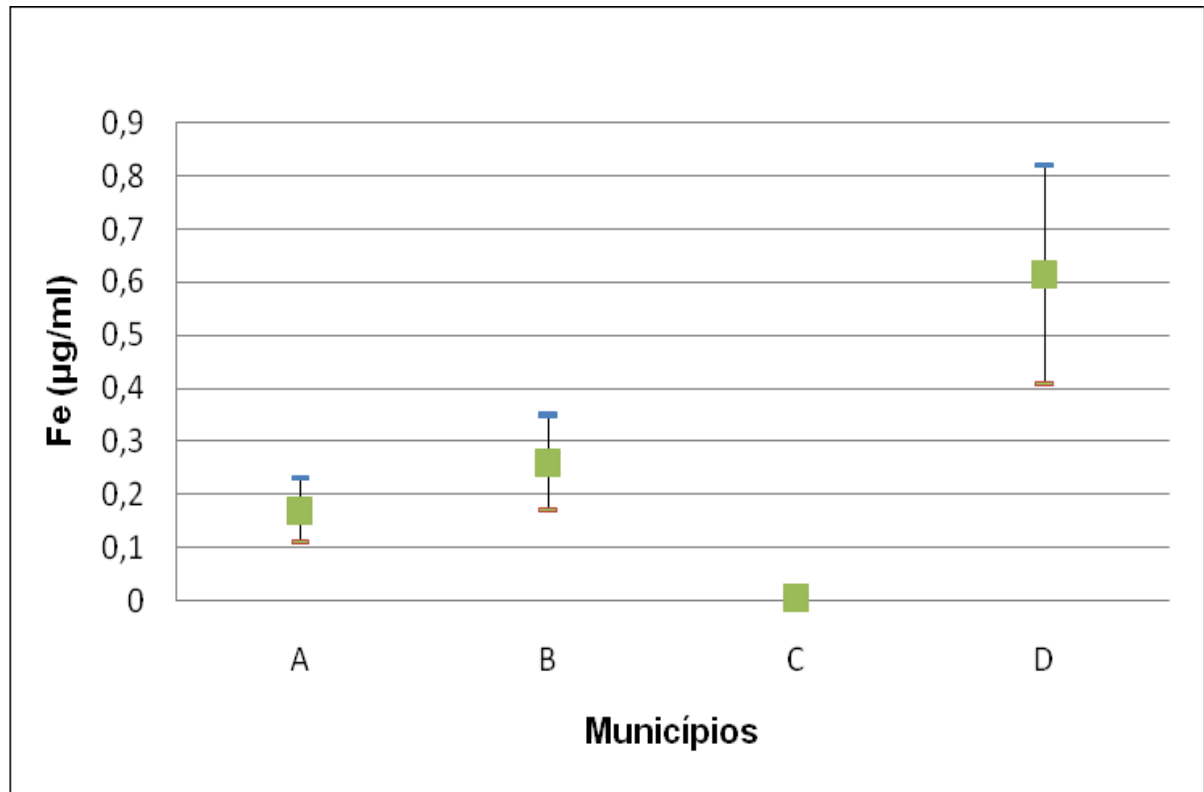
**Figura 4** - Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Zn por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A- Goiatuba, B- Itumbiara, C- Morrinhos e D- Piracanjuba.

A seguir (figura 5) apresentam-se os valores máximos e mínimos do metal Mn presentes nas amostras de água recolhidas a jusante e a montante nos municípios, onde, a um nível de 5% de significância não apresenta diferença entre jusante e montante dos pontos de coleta.



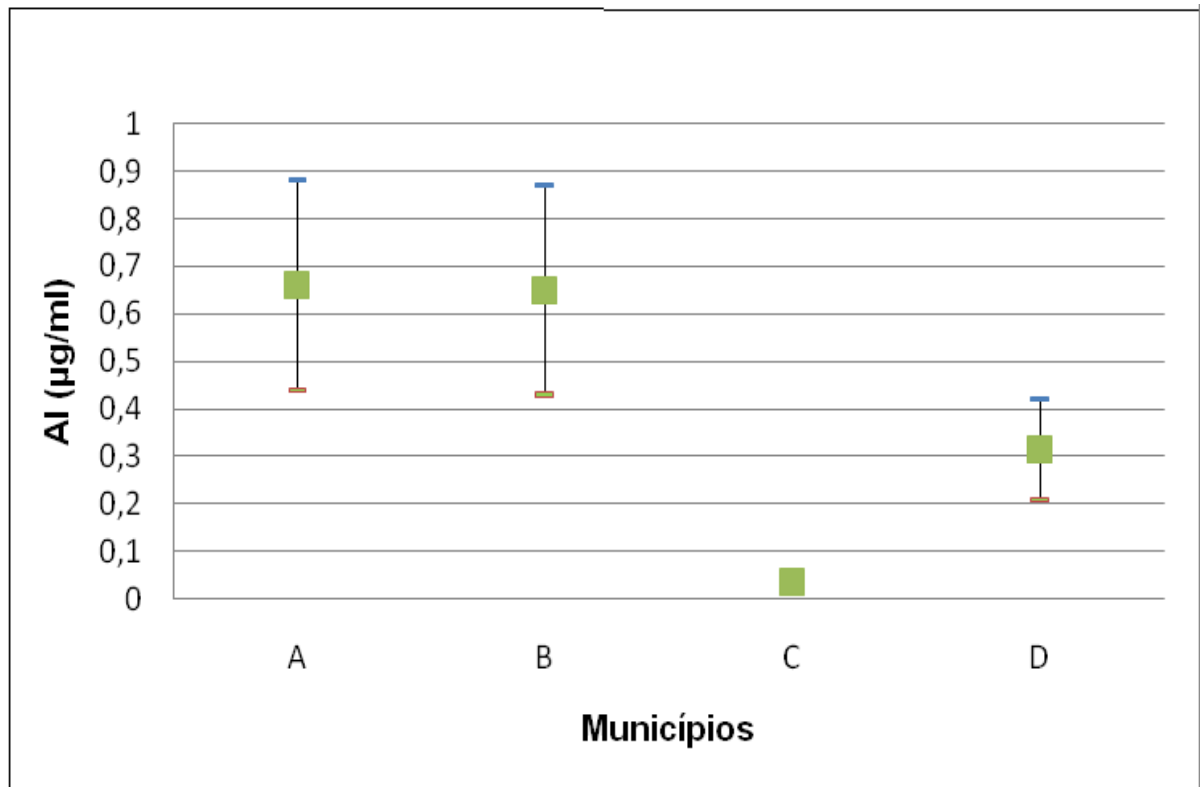
**Figura 5** – Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Mn por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A- Goiatuba, B-Itumbiara,C- Morrinhos e D- Piracanjuba.

Os valores encontrados em água nos quatro municípios demonstraram que para ferro (Figura 6) o teste de medianas é maior que 0,05, ou seja a um nível de 5% não há diferença significativa entre a concentração destes metais encontrados nos pontos jusante e montante.



**Figura 6** – Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Fe por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A- Goiatuba, B- Itumbiara, C- Morrinhos e D-Piracanjuba.

Nas amostras de água os resultados se mantiveram os mesmos em todos os municípios, nos quais as medianas foram maiores que 0,05 também para o metal Alumínio (Figura 7), demonstrando que não haver diferença significativa entre as concentrações de metais nos pontos jusante e montante.



**Figura 7** – Valores da concentração média, máxima e mínima do metal Al por (Kruskal-Wallis) presentes nas amostras de água recolhidas nos municípios de A-Goiatuba, B-Itumbiara, C-Morrinhos e D-Piracanjuba.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Contaminação por Cobre

Observou-se que em todas as amostras de água o Cu encontra-se abaixo do limite de detecção da técnica utilizada na análise e conseqüentemente abaixo do permitido pela legislação. Entretanto em Goiatuba mais de 50% e Itumbiara 100% das amostras de peixe apresentam concentrações de cobre acima do valor de referencia (vide tabela 11).

A princípio, estes resultados podem parecer inconsistentes uma vez que foi observado cobre em peixes e não detecção deste metal na água. Todavia, estudos realizados por Cavalcante (2010) nos mesmos locais amostrados neste estudo demonstram que os córregos de água possuem elevadas concentrações de fosfato.

Sabe-se que a solubilidade de cobre é influenciada pela presença destes íons já que pode ocorrer formação de precipitados de baixa solubilidade, reduzindo assim a concentração de íons de cobre na água (CAMARGO et al, 2001), depositando em sedimento e vegetação das margens ou aquática que pode ser consumidas pelos peixes. Outro fator que pode contribuir para a baixa concentração de Cu na água é a absorção destes íons pela matéria orgânica com a formação de quelatos com grupos carboxílicos e fenólicos (TEIXEIRA, 2010).

Acredita-se que a maior fonte de cobre seja a proveniente das fezes dos animais que transitam próximos e nos cursos de água conforme verificado por Xavier (2010), em estudos de metais essenciais e tóxicos em dejetos depositados naturalmente nas pastagens do alto da bacia do Rio Paraná em Goiás encontrou que os valores médios de Cu nas fezes de vacas em lactação variaram entre 23 e 190,5 ppm. Xavier (2010), afirma ainda que uma das amostras coletadas na região de Itumbiara apresentou a maior concentração de Cu dentre as propriedades analisadas (190,5 ppm).

De acordo com Soares (2004), que demonstra os resultados de uma pesquisa realizada na Inglaterra em 2003, a deposição de esterco de animais é a segunda maior causa de contaminação dos córregos da região por cádmio.

Pode-se ressaltar que os municípios estudados se destacam também pelas lavouras de soja, milho e algodão, além de um significativo número de indústrias. Segundo Mello et al (2008), a contaminação por cobre pode ocorrer pelo uso de fertilizantes e pela deposição de resíduos industriais.

Fatores ambientais podem influenciar na remobilização do cobre, no entanto, aplicação constante de fungicidas à base de cobre pode alterar a disponibilidade deste elemento, considerando a quantidade aplicada e o tipo de produto, frequência e modo de aplicação, podendo ocorrer à elevação dos teores de cobre na superfície do solo e causar problemas de toxicidade (ABREU, 2005).

Além disso, apesar do solo próximo as aguadas não apresentarem teor de cobre acima do valor médio encontrados naturalmente em solos brasileiros (TEIXEIRA, 2010), estes possuem concentrações significantes deste metal que poderiam ser arrastadas por lixiviação do solo até os cursos de água.

## **4.2 Contaminação por Ferro**

Para o Fe as amostras mostram semelhança (Tabela 8, 10, 12 e 14) ao que foi observado para o cobre. Apesar dos valores em água estarem acima do limite de detecção estes são inferiores ao que permite a legislação.

A presença de ferro em concentrações acima do permitido em amostras de peixe também pode ser atribuída à lixiviação do solo próximo as aguadas onde este metal é majoritário em solos desta região (TEIXEIRA, 2010).

A figura 4 mostra a alta concentração de ferro no município de Goiatuba, que se destaca não só pela produção leiteira, mas também pela produção agrícola de culturas como algodão.

SILVA (1995), mencionou para o uso na agricultura, os seguintes limites máximos, mínimos e médios aceitos internacionalmente para os teores de metal (em  $\text{mg kg}^{-1}$ ) de Cd (85, 10 e 20), Cr (3.000, 500 e 2.000), Ni (420, 100 e 25), Pb (840, 500 e 1.500), Cu (4.300, 600 e 1.500) e Zn (7.300, 2.000 e 2500), respectivamente, conforme a legislação pertinente dos Estados Unidos da América, da Holanda e da Escócia.

### **4.3 Contaminação por Manganês**

Em Goiatuba e Morrinhos os valores de manganês na água e em peixes mostraram-se abaixo do permitido por lei. Entretanto a maioria das amostras de peixe coletada em Itumbiara e Piracanjuba apresentou teores de Mn acima do permitido, embora as amostras de água dos dois municípios não tenham apresentado teores deste metal acima do recomendado.

Nas pesquisas realizadas por Xavier (2010), na bacia do rio Paraná foi identificado a presença de Mn nas fezes de vacas em lactação nas quais as médias para os municípios de Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba, apresentaram respectivamente, 203,50 ppm, 168,83 ppm e 199,35 ppm de manganês.

As concentrações de manganês em água nos municípios em estudo estão associadas ao aumento no número de cabeças do rebanho de cada município, visto que acompanha o mesmo crescimento.

Nas condições naturais, sem a intervenção do homem, os dois elementos que mais comumente se apresentam no solo, e nas plantas cultivadas, são o alumínio e o manganês, o que é particularmente verdadeiro nas condições do Cerrado (MALAVOLTA, 1985).

Deste modo acredita-se que a alta concentração de manganês encontrada nas amostras de peixe é proveniente da lixiviação do solo próximo às aguadas, que após serem arrastados, sedimentam-se no fundo dos córregos sendo estes metais absorvidos pelos peixes na alimentação.

### **4.4 Contaminação por Zinco**

Para o metal Zinco apenas peixes coletados em Itumbiara e água em Piracanjuba demonstraram valores acima do permitido pela legislação (Tabela 8, 10, 12 e 14). Até pH 7,0 o zinco é solúvel em água, acima deste valor ele pode ser adsorvido ao sedimento por precipitação principalmente na forma de hidróxidos. Pode-se afirmar, portanto que ocorre a precipitação de zinco em água do município de Itumbiara cujo pH apresenta valores acima de 7,0, conforme mostrado em

estudos de Cavalcante (2010), e sua conseqüente deposição no sedimento e plantas que podem servir de alimento a ictiofauna.

Concentração significativa de zinco em Itumbiara também foi encontrada nas fezes de vacas em lactação (91,92 ppm) por Xavier (2010) o que destaca novamente a contaminação por fezes do gado.

Lim et al (1998) considera que as excretas podem ser levadas para a água pelas chuvas, apesar da contenção feita pela mata ripária, quando presente ou pelos animais, que podem eliminar diretamente as excretas nos cursos de água utilizados para dessedentação (aguadas).

#### **4.5 Contaminação por Cádmio**

Entre os metais tóxicos, o cádmio tem sido pesquisado por se encontrar naturalmente em rochas fosfóricas, utilizadas na fabricação de fertilizantes, suplementos minerais, constituindo-se, assim, em importante fonte de contaminação ambiental. (GREENE, 1980).

O cádmio é um elemento adicionado ao solo através de restos de metais fundidos com zinco, ao qual se encontra associado na natureza, bem como através de resíduos de pneus, óleos combustíveis e lubrificantes, lodo de esgoto, lixo urbano e fertilizante fosfatado (RAIJ, 2001).

Sabe-se que pH elevado e a presença de íons fosfato podem levar a precipitação de cádmio e conseqüente deposição no sedimento e em plantas no curso d'água. Estudos realizados por Cavalcante (2010) mostram que o potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de água coletadas nos municípios de Itumbiara e Goiatuba apresentou valor acima de 6,0 e que há alta concentração de fosfato nestes cursos de água (CAVALCANTI, 2010). Sendo assim, o cádmio pode precipitar depositando-se no sedimento.

Apesar de estudos realizados por XAVIER (2010), não demonstrarem contaminação do solo da região que compreende a Bacia do Rio Paranaíba por cádmio esta pesquisa mostra concentrações altas destes metais nas fezes dos animais em lactação, que por lixiviação ou por deposição pode ser um dos responsáveis pela contaminação do sedimento e conseqüentemente dos peixes.



Entretanto o processo de lixiviação também leva a contaminação dos cursos d'água, mas devido se tratar de um ambiente lótico onde a água está em constante movimento os metais podem ser carreados ao longo de sua extensão sofrendo diluição ou se depositando distante do local de contaminação, CARVALHO et al (2000).

#### **4.6 Contaminação por Alumínio**

O solo da região do cerrado é rico em alumínio que pode ter sido lixiviado até os córregos utilizados como aguadas. A utilização de sulfato de cálcio adicionado as pastagens, quando não adsorvidos, poderiam ser desviados para outras reações, dentre estas aquelas relacionadas à precipitação do alumínio (SUMNER et al., 1986).

O município de Piracanjuba apresenta valores deste metal muito acima dos demais municípios estudados. Xavier (2010) ao analisar metais em dejetos bovinos não encontrou alumínio em suas amostras, entretanto em seu trabalho a autora relata que este metal está presente em quantidade significativa no solo da região, desta forma o alumínio presente nos solo pode alcançar o curso d' água e se acumular no sedimento.

TEIXEIRA (2010), em amostras recolhidas no solo da Bacia do rio Paranaíba, encontrou concentrações normais de alumínio para solo desta região. Mesmo estando dentro dos limites de referência para este metal as amostras apresentaram concentração altas que pode contaminar águas e peixes.

#### **4.7 Contaminação por Chumbo**

As amostras de água recolhidas nos córregos da bacia do Rio Paranaíba apresentaram concentração de Pb abaixo do limite de detecção do aparelho, o que não ocorreu com as amostras de peixe pois estes apresentaram concentrações significativas nos municípios de Goiatuba, Morrinhos e Piracanjuba. Este metal possui afinidade pelas substâncias da decomposição de restos vegetais e animais originando compostos orgânicos bastante estáveis (LACERDA, 1998) que podem se

depositar no fundo dos córregos e em plantas aquáticas, contaminando os peixes que se alimentam deste sedimento e plantas ao redor.

Olson e Skogerboe (1975), afirmam que o chumbo também pode ser imobilizado no solo e sedimentos por processos de troca iônica com óxidos, hidróxidos de ferro e manganês. Uma vez imobilizado este metal se acumula no fundo de córregos.

Cavalcante (2010), ao realizar análises físico químicas em amostras de água recolhidas em córregos da Bacia do Rio Paranaíba constatou uma alta concentração de fosfato, este composto colabora com a adsorção do chumbo, este processo possui significativa importância para acumulação de metais pesados nos sedimentos que adsorvem predominantemente em colóides inorgânicos como argilas, óxidos e hidróxidos de metais, carbonatos e fosfatos (BRADL, 2004).

No solo o Pb tende a complexar e precipitar, sendo as reações dependentes das características do solo. De forma geral, em solos com alto teor de matéria orgânica e com pH entre 6 e 8, o Pb forma complexos orgânicos insolúveis. Já em solos com baixo teor de matéria orgânica, e com pH na mesma faixa citada anteriormente, nota-se a formação de óxidos, hidróxidos, ou o Pb pode precipitar como carbonato ou fosfato (USEPA, 1986). Os solos da região do Cerrado possuem pH entre 4,5 a 5,5 inferior ao da faixa onde pode haver precipitação de chumbo no solo.

## **5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas condições do estudo conclui-se que a contaminação de peixes em todos os municípios pelos metais cobre, cádmio, chumbo, crômio são provenientes do sedimento, uma vez que estes metais não foram detectados na água.

Nas amostras de água recolhidas nos municípios de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba submetidas ao teste de variabilidade proposto por Kruskal-Wallis a um nível de 5% de significância não apresentaram diferenças quantos os valores encontrados a jusante e a montante do ponto referência.

Recomenda-se que os córregos dos municípios de Goiatuba, Itumbiara, Morrinhos e Piracanjuba sejam periodicamente avaliados quanto à presença de cobre, cádmio, chumbo e crômio, e portanto, para se determinar a fonte de contaminação dos peixes e da água dos municípios analisados há necessidade de novas pesquisas que complementaram os resultados encontrados.

## 6 REFERENCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso Agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do solo, v. IV 2005. P. 391- 470.

AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA – **ANVISA**. 1998. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685.\(10 de nov. 2010\)](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685.(10%20de%20nov.%202010).).

BENJAMIN, M. M.; HONEYMAN, B. D. Heavy metals. In: BUTCHER, S. S.; CHARLSON, R. J.; ORIAN, G. H.; WOLFE, G. V. **Global biogeochemical cycles**. London: Academic Press, 379 P., 1992.

BEVERIDGE, T.J.; HUGHES, M. N.; LEE, H.; LEUNG, K. T.; POOLE, R. K.; SAVVAIDIS, I.; SILVER, S.; TREVORS, J.T. Metal-microbe interactions: contemporary approaches. In: **RK Poole** (ed.) *Advances in Microbial Physiology*, Academic Press, 38:178-243, 1997.

BONAI, N. C.; SOUZA-FRANCO, G. M.; FOGOLARI, O.; MOCELIN, D.J.C. & DAL MAGRO, J. Distribution of metals in the sediment of the Itá Reservoir, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 21(2): 245-250. 2009. Disponível em <http://www.sblimno.org.br/pdf/v21n2a210204.pdf>.

BRADL, H. B. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. **J Colloid Interface Sci**, Germany, v.277, n. 1. Set. 2004. p. 1-18.

BROOKS, R. R.; RUMSBY, M. G. The biogeochemistry of trace element uptake by some New Zealand bivalves. **Limnology and Oceanography**, v.10, n. 4, p. 521, 1965.

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/Fapesp/Potafos, p. 89-117, 2001.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da Atividade Agropecuária com Parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, v. 23(5), p. 618-622, 2000.

CEREJEIRA, M.J.; VIANA, P.; BATISTA, S. Pesticides in portuguese surface and ground waters. **Water Research**, v.37, p.1055-1063, 2003.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Padroniza a qualidade das águas do Território Nacional, com o intuito de defender seus níveis de qualidade, sendo estes avaliados por parâmetros e indicadores específicos. **Lex: Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em janeiro de 2010.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Lex: Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em janeiro de 2010.

DALLINGER, R. Contaminated food and uptake of heavy metals by fish: a review and a proposal for further research. **Oecologia**, Berlim, n.73, p.91-98, 1987.

DAVIES, O.A.; ALLISON M.E.; UYI, H.S. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus var radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. **African Journal of Biotechnology**, 5(10):968-973. 2006.

DUFFS, J. H. Heavy metals – a meaningless term? **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793 – 807, 2002.

ELMI, A. A.; MADRAMOOTU, C.; EGEH, M.; HAME, C. Water and fertilizer nitrogen

management to minimize nitrate pollution from a cropped soil in southwestern Quebec, Canada. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.151, p.117-134, 2004.

EPA. Environment Protection Agency. United States Method 305 B, SW-846. Test methods for evaluating solid waste physical. **Chemical methods**. 3 ed. 1995.

FADIGAS, F.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A. A. Estimation of reference values for cadmium, cobalt, chromium, copper, lead and zinc in Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 37:945-959, 2006.

FITCH, L.; ADAMS, B. W. Can cows and fish co-exist? **Canadian Journal of Plant Science**, v. 78, p. 191-198, 1998.

FOSTER, I. D. L.; CHARLESWORTH, S. M. Heavy metals in the hydrological cycle: trends and explanation. **Hydrological Processes**, v. 10, p. 227 – 261, 1996.

FORSTNER, U.; WITTMAN, G. T. W. Metal pollution in the aquatic environment. New York: **Springer – Verlag**, p.486, 1983.

GREENE, G. U. Cadmium Compounds. New México: E. C. T. **Institute Mining and Technology**, 2 Ed. v.3, p.819-91, 1980.

IDH-M - Ranking decrescente dos municípios do Brasil. Atlas do Desenvolvimento Humano. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)** (2000). [Wikipedia.org/wiki/Piracanjuba](http://Wikipedia.org/wiki/Piracanjuba).Página visitada em 10 de outubro de 2010.

IKINGURA, J. R.; AKAGI, H. Total mercury and methylmercury levels in fish from hydroelectric reservoirs in Tanzania. **The Science of the Total Environment**, v. 304, p. 355, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Estimativas da população para 1º de julho de 2006 \(PDF\)](#). **Estimativas de População**. [Wikipedia.org/wiki/Piracanjuba](http://Wikipedia.org/wiki/Piracanjuba) Página visitada em 11 de novembro 2010.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. Ministerio do Desenvolvimento, Industria e Comercio Exterior. Resolucao n 20° de junho de 1986.

JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONCA, A.S.F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, 27(3): 378-386, 2000.

KARR, J.R.; DUDLEY, D.R.. Ecological perspective on water quality goals. **Environmental Management** 5: 55-68, 1981.

LACERDA, L.D. Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. Okinawa: ISMR. Mangrove **Ecosystems Occasional Papers**, 65p.1998.

LIM, T. T.; EDWARDS, D. R.; WORKMAN, S. R.; LARSON, B. T.; DUNN, L. Vegetated filter strip removal of cattle manure constituents in runoff. **Transactions of the American society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 41(5), p.1375-1381, 1998.

LINDE, A. R.; ARRIBAS, P.; SANCHEZ-GALAN, S.; GARCIA-VARQUEZ, E. Eel (*Anguilla Anguilla*) and Brown Trout (*Salmo trutta*) target species to assess the biological impacto of trace metal pollution in freshwater ecosystems. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 31, p. 297 – 302, 1996.

MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: metais pesados e micronutrientes – mitos, mistificação e fatos. Piracicaba: **Produquímica**, 1994. 153 p. Ceres, 160 p., 2006.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas, In: Seminário sobre Corretivos Agrícolas, 1985, Campinas. **Anais**.Campinas: Fundação Cargill, P.87, 1985.

MARÇAL W.S.; GASTE, L.; NASCIMENTO, M.R.L.; LIBONI, M.; GOMES, G.P.; HISASI, C.S. Cadmium concentration in mineral salt mixtures used as supplementation in beef cattle food. *Veterinarski Arhiv.*, Zagreb, v73, n.1, p.47-53, 2003.

MASTRINE, J. A. BONZONGO, J. C. J.; LYONS, W. B. Mercury concentrations in surface Waters from fluvial systems draining historical precious metals mining áreas in southeastern U.S.A. *Applied Geochemistry*, v.14, p. 147, 1999.

MELO G. M. P.; MELO V. P.; MELO W. J. Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola. In: Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do MEIO Ambiente. **Processos**. Brasília: MMA, CONAMA, 98 p., 2008.

MELO, W.J., PEREIRA, M.L., MURAOKA, T., MARQUES, M.O., MELO, G.M.P., MELO, V.P.. Efeito do lodo de esgoto, acrescido de cádmio, sobre plantas de sorgo cultivadas em latossolo. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE LODO DE ESGOTOS DO MERCOSUL, 1999. Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba: 1999.

METCALFE, J. L. Biological Water Quality Assessment of Running Waters base Don Macroinvertebrates Communties. *Environmental Pollution* 60:101-139. 1989.

PORTO, L. C. S.; ETHUR, E. M. Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.9, p.2512-2518, dez, 2009.

Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), traz dados sobre o desmatamento das florestas entre 1990 e 2005.

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



REDMAYNE, A. C.; KIN, J. P.; CLOSS, G. P.; HUNTER, K. A. Methyl Mercury bioaccumulation in long-finned eels, *Anguilla dieffenbachi*, from three Rivers in Otango, New Zealand. **The Science of the total Environment**, v. 262, p. 37-47, 2000.

ROSENBERG, D.M. e RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (eds D.M. Rosenberg & V.H. Resh). **Chapman & Hall**, London. 1-9. 1993.

SANTOS JUNIOR, D.; BARBOSA, F.; TOMAZELLI, A. C.; KRUG, F. J.; NÓBREGA, J. A.; ARRUDA, M. A. Z. Determination of Cd and Pb in food slurries by GFAAS using cryogenic grindind for sample preparation. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v.373, p. 183-189, 2002.

SEPIN. Superintendência de Pesquisa e Informação. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás – 2005**. Disponível em [www.portalsepin.seplan.go.gov.br](http://www.portalsepin.seplan.go.gov.br). Consultado em 21.11.2007.

SEPLAN. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento – **Estatísticas do Estado de Goiás**. 2008.

SHI, B.; ALLEN, H. E.; GRASSI, M. T.; HUIZHONG, M. Modeling Cooper partitioning in surface Waters. **Water Resource**, v.32, p. 3756-3764, 1998.

SHIGAKI, F.; SHAPPLEY, A.; PROCHONOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Sci. Agric.**, v.63, p. 194-2009, 2006.

SMITH, S; CHEN, M. H.; BAILEY, R.G.; WILLIANS, W.P. Concentration and distribution of copper end cadmium in water, sediments, detritus, plants and animals in a hardwater lowland river. **Hydrobiologia**, v. 341, p. 71-80, 1996.

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

SUMMER, M.E.; SH AHANDEH, H.; BOUTON, J. & HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 50:1254-1258, 1986.

TEIXEIRA, G. C. S. Metais Pesados e Nutrientes em Solos sob Pecuária leiteira em Sistema de Pastejo direto na Bacia do rio Paraná . **Dissertação** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, p. 33, 2010.

TOMAZELLI, A. C. Estudo Comparativo das Concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Tese** apresentada a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. Ribeirão Preto.SP. 2003.

USEPA - United States Environmental Protection Agency (EPA). 1986. Air quality criteria for lead. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, **Environmental Criteria and Assessment Office**. EPA 600/8-83-028F.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P.E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, [S.l.], v. 13, p. 57-149, 2003.

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

WHITTON, B. A. Algae as monitor of heavy metals in freshwaters. In: SCHUBERT, L.E (Ed.). **Algae as Ecological indicators**. Academic press Inc., 1984. p: 257-280.

XAVIER, J. M. Quantificação de Metais Essências e tóxicos em Dejetos Depositados Naturalmente nas Pastagens Oriundos da Pecuária Leiteira Familiar do Alto da Bacia do Rio Paraná em Goiás, Brasil – Central. **Dissertação** de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável. PUC-GO. Goiania - Goias 2010.

ZABEL, T.F. Diffuse sources of pollution by heavy metals. ***Journal of the Institution of Water Environmental Management***, v.7, p.513-520, 1993.