



MESTRADO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SAÚDE

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU***  
**MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ELEMENTOS TRAÇO EM PEIXES DE INTERESSE COMERCIAL DO**  
**RIO CAIAPÓ (GOIÁS - BRASIL) EM ÁREA SOB IMPACTO**  
**AMBIENTAL**

**LEONARDO TEÓFILO TELES**

**Goiânia-Goiás**  
**Fevereiro de 2008**



MESTRADO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SAÚDE

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU***  
**MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ELEMENTOS TRAÇO EM PEIXES DE INTERESSE COMERCIAL**  
**DO RIO CAIAPÓ (GOIÁS-BRASIL) EM ÁREA SOB IMPACTO**  
**AMBIENTAL**

**LEONARDO TEÓFILO TELES**

Orientador: Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr.  
Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Fabrício Zara

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

**Goiânia-Goiás**  
**Fevereiro de 2008**

## DEDICATÓRIA

*À minha esposa Michele pelo seu amor e paciência*

*À Maria Clara alegria de minha vida*

*Aos meus pais Tirso e Maria Auxiliadora*

*pela minha formação*

*"A coragem é a primeira das qualidades  
humanas porque garante todas as outras"*

*Aristóteles*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela saúde, paz e perseverança a mim concedida durante todos os momentos de minha vida;

Ao Professor Dr Nelson Jorge da Siva Júnior pela orientação e pelas inúmeras oportunidades que guiaram meus primeiros passos no mundo da Biologia;

Ao meu co-orientador Dr Luiz Fabrício Zara por todos os momentos de aprendizado, pelo incentivo, apoio logístico nas análises e pelo seu companheirismo e convivência;

À empresa Systema Naturae Consultoria Ambiental Ltda, pela logística em campo, em especial ao amigo biólogo Márcio da Costa e aos coordenadores Lorena e Rafael Silveira pelo apoio na Base de Resgate da PCH-Mosquitão;

À Coordenadora do CEPB, Centro de Estudos e Pesquisas Biológicas da UCG-GO, Marta Regina pelo esforço na liofilização das amostras;

À equipe do laboratório do Replicon da UCG-GO pelo espaço no trabalho inicial com as amostras;

Ao Departamento de Biologia da UCG-GO;

Ao Laboratório de Química da UCG-GO pelo preparo das amostras;

Ao Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada – LEAA/UCB-DF pelas análises das amostras;

Ao acadêmico de Biologia Ugo Leonardo UCG-GO, pela valiosa ajuda na digestão das amostras e organização dos dados;

Ao meu aluno orientando Geovani acadêmico de Biologia UCG-GO, pela preparação dos materiais em laboratório;

À empresa Ambiental Consultorial Ltda, em especial ao meu amigo biólogo Wilian Vaz e ao meu amigo biólogo Gustavo “Esqueminha” por parte da identificação dos peixes;

Ao meu amigo biólogo Nilo César pelo apoio e contribuições;

Aos Professores do Mestrado Júlio Rubin, Maira Barbieri e em especial ao Professor Eric Santos pelas contribuições e dicas fundamentais no início e no desenvolvimento do trabalho;

Ao Professor Allan Vale da Biologia da UCG-GO pelo apoio na parte estatística;

Aos meus amigos de sempre Manoel Eloy “Manel”, Micaela Jolepam, Pablo Vinícius, Adhahil “Dadá” e Nilton “Nilteira” que de alguma forma contribuíram para o meu trabalho;

Aos meus colegas de Mestrado: Flávio “Esquema”, Alessandro Penna, Júlio Piauí, Jader, Sandra Aguiar e Sibelle.

A todos, MUITO OBRIGADO!!

## RESUMO

Foram quantificadas as concentrações de elementos traço em 77 espécimes de peixes de cinco diferentes espécies e hábitos alimentares do rio Caiapó-Goiás. As espécies carnívoras coletadas estão representadas pelo Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e Bico-de-pato (*Sorubim lima*), não carnívoras incluem os detritívoros: Papa-terra (*Prochilodus nigricans*), e Branquinha (*Curimata amazonica*), além do herbívoro Pacu (*Myleus torquatus*). Os níveis dos elementos Ca, Ba, Hg, B, Mo, Pb, Sb, Au, Se, Mg, Cd, Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn nas amostras de musculatura digeridas de peixe foram quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES). Os níveis de Se foram determinados pela técnica de geração de hidreto acoplado a espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (HG - ICP OES). Enquanto que os níveis de Na e K foram determinados por espectroscopia de emissão atômica em chama (AAS). Os dados relativos ao Pb demonstraram um potencial contaminante nos peixe Branquinha (*Curimata amazonica*) e os níveis em Pacu (*Myleus torquatus*) para Cr foram bem superiores aos estabelecidos pela legislação brasileira. De acordo com as matrizes de correlações os peixes carnívoros demonstraram uma maior diversidade de elementos traço em sua musculatura. Para os demais elementos analisados constatou-se que o consumo do pescado em questão não apresenta riscos, pois os valores estão dentro de um referencial de qualidade estabelecido por lei.

**Palavras-Chave:** Elementos traço; peixe; musculatura; espectroscopia; rio Caiapó.

## ABSTRACT

In this paper was quantified the elements concentrations in seventy-seven specimens of fishes classified in five species with different guild trophic from Caiapó river, western State of Goiás, Central Brazil. The fish sample includes carnivore species (*Pseudoplatystoma fasciatum* and *Sorubim lima*), detritivores (*Prochilodus nigricans* and *Curimata amazonica*), and herbivore (*Myleus torquatus*). Levels of the elements Ca, Ba, Hg, B, Me, Pb, Sb, Au, If, Mg, Cd, Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn in the digested samples musculatures of fish had been quantified by spectroscopy of atomic emission by plasma of induced argon (ICP OES). The levels of Se had been determined by the technique of generation of an hidreto connected to the spectroscopy of atomic emission by plasma of induced argon (HG - ICP OES). Whereas the levels of Na and the K had been determined by spectroscopy of atomic emission in flame (AAS). The relative data of Pb had demonstrated a potential contamination in the (*Curimata amazonica*) and the levels in (*Myleus torquatus*) for Cr had been superior to the established ones by Brazilian legislation. In accordance with correlations matrices the carnivorous had demonstrated higher diversity of trace elements in its musculature. For the other analyzed elements we had evidenced that the consumption does not present risks, therefore the values are inside a quality established by law.

**Keywords:** Trace elementes; Fish; musculature; spectroscopy; Caiapó river.



## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE TABELAS .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	18
2.1. Geoquímica ambiental.....	18
2.2. Metais pesados e elementos traço.....	20
2.3. Funções dos elementos traço .....	21
2.4. Elementos traço e ambiente.....	23
2.5. Elementos X saúde humana .....	26
2.6. Elementos traço e Peixes.....	32
2.7. Biologia da Ictiofauna estudada .....	34
2.7.1. <i>Curimata amazonica</i> .....	34
2.7.2. <i>Prochilodus nigricans</i> .....	35
2.7.3. <i>Myleus torquatus</i> .....	37
2.7.4. <i>Sorubim lima</i> .....	39
2.7.5. <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> .....	41

3. OBJETIVOS .....	43
3.1. Objetivo Geral .....	43
3.2. Objetivos Específicos .....	43
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
4.1. Licenciamento .....	44
4.2. Coleta dos peixes .....	44
4.3. Identificação Taxonômica.....	47
4.4. Análises dos elementos traço.....	48
4.4.1. Digestão das amostras.....	48
4.4.2. Determinação dos níveis dos elementos traço.....	49
4.5. Tratamento estatístico .....	51
5. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO .....	52
5.1. Caracterização geral .....	52
5.2. Caracterização do meio físico .....	53
5.2.1. Geologia e Recursos Minerais .....	55
5.2.2. Geomorfologia.....	63
5.3. Caracterização da vegetação.....	64
5.4. Histórico da área de estudo.....	66
5.5. Ictiofauna local .....	72
5.6. Atividade pesqueira local.....	74
5.6.1. Espécies de interesse comercial .....	76
5.6.2. Hábitos alimentares.....	79

5.6.3. Barreiras naturais e artificiais .....	81
6. RESULTADOS.....	83
7. DISCUSSÃO .....	101
8. CONCLUSÃO.....	109
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	112
ANEXO.....	119

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**Al** - Alumínio

**As** - Arsênio

**Ag** - Prata

**Au** - Ouro

**Ba** - Bário

**Be** - Berílio

**B** - Boro

**Ca** - Cálcio

**Cd** - Cádmio

**Co** - Cobalto

**Pb** - Chumbo

**Cu** - Cobre

**Cr** - Cromo

**Sn** - Estanho

**Fe** - Ferro

**Mg** - Magnésio

**Mn** - Manganês

**Ni** - Níquel

**Sr** - Estrôncio

**Te** - Telúrio

**Se** - Selênio

**Na** - Sódio

**K** - Potássio

**Li** - Lítio

**Hg**- Mercúrio

**Mo**- Molibdênio

**Na**- sódio

**Nb** - Nióbio

**Pd** - Paládio

**Sb** - Antimônio

**Sc** - Escândio

**Ti** - Titânio

**Y** - Ítrio

**V** - Vanádio

**Zn** - Zinco

**Zr** - Zircônio

**AAS** - Espectrometria de Absorção Atômica

**ICP-OES** - Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma de Argônio induzido

**ICP-MS** - (espectrometria de massa atômica)

**GSMA**- Grupo de Saúde e Meio Ambiente

**PCH**- Pequena Central Hidrelétrica.

**TVR**- Trecho de vazão reduzida.

**UCG**- Universidade Católica de Goiás

**UCB**- Universidade Católica de Brasília

## **LISTA DE FIGURAS**

**FIGURA 1.** *Curimata amazonica*

**FIGURA 2.** *Prochilodus nigricans*

**FIGURA 3.** *Myleus torquatus*

**FIGURA 4.** *Sorubim lima*

**FIGURA 5.** *Pseudoplatystoma fasciatum*

**FIGURA 6.** Trecho de vazão reduzida do Rio Caiapó

**FIGURA 7.** Coleta com uso de puçás no Trecho de vazão reduzida

**FIGURA 8.** Medidas padronizadas para peixes de escamas

**FIGURA 9.** Medidas específicas para peixes de couro

**FIGURA 10.** Sistema de digestão das amostras de peixe em bloco digestor

**FIGURA 11.** Espectrômetro de emissão atômica por plasma de argônio induzido

**FIGURA 12.** Espectrômetro de absorção atômica

**FIGURA 13.** Mapa de localização

**FIGURA 14.** Gráfico dos valores médios de Na nas espécies estudadas

**FIGURA 15.** Gráfico dos valores médios de Mg nas espécies estudadas

**FIGURA 16.** Gráfico dos valores médios de K nas espécies estudadas

**FIGURA 17.** Gráfico dos valores médios de Ca nas espécies estudadas

**FIGURA 18.** Gráfico dos valores médios de Fe nas espécies estudadas

**FIGURA 19.** Gráfico dos valores médios de Al nas espécies estudadas

**FIGURA 20.** Gráfico dos valores médios de Pb nas espécies estudadas

**FIGURA 21.** Gráfico dos valores médios de Cr nas espécies estudadas

**FIGURA 22.** Gráfico dos valores médios de Cu nas espécies estudadas

**FIGURA 23.** Gráfico dos valores médios de Ni nas espécies estudadas

**FIGURA 24.** Gráfico dos valores médios de Zn nas espécies estudadas

**FIGURA 25.** Matriz de Correlação em *Prochilodus nigricans*.

**FIGURA 26.** Matriz de Correlação em *Myleus torquatus*.

**FIGURA 27.** Matriz de Correlação em *Curimata amazonica*.

**FIGURA 28.** Matriz de Correlação em *Pseudoplatystoma fasciatum*.

**FIGURA 29.** Matriz de Correlação em *Sorubim lima*.

## **LISTA DE TABELAS**

**TABELA 1.** Doses diárias recomendadas e ação biológica.

**TABELA 2.** Consequências dos elementos por deficiência ou excesso.

**TABELA 3.** Ocorrências minerais na bacia do rio Caiapó.

**TABELA 4.** Listagem geral da ictiofauna coletada no rio Caiapó.

**TABELA 5.** Relação e porte dos peixes considerados como de interesse comercial coletados na bacia do rio Caiapó.

**TABELA 6.** Características tróficas dos peixes coletados na bacia do rio Caiapó.

**TABELA 7.** Dieta e número de espécies coletados.

**TABELA 8.** Níveis tróficos dos peixes coletados.

**TABELA 9.** Níveis de elementos traço encontrados na população total de peixes amostrados no rio Caiapó.

**TABELA 10.** Limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira.

**TABELA 11.** Níveis de elementos traço encontrados na população de peixes separadas pelos níveis tróficos, amostrados no rio Caiapó.

**TABELA 12.** Níveis de elementos traço em cada espécie de peixe estudada.



## 1. INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia, poluição de esgotos a irrigação, a navegação, a aqüicultura e a harmonia paisagística (Sperling, 1993). No entanto, nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, o que acaba resultando em prejuízo para a própria humanidade.

As reservas hídricas do planeta Terra são estimadas em 1.400 milhões de km<sup>3</sup> embora expressivas, apenas 2% são de água doce constituindo os rios, lagos, e águas subterrâneas, praticamente 1% de neve e geleiras permanentes e apenas 0,0005% de vapor d'água na atmosfera. Excluindo-se a água contida nas calotas polares e nos aquíferos, a humanidade conta com pouco mais de 2.000 km<sup>3</sup> das águas dos rios para suprir quase a totalidade de suas demandas. Destes recursos, quase metade (946 km<sup>3</sup>) encontra-se na América do Sul (Rebouças, 1999).

A atitude comportamental do ser humano tem uma tendência em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental, caracterizada pelo uso excessivo de energia desestabilizando as condições de equilíbrio pelo aumento de sua densidade populacional, além da capacidade de tolerância da natureza, e de suas exigências individuais. Não podendo criar as fontes que satisfazem suas necessidades fora do sistema ecológico, o homem impõe uma pressão cada vez maior sobre o ambiente. Os principais impactos exercidos pelo homem pode ser caracterizado pelo consumo de recursos naturais em ritmo mais acelerado do que

aquele no qual eles podem ser renovados pelo sistema ecológico e pela geração de produtos residuais em quantidades maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural de nutrientes. Além desses dois impactos, vários materiais tóxicos são introduzidos no sistema ecológico que tolhem e destroem as forças naturais (Moraes, 2002).

Apesar da preocupação com o meio ambiente ter surgido de modo significativo há apenas poucas décadas, dia após dia, vem tomando novas dimensões dentro dos mais diversos setores da sociedade mundial. A importância da preservação dos recursos hídricos tem levado à necessidade de monitorar e controlar a contaminação destes ambientes, sendo os metais pesados um dos contaminantes mais tóxicos e persistentes do ambiente aquático. Os organismos aquáticos tendem a acumular metais pesados e contaminantes orgânicos em seus tecidos, mesmo quando a água possui níveis desses compostos abaixo da concentração máxima tolerada pela legislação, há grandes riscos de contaminação dentro da cadeia trófica. Quando a fração tóxica de um metal encontrada num corpo d'água for alta o suficiente para inibir o crescimento de apenas uma parte da comunidade planctônica, isto pode acarretar no comprometimento de toda a cadeia trófica, levando-se em conta a bioacumulação e os efeitos crônicos que o metal pode causar (Campos *et al*, 2005).

Segundo Förstner & Wittmann (1983), processos como intemperismo, erosão e transporte dos elementos traço no meio ambiente, têm sido alterados em larga escala pela atividade antrópica, podendo apresentar efeito de acumulação biológica. Os elementos traço de origem natural, de modo geral, ocorrem como componentes de minerais detríticos, já os de origem antrópica,

uma vez descarregados em águas superficiais, são transportados associados ao material em suspensão ou eventualmente sob a forma de colóides.

As principais fontes antrópicas de metais no ambiente são fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada e queima de biomassa na zona rural, combustão a carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente mineração, fundição e refinamento, tanto nas regiões urbanas como na zona rural. A demanda crescente de muitos metais nos países desenvolvidos e em desenvolvimento impulsiona a transformação de partes dos metais imobilizados nos depósitos naturais em metais mobilizados no ambiente (Lemes, 2001).

Existem cerca de vinte elementos considerados tóxicos para a saúde dos humanos incluindo Mercúrio (Hg), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Arsênio (As), Manganês (Mn), Tálcio (Tl), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Selênio (Se), Telúrio (Te), Antimônio (Sb), Berílio (Be), Cobalto (Co), Molibdênio (Mo), Estanho (Sn), Tungstênio (W), Bário (Ba), Boro (B), Prata, (Ag) e Vanádio (V). Destes, os dez primeiros são os de maior utilização industrial sendo, portanto os de maior interesse em estudos do ponto de vista toxicológico. Tais elementos reagem com ligantes difusores, com macromoléculas e com ligantes presentes em membranas o que, muitas vezes, lhes conferem as propriedades de bioacumulação, persistência no ambiente e distúrbios nos processos metabólicos dos seres vivos (Tavares & Carvalho, 1992).

Muitos desses elementos são essenciais à vida na Terra, as concentrações naturais geralmente estão no nível de traço sendo que a natureza se encarrega de oferecer as quantidades necessárias para a manutenção

saudável do ciclo vital. Outros metais não exercem nenhuma função conhecida no ciclo biológico, sendo suas concentrações naturais na faixa de parte por milhão ou parte por bilhão. Em ambos os casos, a presença de concentrações crescente de metais acima das naturais passa do meramente tolerável ao tóxico (Lemes, 2001).

A principal via de intoxicação de seres humanos por poluentes orgânicos e inorgânicos está associada aos sistemas aquáticos, sendo comum por meio do consumo de itens de pescado contaminados (Mackay & Clark, 1991). Os riscos a saúde associados à ingestão de pescado contaminado chegam a ser de 20 a 40 vezes mais elevados do que o resultado de ingestão de água contaminada (Foran, 1990). Esse fato pode ser resultado dos organismos aquáticos serem capazes de concentrar os elementos traço em até dez vezes as concentrações observadas no meio ambiente (Rocha, 1985).

As concentrações de metais pesados em um dado organismo não podem ser consideradas como constantes, mas sim como um fator sujeito às influências das variações bióticas (endogênicas e exogênicas) e abióticas do meio ambiente (Forstner & Wittmann, 1983). Os metais pesados causam forte impacto na estabilidade de ecossistemas e provocam efeitos adversos nos seres humanos provocando efeitos tóxicos agudos e câncer em mamíferos devido a danos que causam no DNA (Steinkelner *et al.*, 1998). Os elementos químicos essenciais à manutenção e ao equilíbrio da saúde, quando em excesso, tornam-se nocivos, podendo comprometer gravemente o bem-estar dos organismos (Rodrigues, 1998).

O pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor protéico e seu elevado nível de micronutrientes, sendo seu consumo um hábito diário em muitas comunidades.

Vários fatores influenciam o grau de exposição dos indivíduos a um poluente destacando a frequência da ingestão de pescado, preferência por determinadas espécies, tamanho dos espécimes e o nível trófico (Phillips *et al.*, 1980). No Brasil existem poucos dados quanto a presença de elementos traço em alimentos de uma maneira geral e, sobre sua presença em peixes pouquíssimos valores se encontram registrados na literatura (Möllerke, 2003).

A Pequena Central Hidrelétrica Mosquitão (PCH-Mosquitão) foi construída no rio Caiapó, um dos afluentes da margem direita do rio Araguaia, na região oeste do Estado de Goiás, caracterizada por ser uma das áreas mais piscosas do mundo, tanto em volume quanto em diversidade de espécies (Pinheiro, 2007). A instalação desse empreendimento hidrelétrico e a formação do lago ocasionaram o aumento da procura pelo pescado na região.

Segundo Ferreira *et al.* (1998) espécies comerciais são aquelas que figuram comumente nos mercados da região e que, portanto, são pescadas e consumidas pelas populações locais. Além dos indicativos da existência de uma atividade pesqueira efetiva em alguns trechos do rio Caiapó (baixo curso), a existência de peixes de interesse econômico deve servir como um dos subsídios de maior relevância em um possível plano de manejo dos reservatórios a serem inseridos nessa bacia.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Geoquímica ambiental**

Segundo Licht (2001), a Terra está dentro de um contexto dinâmico onde os materiais são transportados e modificados pela atuação dos processos que incluem fusão, cristalização, erosão, dissolução, precipitação, vaporização e decaimento radioativo. O tempo de residência dos materiais numa certa posição do sistema pode mostrar enormes variações. Essa permanência pode ser alterada pelas diversas condições ambientais que ocorrem nas várias posições do sistema, caracterizadas de acordo com a pressão, a temperatura e a disponibilidade de água e oxigênio livre.

Com base nesse critério simplificado, Licht (2001) caracteriza dois grandes ambientes geoquímicos: o ambiente profundo e o de superfície. O ambiente profundo compreende as porções inferiores das crostas continental e oceânica, o manto e o núcleo. Já o ambiente de superfície localiza-se na porção superior das crostas continental e oceânica, em contato direto ou quase direto com a atmosfera, hidrosfera e biosfera. Caracteriza-se por baixas pressões e temperaturas, oxigênio livre abundante e livre circulação de água. Os processos de erosão, sedimentação, diagênese precoce, dissolução, hidrólise e oxidação são típicos e exclusivos desse ambiente. E considerando a Terra sob uma ótica sistêmica, a existência, disponibilidade, mobilidade e circulação dos constituintes geoquímicos dos materiais naturais de um ambiente para outro, podem ser expressas sob a forma de um ciclo.

A natureza geoquímica das rochas e, conseqüentemente, do solo pode ser um fator causal de contaminação por metais, principalmente em águas subterrâneas. Metais pesados em água persistem por mais tempo que poluentes e muitos infiltram da superfície para o lençol freático (Maia, 2004).

A geoquímica ambiental constitui um excelente instrumento para conhecer e monitorar os recursos hídricos, considerando que ela estuda a química dos sólidos da Terra, seus componentes aquosos e gasosos e as formas de vida, auxiliando na avaliação dos impactos da contaminação dos ecossistemas por elementos químicos na biota e na saúde humana (Araujo, 2005).

As respostas geoquímicas do ambiente são controladas, em primeiro lugar, pelos processos naturais, geológicos, pedológicos, climáticos e biológicos. Superpondo-se a essa herança, a presença do homem adquire papel importante pelas possibilidades de alteração que promove no ambiente geoquímico a partir das concentrações urbanas, atividades industriais e agrícolas (Licht, 2001).

Segundo Maia (2004) os mapas geoquímicos podem identificar áreas com excesso de elementos químicos potencialmente tóxicos, bem como áreas com deficiência de elementos essenciais, e podem ser úteis em vários trabalhos e investigações tanto na área da geoquímica ambiental como da saúde.

Coleta e análise de material biológico, água superficial e de sedimentos de corrente e posterior realização de mapas de distribuição dos elementos químicos neles contidos se fazem necessárias para a detecção de problemas ambientais. Elementos químicos, principalmente metais, são carregados junto aos sedimentos finos durante a época de cheia dos rios depositando em suas margens. Os sedimentos têm sido amplamente utilizados como indicadores de

contaminação ambiental, e sua habilidade para fornecer informações sobre fonte de contaminação é amplamente reconhecida por vários autores.

Contudo, a geoquímica ambiental possui as ferramentas capazes de discriminar, nos vários sistemas (solos, rios, lagos, atmosfera de cidades), as contribuições químicas de origem natural das de origem antrópicas, contribuindo para o reconhecimento dos mecanismos de transferência dos elementos essenciais e dos tóxicos da geosfera (litosfera, hidrosfera e atmosfera) à biosfera. As aplicações da geoquímica em pesquisas médicas e na proteção da saúde humana são complexas e normalmente adequadas (Cortecci, 2007).

Estudos geoquímicos são utilizados para identificar anomalias positivas e negativas de elementos traço no ambiente, em áreas com problemas de saúde, caracterizando o campo da Geologia Médica, que tem um papel importante para as decisões no âmbito da saúde pública relacionadas com áreas de risco ambiental, a fim de reduzir a exposição da população aos elementos químicos considerados tóxicos para o homem (Cunha & Machado, 2004).

## **2.2. Metais pesados e elementos traço**

O termo elemento-traço tem sido usado para definir metais catiônicos e aniônicos presentes em baixas concentrações em solos e plantas, muito embora Al, Fe e Ti, os quais ocorrem em concentrações mais elevadas na litosfera (principalmente em ecossistemas tropicais), também sejam tratados como elementos-traço por alguns autores (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Alguns elementos-traço são considerados essenciais do ponto de vista biológico, enquanto outros não o são. Entretanto, mesmo aqueles essenciais podem, sob condições específicas, causar impactos negativos a ecossistemas terrestres e aquáticos, constituindo-se,



assim, em contaminantes ou poluentes de solo e água. Para elementos que possuem a característica de causar danos (fator intrínseco que representa o perigo da substância), a redução da exposição é a única maneira efetiva de se diminuir o risco ambiental e à saúde humana.

A poluição dos sistemas aquáticos por elementos-traço é um importante fator que afeta tanto o ciclo geoquímico desses elementos quanto a qualidade ambiental, (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Entretanto, nos últimos anos, especialmente na década de 1990, a poluição do solo por esses elementos tem merecido especial atenção, sendo mundialmente reconhecida como um problema que pode representar sérios riscos à saúde humana e à qualidade do meio ambiente. Os solos possuem características únicas quando comparados aos outros componentes da biosfera (ar, água e biota), pois se apresentam não apenas como um dreno para contaminantes, mas também como tampões naturais que controlam o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

Casos já conhecidos e de conseqüências catastróficas envolvendo a exposição de seres humanos a elementos-traço incluem a intoxicação por Hg derivado de efluentes da indústria de cloro-soda, na Baía de Minamata, conhecido como o Mal de Minamata (Takizawa, 2001), e a Doença de Itai Itai, devido à intoxicação pelo Cd advindo de rejeitos de mineração que contaminaram campos de arroz, ambos ocorridos no Japão (Kazuya, 2000).

### **2.3. Funções dos elementos traço**

Os elementos traço podem ou não ter significado nutricionalmente importante para o organismo e são divididos de acordo com sua influência como elementos

essenciais: I, Zn, Se, Cu, Mo, Cr; não essenciais: Mn, Si, Ni, B, V e tóxicos, fluoreto, Pb, Cd, Hg, As, Al, Li, Sn (OMS, 1998).

Os elementos traço essenciais são componentes funcionais, estruturais, e regulatórios de numerosas biomoléculas no metabolismo em organismos vivos (Hegde *et al.*, 2004). Para a síntese correta desses elementos traço, estes devem estar em concentrações específicas. Isto é importante não somente porque a falta metabólica de elementos essenciais pode danificar a função sintetizadora biomolecular, mas também porque o excesso pode ser tóxico (Windisch, 2001).

Com as necessidades específicas do metabolismo, a fonte de elementos traço no alimento varia extensamente em relação à quantidade e a composição química. Para manter o equilíbrio metabólico (homeostase), o organismo ajusta ativamente a absorção e a excreção de elementos traço essenciais (Windisch, 2001).

A característica definitiva de um elemento traço nutricionalmente significativo é sua intervenção essencial nos processos fisiológicos ou seu potencial de toxicidade se dá quando se apresentam em concentrações baixas nos tecidos, alimentos ou água potável, por exemplo. Um elemento é considerado essencial para um organismo quando a redução da sua captação resulta em diminuição de uma função fisiologicamente importante, ou quando o elemento é uma parte integral de uma estrutura orgânica, desempenhando uma função vital naquele organismo (OMS, 1998). O desequilíbrio na relação entre elementos traço possibilita distúrbios na homeostase das funções orgânicas durante a vida (Hegde *et al.*, 2004).

O contato de elementos traço ocorre em diversas circunstâncias: pelo ambiente, em fumaça de carros, cigarros; pelo uso de drogas terapêuticas; matérias primas industrializadas, como enlatados. Metais geralmente produzem compostos tóxicos formados pela interação com componentes orgânicos. São ligados a componentes biológicos e interagem com enzimas ou afetam estruturas protéicas. No caso de intoxicação por metais, estes competem com outros íons minerais, podendo causar o rompimento de membranas e desequilíbrio da função mitocondrial, gerando radicais livres. Devido a esses efeitos clínicos generalizados, ocorre como consequência fraqueza e mal-estar, que são característicos em muitos casos (Weisinger & Bellorin-Font, 1998).

#### **2.4. Elementos traço e ambiente**

Os elementos traço estão presentes naturalmente em solos e em sistemas aquáticos superficiais e subsuperficiais mesmo que não haja perturbação antrópica do ambiente, e o aumento em sua concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades antropogênicas. Os processos naturais que contribuem para o aparecimento de elementos-traço nos sistemas aquáticos são o intemperismo de rochas e a lixiviação no perfil do solo, enquanto as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, a atividades de mineração (carvão e jazidas minerais) e industriais, além da geração de efluentes municipais (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). As fontes antropogênicas contribuem com cerca de 11 % (no caso do Mn) a 96 % (no caso do Pb) do total das emissões atmosféricas, além de serem responsáveis por adições tão altas quanto 1,16 milhão de toneladas de metais (como no caso do Pb) por ano a ecossistemas terrestres e aquáticos (Nriagu & Pacyna, 1988; Nriagu, 1989).

As cinzas provenientes da queima de carvão e o descarte de produtos comerciais são as principais fontes de contaminação por elementos-traço em solos, ao passo que, em ecossistemas aquáticos, as mais importantes incluem os efluentes domésticos (especialmente no caso de As, Cr, Cu, Mn e Ni), a queima de carvão para geração de energia (As, Hg e Se), a fundição de metais não-ferrosos (Cd, Ni, Pb e Se), a fabricação de ferro e aço (Cr, Mo, Sb e Zn), o descarte de lodo de esgoto (As, Mn e Pb) e a deposição atmosférica (Pb e V) . Alguns insumos agrícolas ou subprodutos usados com finalidade corretiva ou nutricional na agricultura representam também uma possível fonte de contaminação por elementos-traço (Campos *et al.*, 2005). Embora menos importantes do ponto de vista quantitativo, esses insumos (fertilizantes, calcários, esterco e lodos de esgoto) podem se constituir em fontes de poluição não-pontuais de solos e sistemas aquáticos. McBride & Spiers (2001) relatam, entretanto, que um aumento significativo do teor de elementos-traço nos solos pela aplicação de fertilizantes pode levar décadas. Esses autores enfatizam ainda que, quando comparado a fertilizantes e esterco bovino, o uso de lodo de esgoto poderia resultar em adições muito maiores de elementos-traço ao solo. No Brasil, com a crescente demanda social pela melhoria e manutenção de boas condições ambientais, principalmente dos recursos hídricos, o uso do lodo de esgoto na agricultura tende a aumentar como alternativa para, entre outras, diminuir o volume de aterros sanitários.

Além disso, segundo Andreoli & Pegorini (2000), o uso agrícola de lodo viabiliza a reciclagem de nutrientes, promove melhoria física nos solos e se constitui numa solução benéfica para o problema de sua disposição. Apesar

disso, com a aplicação crescente de lodo de esgoto ao solo, os teores de elementos-traço aumentarão, uma vez que estes elementos estão, geralmente, presentes em concentrações mais elevadas no lodo que no solo.

Elementos traço podem estar presentes em águas superficiais e subsuperficiais, solos e em sedimentos. Os principais processos naturais que contribuem para o aparecimento destes em águas são o intemperismo de rochas e a lixiviação de elementos no perfil do solo. Contudo, a concentração desses elementos em águas é conseqüência da geoquímica das rochas e dos solos de origem da bacia. Uma quantidade significativa da fração total de elementos-traço de um rio encontra-se normalmente na fração não-dissolvida, adsorvida à superfície de partículas sólidas em suspensão. Os mesmos podem, também, interagir com outros solutos, formando complexos e permanecendo na forma dissolvida. Unem-se, também a partículas inorgânicas ou orgânicas através de adsorção e assimilação, ficando, neste caso, na forma particulada. Uma vez particulado, o elemento traço pode precipitar-se ou sedimentar-se no fundo do corpo d'água (Licht, 2001).

A distribuição dos elementos no solo é influenciada pelos minerais de fração, argilas, caulinita e pela intensidade de alteração. Entre as argilas, formam-se inicialmente as do grupo das esmectitas, seguidas pelas do grupo da caulinita e, finalmente, por gibbsita. No nível das esmectitas o solo é rico em elementos traços pesados. Com a continuidade intempérica e transformação das argilas, o teor desses elementos diminui com o tempo, eventualmente transformando "esterilizando" o solo. Os elementos nutritivos contidos nas esmectitas são facilmente disponíveis para as plantas, controlando a fertilidade do solo. A

disponibilidade de elementos torna-se menor com a gradual enriquecimento em hidróxidos de Fe-Mn-Al, que absorvem elementos nutritivos e essenciais e também elementos indesejáveis ou não essenciais. Em solos lateríticos, ricos nesses hidróxidos, a disponibilidade de elementos essenciais é baixa, com influência negativa nos cultivos e na saúde humana e animal (Cortecci, 2007).

## **2.5. Elementos X saúde humana**

O homem é constituído por 61% de hidrogênio, 25% de oxigênio, 10% de carbono, e 2% de nitrogênio perfazendo um total de 98%. Os 2% restantes estão divididos entre elementos chamados microelementos, oligoelementos ou xenobióticos, tais como cobre, ferro, magnésio, cálcio, selênio, e outros metais e minerais, que são importantes para o perfeito funcionamento das funções biológicas humanas (Steiger, 1998).

Um desequilíbrio na quantidade destes elementos conduz a desequilíbrios bioquímicos, que se não forem sanados, levarão a desequilíbrios funcionais e em alguns casos a alterações anatômicas, que levarão a manifestação de sintomas de doenças. Cerca de trinta elementos da tabela periódica podem ser tóxicos para os homens (Pascalichio, 2002).

Segundo Cortecci (2007) os elementos traços são mais importantes para a vida que as vitaminas. Contudo, nem todos e nem só os elementos traços são essenciais para a vida, mas sem dúvida são mais numerosos e, em situações, alguns podem ser mais importantes que os elementos mais comuns. As relações entre ambiente e a corrente alimentar humana são controladas por fatores geológicos (litologia e mineralogia das rochas, o tempo e o clima) e processos

geoquímicos relevantes, controladores da transferência dos elementos ao solo, às plantas e aos homens, considerando a passagem “intermediária” pelos animais.

Sabe-se que alguns elementos químicos são macronutrientes essenciais à saúde dos seres vivos, como cálcio, ferro, magnésio, potássio, sódio, cloro, fósforo e o enxofre; outros são micronutrientes essenciais, fazendo parte de complicados sistemas enzimáticos, como por exemplo cobre, zinco, flúor, selênio, cromo, molibdênio e cobalto, porém podem ser tóxicos quando estão presentes no meio ambiente em altas concentrações. Outros elementos, tais como mercúrio, chumbo, arsênio, bário e cádmio, não são essenciais aos seres vivos do ponto de vista biológico e são considerados muito tóxicos quando estão presentes no meio ambiente, mesmo em baixas concentrações, porque são acumulativos nos organismos dos homens e dos animais (Cunha & Machado, 2004).

Os elementos traço são requeridos em pequenas concentrações como componentes essenciais nos processos biológicos. Esses elementos (ferro, iodo, flúor, cobre, manganês, zinco, cobalto, cromo, selênio, molibdênio, estanho, vanádio, níquel etc.) constituem em média 0,01% da composição total do sangue (Pozebon *et al.*, 1999). A Tabela 1 representa as doses diárias recomendadas e a ação biológica dos elementos mais recomendados para uma boa saúde.

**Tabela 1.** Doses diárias recomendadas e a ação biológica dos elementos.

Elemento	DDR	Ação Biológica
Cálcio	1.200 mg	Necessário para fortalecimento de ossos e dentes. Empregado nos mecanismos de contração e relaxamento muscular, na coagulação do sangue, na regulação da permeabilidade celular e na transmissão de impulsos nervosos
Cloro	750 – 3.600 mg	Presente sobretudo na forma iônica. Necessário para o balanço hídrico e controle da pressão osmótica. Participa da digestão e assimilação dos alimentos.
Cromo	50 – 200 µg	Importante para o metabolismo dos açúcares. Sintomas de falta de cromo (intolerância a glicose, resistência à insulina, crescimento lento, neuropatia periférica, redução da fertilidade dos espermatozoides)
Cobre	1,55 – 3 mg	Essencial para o metabolismo energético, sendo componente de enzimas oxidantes. Necessário para a síntese da hemoglobina, para funções neuro-cerebrais e para queratização e pigmentação da pele e do cabelo. Sintomas de falta de cobre são osteoporose, deficiência de glóbulos brancos e a redução de defesa imunológica.
Fluor	1,5 – 4 mg	Presente nos ossos e dentes. Evita cárie dentária e osteoporose.
Iodo	150 µg	Presente sobretudo na tireóide e como constituinte do hormônio tireoidal. Importante no controle do metabolismo, o metabolismo, a reprodução e o crescimento.

---

 Continua...



**Tabela 1.** - Continuação.

Ferro	10 – 15 mg	Constituinte da hemoglobina e da mioglobina (molécula que fixa e transporta oxigênio no sangue e nos tecidos) e de complexos enzimáticos. Necessário para a geração de energia a nível celular e para a integridade do sistema imunológico.
Magnésio	280 – 350 mg	Presente principalmente nos ossos. Participa do mecanismo de contração muscular e é indispensável para a ação de numerosos enzimas.
Manganês	2 – 5 mg	Promove o crescimento, o desenvolvimento e as funções celulares. É parte integrante de ossos e cartilagens e fator essencial nas reações enzimáticas que envolvem os metabolismos protéico, lipídico e glucídico.
Molibdênio	75 – 250 µg	Constituinte de enzimas que participam de importantes reações de óxido-redução (oxidação de aldeídos e outros). De certa forma, o papel do Mo é análogo ao do Mn.
Fósforo	800 – 1.200 mg	Essencial para boa saúde dos ossos e produção de energia. Participa de quase todas as reações químicas que ocorrem no organismo.
Potássio	2.000 – 3.500 mg	Regula o balanço dos fluidos corpóreos. Atua também nas contrações musculares e na transmissão de impulsos nervosos.
Selênio	55 – 70 µg	Tem papel importante na prevenção de algumas doenças cardiovasculares e neoplasias. Evita oxidação por radicais livres, retardando o processo degenerativo de envelhecimento.
Sódio	500- 2.400 mg	Tem papel importante na manutenção do equilíbrio hidrossalino do organismo. Atua na transmissão dos impulsos nervosos e no transporte dos metabolitos.
Zinco	12 – 15 mg	Ocorre em todos os tecidos corpóreos, em particular em ossos, músculos e pele. Protege o fígado de danos químicos. Necessário para integridade do sistema imunológico. Regula o crescimento.

Fonte: CORTECCI, 2007.

A Tabela 2 representa possíveis conseqüências apresentadas ao organismo humano pela deficiência ou excesso de alguns elementos.

**Tabela 2.** Conseqüência dos elementos por deficiência ou excesso.

<b>Elemento</b>	<b>Conseqüência por deficiência ou excesso</b>
Alumínio	Não se conhece a importância biológica para o ser humano, mas sabe-se que a ingestão de altas concentrações (maior do que 1 ppm) é responsável pelo Mal de Alzheimer, laringite crônica e paralisia dos membros inferiores.
Arsênio	A ingestão de 100 mg envenena seriamente o organismo; é carcinogênico, causando principalmente câncer de pele e queratoses, e distúrbios no sistema nervoso. Antropicamente resulta de despejos industriais e herbicidas, porém pode ocorrer naturalmente nas rochas.
Bário	Concentrações de bário de 550 a 600 mg são fatais ao homem, causa bloqueio nervoso ou aumento da pressão sanguínea por vasoconstrição.
Cádmio	É altamente tóxico e acumulativo no organismo humano, pode causar osteomacia, calcificação nos rins, deformação óssea e disfunção renal, também câncer, doenças cardiovasculares, retardamento de crescimento e morte.
Chumbo	É muito tóxico, de efeito cumulativo, pode ser letal se ingerido por muito tempo; pode causar danos irreversíveis ao cérebro, principalmente em crianças, hiperatividade, retardamento de crescimento, anemia, como ainda tumores renais.
Cobre	Quando presente em altas concentrações, o cobre pode causar danos ao fígado, rins e ao cérebro.
Cromo	É importante para o metabolismo dos açúcares; a sua deficiência no organismo humano pode levar à neuropatia periférica e diabetes; porém, o cromo hexavalente em altas concentrações na água pode causar câncer.

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Ferro	O ferro forma as enzimas e atua na atividade respiratória e nos processos biológicos redox. Tende a se concentrar nos sedimentos de fundo dos rios. A deficiência de ferro no organismo pode causar anemia e o excesso prejudica a absorção de outros metais. Quando associado ao manganês pode causar Mal de Parkison.
Manganês	É parte integrante dos ossos e cartilagens e fator essencial nas reações enzimáticas nos metabolismos protéico, lipídico e glucídico; altos teores no meio ambiente podem causar alucinações e demências.
Níquel	Quando presente em altas concentrações no meio ambiente pode causar câncer no trato respiratório e dermatite de contato.
Zinco	É essencial à saúde humana, sua deficiência pode causar dermatite e nanismo. Porém, altos teores de zinco no organismo podem causar problemas circulatórios pulmonares e de concentração mental.

---

Fonte: CUNHA, 2004.

Sendo assim, pode-se dizer que a saúde do homem está em íntima relação com o meio ambiente em que se integra, podendo seu organismo apresentar deficiências de minerais essenciais quando estes minerais estiverem ausentes ou em pequenas proporções no solo e água de onde provém seus alimentos, ou apresentar distúrbios devido ao excesso destes elementos químicos, principalmente de metais, que provocarão alterações em diversos órgãos e sistemas, podendo ainda, alguns destes elementos provocarem alterações através de seus efeitos genotóxicos e carcinogênicos (Cortecci, 2007).

## 2.6. Elementos traço e peixes

O conhecimento dos peixes de água doce da América do Sul encontra-se ainda incipiente, quando comparado com o de certas áreas temperadas do Mundo. No Brasil, entretanto, vários fatores têm colaborado para aumentar o interesse pelo estudo dos peixes de água doce. Um desses fatores tem sido o considerável aumento de lagos artificiais, relacionados com a construção de hidrelétricas, conseqüentemente, surgiu a oportunidade de aproveitá-los para uma maior produção de peixes e, com isso, a necessidade de estudar e conhecer melhor a biologia e ecologia das espécies dessas áreas.(NATURAE, 2007).

Os peixes, por serem consumidores e pertencerem ao nível superior do ecossistema aquático, acumulam poluentes, daí a sua grande importância em testes de toxicidade e contaminações (Dias *et al.*, 1994).

A bioacumulação de metais pesados em peixes é evidente, mesmo quando estes contaminantes se encontram na água em concentrações quase não detectáveis (Machado, 2002).

Estes organismos além de fornecer informações sobre a biodisponibilidade dos elementos analisados, fornecem também indicações sobre as concentrações disponíveis ao homem uma vez que faz parte da dieta humana (Tomazelli, 2006).

Os grandes estoques pesqueiros provavelmente apresentam um dos maiores compartimentos de reserva viva de nutrientes e energia no sistema, com implicações óbvias na circulação e fluxo destes elementos. Os peixes entre outras funções atuam com dispersores de sementes e constituem uma alimentação básica para outros componentes da fauna, fato que aponta a necessidade de

avaliar a possível contaminação do pescado e sua relação com a dinâmica de transmissão de elementos para os seus predadores (Catella, 1992).

Poucos ou quase raros são os casos de contaminação por elementos traço, nenhum se compara ao que ficou conhecido mundialmente que ocorreu na Baía de Minamata, Japão, em 1953 e ficou conhecido como a “doença de Minamata”, quando a Chisso Fertilizer Co. Ltd. (uma das maiores indústrias do Japão, que produzia fertilizantes químicos, resinas sintéticas, plásticos e compostos químicos, em funcionamento até hoje) produzia o metilHg como um sub-produto do processo de produção do acetaldeído (na planta Chisso Minamata). Os resíduos eram despejados nas águas da baía e a população de Minamata alimentava-se de peixes provenientes desta baía (Takizawa, 2001) .

Em um trabalho realizado com 18 mulheres residentes em Minamata durante o período da doença, as concentrações de mercúrio no cabelo variaram de 4,30 a 63,14 mg/kg, e no cabelo de suas crianças de < 0,01 a 43,31 mg/kg. No entanto, no leite destas mesmas mães os valores variaram de < 0,01 a 0,16 mg/kg<sup>9</sup>. Em pacientes expostos, após 5 anos da ocorrência da contaminação, foram encontrados valores extremamente elevados no cabelo, variando de 2,46 a 705 mg/kg de Hg. Em 1960, o nível de mercúrio no lodo próximo ao canal de drenagem da indústria apresentava um valor de 2010 mg/kg em peso seco. Na vida marinha, os níveis de mercúrio também foram elevados: 35,7 mg/kg nos caranguejos e 5,61 mg/kg nas ostras. Nas pessoas que morreram da doença, os valores de mercúrio em seus organismos foram altos (fígado de 22,0 a 70,5 mg/kg, cérebro de 2,6 a 24,8 mg/kg e rins de 21,2 a 140,0 mg/kg). Ficou oficialmente reconhecido que 2.252 pessoas foram diretamente contaminadas

pelo metilHg, sendo que 1.043 óbitos ocorreram e um total de 12.127 pessoas reivindicaram ter a doença (Takizawa, 2001).

A avaliação dos níveis de metais pesados em alimentos consumidos localmente é o primeiro passo para a avaliação de riscos à população humana devido à contaminação ambiental por esses metais (Niencheski *et al.*, 2001).

## **2.7. Biologia da ictiofauna estudada**

### **2.7.1. *Curimata amazonica***

A espécie *Curimata amazonica*, comumente denominado Branquinha (Figura 1), membro da Família Curimatidae apresenta corpo relativamente elevado ou fusiforme; boca terminal ou subinferior; ausência de dentes; rastros branquiais ausentes ou rudimentares; abertura branquial unida ao istmo; intestino bastante longo e enovelado; estômago alongado, com paredes grossas em forma de moela; hábito detritívoro, consumindo matéria orgânica floculada, algas, detritos e microorganismos associados; a maioria dos curimatídeos forma grandes cardumes e empreende migrações tróficas e reprodutivas; algumas espécies são muito abundantes e largamente capturadas na pesca comercial; outras são diminutas e usadas na aquariorfilia. Como o nome comum indica, a grande maioria das espécies tem o corpo uniformemente claro ou ocasionalmente apenas uma mancha na base do pedúnculo caudal; habita principalmente lagos e águas lênticas e tem hábitos diurnos. A desova da grande maioria das espécies é total e geralmente ocorre no início da enchente. São animais detritívoros, consomem matéria orgânica floculada, algas, detritos e microorganismos associados; empreende migrações reprodutivas e desova no início da enchente; ocorre comumente em lagos de água branca (Santos *et al.*, 2006).



**Figura 1.** *Curimata amazônica* (Fonte: NATURAE (2007)).

### **2.7.2. *Prochilodus nigricans***

Os membros da Família Prochilodontidae, na qual estão espécies comumente conhecidas como Papa-terra (Figura 2), são caracterizados pelo corpo fusiforme e elevado; um espinho bifurcado na base da nadadeira dorsal; boca em forma de ventosa, com lábios espessos, carnosos e eversíveis; numerosos dentes diminutos, móveis, falciformes ou espatulados e distribuídos em duas séries na frente e em uma série na lateral dos lábios; intestino longo, bastante enovelado; estômago alongado e em forma de moela, isto é, com paredes grossas e lúmen estreito. Os representantes dessa família têm hábito alimentar detritívoro, consumindo detritos, matéria orgânica particulada, algas e perifíton; formam cardumes numerosos e empreendem longas migrações reprodutivas e tróficas, podendo superar grandes obstáculos, como corredeiras e pequenas cachoeiras;

têm destacada importância na pesca comercial e de subsistência em toda a bacia amazônica. A família inclui três gêneros e 20 espécies, sendo que na área estudada foram encontradas três espécies (Santos, *et al.*, 2006).

São animais que apresentam porte de até 50 cm e 3 kg; lábios bastante desenvolvidos, carnosos, em forma de ventosa e bordejados por inúmeras papilas globulares ou cristas carnosas; dentes diminutos, espatulados, móveis e numerosos, implantados em duas fileiras, sendo a interna em forma de V e a externa reta, ao longo da margem externa dos lábios; escamas ctenóides, ásperas ao tato; nadadeira caudal com fileiras verticais irregulares e sinuosas de pequenas manchas escuras; linha lateral com 44 a 51 escamas; 7 a 11 fileiras de escamas entre a origem da nadadeira dorsal e a linha lateral e 7 a 9 fileiras entre esta e a origem da nadadeira ventral. São detritívoros, alimenta-se de algas perifíticas, microorganismos animais e matéria orgânica em decomposição, geralmente depositada no fundo dos rios; forma cardumes e empreende longas migrações; desova na enchente, em rios de água branca ou clara; os alevinos e jovens são criados nas áreas de várzea; comprimento padrão médio da primeira maturação sexual em torno de 26cm, quando os machos atingem cerca de 1,7 anos e as fêmeas, 2,1 anos de idade (Santos *et al.*, 2006).





**Figura 2.** *Prochilodus nigricans* (Fonte: NATURAE (2007)).

### **2.7.3. *Myleus torquatus***

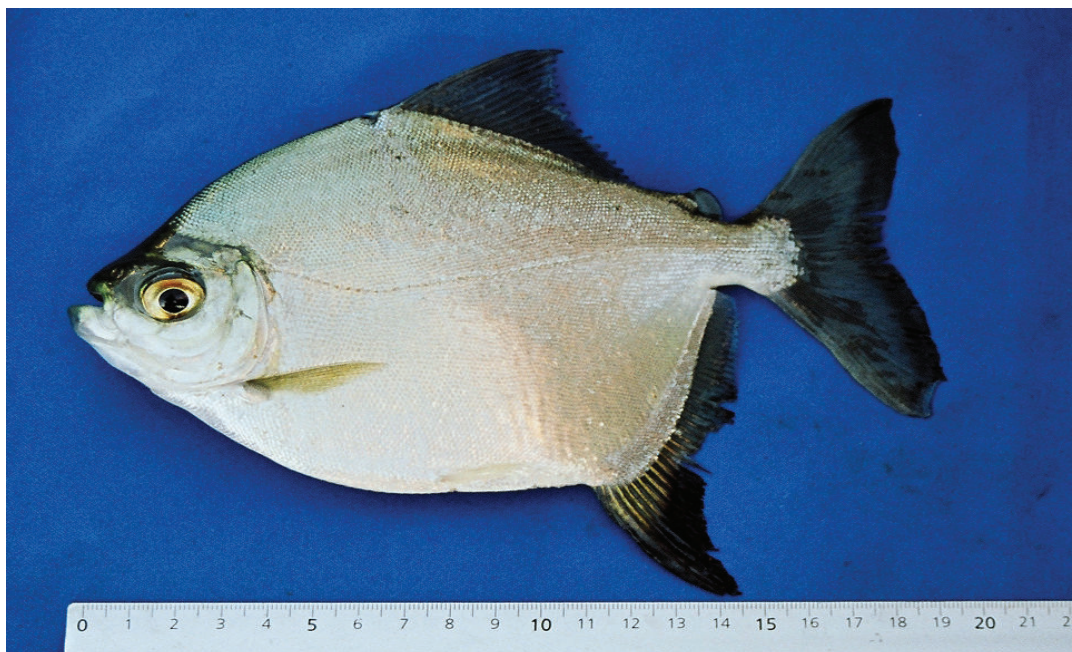
São representantes da Família Characidae, ou seja, da família mais numerosa da ordem Characiformes, abrigando cerca da metade das espécies dessa ordem como Jatuarana, Matrinxã, Pacu, Piranha, Sardinha, e Tambaqui, entre outros. Para melhor compreendê-la, muitos autores a subdividem em várias subfamílias, mesmo que as relações de parentesco entre elas ainda não estejam devidamente estabelecidas. Na família estão incluídas espécies de porte relativamente grande e bem conhecidas, como a matrinxã (Bryconinae), piranhas, pacus, pirapitinga e tambaqui (Serrasalminae), e também espécies miúdas e de difícil identificação, como as piabas (Tetragonopterinae). Diante da alta diversidade e da falta de estudos sistemáticos, não se pode ainda traçar características exclusivas para os membros dessa família, entretanto eles se caracterizam basicamente pela presença de dentes em ambas as maxilas; nadadeira anal relativamente longa;

adiposa quase sempre presente (ausente somente em Erythrinidae); osso maxilar geralmente denteado, principalmente na seção próxima à sua junção com o pré-maxilar.

Na Figura 3, o Pacu (*Myleus torquatus*) é um nome aplicado a um conjunto de pelo menos oito gêneros e aproximadamente trinta espécies, sendo que as mais comuns pertencem aos gêneros *Mylossoma* e secundariamente a *Myleus* e *Metynnis*, todos eles pertencentes à subfamília Serrasalminae. As características básicas desse grupo são o corpo bastante comprimido e alto, quase redondo; uma série de escudos ósseos, em forma de serra, no ventre; dentes incisivos largos, alguns molariformes, próprios para quebrar frutos e sementes; os dentes se distribuem em duas fileiras na maxila superior e apenas uma na maxila inferior, sendo que atrás desta geralmente ocorre um par de dentes na região mediana ou sinfisial; osso maxilar curto, sem dentes; escamas diminutas; nadadeira dorsal longa, geralmente filamentosa nos machos, por ocasião da reprodução.

Apresentam porte médio, até 30 cm; corpo alto e romboidal; nadadeira adiposa estreita, sendo sua base menor que a distância que a separa da nadadeira dorsal, coloração cinza-esbranquiçado, exceto em alguns indivíduos em que aparecem manchas vermelho-ferruginosas no opérculo, tronco e base inferior da nadadeira anal; esse colorido, no entanto, só ocorre nos machos em reprodução, sendo, portanto, um dimorfismo sexual transitório; nas fêmeas, apenas a região opercular e porção inferior da base da nadadeira anal ficam avermelhadas, sendo a mancha vermelha nessa nadadeira continuada por uma mancha preta na margem posterior. São herbívoros, alimenta-se basicamente de

frutos e sementes e o pico da desova se dá no início da enchente; ocorre comumente em rios de água clara (Santos *et al.*, 2006).



**Figura 3.** *Myleus torquatus* (Fonte: NATURAE (2007)).

#### **2.7.4. *Sorubim lima***

Essa espécie faz parte da família Pimelodidae, desse grupo estão os maiores peixes de água doce da América do Sul e a maioria apresenta destacada importância na pesca comercial ou de subsistência. Os membros dessa família apresentam corpo nu, sem placas ou escamas, apenas coberto por pele; três pares de barbilhões longos, sendo um maxilar e dois mentonianos; aberturas branquiais amplas, prolongando-se para a frente, até próximo ao queixo e para trás, além da inserção do primeiro raio da nadadeira peitoral; órbita com margem livre; dentes viliformes, quase sempre inseridos em placas dentíferas, em ambas

as maxilas; nadadeiras peitorais e dorsal geralmente com o primeiro raio transformado em espinho pungente; adiposa bem desenvolvida; canais da linha lateral cutâneos ramificados ou anastomosados na cabeça e parte anterior do corpo. O *Sorubim lima* (Figura 4) apresenta outros nomes comuns como Bico-de-pato, Jurupensém. São de grande porte, até 50 cm; maxila superior muito mais longa do que a inferior, deixando à mostra uma larga faixa de dentes muito pequenos quando observado em vista ventral; cabeça muito achatada; olhos localizados lateralmente, bem distantes entre si; ocorre em toda a bacia amazônica, em sistemas de águas brancas, claras e pretas, mas é mais abundante em rios de água branca. São carnívoros, consomem principalmente pequenos peixes e camarões; há informações de que utiliza a maxila superior proeminente para aprisionar camarões junto ao fundo, o que reforça a caracterização do bico-de-pato como um dos poucos peixes especializados no consumo dessa presa nos rios amazônicos. As poucas informações disponíveis sobre aspectos biológicos e ecológicos indicam que essa espécie reproduz-se durante a enchente. Durante a vazante é possível observar pequenos cardumes desse peixe movimentando-se contra a correnteza nas “pontas d’água” que se formam junto aos barrancos do rio; entretanto, não há indicações de que essa espécie realize longas migrações reprodutivas (Santos *et al.*, 2006).



**Figura 4.** *Sorubim lima* (Fonte: NATURAE (2007)).

#### **2.7.5. *Pseudoplatystoma fasciatum***

Fazendo parte também da Família Pimelodidae esta espécie (Figura 5) é mais conhecida na região de estudo como Pintado, Cachara ou Surubim. Porte grande, até 1 m de comprimento e 12 kg; focinho uniformemente largo; nadadeira caudal com lóbulos caudais arredondados; dorso escuro e região ventral esbranquiçada, com barras negras estreitas nas laterais do corpo, intercaladas por riscos verticais brancos; ocorre em rios com diferentes tipos d'água, tanto no leito, quanto em lagos e igarapés de médio porte.

São carnívoros, consomem principalmente peixes; exemplares juvenis também consomem invertebrados, especialmente camarões; hábito noturno; desova total, na enchente; fecundidade média de 1,5 milhão de ovócitos; primeira maturação sexual a partir de 45 cm; é considerada uma espécie hermafrodita

protogínica, ou seja, todos os filhotes nascem como fêmeas, sendo que uma parte se transforma posteriormente em machos (Santos *et al.*, 2006).



**Figura 5.** *Pseudoplatystoma fasciatum* (Fonte: NATURAE (2007)).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

O presente estudo visa quantificar as concentrações de elementos traço em pescados, possibilitando o estabelecimento dos valores referenciais nas espécies de peixes de interesse comercial nos diferentes níveis tróficos do rio Caiapó-Goiás.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- a) Avaliar os níveis de elementos traço essenciais, não essenciais e tóxicos em espécies de peixes nos diferentes níveis tróficos;
- b) Estabelecer valores referenciais dos níveis de minerais no pescado para a alimentação;
- c) Conhecer as interações da ictiofauna local com seu hábitat natural, bem como as implicações da ocupação humana instalada na região;
- d) Gerar dados que possam direcionar novos estudos para os diversos empreendimentos na área de estudo.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Licenciamento**

A proposta original do Programa de Monitoramento da Ictiofauna (PMI) – Fase Pós-enchimento do Reservatório da PCH Mosquitão foi enviada a Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA), formando o Processo Nº.5601.07959/2001-1 e resultando na emissão da Licença Nº. 039/2006 (Licença para Pesca Científica), com o período de validade entre 06 de novembro de 2006 e 01 de novembro de 2007.

### **4.2. Coleta dos peixes**

As amostras de peixes foram coletadas em uma das campanhas das fases do Programa de Conservação da Ictiofauna (PCI) realizada durante o enchimento do reservatório nos dias 24 e 25 de Outubro do ano 2006.

As atividades de coleta foram realizadas no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) em virtude da diminuição da vazão de água neste local, ocasionada pelo enchimento do reservatório (Figura 6).





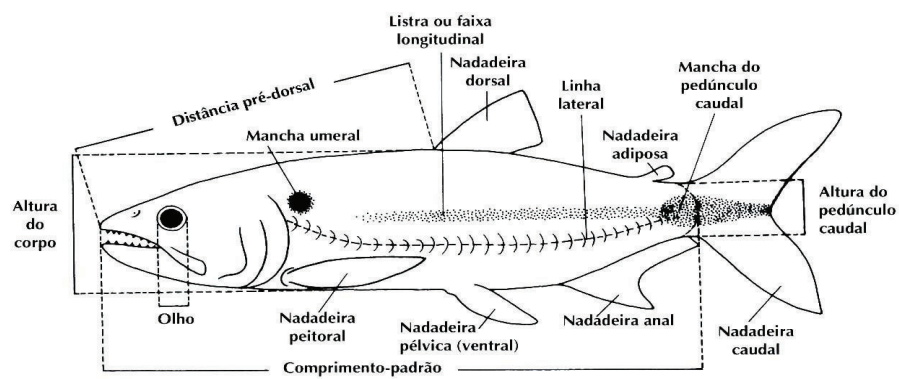
**Figura 6.** Trecho de vazão reduzida do Rio Caiapó no município de Iporá - GO.

O trabalho de resgate de peixes consiste na retirada dos animais que por ventura tenham ficado presos no momento dos barramentos a montante e a jusante da área onde se formaram as ensecadeiras. Para a captura desses peixes se fez necessária retirada do maior volume de água possível do local, com o auxílio de bombas hidráulicas, restringindo a água nos pontos mais profundos do terreno e concentrando nesses pontos também os peixes. Uma vez conseguida a concentração dos peixes, iniciou-se a coleta dos mesmos dando prioridade aos animais de médio a grande porte, estabelecendo 20 espécimes coletadas como valor máximo e como valor mínimo oito por espécie utilizando para esse fim o emprego de puçás e da rede de arrasto (Figura 7).

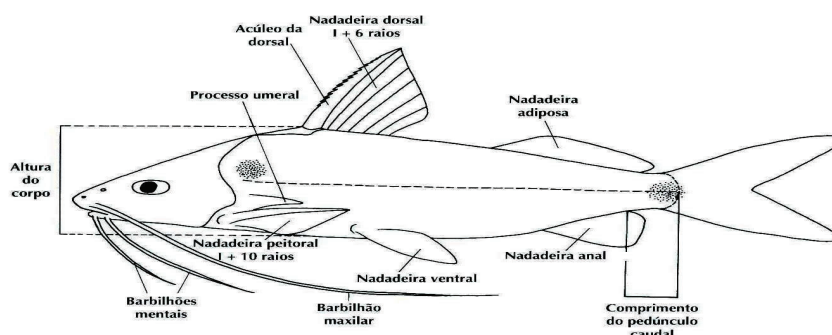


**Figura 7.** Coleta com uso de puçás no Trecho de vazão reduzida do Rio Caiapó no município de Iporá-GO.

Os peixes coletados foram imediatamente medidos e pesados seguindo a metodologia padrão (Figura 8 e 9).



**Figura 8.** Medidas padronizadas para peixes de escamas (Britski *et al.*, 1999).



**Figura 9.** Medidas específicas para peixes de couro (Britski *et al.*, 1999).

As amostras foram levadas ao laboratório da base de resgate do Programa de Conservação da Ictiofauna para a remoção de 10 g de músculo da região dorsal, sendo posteriormente armazenadas em sacos plásticos numerados e identificadas sob refrigeração a zero grau.

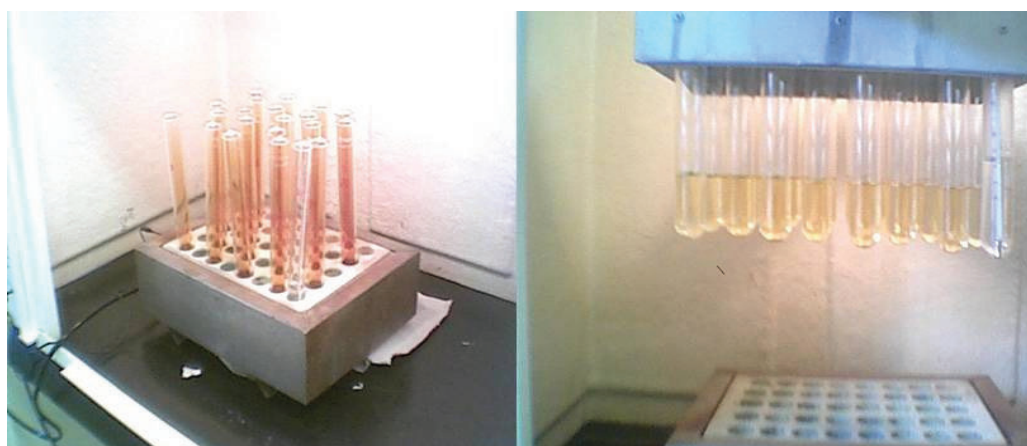
#### **4.3. Identificação taxonômica**

Os animais coletados foram identificados, previamente, em campo. uma amostragem mínima foi destinada para o laboratório para a confirmação da identificação com o auxílio de bibliografia especializada (Britski *et al.*, 1999; Carolsfeld *et al.*, 2003; Froese & Pauly, 2006).

#### 4.4. Análises dos elementos traço

##### 4.4.1. Digestão das amostras

As amostras de peixe previamente liofilizadas foram digeridas em meio ácido utilizando bloco de digestão a proporção de 0,5 g de amostra para 5 mL de ácido nítrico concentrado sob aquecimento a 120 °C durante 4 horas. Após o resfriamento foram adicionados 3 mL de peróxido de hidrogênio e deixado em repouso por 24 horas. Posteriormente a amostra foi aquecida a 120 °C durante 30 minutos e após o resfriamento o volume foi ajustado para 25 mL com água desionizada (Figura 10).



**Figura 10.** Sistema de digestão das amostras de peixe em bloco digestor. Laboratório de Química da UCG-Goiás.

##### 4.4.2. Determinação dos níveis dos elementos traço

Foram selecionados os elementos mais tipicamente estudados em peixes e também considerando os que foram levantados em estudos em solo na região (AGMA, 2007). Os elementos analisados: Ca, Ba, Hg, B, Mo, Pb, Sb, Au, Se, Mg, Cd, Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn nas amostras digeridas de peixe foram quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio

induzido (ICP OES) na Figura 11. Os níveis de Se foram determinados pela técnica de geração de hidreto acoplado a espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (HG - ICP OES). Enquanto que os níveis de Na e K foram determinados por espectroscopia de emissão atômica em chama (AAS) na Figura 12. As análises foram realizadas em triplicata utilizando reagentes de grau analítico.

As digestões das amostras de peixe foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade Católica de Goiás – UCG enquanto que os níveis de elementos traço foram determinados no Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da Universidade Católica de Brasília – LEAA/UCB.



**Figura 11.** Espectrômetro de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES). Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada – LEAA/UCB.



**Figura 12.** Espectrômetro de absorção atômica (AAS). Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada – LEAA/UCB.

#### **4.5. Tratamento estatístico**

Foram utilizados os *softwares Excel Microsoft Office<sup>R</sup>* para médias e desvios e *OASIS 6.1<sup>R</sup>* – módulo Chimera para confecção das matrizes de correlações de elementos traço nas espécies estudadas.

## **5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A caracterização e o histórico da área de estudo foram realizados por meio de dados secundários disponíveis. Para tanto, foram utilizadas as informações contidas no Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica do rio Caiapó, Estado de Goiás (AGMA, 2007).

### **5.1. Caracterização geral**

A área de abrangência desse estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Caiapó, afluente do rio Araguaia pela margem direita. O rio Araguaia drena uma área de aproximadamente 377.000 km<sup>2</sup>, constituindo uma bacia de grande importância no Centro-Oeste do Brasil. Possui 124 sub-bacias que abrangem 202 municípios dos estados de Goiás, Tocantins, Pará e Mato Grosso (AGMA, 2007).

O local do presente estudo fica entre os municípios de Iporá e Arenópolis no estado de Goiás, na área de vazão à jusante da PCH Mosquitão.

Em termos econômicos e sociais a bacia do rio Caiapó ainda apresenta indicadores modestos. Tem como base econômica a agricultura, com índices de produtividade que ainda não apresentam alta competitividade, na maioria dos municípios, produz em pequena escala e com baixo investimento em tecnologia, mas que em alguns, já apresenta uma presença expressiva das culturas comerciais, em especial das de grãos. Tem uma pecuária que, não sendo mais a tradicional, também não chega à condição de pecuária moderna.

Na maioria dos municípios, não há uma participação significativa da indústria, enquanto que o setor de serviços cumpre apenas o papel de suprir as necessidades mais simples e básicas da população. À diferença dos demais, o

município de Iporá apresenta um setor de serviços mais expressivo e diversificado, constituindo um subcentro comercial para os municípios que gravitam em torno de sua centralidade econômica.

O saneamento básico revela carências importantes e a taxa de analfabetismo ainda é elevada. Iporá, seguido de Caiapônia são os municípios mais expressivos. A bacia possui potencial em recursos minerais, notadamente rochas de interesse ornamental como o granito e outras com finalidades industriais como o cobre, o zinco e o níquel. Por outro lado a bacia apresenta cenários de beleza cênica e de potencial turístico como serras, cachoeiras, quedas e cascatas, locais desprovidos de estrutura e, portanto ainda pouco ou quase nunca visitados.

## **5.2. Caracterização do meio físico**

Foram considerados nessa caracterização os seguintes temas: Geologia, Recursos Minerais e Geomorfologia.

A área de abrangência desse estudo na Figura 13 compreende a bacia hidrográfica do rio Caiapó, afluente do rio Araguaia pela margem direita.



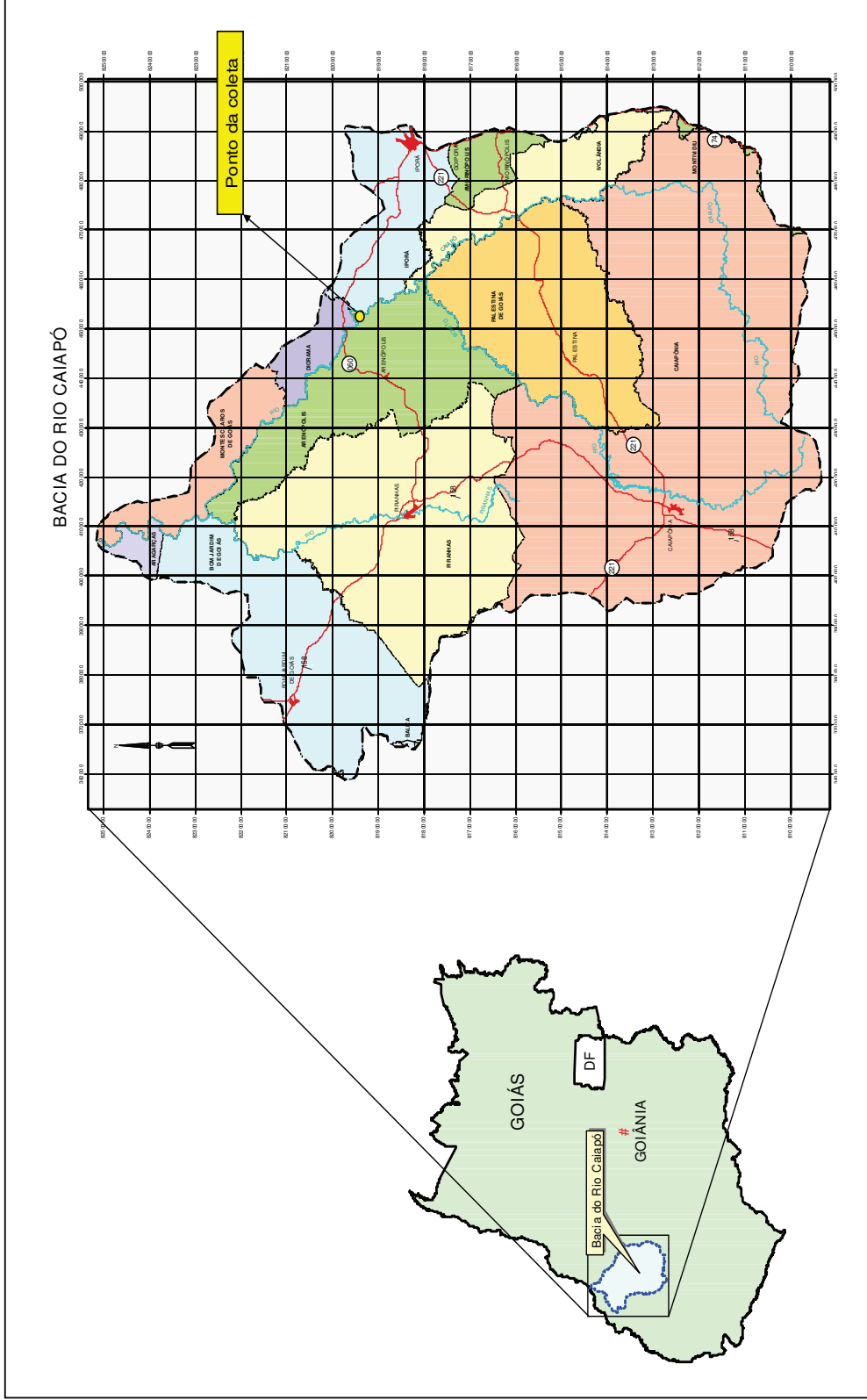


Figura 13. Mapa de localização. (Fonte: AGMA, 2007).

A bacia do rio Caiapó situa-se, na Região Oeste Goiano. A bacia possui cerca de 12.000 km<sup>2</sup> e abrange, parcial ou totalmente, território de 11 municípios goianos, quais sejam: Amarinópolis, Aragarças, Arenópolis, Bom Jardim de Goiás, Caiapônia, Diorama, Iporá, Ivolândia, Montes Claros, Palestina de Goiás e Piranhas (AGMA, 2007).

A abrangência real da bacia do rio Caiapó é maior em sua margem esquerda, onde os afluentes são bem mais extensos, tendo em vista que pela margem direita a mesma estreita-se em razão da presença da cuesta que também recebe o nome de Caiapó. Os afluentes mais significativos são o rio Piranhas e o rio Bonito, ambos na margem esquerda. Três grandes compartimentos podem ser observados na bacia. Em nível mais elevado estão porções do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná e do Planalto dos Guimarães (Alcantilados); enquanto que o terceiro compartimento corresponde a Depressão do Araguaia (Mamede *et al.*, 1983).

### **5.2.1. Geologia e Recursos minerais**

Regionalmente a área de estudo encontra-se localizada na porção sudoeste da Província Tocantins e engloba parte da Bacia do Paraná. A Província do Tocantins encontra-se representada pela Faixa Paraguai-Araguaia e pelo Maciço Mediano de Goiás (Almeida, 1977; Marini *et al.*, 1984). Fuck & Pimentel (1992) e Fuck (1994) apresentam uma compartimentação da Faixa Brasília, caracterizando na região o “Arco Magmático do Oeste de Goiás”, que abrangeria os terrenos gnáissicos antigos e as seqüências vulcano-sedimentares a região de Bom Jardim de Goiás-Iporá teria evolução geológica semelhante: movimento de massa de sudeste para noroeste e imbricamentos de seqüências vulcano-sedimentares

nos terrenos ortognáissicos, que constituem o embasamento das coberturas metassedimentares da Faixa Paraguai-Araguaia (Grupo Cuiabá). Nas proximidades dessas zonas são descritas pequenas exposições de corpos básico-ultrabásicos acompanhados de quartzitos ferríferos bandados e de outras unidades químico-exalativas, que podem representar fragmentos e seqüências metavulcano-sedimentares e/ou *greenstones*, alojadas tectonicamente nas coberturas Araxá e Cuiabá. Os diversos corpos de granitóides intrusivos são considerados como *sin a tardi*-tectônicos em todos os modelos, cujas ascensões teriam sido facilitadas pelos falhamentos transcorrentes que balizam as principais unidades (Moreton, 1999).

Foi adotada a seguinte divisão tectono-estratigráfica, utilizada por Moreton (1999):

- Núcleo Cratônico Antigo (Maciço Mediano de Goiás), que engloba os terrenos granito-gnáissicos e as Seqüências Metavulcano-sedimentares de Bom Jardim de Goiás, Piranhas-Arenópolis e Iporá-Amorinópolis. As seqüências metavulcano-sedimentares são consideradas do Neoproterozóico, admitindo-se uma origem mais antiga para os gnaisses (provavelmente arqueanos);
- Faixa Paraguai-Araguaia, representada pelo Grupo Cuiabá, abrangendo a seção meridional de Bom Jardim de Goiás. Corresponde a uma seqüência plataformal de baixo grau de metamorfismo;
- Intrusões Graníticas, agrupadas em dois tipos: granitos, granodioritos e quartzo monzonitos de filiação calcialcalina, *sin a tardi*-tectônicos (rio Caiapó-Iporá) e álcali-granitos, *tardi*-tectônicos do tipo Serra Negra;

- Bacia do Paraná, de idade paleomesozóica, de natureza intracratônica do tipo sinéclise, regionalmente caracterizada por seqüências continentais em ambientes flúvio-lacustres e eólicos, submetidas tardiamente a intensa atividade ígnea fissural com derrames de basaltos e injeções de diabásio;
- Província Alcalina Rio Verde-Iporá, que engloba diversos vulcanitos e plutonitos de filiação predominantemente alcalina;
- Coberturas Superficiais, que inclui os sedimentos terciários continentais das formações Araguaia e Cachoeirinha, capeamento detrítico-laterítico e depósitos aluvionares.

Sá & Marques (1986) argumentam de que no final do Arqueano e início do Proterozóico Inferior tiveram início os primeiros rifteamentos lineares de grande extensão, associados a movimentação de placas. Nesses *rifts* houve intensa deposição de seqüências vulcano-sedimentares, além de plutonismo e metamorfismo. Essas megassuturas - Rifts Interacontinentais (ri) – nem sempre sofreram cicatrizações definitiva e permanente, e novas reativações ou mobilizações fizeram-se presentes durante os tempos proterozóicos. A elevação do orógeno permite o desenvolvimento de bacias do tipo sinéclise, nas porções mais internas dos crátons, que pode ser subdividida em três estágios: um basal, abrangendo a parte paleozóica, de natureza marinha epicontinental, correspondendo à fase de maior subsidência da bacia; um segundo estágio, ocorrido no Mesozóico, com sedimentação e vulcanismo continental, além de intrusivas alcalinas, correspondente à fase de distensão da bacia (deriva

continental); e uma terceira fase, já no Cretáceo Superior, com sedimentação final em regime de fraca subsidência.

Os principais bens minerais lavrados na bacia são diamante, epsomita, ouro, calcário e cobre. Dos 73 jazimentos minerais, 33 são de diamante (45,21%), nove de epsomita (12,33%), sete de ouro (9,59%), seis de calcário (8,22%) e seis de cobre (8,22%). Os demais minerais (dolomito, folhelho, calcita, chumbo, zinco, ferro, níquel, talco, amianto, granito, rochas ornamentais, urânio, molibdênio e ametista) correspondem a apenas uma ocorrência cada.

As mineralizações de diamante e ouro indicam depósito do tipo aluvionar detrítico (placer), vinculadas aos principais rios e riachos, destacando-se os garimpos dos rios Caiapó, Piranhas, Bonito, ribeirão Boa Vista e outros pequenos córregos (municípios de Caiapônia, Piranhas, Amarinópolis e Iporá).

Os garimpos de diamantes na região estão associados a cascalhos grosseiros da base dos aluviões dos rios atuais, principalmente o rio Caiapó, ou de paleocanais, conforme registros. Os diamantes da região normalmente são pequenos, com peso médio de 0,3 quilates (60 mg), dos quais 75% são industriais. A ocorrência primária do diamante normalmente encontra-se relacionado a corpos intrusivos, como as rochas alcalinas da Suíte Plutônica Iporá. Em tais condições a rocha é maciça, possui textura porfirítica e estrutura brechóide típica de kimberlitos, formada por fragmentos de granito cisalhado e xenólitos de dunito, harzburgito e granada lherzolito. A paragênese mineral é representada por granada (piropo), olivina, diopsídio, flogopita, calcita, espinélio e perovskita. Na área de influência direta não foi constatada nenhuma ocorrência de diamante ou outra substância mineral de interesse econômico. Sá & Marques

(1986) atribuem a presença dos diamantes na região aos conglomerados basais do Grupo Bauru, originários de possíveis kimberlitos associados às alcalinas do Cretáceo.

O Au ocorre na grande maioria nas drenagens que seccionam as seqüências metavulcano-sedimentares (Seqüências Arenópolis-Piranhas e Iporá-Amorinópolis) e, subordinadamente, sob controles tectônicos nas zonas de cisalhamento.

O sal é encontrado em exudações nas escarpas erosivas das formações Aquidauana e Ponta Grossa (espessuras de 0,5 m a 20 m), sem perspectivas econômicas no presente (Moreton, 1999). Ocorrem nos municípios de Caiapônia, Palestina e Amorinópolis.

O calcário ocorre associado aos sedimentos permianos da Formação Irati nos municípios de Jataí e Caiapônia. A única empresa a explorar calcário na bacia é a Mineração Calcário Montividiu (Calcário Piranhas), localizada a 25 km da cidade de Piranhas, proximidades do povoado de Vila Maria. Trata-se de calcário calcítico e ocorre em forma de lentes (estratiformes) de tamanhos variáveis, intercaladas com os micaxistos e anfibolitos da Seqüência Metavulcano-sedimentar de Arenópolis-Piranhas (Moreton, 1999).

O Zn, Pb e o Cu encontram-se relacionados à Seqüência Metavulcano-sedimentar de Bom Jardim de Goiás. Segundo Sá & Marques (1986), as mineralizações são sulfetadas e distribuem-se descontinuamente, ocorrendo níveis de alta concentração entremeados com faixas estéreis. O minério é composto quase que exclusivamente por sulfetos de cobre, constituídos principalmente por calcopirita e, subordinadamente, calcosita e covellita. O Zn e o

Pb (esfalerita e galena) ocorrem em pequenas quantidades preenchendo fraturas em rochas andesíticas (Moreton, 1999).

O níquel ocorre em Piranhas e Iporá sob a forma de silicatos (garnierita), cujas concentrações foram geradas por processos de laterização sobre rochas intrusivas da Província Alcalina Rio Verde-Iporá. A ocorrência de níquel em Iporá encontra-se associada a decomposição intemperica de dunitos e piroxenitos, correspondentes às intrusivas do Cretáceo Superior.

As rochas ornamentais ocorrem em Piranhas, correspondente a metaconglomerado/metarcóseo (granito verde ornamental) da Formação Piranhas. O molibdênio também ocorre nas proximidades da cidade de Piranhas, associados aos granitos intrusivos da Serra Negra. O amianto crisotilo relaciona-se às intrusões ultrabásicas na localidade de Goiaporá, município de Iporá. Ocorre sob a forma de veios contendo fibra. Para Sá & Marques (1986), a distribuição dos veios é muito errática, havendo concentrações máximas de dezenas de veios por metro quadrado.

Moreton (1999), destaca as seguintes áreas mineralizadas ou previsionais:

- Rios Caiapó e Claro por abrigarem várias lavras contínuas de diamante/ouro ao longo dos leitos das drenagens. É uma região reconhecida pelo alto potencial para diamantes, considerando o tempo que vêm sendo exploradas em regime de garimpagem, com possibilidade de existirem kimberlitos na região (Sá & Marques, 1986);

- Seqüência Metavulcano-sedimentar de Bom Jardim de Goiás, potencialmente favorável à concentrações de metais-base (Cu, Pb e Zn) e de ouro. As mineralizações encontram-se relacionadas aos metatufos riodacíticos finos intercalados com níveis grossos e metabrechas. Além do cobre ocorrem sulfetos de Pb e Zn (galena e esfalerita) em pequenas concentrações, preenchendo fraturas em andesitos;
- Seqüência Metavulcano-sedimentar de Arenópolis-Piranhas, com bom potencial para ocorrências auríferas em relação ao Cu, Pb e Zn, embora os litótipos sejam favoráveis a estes metais-base;
- Província Alcalina Rio Verde-Iporá apresenta potencialidade para a exploração do Ni (Montes Claros de Goiás, rio dos Bois e morro dos Macacos acusam reserva global de mais de 80 milhões de toneladas, com teor médio de aproximadamente 1,35%);
- Áreas de afloramento da Seqüência Metavulcano-sedimentar de Iporá-Amorinópolis foram selecionadas em função da semelhança com as demais unidades correlatas. A favorabilidade é realçada pela concentração de pintas de ouro no segmento Amorinópolis e a presença de litótipos promissores a concentrações supergênicas.

Na Tabela 3, estão distribuídos as ocorrências minerais na bacia do rio Caiapó.



Tabela 3. Ocorrências minerais na bacia do rio Caiapó.

Substância	Localização	Município	Latitude	Longitude	Morfologia /Classe	Status
Chumbo/Zn	Faz. Joaquim	Bom Jardim de Goiás	16°25'03"	52°09'22"	Irregular	Ocorrência
Ouro	Cor. Aldeia	Bom Jardim de Goiás	16°23'09"	52°08'48"	Placer	Ocorrência
Cobre	Cab. Capibaribe	Bom Jardim de Goiás	16°25'03"	52°08'31"	Irregular	Depósito
Cobre	Cab. Furnas	Bom Jardim de Goiás	16°23'33"	52°07'40"	Irregular	Ocorrência
Ouro	Rib. Macacos	Bom Jardim de Goiás	16°18'33"	52°03'09"	Placer	Garimpo
Molibdênio	S. Piranhas	Piranhas	16°25'52"	51°50'00"	Irregular	Ocorrência
Ferro	Rib. Pântano	Catapônia	16°47'07"	51°49'43"	Irregular	Ocorrência
Níquel	Morro Preto	Piranhas	16°04'03"	51°48'19"	Irregular	Ocorrência
Ouro	Rib. Grande	Piranhas	16°33'59"	59°34'11"	Placer	Garimpo
Cobre	Norte Arenópolis	Arenópolis	16°21'07"	51°33'29"	Irregular	Ocorrência
Níquel	R. Bois	Iporá	16°17'28"	51°07'37"	Irregular	Ocorrência
Amianto	Goiporá	Iporá	16°30'36"	51°06'46"	Irregular	Ocorrência
Cobre/Zinco	Faz. Campo Formoso	Bom Jardim de Goiás	16°20'00"	52°10'00"	Veio	Depósito
Cobre	Faz. Sta. Cruz	Bom Jardim de Goiás	16°22'01"	52°07'38"	Veio	Ocorrência
Cobre	Rib. Macacos	Bom Jardim de Goiás	16°23'14"	52°04'47"	Veio	Ocorrência
Ouro	Rib. Macacos	Piranhas	16°21'05"	52°03'20"	Placer	Garimpo
Cobre	Faz. Sta. Cruz	Bom Jardim de Goiás	16°22'17"	52°02'49"	Veio	Ocorrência
Cobre	Rib. Macacos	Bom Jardim de Goiás	16°24'22"	52°02'32"	Veio	Ocorrência
Ferro/Manganês	Rib. Monte	Catapônia	16°29'18"	51°48'04"	Estratiforme	Ocorrência
Ouro/Diamante	Faz. Carreirão - R. Claro	Amorinópolis	16°13'25"	51°36'51"	Placer	Ocorrência
Ouro/Diamante	Praia R. Claro	Amorinópolis	16°50'00"	51°15'00"	Placer	Ocorrência
Ouro	Cór. Posse	Amorinópolis	16°32'06"	51°06'58"	Placer	Garimpo
Urânio		Amorinópolis/Iporá	16°32'00"	51°02'00"	Estratiforme	Ocorrência

Fonte: AGMA, 2007.

### 5.2.2. Geomorfologia

Três níveis topográficos podem ser individualizados na bacia do rio Caiapó: topo da serra do Caiapó, marcado por cotas altimétricas entre 850 e 1.000 m, correspondente às nascentes dos formadores de primeira ordem da referida bacia; nível intermediário, que se inicia na base da *cuesta* do Caiapó até o desdobramento de novas *cuestas* no contato com as estruturas pré-cambrianas (entre 500 a 850 m) e a superfície mais baixa, que se conecta a Depressão do Araguaia, com altitudes entre 350 e 500 m. Esses três grandes compartimentos são denominados, respectivamente, de nível mais elevado do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná; Planalto dos Guimarães (Alcantilados) e Depressão do Araguaia (Mamede *et al.*, 1983). A Depressão do Araguaia é marcada por fragmentos das unidades mais elevadas do planalto do Divisor Araguaia-Tocantins-Paraná (550 a 850 m). Esses remanescentes são também presenciados nas imediações da confluência entre os rios Piranhas e Caiapó.

Mamede *et al.* (1983) também consideram a existência de dois níveis altimétricos no Planalto dos Guimarães (Alcantilados): um mais elevado (entre 650 e 850 m) que se inicia na base da *cuesta* do Caiapó, até os desdobramentos da *cuesta* das serras Negras e São João, e o outro, mais baixo (entre 500 e 650 m), que vai da base das *cuestas* desdobradas até o contato com da Depressão do Araguaia.

A compartimentação topográfica define-se muito mais pelos efeitos da tectônica quebrante terciária que pelas diferenças litoestratigráficas: o *front* da *cuesta* do Caiapó caracteriza-se como escarpa herdada de falha, o que pode ser evidenciado também com relação ao desdobramento das *cuestas* ou diferenças

altimétricas que separam o Planalto dos Guimarães (Alcantilados) da Depressão do Araguaia; os remanescentes do planalto, como a serra Santo Antônio, encontram-se relacionados à falhamentos com direção predominante NNW-SSE, no contato entre os sedimentos paleozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná e o Complexo Granitóide-Gnaissico. Após o preenchimento da Bacia Sedimentar do Paraná, a conjugação entre tectônica quebrante, processos epirogenéticos e organização da drenagem (Mioceno), definiu os grandes traços da geomorfologia regional, posteriormente reafeiçoados pela pediplanação intermontana no Plio-Pleistoceno e pelas oscilações climáticas do Quaternário.

### **5.3. Caracterização da vegetação**

A cobertura vegetal na área da bacia do rio Caiapó está distribuída sobre três compartimentos de relevo, sendo o primeiro constituído pelo compartimento inferior, integrando as áreas planas e os fundos de vales do baixo rio Caiapó; o segundo representado pelo compartimento intermediário abrangendo as áreas das encostas e topo de morros com diferentes formas de dissecção prevalecendo às formas com topos convexos e dissecados em cristas ocupando os interflúvios do médio e alto rio Caiapó com altitude variando entre 550 e 850 metros, incluindo ainda as cabeceiras dos rios Piranhas e Bonito envolvendo ambientes com dimensões significativas no interior da bacia sendo, ainda, as porções que detém os maiores fragmentos de vegetação natural remanescentes da formação primária; e, o terceiro, ocupando o compartimento superior englobando as áreas de relevo plano (AGMA, 2007).

O compartimento inferior é caracterizado pela maior presença antrópica, destacando as formações de pastagem plantadas para a prática da pecuária extensiva e por lavouras em especial nos ambientes favorecidos ou com melhores condições, tanto de relevo como de fertilidade do solo. Nesse compartimento predominam solos mais profundos nos interflúvios e aluviais nas planícies aluviais e nascentes, os quais sustentam formações florestais dos tipos Mata Ciliar e Mata de Galeria (Florestas Aluviais). Nas áreas interfluviais ocorrem fragmentos de Mata Seca (Floresta Estacional) formando maciços mais adensados em meio às formações savânicas, conforme constatação direta ou ainda através de espécies testemunhos isoladas em meio às áreas cultivadas.

O compartimento intermediário representa o conjunto das encostas no interior da bacia tendo grande importância ecológica, em função do melhor estado de conservação e diversidade de tipos fitofisionômicos. Destacam-se pela alternância de formações florestais e savânicas principalmente em espaços relativamente pequenos, sendo que em alguns casos, ocorre a mistura de categorias, formando as áreas de tensão ecológica.

Dentre as categorias fitofisionômicas observadas como pertencentes ao mosaico de encostas no interior da bacia, merecem destaque a Mata Seca Semidecídua e Decídua, Mata de Galeria com e sem palmeiras, além do Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Campo Sujo, encaves de Cerradão e as zonas ecotonais, todas subordinadas as variações, por vezes muito sutis, dos aspectos litológicos, edáficos e de relevo.

O compartimento superior é caracterizado por áreas de relevo plano a suave ondulado com predominância de Latossolos e Solos Concrecionários, que

sustentam formações predominantemente savânicas com encraves florestais subordinados às variações de fertilidade de solo e/ou umidade.

Dentre as fisionomias savânicas presentes no compartimento superior destacam-se os Cerrados Típico e Ralo, quase sempre interceptados por Matas de Galeria. Notadamente no compartimento superior áreas ocupadas por formações florestais de Cerradão e Mata Seca Semidecídua ocorrem em forma de manchas isoladas, subordinadas as variações edáficas, compondo capões densos em meio a paisagem aberta de cerrados e, ou antropizadas.

A ação antrópica nesse compartimento se dá de forma localizada, ao contrário do que ocorre nas imediações das drenagens onde predominam solos de melhor qualidade. Nesses locais as fisionomias foram, com raras exceções, descaracterizadas. As alterações com a introdução de pastagens e lavouras de subsistência, quase sempre, estão associadas a ocorrência de solo com maior teor de umidade ou fertilidade (AGMA, 2007).

#### **5.4. Histórico da área de estudo**

Os primeiros habitantes da região, antes da chegada dos colonos europeus na primeira metade do século XVIII, eram indígenas do grupo Jê, entre os quais se destacava a tribo Caiapó, que deu nome à região e ao rio que a atravessa (AGMA, 2007).

A ocupação foi promovida por duas frentes que convergiam para a região, uma de sul-sudoeste e outra de norte-nordeste. A primeira era formada por criadores de gado que, vindos do Triângulo Mineiro e de São Paulo se haviam estabelecido solidamente na Vertente Goiana do Paranaíba, criando os núcleos

de povoamento de Rio Verde (1854) e Caiapônia (1873). A segunda, constituída por aventureiros em busca de ouro e diamantes, teve início com a Bandeira do Anhangüera, da qual fazia parte Urbano do Couto, o descobridor dos diamantes na região do Rio Claro. Antes de 1873, ano de criação do município de Caiapônia, (então denominado Rio Bonito), toda a área da Bacia pertencia ao município de Goiás (então Vila Boa de Goiás). Em 1887, foi criado o município de Palmeiras de Goiás, incluindo uma pequena parcela da Bacia, hoje representada pela parte oeste do município de Ivolândia. Em 1934, a divisão manteve-se a mesma, mas a área passou a integrar o município de Paraúna, desmembrado de Palmeiras. Em 1936, foi criado o município de Baliza, abrangendo uma parcela da bacia, antes pertencente a Caiapônia (AGMA, 2007).

Em 1948, ocorreu a emancipação de município de Iporá, ocupando toda a área da Bacia antes pertencente ao município de Goiás. No mesmo ano foi criado o município de Aurilândia, desmembrado de Paraúna, em cujo território foi incluída a parcela hoje ocupada por Ivolândia. A bacia do Caiapó continuou portando dividida em 3 municípios: Iporá (em lugar de Goiás), Aurilândia (em lugar de Paraúna) e Caiapônia. Em 1953, já eram seis os municípios: Iporá, Ivolândia, Caiapônia, Piranhas, Aragarças e Bom Jardim. Ivolândia foi desmembrada de Aurilândia, Piranhas de Iporá, Aragarças e Bom Jardim de Baliza. Em 1958 foram acrescentados mais dois municípios, Amarinópolis e Diorama, ambos desmembrados de Iporá. E, em 1963, mais um, Montes Claros de Goiás, também desmembrado de Iporá, totalizando nove municípios (AGMA, 2007).

As últimas divisões do território da Bacia ocorreram em 1982, com a criação do município de Arenópolis, desmembrado de Piranhas, e, em 1988, com a emancipação de Palestina, desmembrada de Caiapônia, perfazendo os atuais 11 municípios que compõem a Bacia. Iporá é, sob vários aspectos, inclusive o histórico, um município-chave para a compreensão das características da região da Bacia do Caiapó, que é objeto deste estudo. A ocupação propriamente dita da região começou em 1722, quando, Urbano do Couto, um dos companheiros de Bartolomeu Bueno da Silva, ao explorar a região próxima a Iporá, após encontrar diamantes no Rio Claro, resolveu fixar-se às margens desse rio. A descoberta, como sempre acontecia, atraiu para a região levas de garimpeiros e aventureiros vindos de todos os recantos da colônia. Em 1749, os irmãos Joaquim e Felisberto Brant, empreendedores paulistas, que havia anos se dedicavam à mineração em Goiás, ganharam o contrato de exclusividade para explorar os diamantes dos rios Claro e Pilões. Para dar proteção ao empreendimento e garantir o recolhimento dos tributos devidos à Coroa portuguesa, foi mandada para a região uma guarnição militar de dragões (AGMA, 2007).

Os irmãos Brant escolheram um lugar, às margens do rio Claro, onde ergueram as instalações provisórias da empresa e instalaram o acampamento da guarnição. Em torno desse núcleo, surgiu rapidamente um aglomerado de ranchos e construções provisórias que, com o tempo, se transformou num povoado, inicialmente conhecido pelo nome de Rio Claro. Depois começou a ser erguida a igreja em estilo colonial, dedicada ao Senhor do Bom Fim, e mais tarde foram construídos o quartel da Guarda Real e alguns casarões de moradores mais abastados.

Já no início de sua existência, entre o final de 1748 e o começo de 1749, Pilões recebeu o governo itinerante de Gomes Freire de Andrade, governador de São Paulo que, de passagem para Vila Boa, onde iria instalar a nova Capitania de Goiás, esteve em Pilões, para demarcar as áreas concedidas aos irmãos Brant. Por isso, até hoje, corre entre o povo da região a história de que Pilões foi capital de Goiás antes de Vila Boa.

Nos anos seguintes, a produção de diamantes teve um crescimento expressivo e o arraial desenvolveu-se rapidamente, atraindo a população de “Comércio Velho”, um povoado às margens do mesmo rio que acabou desaparecendo. No auge da mineração, o arraial de Pilões tornou-se conhecido dentro e fora do Brasil, e sua fama cruzou o Atlântico, como mostram documentos guardados até hoje nos arquivos da Torre do Tombo em Lisboa.

Como sempre acontece com assentamentos humanos baseados na exploração de recursos não renováveis, depois de pouco mais de meio século de existência, o arraial de Pilões não tardou a entrar em declínio, tornando-se um simples entreposto comercial no caminho entre Vila Boa e Cuiabá. A população remanescente teve que readaptar-se, passando a praticar uma agricultura de subsistência e uma pecuária extensiva, atividades que até hoje marcam o espaço regional.

Pilões teve seu nome mudado para São Sebastião do Rio Claro, e depois para Rio Claro simplesmente, e foi com este nome que, já na época do Império, em 5 de julho de 1833, passou à categoria de distrito de Vila Boa.

Devido à sua localização, as inundações eram comuns e a população começou a ser acometida pela malária, que se tornou um grave problema de



saúde pública. Esse fato levou à criação de uma comissão encarregada de escolher e propor um lugar mais apropriado para ser a nova sede do distrito. A mudança começou a se concretizar, por volta de 1938, quando Joaquim Toledo (conhecido como Quinca Paes) fez uma doação de terras (cerca de 100 alqueires goianos) às margens do córrego Tamanduá, para a formação de um patrimônio (denominação, usada até o início do século XX, para designar locais e obras da igreja católica).

O decreto-lei N<sup>o</sup> 1.233 de 31 de outubro de 1938, oficializou a transferência do distrito para a área doada por Quinca Paes, às margens do córrego Tamanduá, dando início ao processo de instalação dos antigos moradores do distrito de Rio Claro, a que vieram juntar-se muitos outros moradores da região e de fora, atraídos pelo lugar que, além de aprazível, estava localizado na rota que liga a nova capital do Estado ao rio Araguaia e ao vizinho Estado do Mato Grosso. A nova sede do distrito recebeu inicialmente o nome de Itajubá, topônimo de origem indígena que significa “pedra e árvore”. Este nome teria sido escolhido pelo doador das terras (e fundador de Iporá), Joaquim Toledo, em homenagem à cidade mineira onde estudava seu filho, Elpídio Paes Toledo.

Em 1943, pelo Decreto-Lei Estadual N<sup>o</sup> 8305, datado de 31 de dezembro, o distrito passou a denominar-se Iporá, palavra de origem indígena que significaria “águas claras”. Impulsionado pela agricultura e a pela pecuária, Iporá desenvolveu-se rapidamente e foi elevado à categoria de município pela Lei Estadual N<sup>o</sup> 249, de 19 de novembro de 1948, desmembrando-se do Município de Goiás, e instalado em 1<sup>o</sup> de janeiro de 1949.

Arenópolis deve sua existência à ação devotada de cinco dos seus primeiros habitantes: João Soares de Souza, Jerônimo de Campos, Teodoro Paião de Oliveira, Antônio de Castro e Albino Borges, os primeiros quatro fazendeiros e o último um humilde pedreiro.

Corria o ano de 1956, quando Albino Borges se estabeleceu numa pequena área localizada entre as propriedades dos três primeiros fazendeiros, pertencentes ao município de Piranhas. Atraídas pela fertilidade das terras, outras pessoas foram chegando ao local e Albino Borges construiu numerosas moradias, revendendo-as para os recém-chegados. Assim, aos poucos, foi-se formando um pequeno arraial, inicialmente chamado patrimônio do Areia, do nome do ribeirão próximo.

Localizado à margem da rodovia que liga Iporá a Aragarças, o povoado desenvolveu-se, tornando-se um pequeno entreposto com alguns estabelecimentos comerciais. Era esta a situação em 1964, quando o fazendeiro Antônio de Castro se mudou para a região, passando a trabalhar pela transformação do povoado em Distrito de Piranhas. Sete anos depois, pela lei municipal N° 7474, de 02 de dezembro de 1971, o povoado foi elevado à categoria de distrito de Piranhas, com o nome de Arenópolis.

Em 1982, o distrito de Arenópolis foi transformado em município autônomo, pela Lei Estadual N° 9153, de 14 de maio daquele ano, desmembrando-se de Piranhas (AGMA, 2007).

### **5.5. Ictiofauna local**

Os dados secundários são do Programa de Conservação da Ictiofauna com campanhas realizadas pela empresa Systema Naturae Consultoria Ambiental, na etapa de pré-enchimento do reservatório da PCH Mosquitão entre 4 e 11 de fevereiro de 2006 (estação chuvosa) e 16 a 23 de maio de 2006 (estação seca), na bacia do rio Caiapó. A Tabela 4 apresenta ainda o nome científico e comum (vulgar) de cada espécie registrada, bem como o quantitativo geral para toda a área de estudo.

De maneira geral, foi registrado um total de 255 espécimes, distribuídos em quatro ordens, 17 famílias, cinco subfamílias, 37 gêneros e 46 espécies. Os animais coletados, foram identificados e avaliados em relação às condições gerais e quando não apresentavam nenhum sinal de comprometimento, foram imediatamente medidos, pesados e soltos, em um menor tempo possível. Apenas nos casos de constatação do comprometimento da saúde do animal ou em casos de dúvidas taxonômicas, esses foram encaminhados para o acampamento-base, onde foram preparados em solução de formalina a 10% e destinados para identificação em laboratório e posterior tombamento em coleções zoológicas especializadas (NATURAE, 2007).

**Tabela 4.** Listagem geral da ictiofauna coletada no rio Caiapó.

Nome Científico	Nome Comum	Total Geral
<b>Classe Actinopterygii</b>		
<b>Ordem Characiformes</b>		
<b>Família Prochilodontidae</b>		
<i>Prochilodus nigricans</i>	Papa-terra	<b>8</b>
<b>Família Anostomidae</b>		
<i>Leporinus affinis</i>	Piau-flamengo	<b>4</b>
<i>Leporinus friderici</i>	Piau-cabeça-gorda	<b>8</b>
<i>Leporinus obtusidens</i>	Piau	<b>8</b>
<i>Leporinus taeniatus</i>	Piau-jeju	<b>10</b>
<b>Família Parodontidae</b>		
<i>Parodon sp.</i>	Canivete	<b>1</b>
<b>Família Curimatidae</b>		
<i>Curimata amazônica</i>	Branquinha	<b>6</b>
<i>Steindachnerina sp.</i>	Sagüirú	<b>1</b>
<b>Família Characidae</b>		
<i>Triportheus angulatus</i>	Sardinha-papuda	<b>1</b>
<i>Triportheus elongatus</i>	Sardinha-facão	<b>1</b>
<b>Subfamília Characinae</b>		
<i>Cynopotamus amazonus</i>	Cachorrinho	<b>16</b>
<i>Galeocharax gulo</i>	Cachorrinho	<b>1</b>
<b>Subfam. Tetragonopterinae</b>		
<i>Astynax bimaculatus lacustris</i>	Lambari	<b>17</b>
<i>Astyanax sp.</i>	Lambari	<b>1</b>
<i>Tetragonopterus chalceus</i>	Pataca	<b>3</b>
<b>Subfamília Serrasalminae</b>		
<i>Colossoma brachipomum</i>	Caranha	<b>3</b>
<i>Myleus torquatus</i>	Pacu	<b>2</b>
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piranha-cajú	<b>4</b>
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha-preta	<b>1</b>
<b>Família Cinodontidae</b>		
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Cachorra	<b>1</b>
<i>Raphiodon vulpinus</i>	Cachorro-facão	<b>5</b>
<b>Família Erythrinidae</b>		
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	<b>2</b>
<b>Família Gasteropelecidae</b>		

Continua...

Tabela 4. Continuação.

<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Peitudinha	2
<b>Família Hemiodontidae</b>		
<i>Bivibranchia sp.</i>	Piau	4
<i>Hemiodus microlepis</i>	Piau-voador	3
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	Piau-voador	1
<b>Ordem Siluriformes</b>		
<b>Família Auchenipteridae</b>		
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Mandi-peruano	1
<b>Família Doradidae</b>		
<i>Oxydoras niger</i>	Abotoado	3
<b>Família Loricariidae</b>		
<b>Subfamília Hypostominae</b>		
<i>Hypostomus ancistroides</i>	Cascudo-de-ferro	39
<i>Hypostomus emarginatus</i>	Acari-de-praia	15
<i>Hypostomus sp.</i>	Cascudo	3
<i>Hypostomus plecostomus</i>	Cascudo	11
<i>Panaque nigrolineatus</i>	Acari-tigre	14
<b>Subfamília Loricariinae</b>		
<i>Loricaria simílima</i>	Cascudo-viola	11
<i>Sturisoma sp.</i>	Cascudo	8
<b>Família Heptateridae</b>		
<i>Pimelodella gracilis</i>	Mandizinho	3
<b>Família Pimelodidae</b>		
<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	Jurupoca	2
<i>Leiarius aff. Marmoratus</i>	Bagre-pintado	1
<i>Pimelodus blochii</i>	Mandi	6
<i>Sorubim lima</i>	Bico-de-pato	2
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	Bargada	1
<i>Zungaro zungaro</i>	Jaú	6
<b>Família Trichomictoridae</b>		
<i>Ochmacanthus sp</i>	Candirú	2
<b>Ordem Gymnotiformes</b>		
<b>Família Sternopygidae</b>		
<i>Sternopygus macrurus</i>	Tuvira	11
<b>Ordem Perciformes</b>		
<b>Família Cichlidae</b>		
<i>Cichlasoma paranaense</i>	Cará	1
<i>Crenicichla lugubris</i>	Joana	1
<b>TOTAL</b>		<b>255</b>

Fonte: NATURAE,2007

## 5.6. Atividade pesqueira local

Um dos maiores problemas enfrentados na atualidade, em relação aos desafios de conservação e proteção do meio ambiente encontra-se na eficácia dos meios de regulação e fiscalização das atividades potencialmente impactantes, entre elas

a caça e a pesca. No caso específico da pesca, o contingente de fiscais dos órgãos ambientais em atividade no país é reduzido e não é uniformemente distribuído pelas bacias hidrográficas. Como resultado, a fiscalização não é efetiva diante da pesca predatória, praticada em épocas, locais e com métodos e petrechos inadequados, onde, na maioria das vezes, os pescadores profissionais possuem tecnologia mais avançada em relação àquela utilizada por pescadores ribeirinhos, possuindo também a vantagem de poder se deslocar para locais mais distantes caso haja a queda na produtividade ou ainda, caso haja a necessidade de driblar os caminhos da legalidade. Essa realidade não se torna diferente para o Estado de Goiás, onde a maioria do contingente de fiscalização encontra-se concentrada na bacia do rio Araguaia.

Entretanto, a avaliação da atividade pesqueira de uma região requer, entre outras ações, a determinação das variáveis ligadas diretamente a essa atividade tais como o ambiente de atuação, a época, o tipo de equipamentos utilizados na pesca e os dias despendidos a essa atividade, bem como algumas características econômicas e sociais dessa atividade na área de estudo (Agostinho *et al.*, 1992)

Tradicionalmente, a pesca na bacia do rio Caiapó é artesanal e de baixa intensidade, sendo realizada pelos moradores locais, para subsistência e pelos pescadores de “final de semana” associado à pesca esportiva, principalmente em seu médio e alto curso.

Já para a região de seu baixo curso pode se constatar a presença de pescadores profissionais, atuando, na maioria das vezes, de forma clandestina e predatória. A maioria do pescado resultante das ações desses pescadores

servem para o abastecimento dos mercados e da rede hoteleira das cidades de Aragarças-GO e Barra do Garças-MT, complementando os estoques provenientes da pesca realizada, de forma similar ao baixo curso do rio Caiapó, no rio Garças e Araguaia.

Embora se tenha todos os indicativos de uma atividade pesqueira em franco desenvolvimento, principalmente considerando o potencial turístico da região, os dados existentes são, ainda, insuficientes e para se ter um quadro fiel dessa atividade, o que, por excelência, deve ser objeto de estudos de longa duração, associado à rigorosos programas de socioeconômica e de educação ambiental, pois em estudos de diagnóstico, os quais, em sua maioria, apresentam um período bastante restrito, torna-se impossível traçar o perfil real dessa atividade em uma região.

#### **5.6.1. Espécies de interesse comercial**

Segundo Ferreira *et al.* (1998) espécies comerciais são aquelas que figuram comumente nos mercados da região e que, portanto, são pescadas e consumidas pelas populações locais.

Além dos indicativos da existência de uma atividade pesqueira efetiva em alguns trechos do rio Caiapó (baixo curso), a existência de peixes de interesse econômico deve servir como um dos subsídios de maior relevância em um possível plano de manejo dos reservatórios a serem inseridos nessa bacia.

A Tabela 5 apresenta a relação dos peixes considerados como de interesse comercial, coletados na bacia do rio Caiapó e o porte físico de cada espécie listada, baseado nos dados biométricos individuais coletados em campo. Foram considerados nessa listagem, os peixes que normalmente são apontados

como de boa qualidade para o consumo, baseado na listagem de peixes já coletados em campo, bem como os citados em literatura especializada. Ressalta-se que foram consideradas somente as espécies taxonomicamente confirmadas nas coletas de campo (dados primários).

**Tabela 5.** Relação e porte dos peixes considerados como de interesse comercial coletados na bacia do rio Caiapó.

Nome Científico	Nome Comum	Porte
<b>Classe Actinopterygii</b>		
<b>Ordem Characiformes</b>		
<b>Família Prochilodontidae</b>		
<i>Prochilodus nigricans</i>	Papa-terra	Médio/Grande
<b>Família Anostomidae</b>		
<i>Leporinus affinis</i>	Piau-flamengo	Pequeno
<i>Leporinus friderici*</i>	Piau-cabeça-gorda	Médio
<b>Família Curimatidae</b>		
<i>Curimata amazonica</i>	Branquinha	Pequeno
<i>Steindachnerina</i> sp.	Sagüirú	Médio
<b>Família Characidae</b>		
<i>Triportheus angulatus</i>	Sardinha-papuda	Médio
<i>Triportheus elongatus</i>	Sardinha-facão	Médio
<b>Subfamília Characinae</b>		
<i>Cynopotamus amazonus</i>	Cachorrinho	Médio
<i>Galeocharax gulo</i>	Cachorrinho	Médio
<b>Subfamília Tetragonopterinae</b>		
<i>Astynax bimaculatus lacustris</i>	Lambari	Pequeno
<b>Subfamília Serrasalminae</b>		
<i>Colossoma brachipomum</i>	Caranha	Médio/Grande
<i>Myleus torquatus</i>	Pacu	Médio/Grande
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piranha-cajú	Médio/Grande
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha-preta	Médio/Grande
<b>Família Cinodontidae</b>		
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Cachorra	Grande
<i>Raphiodon vulpinus</i>	Cachorro-facão	Médio/Grande
<b>Família Erythrinidae</b>		
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	Médio/Grande
<b>Família Hemiodontidae</b>		
<i>Hemiodus microlepis</i>	Piau-voador	Médio
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	Piau-voador	Médio
<b>Ordem Siluriformes</b>		
<b>Família Auchenipteridae</b>		
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Mandi-peruano	Médio
<b>Família Doradidae</b>		
<i>Oxidoras niger</i>	Abotoado	Grande
<b>Família Loricariidae</b>		
<b>Subfamília Hypostominae</b>		
<i>Hypostomus emarginatus</i>	Acari-da-praia	Médio/Grande
Continua...		



Tabela 5. Continuação

Nome Científico	Nome Comum	Porte
<i>Panaque nigrolineatus</i>	Acari-da-pedra	Médio/Grande
<b>Família Pimelodidae</b>		
<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	Jurupoca	Médio/Grande
<i>Leiarius aff. marmoratus</i>	Bagre-pintado	Grande
<i>Pimelodus blochii</i>	Mandi	Médio/Grande
<i>Sorubim lima</i>	Bico-de-pato	Médio/Grande
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	Bargada	Grande
<i>Zungaro zungaro</i>	Jaú	Grande

Fonte: NATURAE, 2007

Foram listadas 29 espécies como sendo de interesse comercial (ou de boa qualidade para o consumo) para o rio Caiapó. Destas, 17.24% (N=5) são espécies consideradas como de grande porte, 31.03% (N=9) de médio porte, 41.38% (N=12) de médio-grande porte e 10.34% (N=3) de pequeno porte.

As espécies *Gymnotus carapo* (Gymnotiformes: Gymnotidae), conhecida como tuviras, languiras ou morenitas, não foram consideradas como espécies potencialmente interessantes para o comércio, apesar de sua utilização como iscas vivas por pescadores nos rios da região bem como nos “pesque-pagues”.

Embora as espécies registradas apresentem um bom potencial para o interesse comercial, existem ainda espécies de provável ocorrência como o Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), a Tubarana (*Salminus hilarii*), o Pacu-caranha (*Piaractus mesopotamicus*), a Pirapitinga (*Brycon nattereri*) e Piau-cabeça-gorda (*Leporinus macrocephalus*), apresentam um alto potencial para cultivo em sistemas de confinamento em tanques-rede nos futuros reservatórios ou em tanques de terra construídos em propriedades rurais do entorno. Essa atividade, se implantada com a devida observação das características físico-químicas dos reservatórios, torna-se bastante viável, tendo em vista que se trata de espécies nativas da bacia, evitando-se a introdução de espécies exóticas.

### **5.6.2. Hábitos alimentares**

Esse tópico refere-se a estudos que geram importantes subsídios para o entendimento do ecossistema, auxiliando no emprego de técnicas de manejo e cultivo em cativeiro. As transformações na dinâmica do rio Caiapó podem levar a uma alteração nos recursos alimentares face às novas condições bióticas e abióticas da área, com possíveis depleções de algumas populações locais e o surgimento de outras em um processo comum de sucessão ecológica (Agostinho *et al.*,1992).

Nos países tropicais existem peixes com grande flexibilidade trófica – a eurifagia – importante para o aproveitamento das diversas fontes de alimentos disponíveis durante a formação de reservatórios, tendendo a diminuir após os primeiros anos pós-enchimento dos mesmos, o que pode alterar drasticamente as comunidades.

Com base em publicações científicas disponíveis, as espécies taxonomicamente confirmadas para o rio Caiapó foram classificadas em cinco categorias tróficas (Tabela 6),

**Tabela 6.** Características tróficas dos peixes coletados na bacia do rio Caiapó.

<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Hábito Alimentar</b>
<b>Classe Actinopterygii</b>		
<b>Ordem Characiformes</b>		
<b>Família Prochilodontidae</b>		
<i>Prochilodus nigricans</i>	Papa-terra	Detritívora
<b>Família Curimatidae</b>		
<i>Curimata amazonica</i>	Branquinha	Detritívora
<i>Steindachnerina</i> sp.	Piaba; Sagüiru	Onívora
<b>Família Anostomidae</b>		
<i>Leporinus affinis</i>	Piau-flamengo	Herbívora
<i>Leporinus friderici</i>	Piau	Herbívora
<i>Leporinus obtusidens</i>	Piau	Herbívora
<i>Leporinus taeniatus</i>	Canivete	Herbívora
<b>Família Parodontidae</b>		
<i>Parodon</i> sp.	Canivete	Onívora
<b>Família Characidae</b>		
<i>Triportheus angulatus</i>	Sardinha-papuda	Onívora
<i>Triportheus elongatus</i>	Sardinha-facão	Onívora
<b>Subfamília Tetragnopterinae</b>		
<i>Astyanax bimaculatus lacustris</i>	Lambari	Onívora
<i>Astyanax</i> sp.	Lambari	Onívora
<i>Tetragnopterus chalcus</i>	Pataca	Onívora
<b>Subfamília Characinae</b>		
<i>Cynopotamus amazonus</i>	Cachorrinho	Onívora
<i>Galeocharax gulo</i>	Cachorrinho	Onívora
<b>Subfamília Serrasalminae</b>		
<i>Colossoma brachipomum</i>	Caranha	Herbívora
<i>Myleus torquatus</i>	Pacu	Herbívora
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piranha-cajú	Carnívora
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha-preta	Carnívora
<b>Família Cinodontidae</b>		
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Cachorra	Carnívora
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Cachorro-facão	Carnívora
<b>Família Erythrinidae</b>		
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	Carnívora
<b>Família Gasteropelecidae</b>		
<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Peitudinha	Onívora
<b>Família Hemiodontidae</b>		
<i>Bivibranchia</i> sp.	Piau	Detritívora
<i>Hemiodus microlepis</i>	Piau-voador	Detritívora
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	Piau-voador	Detritívora
<b>Ordem Gymnotiformes</b>		
<b>Família Sternopygidae</b>		
<i>Sternopygus macrurus</i>	Tuvira; Languira; Morenita	Onívora
<b>Ordem Siluriformes</b>		
<b>Família Auchenipteridae</b>		
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Mandi-peruano	Carnívora
<b>Família Doradidae</b>		
<i>Oxidoras niger</i>	Abotoado	Carnívora
<b>Família Heptateridae</b>		
<i>Pimelodella gracilis</i>	Mandizinho	Carnívora
<b>Família Pimelodidae</b>		
<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	Jurupoca	Carnívora

**Tabela 6.** Continuação.

<i>Leiarius aff. marmoratus</i>	Bagre-pintado	Carnívora
<i>Pimelodus blochii</i>	Mandi	Carnívora
<i>Sorubim lima</i>	Bico-de-pato	Carnívora
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	Bargada	Carnívora
<i>Zungaro zungaro</i>	Jaú	Carnívora
<b>Família Loricariidae</b>		
<b>Subfamília Hypostominae</b>		
<i>Hypostomus ancistroides</i>	Cascudo-ferro	Detritívora
<i>Hypostomus emarginatus</i>	Acari-de-praia	Detritívora
<b>Subfamília Loricariinae</b>		
<i>Loricaria similima</i>	Cascudo-viola	Detritívora
<i>Sturisoma sp.</i>	Cascudo-viola	Detritívora
<b>Família Trichomictoridae</b>		
<i>Ochmacanthus sp.</i>		Hematófaga
<b>Ordem Perciformes</b>		
<b>Família Cichlidae</b>		
<i>Cichlasoma paranaense</i>	Cará	Onívora
<i>Crenicichla lugubris</i>	Joana/Mariana	Carnívora

Fonte:NATURAE,2007

### 5.6.3. Barreiras naturais e artificiais

A estrutura geomorfológica do rio Caiapó favorece a ocorrência de sistemas de drenagens sem a presença de quedas d'água acentuadas, as quais possam atuar como barreiras naturais para a dispersão ictiofaunística, restringindo-se somente a pequenas corredeiras.

Entretanto, a interrupção das rotas migratórias das espécies, com fragmentação dos ambientes naturais e substituição de ambientes lóticos por lênticos é, em grande parte, responsável pelo desaparecimento real das espécies. Contudo, o represamento de ambientes lóticos para formação de lagos visando produção de energia elétrica tem aumentado em resposta à demanda do crescimento populacional e econômico, sendo que, sabidamente, a inserção das barragens e a criação de lagos artificiais acarretam um complexo de impactos que afetam os componentes químicos, físicos e os biológicos originalmente presentes naquele ambiente.

Como citado anteriormente, o rio Caiapó, é um afluente do rio Araguaia, o qual apresenta, atualmente, ausência de barramentos em toda a sua extensão e o rio Caiapó, mesmo considerando o avançado estágio das obras da PCH-Mosquitão, ainda mantém suas características naturais e, qualquer ação nesse sentido, deverá ser precedida de rigorosos estudos ambientais visando minimizar os impactos sobre as populações naturais.

## 6. RESULTADOS

Um total de 77 espécimes de peixes de diferentes espécies e hábitos alimentares foram coletados. As espécies carnívoras estão representadas pelo Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e Bico-de-pato (*Sorubim lima*). Os peixes de hábitos não carnívoros incluem os detritívoros: Papa-terra (*Prochilodus nigricans*), e Branquinha (*Curimata amazonica*), além do herbívoro: Pacu (*Myleus torquatus*).

Na Tabela 7 são dados os nomes das espécies selecionadas, os hábitos alimentares e o número de amostras coletadas para análise.

**Tabela 7.** Dieta e número de amostras de peixes coletados.

Nome Científico	Nome Comum	Hábito Alimentar	N
<b>Família Prochilodontidae</b> <i>Prochilodus nigricans</i>	Papa-terra	Detritívora	20
<b>Família Curimatidae</b> <i>Curimata amazonica</i>	Branquinha	Detritívora	20
<b>Família Characidae</b> <b>Subfamília Serrasalminae</b> <i>Myleus torquatus</i>	Pacu	Herbívora	8
<b>Família Pimelodidae</b> <i>Sorubim lima</i>	Bico-de-pato	Carnívora	20
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Pintado	Carnívora	9

N – número de amostra

O Programa de Conservação da Ictiofauna com campanhas realizadas pela empresa Systema Naturae Consultoria Ambiental, na etapa de pré-enchimento do reservatório da PCH-Mosquitão não havia registrado a ocorrência da espécie *Pseudoplatystoma fasciatum* (Pintado), mas durante a fase de enchimento foi coletada uma quantidade de nove exemplares.

Na Tabela 8 as cinco espécies de peixes foram distribuídas em três grupos de níveis tróficos sendo: consumidores herbívoros, consumidores não-carnívoros e consumidores carnívoros.

**Tabela 8.** Níveis tróficos dos peixes coletados.

Nome Científico	Nome Comum	Sigla	Nível trófico
<b>Família Prochilodontidae</b> <i>Prochilodus nigricans</i>	Papa-terra	PT	Não-carnívora
<b>Família Curimatidae</b> <i>Curimata amazônica</i>	Branquinha	CM	
<b>Família Characidae</b> <b>Subfamília Serrasalminae</b> <i>Myleus torquatus</i>	Pacu	PAC	Herbívoro
<b>Família Pimelodidae</b> <i>Sorubim lima</i>	Bico-de-pato	PB	Carnívora
	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Pintado	

PT-papa-terra, CM- branquinha, PAC-pacu, PB-bico-de-pato, PI-pintado.

A Tabela 9 mostra a os valores médios e desvio-padrão dos elementos Na (sódio), Ba (bário), Hg (mercúrio), B (boro), Mb (molibdênio), Pb (chumbo), Sb (antimônio), Au (ouro), Se (selênio), Mg (magnésio), K (potássio), Cd (cádmio), Al (alumínio), Cr (cromo), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Ni (níquel), Zn (zinco) e Ca (cálcio) encontrados na população total amostrada no rio Caiapó. Enquanto que a Tabela 10 apresenta os valores referenciais de limites máximos permitidos pela legislação brasileira em alimentos, de acordo com a Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998 que aprova o Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos". Além do Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 que Modifica o

Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962.

**Tabela 9:** Níveis de elementos traço encontrados na população total de peixes amostrados no rio Caiapó.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>MEDIA(Mg/Kg)</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>Na (sódio)</b>	3118,88	1410,135
<b>Ba (bário)</b>	2,75394	2,947067
<b>Hg (mercúrio)</b>	ND	ND
<b>B (boro)</b>	3,56558	2,127346
<b>Mo (molibdênio)</b>	ND	ND
<b>Pb (chumbo)</b>	1,828334	1,299068
<b>Sb (antimônio)</b>	ND	ND
<b>Au (ouro)</b>	ND	ND
<b>Se (selênio)</b>	ND	ND
<b>Mg (magnésio)</b>	1248,752	170,9774
<b>K (potássio)</b>	16926,95	3231,927
<b>Cd (cádmio)</b>	ND	ND
<b>Al (alumínio)</b>	18,74096	17,50038
<b>Cr (cromo)</b>	2,600723	4,9833
<b>Cu (cobre)</b>	1,712928	1,552521
<b>Fe (ferro)</b>	36,48462	22,46206
<b>Mn (manganês)</b>	2,723005	2,802559
<b>Ni (níquel)</b>	1,403219	0,948655
<b>Zn (zinco)</b>	24,99877	8,195576
<b>Ca (cálcio)</b>	4155,022	3854,81

ND- Não detectado



**Tabela 10:** Limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira.

<b>ELEMENTO TRAÇO</b>	<b>LIMITE MÁXIMO (Mg/Kg)</b>	<b>LEGISLAÇÃO</b>
<b>Na (sódio)</b>	-	-
<b>Ba (bário)</b>	-	-
<b>Hg (mercúrio)</b>	2,0	Portaria N° 685/98
<b>B (boro)</b>	-	-
<b>Mo (molibdênio)</b>	-	-
<b>Pb (chumbo)</b>	2,0	Decreto 55871/65
<b>Sb (antimônio)</b>	2,0	Decreto 55871/65
<b>Au (ouro)</b>	-	-
<b>Se (selênio)</b>	0,3	Decreto 55871/65
<b>Mg (magnésio)</b>	-	-
<b>K (potássio)</b>	-	-
<b>Cd (cádmio)</b>	1,0	Portaria N° 685/98
<b>Al (alumínio)</b>	-	-
<b>Cr (cromo)</b>	0,1	Decreto 55871/65
<b>Cu (cobre)</b>	30	Decreto 55871/65
<b>Fe (ferro)</b>	-	-
<b>Mn (manganês)</b>	-	-
<b>Ni (níquel)</b>	5,0	Decreto 55871/65
<b>Zn (zinco)</b>	50	Decreto 55871/65
<b>Ca (cálcio)</b>	-	-

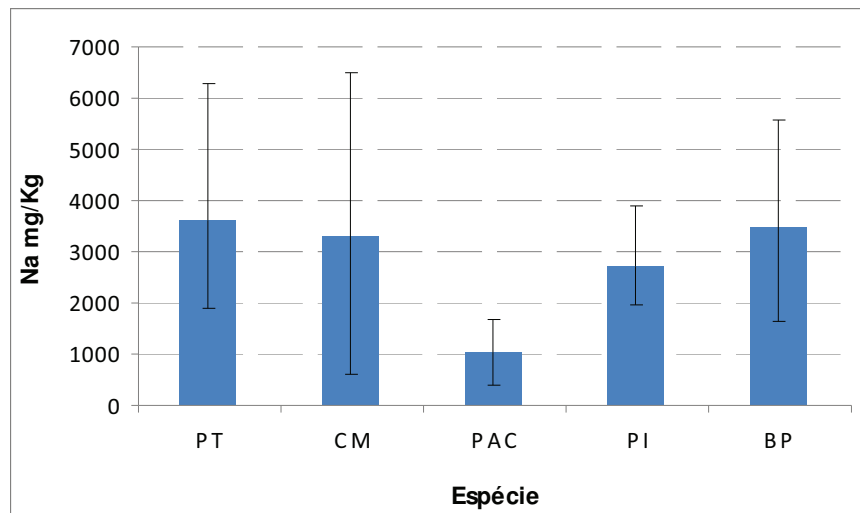
**Tabela 11.** Níveis de elementos traço encontrados na população de peixes separadas pelos níveis tróficos, amostrados no rio Caiapó.

ELEMENTOS	NÃO-CARNÍVOROS		HERBÍVOROS		CARNÍVOROS	
	MEDIA	DESVIO PADRÃO	MEDIA	DESVIO PADRÃO	MEDIA	DESVIO PADRÃO
Na (sódio)	3449,56	1352,107	1020,519	481,0072	3230,287	1169,534
Ba (bário)	2,7544	2,947067	-	-	-	-
Hg (mercúrio)	-	-	-	-	-	-
B (boro)	5,004352	1,86237	-	-	2,126809	1,278822
Mo (molibdênio)	-	-	-	-	-	-
Pb (chumbo)	1,760104	1,378215	1,70516	1,54841	1,419352	0,872808
Sb (antimônio)	-	-	-	-	-	-
Au (ouro)	-	-	-	-	-	-
Se (selênio)	-	-	-	-	-	-
Mg (magnésio)	1330,827	132,4126	1017,53	212,3671	1196,499	126,8939
K (potássio)	16799,18	2966,341	12557,03	2078,038	18313,08	2757,709
Cd (cádmio)	-	-	-	-	-	-
Al (alumínio)	24,40039	20,50934	1,589065	0,628416	12,41628	8,701324
Cr (cromo)	1,272854	0,918668	12,02546	10,4312	1,343224	0,82879
Cu (cobre)	1,754946	1,960655	1,109645	0,443185	1,845224	1,118356
Fe (ferro)	34,68134	16,38741	25,20748	15,83157	42,14503	29,44344
Mn (manganês)	2,788956	2,806468	2,346145	2,970891	-	-
Ni (níquel)	1,562256	0,960042	0,398182	0,281865	1,402765	0,911729
Zn (zinco)	27,23849	8,951911	17,33593	6,346498	23,94615	5,906793
Ca (cálcio)	6825,776	3457,326	2220,817	1856,817	912,7009	724,1124

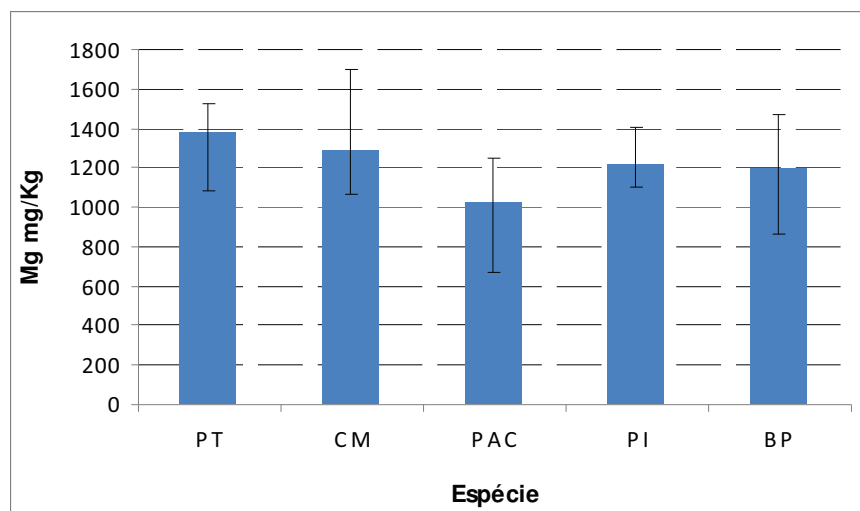
Tabela 12. Níveis de elementos traço em cada espécie de peixe estudada.

ELEMENTOS	PT		CM		PAC		PI		BP	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Na (sódio)	3613,303	1408,516	3277,54	1303,73	1020,519	481,0072	2705,822	602,654	3466,297	1293,782
Ba (bário)	1,754927	1,223075	3,291871	3,479648	-	-	-	-	-	-
Hg (mercúrio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B (boro)	5,004352	1,86237	-	-	-	-	-	-	2,126809	1,278822
Mo (molibdênio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb (chumbo)	1,36111	1,489654	2,558092	0,716485	1,70516	1,54841	1,136165	0,856398	1,645901	0,910589
Sb (antimônio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au (ouro)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se (selênio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg (magnésio)	1377,892	108,5855	1281,409	139,5758	1017,53	212,3671	1212,528	111,0961	1189,286	135,4848
K (potássio)	18569,55	1975,139	14940,29	2704,922	12557,03	2078,038	20161,86	1932,7	17481,13	2699,433
Cd (cádmio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al (alumínio)	24,25442	13,74097	22,96833	28,13755	1,589065	0,628416	11,36246	9,498374	13,00905	8,484273
Cr (cromo)	1,46631	1,075493	1,043124	0,649025	12,02546	10,4312	1,148912	0,597144	1,46814	0,948713
Cu (cobre)	0,780684	0,394082	2,872014	2,47931	1,109645	0,443185	1,977018	0,914471	1,786648	1,217845
Fe (ferro)	34,05677	19,11061	35,33714	13,41795	25,20748	15,83157	32,94094	14,68347	46,28687	33,59455
Mn (manganes)	1,298326	1,783591	4,279586	2,882364	2,346145	2,970891	-	-	-	-
Ni (níquel)	1,862453	1,015372	1,228704	0,793671	0,398182	0,281865	1,704303	0,922524	1,267073	0,896778
Zn (zinco)	20,97952	6,06277	33,8104	6,423046	17,33593	6,346498	20,4018	5,023674	25,54111	5,671198
Ca (cálcio)	6632,89	3029,91	7028,308	3926,397	2220,817	1856,817	965,0509	937,685	889,1434	632,942

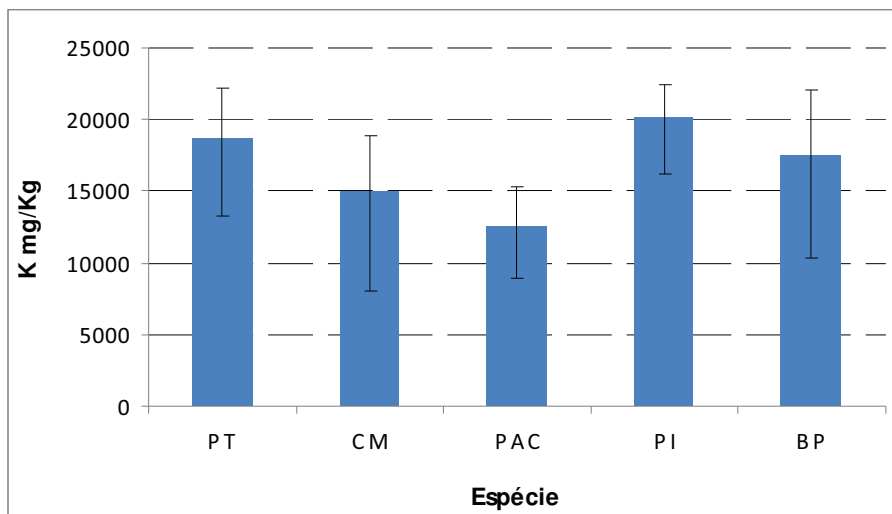
Na Tabela 9 e Figuras 14 a 18, os valores médios de Na, Mg, K, Ca e Fe, apresentaram-se bem elevados nas espécies estudadas. Nas Figuras 14, 15, 17 e 19, observa-se os níveis médios de Na, Mg, Ca e Al, bem mais elevados nos “não carnívoros”.



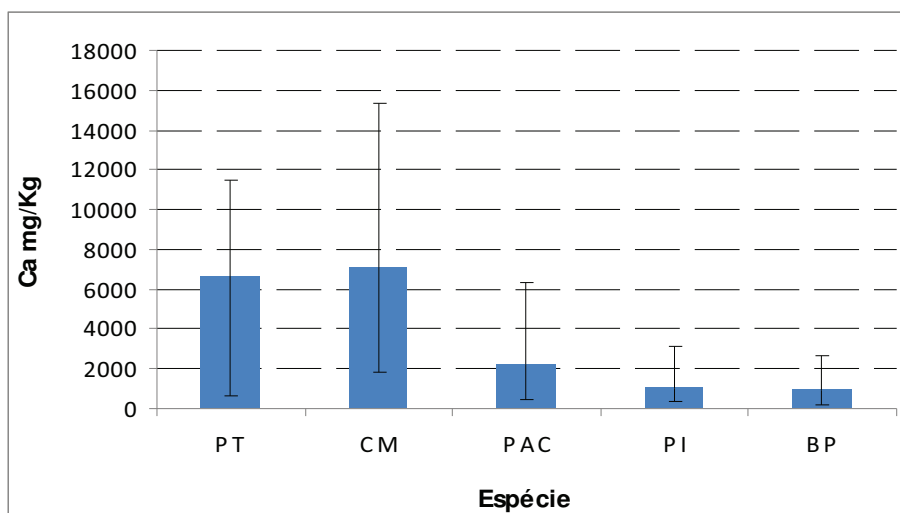
**Figura 14.** Gráfico dos valores médios de Na nas espécies estudadas



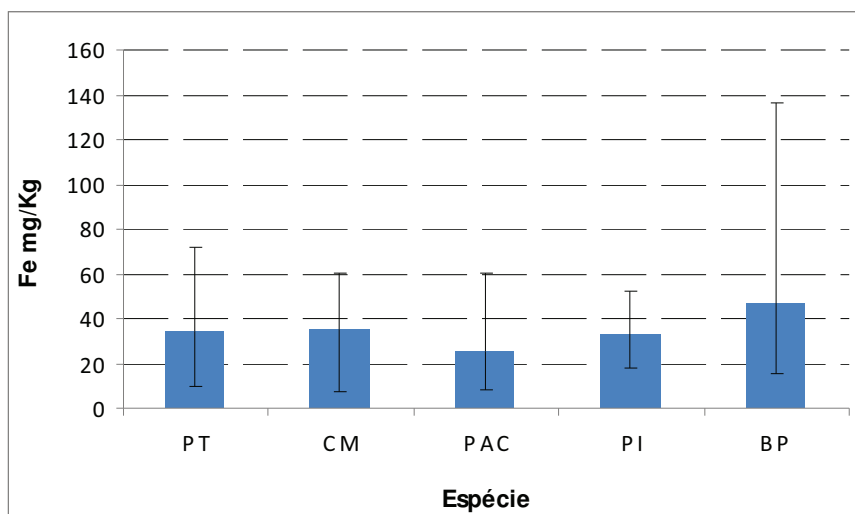
**Figura 15.** Gráfico dos valores médios de Mg nas espécies estudadas



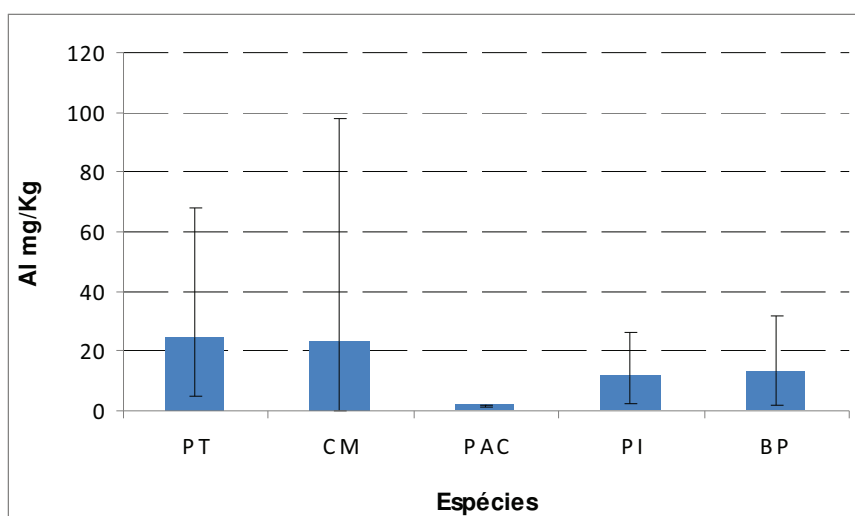
**Figura 16.** Gráfico dos valores médios de K nas espécies estudadas



**Figura 17.** Gráfico dos valores médios de Ca nas espécies estudadas



**Figura 18.** Gráfico dos valores médios de Fe nas espécies estudadas

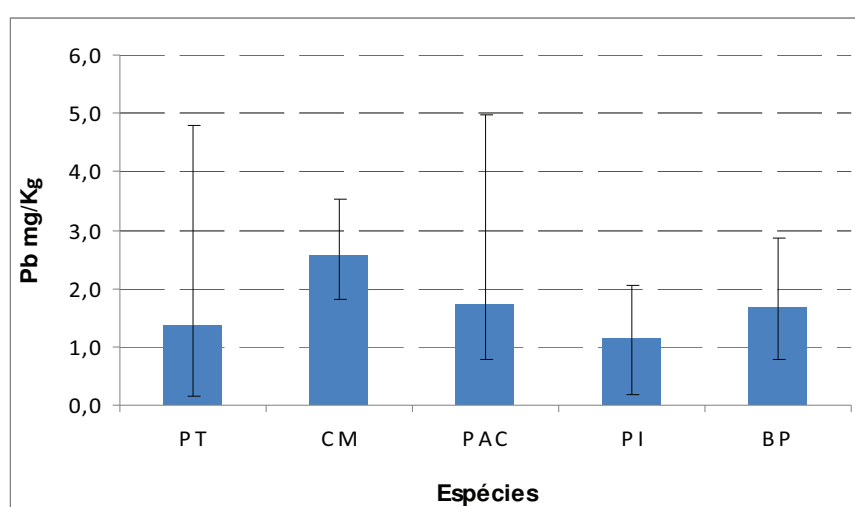


**Figura 19.** Gráfico dos valores médios de Al nas espécies estudadas

Na Tabela 12, os valores médios, bem como os valores máximos de ocorrência de Cd e Hg nos peixes analisados encontram-se abaixo dos limites

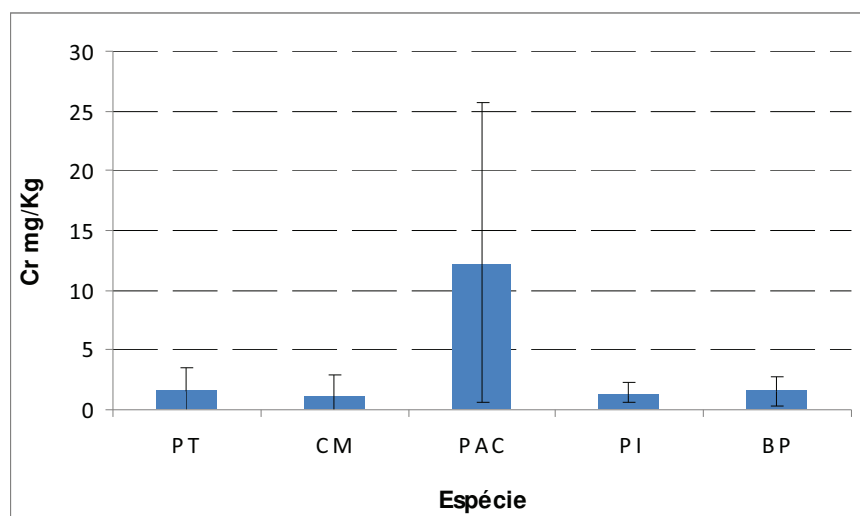
detectáveis, os limites máximos preconizados pela legislação brasileira (Portaria Nº685/98) respectivamente 1,0 e 0,5 mg/kg.

Os dados relativos ao Pb (Tabela 12 e Figura 20) demonstraram um potencial contaminante na Branquinha (*Curimata amazonica*) acima de 2,0 mg/Kg superiores aos estabelecidos pela legislação brasileira (Portaria Nº685/98).



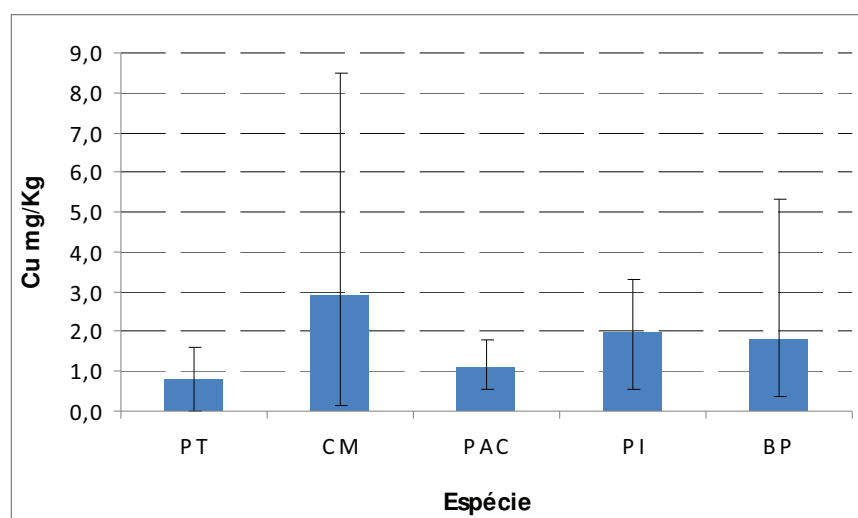
**Figura 20.** Gráfico dos valores médios de Pb nas espécies estudadas

Os valores médios relativos ao Cr estão bem acima do limite de 0,1 mg/Kg na Tabela 12 e na Figura 21 em todas as espécies de peixes estudadas, os resultados estão bem superiores ao estabelecido pela legislação brasileira Decreto 55871/65.



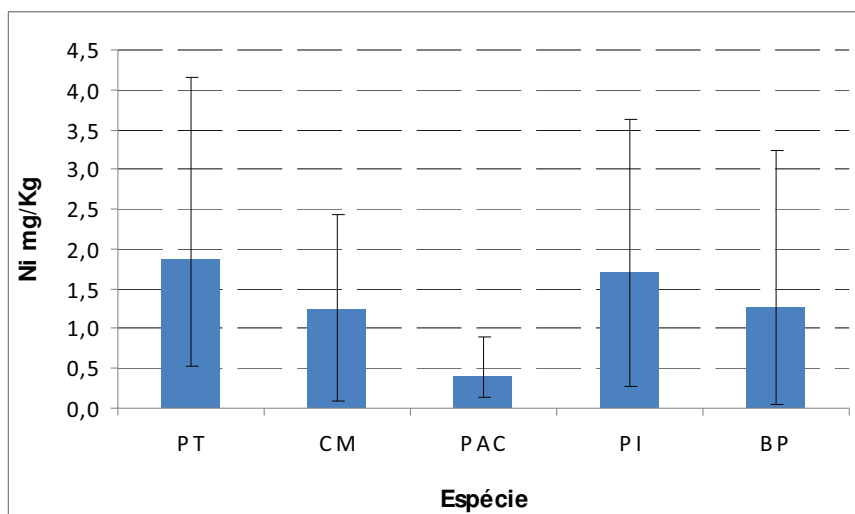
**Figura 21.** Gráfico dos valores médios de Cr nas espécies estudadas.

Com relação ao Cu, Ni e Zn na Tabela 12 e Figuras 22 a 24 todas as amostras apresentaram resultados satisfatórios abaixo dos limites estabelecidos de acordo com o Decreto 55871/65 .

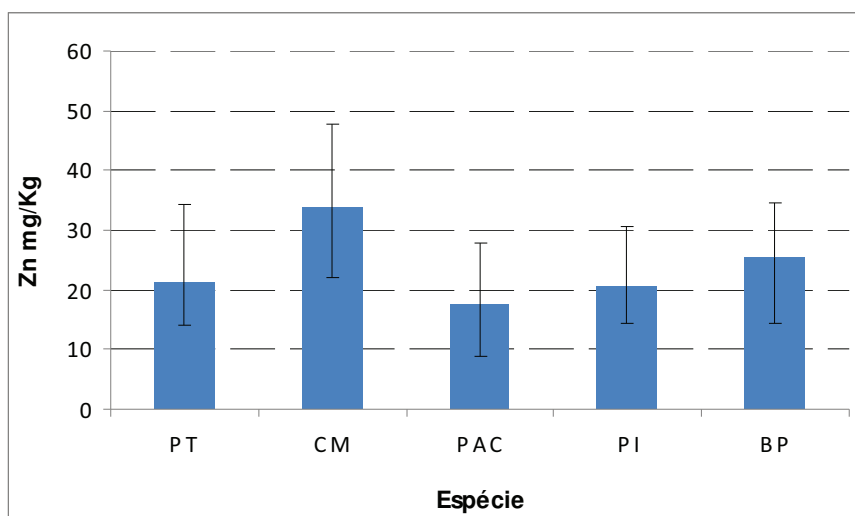


**Figura 22.** Gráfico dos valores médios de Cu nas espécies estudadas.





**Figura 23.** Gráfico dos valores médios de Ni nas espécies estudadas.



**Figura 24.** Gráfico dos valores médios de Zn nas espécies estudadas.

Os elementos Hg, Cd, Mo, Sb, Au, e Se, não obtiveram resultados detectáveis em nenhuma das amostras (Tabela 12).

Os elementos B e Ba apresentaram concentrações médias abaixo do limite de detecção pelo método utilizado na maioria das espécies. Porém, poucos dados sobre estes metais estão disponíveis na literatura, não existindo inclusive referência de sua concentração máxima permitida na legislação brasileira.

Nas matrizes de correlação os elementos traço apresentam diferentes graus de correlação nas amostras analisadas. Elas podem apresentar correlações muito fortes, fortes, moderadas, fracas, muito fracas e nulas. A partir das matrizes foi possível determinar as correlações mais expressivas.

De acordo com as matrizes de correlação para Papa terra (*Prochilodus nigricans*) na Figura 25, que estabeleceram valores significantes para K, Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Ca e Mg, mostrou apenas uma correlação forte entre C<sub>Ni-Cr</sub> = 0.88.

Project: Dissertação de Mestrado										
Pesquisador: Teles, L.T.										
Report date: 2007/11/27										
	K	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Mg
K		0.23	0.48	0.23	0.42	0.06	0.34	0.52	0.20	0.61
Al	0.23		-0.10	0.07	0.14	0.14	-0.03	0.33	0.26	0.31
Cr	0.48	-0.10		0.06	0.38	-0.11	0.88	0.18	-0.08	0.44
Cu	0.23	0.07	0.06		-0.25	0.56	-0.03	0.09	0.43	0.46
Fe	0.42	0.14	0.38	-0.25		-0.11	0.51	0.55	-0.02	0.14
Mn	0.06	0.14	-0.11	0.56	-0.11		-0.05	0.03	0.45	0.09
Ni	0.34	-0.03	0.88	-0.03	0.51	-0.05		0.19	-0.23	0.34
Zn	0.52	0.33	0.18	0.09	0.55	0.03	0.19		0.04	0.27
Ca	0.20	0.26	-0.08	0.43	-0.02	0.45	-0.23	0.04		0.27
Mg	0.61	0.31	0.44	0.46	0.14	0.09	0.34	0.27	0.27	

N = 21

**Código de cores**  
(nível de significância 0.95)

- muito forte
- forte
- moderada
- fraca
- muito fraaca
- nula

**Figura 25-** Matriz de Correlação em *Prochilodus nigricans*.

Para os Pacus (*Myleus torquatus*), Figura 26, foram selecionados os elementos: K, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Ca, Na, Pb e Mg. A principal correlação foi feita entre C<sub>Ca-Mn</sub> = 0.97.

Projeto:Dissertação de Mestrado Pesquisador:Teles,L.T											
Report date: 2007/11/30											
	K	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Na	Pb	Mg
K		-0.56	0.67	0.41	0.60	0.15	0.58	0.41	0.24	-0.80	0.73
Cr	-0.56		-0.68	-0.37	-0.79	-0.22	-0.65	-0.44	0.08	0.49	-0.48
Cu	0.67	-0.68		0.18	0.52	0.67	0.31	0.10	0.26	-0.65	0.76
Fe	0.41	-0.37	0.18		0.02	-0.04	0.59	-0.12	-0.04	-0.36	0.35
Mn	0.60	-0.79	0.52	0.02		-0.46	0.71	0.97	0.07	0.84	0.39
Ni	0.15	-0.22	0.67	-0.04	-0.46		-0.26	-0.72	-0.39	-0.48	0.19
Zn	0.58	-0.65	0.31	0.59	0.71	-0.26		0.67	0.34	0.60	0.45
Ca	0.41	-0.44	0.10	-0.12	0.97	-0.72	0.67		0.30	0.81	0.27
Na	0.24	0.08	0.26	-0.04	0.07	-0.39	0.34	0.30		0.47	0.54
Pb	-0.80	0.49	-0.65	-0.36	0.84	-0.48	0.60	0.81	0.47		-0.42
Mg	0.73	-0.48	0.76	0.35	0.39	0.19	0.45	0.27	0.54	-0.42	

**Código de cores**  
 (nivel de significancia 0.95)

- muito forte
- forte
- moderada
- fraca
- muito fraca
- nula

Sample Size 8

**Figura 26-** Matriz de Correlação em *Myleus torquatus*.

Para Branquinha (*Curimata amazonica*) na Figura 27, foram selecionados os seguintes elementos: K, Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Ca, Na, Ba e Mg. As correlações mais significativas foram realizadas entre  $C_{Cu-Al} = 0.92$ , muito forte e forte entre  $C_{Ca-Ba} = 0.80$  e moderadas entre  $C_{Fe-Cr} = 0.76$ .

Projeto: Dissertação de Mestrado  
 Pesquisador: Teles, L.T.  
 Report date: 2007/11/28

	K	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Na	Ba	Mg
K		-0.41	0.04	-0.40	-0.09	0.49	-0.16	-0.20	0.21	0.23	0.12	-0.09
Al	-0.41		0.69	0.92	0.44	-0.19	0.57	0.05	-0.39	-0.17	0.22	0.46
Cr	0.04	0.69		0.61	0.76	0.32	0.37	0.23	-0.31	0.26	-0.06	0.43
Cu	-0.40	0.92	0.61		0.55	-0.24	0.56	0.17	-0.32	0.17	-0.21	-0.11
Fe	-0.09	0.44	0.76	0.55		0.31	0.18	0.64	0.13	0.61	-0.22	-0.25
Mn	0.49	-0.19	0.32	-0.24	0.31		-0.10	0.38	0.44	0.43	0.15	-0.17
Ni	-0.16	0.57	0.37	0.56	0.18	-0.10		0.03	0.08	-0.02	0.40	0.08
Zn	-0.20	0.05	0.23	0.17	0.64	0.38	0.03		0.41	0.45	-0.07	-0.22
Ca	0.21	-0.39	-0.31	-0.32	0.13	0.44	0.08	0.41		0.52	0.80	-0.21
Na	0.23	-0.17	0.26	0.17	0.61	0.43	-0.02	0.45	0.52		0.26	-0.50
Ba	0.12	0.22	-0.06	-0.21	-0.22	0.15	0.40	-0.07	0.80	0.26		0.12
Mg	-0.09	0.46	0.43	-0.11	-0.25	-0.17	0.08	-0.22	-0.21	-0.50	0.12	

**Código de cores**  
 (nível de significancia 0.95)

- muito forte
- forte
- moderada
- fraca
- muito fraca
- nula

N = 20

**Figura 27.** Matriz de Correlação em *Curimata amazonica*.

Entre os pintados (*Pseudoplatystoma fasciatum*) na Figura 28, foram selecionados os seguintes elementos: K, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Ca, Na, Pb e Mg. As correlações mais significativas apesar de moderadas foram realizadas entre C Al-Cr=0.84, C Al-Fe=0.83 e C Al-Ca=0.86, seguindo C Cr-Cu=0.84 e C Cu-Ca=0.85.

Projeto: Dissertação de Mestrado											
Pesquisador: Teles, L.T.											
Report date: 2007/11/30											
	K	Al	Cr	Cu	Fe	Ni	Zn	Ca	Na	Pb	Mg
K		-0.32	-0.47	-0.54	-0.18	-0.68	-0.50	-0.07	-0.65	-0.18	-0.39
Al	-0.32		0.84	0.93	0.83	0.51	0.45	0.86	0.56	-0.33	0.21
Cr	-0.47	0.84		0.84	0.57	0.67	0.64	0.73	0.75	-0.25	0.57
Cu	-0.54	0.93	0.84		0.77	0.53	0.35	0.85	0.61	-0.48	0.07
Fe	-0.18	0.83	0.57	0.77		0.26	0.55	0.66	0.28	-0.43	-0.00
Ni	-0.68	0.51	0.67	0.53	0.26		0.58	0.43	0.76	-0.54	0.23
Zn	-0.50	0.45	0.64	0.35	0.55	0.58		0.21	0.63	-0.28	0.48
Ca	-0.07	0.86	0.73	0.85	0.66	0.43	0.21		0.33	-0.24	0.01
Na	-0.65	0.56	0.75	0.61	0.28	0.76	0.63	0.33		-0.77	0.34
Pb	-0.18	-0.33	-0.25	-0.48	-0.43	-0.54	-0.28	-0.24	-0.77		0.42
Mg	-0.39	0.21	0.57	0.07	-0.00	0.23	0.48	0.01	0.34	0.42	

Sample Size 9

**Código de cores**  
(nivel de significancia 0.95)

- muito forte
- forte
- moderada
- fraca
- muito fraca
- nula

**Figura 28-** Matriz de Correlação em *Pseudoplatystoma fasciatum*.

Entre os carnívoros: Bico-de-pato (*Sorubim lima*) na Figura 29 foram selecionados os elementos K, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Ca, Na e Mg. As correlações apesar de moderadas são realizadas entre  $C_{Cr-Na}=0.75$ ,  $C_{Ni-Na}=0.74$  e  $C_{Zn-Mg}=0.72$ .

Projeto: Dissertação de Mestrado										
Pesquisador: Teles, L.T.										
Report date: 2007/11/28										
	K	Al	Cr	Cu	Fe	Ni	Zn	Ca	Na	Mg
K		-0.13	0.11	0.21	0.17	0.30	0.41	-0.16	0.49	0.64
Al	-0.13		0.10	-0.24	0.40	-0.06	0.38	-0.20	0.18	0.26
Cr	0.11	0.10		0.32	0.35	0.70	0.07	-0.03	0.75	-0.04
Cu	0.21	-0.24	0.32		0.04	-0.19	0.48	0.09	-0.09	0.32
Fe	0.17	0.40	0.35	0.04		0.36	0.39	0.29	0.30	0.18
Ni	0.30	-0.06	0.70	-0.19	0.36		0.14	-0.11	0.74	0.08
Zn	0.41	0.38	0.07	0.48	0.39	0.14		-0.00	0.35	0.72
Ca	-0.16	-0.20	-0.03	0.09	0.29	-0.11	-0.00		-0.11	-0.04
Na	0.49	0.18	0.75	-0.09	0.30	0.74	0.35	-0.11		0.38
Mg	0.64	0.26	-0.04	0.32	0.18	0.08	0.72	-0.04	0.38	

N = 20

**Código de cores**  
(nível de significância 0.95)

- muito forte
- forte
- moderada
- fraca
- muito fraca
- nula

Figura 29. Matriz de Correlação em *Sorubim lima*.

## 7. DISCUSSÃO

Com base em publicações científicas disponíveis Britski *et al.* (1999); Carosfeld *et al.* (2003) e Froese & Pauly (2006), as espécies taxonomicamente confirmadas para a bacia do rio Caiapó foram classificadas em três categorias tróficas, sendo:

a) Herbívoras para o Pacu (*Myleus torquatus*): utilizam partes de vegetais superiores (folhas, talos, sementes e frutos), algas filamentosas e briófitas;

b) Detritívoras (Não-carnívoros) sendo Papa-terra (*Prochilodus nigricans*), e Branquinha (*Curimata amazonica*): ingerem depósitos de fundo, com grande quantidade de matéria orgânica vegetal, sedimentos, algas, insetos na fase larval e fragmentos de outros insetos. Peixes dessa categoria exibem especializações anatômicas para explorar o fundo, como a boca ventral. Outras características incluem estômago mecânico e intestino longo;

c) Carnívoras sendo Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e Bico-de-pato (*Sorubim lima*): consomem larvas de insetos, insetos adultos, moluscos, crustáceos, alguns peixes e outros vertebrados;

De acordo com essas condições tróficas na Tabela 11 e Figuras 14 a 19 os valores médios de Na, Mg, Ca, K, Fe e Al encontram-se bem elevados nas espécies. Principalmente nos não-carnívoros (detritívoros) provavelmente pela sua condição natural, por serem típicos de solos de Cerrado, ou pela sua incorporação na agricultura. Também pode levar em consideração seus hábitos de estar em contato constantemente com o substrato de fundo. A escassez de dados da literatura dificultou a interpretação dos resultados desses elementos.



O Na, é um elemento biológico essencial aos animais superiores. Os sintomas que evidenciam deficiência deste íon são sede, anorexia e náuseas podendo em casos mais graves chegar à lassidão, letargia, fraqueza, convulsões, câibras musculares ou distúrbios mentais. O excesso pode causar cefaléia, delírio, parada respiratória, hipertensão, eritema da pele dentre outros sintomas (Maia, 2004).

O Mg é fundamental na formação de ossos e dentes, no funcionamento do sistema nervoso e muscular, na síntese dos ácidos graxos e proteínas entre outras funções. A falta de Mg no corpo humano pode provocar diarreia ou vômitos bem como hiperirritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. Em casos extremos, esta deficiência provoca tremores, taquicardia, arritmia, desorientação ou mesmo convulsões que levam à morte. Um adulto necessita, diariamente, de 300 mg de magnésio para um bom equilíbrio eletrolítico (Maia, 2004).

O Ca é o mineral mais comum do corpo, apresentando-se em grande quantidade nos músculos, ossos, dentes e em pequena quantidade no sangue e órgãos como, por exemplo, coração e rins. São responsáveis pelos impulsos nervosos, contrações musculares, além de determinar a saúde óssea. Outras funções importantes são relatadas: ajuda a manter regulares os batimentos cardíacos; regular a pressão sanguínea, associado a outros minerais (sódio, potássio e magnésio) e alivia a insônia. Sua absorção no corpo depende da presença de vitamina D, bem como de outros fatores, incluindo a utilização de ácidos digestivos que permitem a quebra para a absorção intestinal. A deficiência aguda do Ca é suportada pela utilização do mineral depositado no esqueleto,

porém a deficiência crônica pode resultar em raquitismo, em criança, e osteoporose em adultos (Berglund *et al.*, 2000).

O elemento K tem sua importância relacionada a transmissão neural e neuromuscular, controle de contractilidade dos músculos esqueléticos, manutenção da pressão normal, balanço entre líquidos intracelulares e extracelulares, ritmicidade do batimento cardíaco, controle dos níveis de acidez (pH), necessário para função renal normal. A deficiência de Potássio pode causar arritmia, hipertensão arterial, fraqueza, náusea e tontura, alterações na transmissão neural e contração muscular, alterações do pH (acidez) e hipocalcemia (Greenwood & Earnshaw, 1984).

O Fe é o mais importante elemento de transição envolvido em sistemas vivos, sendo vital para plantas e animais. No caso do ser humano, o ferro foi identificado como elemento essencial pelo físico T. Sydenham em 1681, quando foi utilizado no tratamento de anemia. Um indivíduo adulto possui em seu corpo uma média de 4 gramas de ferro (ex: ~ 0,005% do peso corpóreo), sendo que, deste total cerca de 75% estão na forma de hemoglobina. As proteínas que contêm Fe possuem duas principais funções: estocar e transportar o oxigênio e transferência de elétrons. Dentre as principais proteínas que possuem ferro em sua composição podemos destacar a hemoglobina; a mioglobina; citocromos; transferrina; ferritina; ferredoxina; rubridoxina; etc. (Greenwood & Earnshaw, 1984).

O Al, a principal consideração é que ele reage com outros elementos. E quando ingerido em excesso diminui suas absorções. O alumínio tem sido

detectado em placas senis e teias neurofibrilares de neurônios em pacientes com mau de Alzheimer (Maia, 2004).

Os resultados na Tabela 11 e 12 e Figura 20, quanto ao Pb na Branquinha (*Curimata amazonica*) é preocupante, ao que se saiba, não possui efeitos benéficos ou nutricionais para os tecidos vivos. Na realidade, é um metal tóxico que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais. A intoxicação crônica por este metal pode levar ao saturnismo e também podem afetar o sistema nervoso central ou periférico (Maia, 2004). Outros sinais e sintomas associados à contaminação por chumbo são: anemia, dores de cabeça, fadiga, perda de peso, disfunção cognitiva e coordenação motora reduzida. Caracteriza-se basicamente por seus efeitos neurotóxicos, toxicidade renal, alteração da biossíntese da hemoglobina, alteração da capacidade orgânica da utilização de cálcio, magnésio e zinco. Em níveis moderados de intoxicação há referência à perda de memória e a alterações na condução nervosa. Também pode ser associados com crianças hiperativas e a distúrbios de aprendizagem (Pascalichio, 2002).

No peixe Pacu (*Myleus torquatus*) na Figura 21, apresenta um valor médio de 12,0 mg/Kg para o Cr, sendo 12 vezes maior que o permitido estabelecido para "outros alimentos", pela legislação nacional.

O Cr apresenta um alto potencial de contaminação nas cadeias alimentares, apresenta-se na forma trivalente, mais a toxicidade é bem considerável na forma hexavalente. São muito reativos portanto podem se ligar aos ácidos nucléicos causando carcinogênese (Gusmão, 2004).

Pode-se destacar que o Pacu pode ser considerado um provável potencial bioindicador de Cr do ambiente, como sendo um animal com dieta herbívora, permite destacar que existem evidências que esses níveis elevados de cromo pode estar relacionadas à biodiversidade vegetal da área de estudo.

A atividade biológica do Cr, isto é, seu efeito como metal essencial à vida, está restrita à sua forma trivalente. Não se conhece nenhum efeito produzido por excessivo consumo de Cr cromo. De acordo com a Environmental Protection Agency – EPA (1976) conhece-se mais os problemas relacionados às deficiências de cromo na dieta como deficiência no metabolismo de açúcares, levando os animais do teste à hiperglicemia e atraso no crescimento. O Cr cromo hexavalente, este sim, é corrosivo à mucosa, podendo ser absorvido por ingestão, através da pele ou inalação, provocando câncer de pulmão, perfuração do septo nasal e outras complicações respiratórias (Rocha, 1985).

Esse elemento tem um potencial de ação no Fator de Tolerância a Glicose (GTF), assim como qual tem efeito direto na insulina. A deficiência de cromo torna a insulina menos efetiva, resultando na diminuição da tolerância à glicose (Richard, 1998).

Altamente tóxico para peixes juvenis ou jovens quando em concentrações altas (FEEMA, 1980). O Cu na Tabela 12 e Figura 22, apresentou valores bem abaixo do máximo permitido, sendo considerados como níveis naturais. Seu padrão de distribuição entre as diferentes espécies estudadas foi muito semelhante. Esteve presente em correlação muito forte com o Al na Figura 26.

O elemento Cu é um elemento traço essencial requerido como componente de várias enzimas com função de produção de energia (citocromo

oxidase); neurotransmissão (dopamina monooxidades); proteção das células contra danos que podem ser causados por radicais livres (superóxido dismutase) e conversão do ferro para ser absorvido (ceruloplasmina). Os principais sintomas da deficiência do Cu são anemia, devido à produção deficitária de ceruloplasmina. Como consequência diminui a eficiência da absorção de ferro e desmineralização óssea.

Na Tabela 12 e Figura 23 o Ni também apresentou concentrações abaixo do limite de detecção, apesar de sua ampla utilização em diversos produtos, o que muitas vezes provoca o seu transporte para os ecossistemas aquáticos, acarretando em concentrações tóxicas para biota (FEEMA, 1980). O Ni presente no solo passa para as plantas e animais e dessa forma pode ser consumido pelo homem. Alguns trabalhos correlacionam altos níveis de níquel com índices aumentados de imunoglobulinas das classes IgG, IgA, IgM e índices reduzidos de IgE. Alguns trabalhos relacionam o níquel com alterações hormonais da tireóide e supra-renal (Pascalichio, 2002).

De um modo geral, o Zn na Tabela 12 e Figura 24, apresentou concentrações abaixo do máximo permitido, sendo também consideradas como de níveis naturais. No entanto, o peixe Branquinha *Curimata amazonica* um pouco acima das restantes. Este fato pode estar relacionado ao fato destas espécies possuírem o hábito de ficarem enterradas em fundos de lama e lodo grande parte do tempo, provavelmente favorecendo o contato direto com o zinco contido no sedimento de fundo (FEEMA, 1980).

O Zn é um elemento traço essencial para humanos, animais, plantas e microorganismos, e seu conteúdo em humanos gira em torno de 2 g a 4 g.

Concentrações elevadas de sal de zinco podem, contudo, causar queimaduras cáusticas externas e inflamações internas dos órgãos digestivos. Portanto, o seu limite de toxicidade é mais alto do que os outros elementos essenciais. O Zn está presente, sobretudo, no músculo (60%) e nos ossos (30%), constituindo relevante elemento no corpo. É componente catalítico de mais do que 200 enzimas e constituinte estrutural de muitas proteínas. Sua função, provavelmente, está associada à prevenção da formação de radicais livres. Muitos trabalhos têm indicado que vários elementos traços, como o próprio Zn, possuem papel importante em um número de processos biológicos pela inibição ou ativação de reações enzimáticas e pela competição com outros elementos, afetando a permeabilidade de células ou outros mecanismos. Dessa forma, pode-se assumir que elementos traços como o Zn exercem ação direta ou indireta no processo carcinogênico (Dutra , 2004).

A deficiência de Zn em humanos é comum, sendo mais prevalente em áreas onde a população vive de proteína cereal, pois esse elemento está disponível particularmente na carne vermelha e nos frutos do mar. O alto consumo de alimentos ricos em inibidores de sua absorção, como fitatos, certas dietas de fibras e Ca, causam deficiência desse elemento traço (Dutra , 2004).

O Mn presente em correlação muito forte com o Ca na Figura 26 para o Pacu (*Myleus torquatus*), é um metal essencial para a estrutura normal dos ossos, onde está presente em altas concentrações, além do fígado e pâncreas. O Mn é componente de enzimas, sendo assim, previne danos causados por oxidação lipídica nos tecidos. É importante na quebra de carboidratos, na síntese de óxido nítrico e no metabolismo da glicose e glicogênio (OMS, 1998; Cozzolino, 2005).

Apesar de ocorrer naturalmente nos sistemas aquáticos, o Hg e o Cd na Tabela 12, não apresentaram concentrações detectáveis em nenhuma das espécies amostradas. Porém, mais estudos sobre estes metais se fazem necessários devido à elevados níveis de contaminação observados em rios.

O Ba em correlação forte com o Ca na Figura 27, na Branquinha (*Curimata amazonica*) esse elemento na sua ingestão em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração, vasos e nervos. Seu efeito cumulativo ainda não foi comprovado (Maia, 2004).

Entre os carnívoros, o Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e Bico-de-pato (*Sorubim lima*), nas Figuras 28 e 29, houve uma maior diversidade nas correlações entre os elementos relacionados provavelmente devido a sua capacidade predadora, isso leva a uma maior acumulação de certos elementos.

Muitas vezes são detectadas baixas concentrações de metais na água, mas tal fato é ilusório, pois, em consequência das condições anaeróbias, há a formação de sais insolúveis e eliminação por sedimentação.

Não foram encontradas citações na literatura nacional e internacional sobre elementos traço nas espécies estudadas; portanto, a discussão foi feita em relação aos valores encontrados por outros autores que estudaram espécies diferentes de peixes em diferentes países;

## 8. CONCLUSÃO

O presente trabalho foi desenvolvido para levantamento de elementos traço em peixes de interesse comercial em um trecho do rio Caiapó para detecção de possíveis alterações ambientais na dinâmica desses elementos na ictiofauna estudada. Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que:

A metodologia aplicada para a coleta, digestão e análise das amostras, tratamento dos dados com a representação da distribuição dos elementos traço foram fundamentais para avaliação da qualidade do pescado da região.

De acordo com o parâmetro mais atual a Portaria nº 685 de agosto de 1998 que estabelece níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos, especificamente em musculatura de peixes, de todos os elementos levantados existem referenciais somente para Cd, Pb, Cu e Hg. Para esses elementos o Cu esteve presente em todas as espécies abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira e em relação ao Cd e Hg estiveram sempre abaixo dos níveis detectáveis na aparelhagem não oferecendo, portanto riscos aparentes ao consumo humano, no tocante a este parâmetro específico de qualidade, o que torna viável a sua exploração e produção comercial.

Em relação ao Pb particularmente na Branquinha (*Curimata amazonica*) os níveis detectáveis foram superiores ao estabelecido pela legislação vigente, as demais espécies apresentaram valores bem próximos ao limite máximo permitido por lei.

Os elementos Sb, Se, Cr, Cu, Ni, e Zn utilizou-se para avaliação o Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 referente a normas reguladoras do



emprego de aditivos para alimentos. Destes elementos somente o Cr esteve bem acima dos limites exigidos por lei no peixe Pacu (*Myleus torquatus*) que por ser a única espécie herbívora analisada essa contaminação pode estar associada a vegetação.

Para uma avaliação mais completa dos riscos relacionados com a contaminação por Pb e Cr é necessário avaliar outras espécies de pescados, dos níveis desses elementos em amostras de cabelo, sangue e urina da população que vive da coleta e pesca nessa região.

Os elementos Na, Ba, B, K, Al, Fe, Mn e Ca foram detectados na musculatura do pescado mas devida a escassez de dados da literatura dificultou a interpretação dos resultados de suas concentrações médias e não possuem níveis estabelecidos em legislação brasileira para a qualidade do consumo. O Mo e Au não possuem valores de referência e nem foram detectados no aparelho.

De acordo com as correlações percebe-se uma maior diversidade de elementos traço nos peixes carnívoros. Isso deve-se a sua dieta carnívora comprovando seu potencial de acumulação na biomagnificação trófica.

No Brasil existem poucos dados quanto a presença de elementos traço em alimentos de uma maneira geral e, sobre sua presença em peixes, muito pouco até o momento se encontra registrado. As espécies biológicas, pelo exposto, podem ser usadas como sentinelas da existência desses elementos.

Os resultados encontrados evidenciam a necessidade de mais trabalhos, monitorando outras espécies incluindo água e sedimento, buscando mais dados que possam servir de subsídio para as autoridades locais encarregadas de preservar e vigiar o ambiente, a saúde da população e os alimentos.

Sugerimos que os órgãos competentes do Ministério da Saúde possam atualizar seus resultados estabelecendo limites específicos para os elementos que não foram interpretados.

Porém, deve-se observar o dever da detenção de conhecimentos mínimos de, uma região que passa por alterações ambientais, que na maioria das vezes, assumem caráter irreversível, podendo comprometer toda a dinâmica física e biótica de uma dada região. Nesse sentido, os resultados aqui apresentados devem ser tratados como o ponto de partida para uma série de estudos detalhados sobre a presença de elementos traço em peixes.

Além disso, os dados obtidos permitem a indicação de espécies indicadoras para futuros programas de monitoramento a serem implantados, preferencialmente, em conjunto com empreendimentos que possam ser instalados na região como forma de minimizar os impactos por eles causados. Desta forma, maiores estudos devem ser desenvolvidos para que possamos entender melhor a dinâmica da absorção e acumulação destes elementos nos diferentes estágios de vida destes organismos.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA GOIANA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (AGMA). (2007). *Estudo Integrado da Bacia Hidrográfica do rio Caiapó*. Estado de Goiás, GO.
- AGOSTINHO, A. A., JÚLIO Jr., H. F., BORGHETTI, J. R. (1992). Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. *Revista Unimar*, Maringá, 14, suplemento, p. 89-107.
- ALMEIDA, F.F.M. de. *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. (1977), DNPM. Div.Geol.Min., Rio de Janeiro, Bol. 241, 36p.
- ANDREOLI, C.V. & PEGORINI, E.S.(2000) Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. p.281-312.
- ARAÚJO JÚNIOR F. F. (2005) *Análise geoquímica dos elementos maiores, menores e traço dos sedimentos de corrente das principais drenagens do açude de Lucrecia – Rio Grande do Norte*. Monografia (graduação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.
- BERGLUND, M., AKESSON, Agneta; BJELLERUP, Per; VAHTER, Marie. (2000). Metal-bone interactions. *Toxicology Letters* v.15, n.112-113, p.219-25. mar.
- BRASIL , *Portaria nº 685 de 27 de agosto.de 1998*. Diário Oficial,Brasília, DF, 24 set. 1998. Sç. 1.
- BRASIL, *Decreto 55.871 de 26 de março de 1965*. Dispõe sobre normas regulamentadoras do emprego de aditivos para alimentos. Diário Oficial, Brasília, DF, Sç. 1.
- BRITSKI, H. A., SILIMON, K.Z. S., LOPES, B.S. (1999). *Peixes do Pantanal – Manual de Identificação* – Brasília: Embrapa-SPI; Corumbá: Embrapa-CPAP. 184 p.: il.
- CAMPOS, M. L.; PIARENGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; (2002) Baseline concentrations of heavy metals in Brazilian Latosols. *Soil Sci. Plant Anal.*,34:547-557.

- CAMPOS, M.L.; SILVA, F.N.; FURTINI NETO, A.E.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J. & ANTUNES, A.S.(2005).Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:361-367.
- CAROLSFELD, J.; HARVE, B.; ROSS, C. & BAER, A. (editors) (2003). *Migratory Fishes of South America : Biology, Fisheries and Conservation Status*. World Fisheries Trust. Victoria, BC, Canadá.
- CARNEIRO, W.D.; SILVEIRA, C. L.; MIEKELEY N; FORTES L. M. (2002).Intervalos de referência para elementos menores e traço em cabelo humano para a população da cidade do Rio de Janeiro – Brasil. *Química Nova*, v. 25 n. 1, p. 37-45, Jan./Feb.
- CATELLA, A.C. (1992).*Estrutura de Comunidade e Alimentação dos Peixes da Baía da Onça, uma Lagoa do Pantanal do Rio Aquidauana, MS*. (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, 215 p.
- CORTECCI, G. Geologia e saúde. Disponível em: <[www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf](http://www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf)>. Acesso em: 06, set. 2007.
- COZZOLINO, S. M. F. (2005).*Biodisponibilidade de nutrientes*. Barueri, Sp: Manole.
- CUNHA, F. G.; MACHADO G. J. (2004) *Estudos de geoquímica ambiental e o impacto na saúde pública no Município de São Gonçalo do Piauí*. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL, Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM.
- DIAS, E.R.A; Teixeira Filho, A.R. (1994).A utilização de peixes como animais para experimentação. *Higiene Alimentar*, 8(31): p 14- 16.
- DUTRA (2004) Fatores associados a anemia por deficiência de ferro em crianças pré-escolares brasileiras, *Jornal de Pediatria* ,0021-7557/04/80-03/229.
- FEEMA,(1980)*Fundação do Estadual de Engenharia e Meio Ambiente. Levantamento de Metais Pesados no Estado do Rio de Janeiro*. Relatório Preliminar, Rio de Janeiro, 94 p.
- FERREIRA, E.J.G.; ZUANON, J.A.S. e SANTOS, G.M. (1998) *Peixes comerciais do médio Amazonas região de Santarém - PA*. IBAMA. Brasília. 211 p.
- FORAN, J.A. (1990).Toxic substances in surface waters. *Environm. Sci. Technol.* (24): 604-608.

- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. (1983) *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlin, *Springer-Verlag*, 486p..
- FROESE, R. e PAULY, D. FishBase. *World Wide Web electronic publication*. Acessado em 10, set de 2006.
- FUCK, R.A. & Pimentel, M.M. (1992) .Late Proterozoic granitic magmatism in Southwestern, Goiás.
- FUCK, R.A. (1994), *Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins*. IV Simp. De Geol. Do C.Oeste, Brasília, DF, Anais SBG, Núcleo Centro-Oeste e Brasília, 184-187.
- FUCK, R.A.(1990). *Dobramentos neoproterozóicos da margem ocidental do Cráton do São Francisco*. In: Congresso Brasileiro de Geologia 36, Natal. Bol.Resumos, Natal SBG, p. 288-289.
- GREENWOOD, N.N. & EARNSHAW, A. (1984). *Chemistry of the Elements*. Pergamon Press, Oxford, 1542p.
- GUILHERME, L.R.G., MARQUES, J.J., PIERANGELI, M.A.P., ZULIANE, D.Q.(2005). Elementos Traço em solo e sistemas aquáticos, Tópicos C.I. Solo 340-395.
- GUSMÃO, L.F.M.(2004) *Efeitos do Cobre e Cromo em uma comunidade zooplânctônica. Um estudo experimental em mesocosmos*, São Carlos, Dissertação, Universidade de São Paulo.
- HEGDE, Muralidhar L.; SHANMUGAVELU, Ponnuswamy; VENGAMMA, Bhuma; RAO, T. S. Sathyanarayana; MENON, Rani B.; RAO, Ranganath V.; RAO, K. S. Jagannatha. (2004) Serum trace element levels and the complexity of inter-element relations in patients with Parkinson's disease. *Journal Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 18, n.2, p.163-71.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. (2001) *Trace elements in soils and plants*. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 413p.
- KAZUYA, M.(2000) Recent epidemiological studies on itai-itai disease as a chronic cadmium poisoning in Japan. *Water Sci. Technol.*, 42:147-154.
- LEMES, M.J.(2001). *Avaliação de Metais e Elementos-Traço em Águas e Sedimentos das Bacias Hidrográficas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, SP*. (Dissertação Universidade do Estado de São Paulo).

- LICHT O. A. B. (2001). Geoquímica multielementar na região ambiental: Identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná. 236 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Mc BRIDE, M.B. & SPIERS, G. (2001) Trace element content of selected fertilizers and dairy manures as determined by ICP–MS. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 32:139-156.
- MACHADO, I. C. (2002). Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, 61(1):p. 13-18.
- MACKAY, D. & CLARK, K.E. (1991). Predicting the environmental partitioning of organic contaminants and their transfer to biota. In: Jones, K.C. (ed) *Organic Contaminants in the Environment*. Environm. Managem. Series, *Elsevier Science Pub*, New York 254p.
- MAIA, Y. L. M. (2004). *Análise multielementar em água e sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do rio meia ponte na região metropolitana de Goiânia e sua relação com a saúde*. 108 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Goiânia, Goiânia.
- MAMEDE, L.; Ross, J.L.S.; Santos, L.M.; Nascimento, M.A.L.S. (1983), Geomorfologia Folha SE.22, Goiânia. *Levantamento de Recursos Naturais* v.31, Projeto Radambrasil. Rio de Janeiro, p. 349-403.
- MARINI, O.J.(1984), *Geologia do Brasil: As faixas de dobramentos Brasília, Uruçu e Paraguai-Araguaia e o Maciço Meridiano de Goiás*. DNPM, Brasília, Cap. 6, 251-303.
- MÖLERKE, R.O. (2003) Total Arsenic levels as a bioindicator in the evaluation of fish quality (*Leporinus obtusidens* and *Pimelodus maculatus*) from the Guaíba Lake, Porto Alegre, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Revista Inst. Adolfo Lutz*, 62(2): 117 - 121.
- MORETON, L.C. (1999) *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Folha SE.22.V.B (Iporá). CPRM, Brasília, 57p
- MORAES ,S.D. (2002); Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana .*Rev Saúde Pública* 36(3):370-4.
- NATURAE, PCH Mosquitão(2006). *Programa da Fauna Silvestre – Inventariamento Faunístico*. II Relatório Técnico Preliminar. Goiânia.GO.

- NATURAE, PCH Mosquitão (2007). *Programa de Conservação da Ictiofauna (PCI) Relatório Final Ictiofauna*. Goiânia, GO.
- NIELSEN, F. H. (2000) The emergence of boron nutritionally important throughout the life cycle. *Nutrition*, v. 16, n. 7-8, p. 512-514, jul-ago.
- NIENCHESKI, L. F.; WINDOM, H. L.; BARAJ, B.; WELLS, D. & SMITH, R. (2001) Mercury in fish from Patos and Mirim lagoons, Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42:1403-1406.
- NRIAGU, J.O.(1989) Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature*, 279:409-411.
- NRIAGU, J.O. & PACYNA, J.M.(1988) Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. *Nature*, 333:134-139.
- NRIAGU, J.O.(1989) A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338:47-49.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS).(1998).*Elementos traço na nutrição e saúde humana*. São Paulo: Roca.
- PASCALICCHIO, A. A. E. (2002) .*Contaminação por metais pesados, saúde pública e medicina ortomolecular*. São Paulo,: Annablume. 132 p.
- PHILLIPS, G. R.; LENHART, T. E. & GREGORY, R. W.,. (1980) Relation between trophic position and Mercury accumulation among fishes from the Tongue River reservoir, Montana. *Environmental Research*, 22:73-80.
- PINHEIRO, M. F. B. (2007) *Problemas sociais e institucionais na implantação de Hidrelétricas: seleção de casos recentes no Brasil e casos relevantes em outros países*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica,. 211 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.
- POZEBON, D.; DRESSLER, V. L.; CURTIUS, A. J. (1999). Análise de cabelo: uma revisão dos procedimentos para a determinação de elementos traço e aplicações. *Química Nova*, v.22, p. 838-846,
- REBOUÇAS, A.C. (1999) *Água doce no mundo e no Brasil.. Águas Doces no Brasil Capital Ecológico, Uso e Conservação*. São Paulo, Escrituras editora.
- RICHARD A. Anderson.(1998) Chromium, Glucose Intolerance and Diabetes. *Journal of the American College of Nutrition*, v.17, n. 6, p. 548-555.

- ROCHA, A.A. (1985) Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Rev. Saúde pública.*, S. Paulo, 9:401-10.
- RODRIGUES, A.F. (1998) Os caminhos das águas. *Agroanalysis*; 18:22-6.
- SÁ, A.M. & MARQUES, V. G. (1986) *Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais*. Folha SE.22.V.B (Iporá). MME/DNPM/CPRM, Brasília, , 16p.
- SALOMONS, W.; U. FÖRSTNER. (1980). Trace metal analysis on polluted sediments. Part II: Evaluation of environmental impact. *Environ. Technol. Lett.*, p:506-517.
- SANTOS, O. T., EFREM, J. G., JANSEN. A.S. (2006)., *Peixes Comerciais de Manaus*, IBAMA-AM, Pró Varzea,
- SANDSTEAD, H. H. (2000). Introduction. Causes of iron and zinc deficiencies and their effects on brain. *Journal of Nutrition*, v. 130, n. 2, p. 347-349, fev.
- SPERLING, EV. (1993) Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos. *Bio* 2(3):53-6.
- STEIGER, A. *Compreender a história da vida: do átomo ao pensamento humano*. São Paulo: Paulus, 1998. 271 p.
- STEINKELLNER, H.; MUN-SIK, K, HELMA C, ECKHER, S. (1998) Genotoxic effects of heavy metals: comparative investigation with plant bioassays. *Environ Mol Mutagen*; 31:183-91.
- TAKIZAWA, Y.; OSAME, M.; (2001) Understanding of Minamata disease – methylmercury poisoning in Minamata and Niigata, Japan; *Japan Public Health Association*: Tokyo.
- TAVARES, T.M.; CARVALHO, F.M. (1992). Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. *Revista Química Nova*, 15(2): 147-154.
- TOMAZELLI, J.; PHILLIPI, L.M. (2006). O brasileiro é um consumidor de pescados? Um olhar sobre o mercado domiciliar de peixes no País. *Panorama da aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 39-45.



WINDISCH, W. (2001) Interaction of chemical species with biological regulation of the metabolism of essential trace elements. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 372, n. 3, p. 421-5, fev.

WEISINGER JR; BELLORIN-FONT. (1998) Magnesium and Phosphorus. *The Lancet*, v. 352, p. 391-6,.

YOSHINAGA, J. ;SUZUKI, T.; MORITA, M. ; HAYAKAWA, M. (1995) Trace Elements in ribs of elderly people and elemental variation in the presence of chronic diseases. *The Science of the Total Environment*, v.162, n. 2-3, p. 239-252, jan.

## **ANEXO**

## ANEXO I

## LICENÇA PARA PESCA CIENTÍFICA

AGÊNCIA AMBIENTAL  
DE GOIÁS

## LICENÇA PARA PESCA CIENTÍFICA

**PROCESSO N.º 5601.07959/2001-1 Renovação da Licença n.º 018/2005 LICENÇA N.º 039/2006**

A AGÊNCIA GOIANA DE MEIO AMBIENTE, no uso de suas atribuições que lhe foram conferidas pela Lei Estadual n.º 8.544, de 17 de outubro de 1978, regulamentada pelo Decreto 1.745/79, Lei Estadual n.º 12.596/95 regulamentada pelo Decreto n.º 4593/95, Lei de Pesca do Estado de Goiás e a Lei n.º 14.241/02 concede a presente LICENÇA PARA PESCA CIENTÍFICA, nas condições especificadas abaixo.

**1. EMPREENDEDOR: SYSTEMA NATURAE CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA****1.1 CNPJ: 05.379.133/0001-34****1.2 Endereço: Rua 58 n.º 217 Qd. B04 Lt. 16, Jardim Goiás, Goiânia - GO****2. ATIVIDADE LICENCIADA: Pesca Científica****2.1 Localização da área:** Área de influência do futuro reservatório da PCH Mosquitão, no rio Caiapó entre os municípios de Iporá e Arenópolis – GO.

**2.2 Descrição das atividades:** Monitoramento (coleta e manejo) da ictiofauna do médio rio Caiapó, à montante e jusante da futura barragem da PCH Mosquitão. O projeto prevê um inventário faunístico inicial, até o período de enchimento, a partir do que será feito um monitoramento das populações de peixes e a proposição de um plano de manejo para o futuro reservatório, caso seja necessário. O Programa de Conservação da Ictiofauna prevê uma série de ações, que visam a caracterização detalhada da ictiofauna da área de influência da PCH Mosquitão, com a produção de subsídios para o manejo e a conservação desta fauna após o enchimento do reservatório.

**2.3 Responsáveis Técnicos:** Nelson Jorge da Silva Júnior – Biólogo – CRBio – 13627-4 e Biomédico CRBM 3NC Oeste/Goiás.

**2.4 Equipe Técnica:** Funcionários (Biólogos) das empresas Systema Naturae Consultoria Ambiental Ltda e Ambiental – Instituto de Pesquisa e Consultoria Ltda.

**2.5 Procedência:** Rio Caiapó (Sub-Bacia do Araguaia e Bacia do Tocantins).

**2.6 Destino:** Coleção ictiológica do Centro de Estudos e Pesquisas da Universidade Católica de Goiás e/ou Universidade Federal de Goiás e/ou Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

**2.7 Espécies:** Poderão ser realizadas coletas de identificação taxonômica principal, acompanhada dos estudos de alimentação, biologia reprodutiva, estrutura populacional e das comunidades de peixes. Serão realizadas amostragem de 24 horas, intercaladas a cada 2 dias durante todo o período de duração das campanhas de campo. Serão utilizadas, tarrafas, espinhéis e redes de arrasto, garantindo um bom espectro amostral do porte dos espécimes. Para riachos e córregos serão utilizados redes de malha média e fina, duas vezes a cada período de campanha de campo, além da avaliação do uso de outras técnicas (pesca química ou elétrica). Uma amostragem mínima de 10 (dez) indivíduos por espécie (peixes encontrados na região), poderá ser estabelecida como testemunho científico. Durante todas as fases do programa serão feitas coletas regulares à jusante da barragem da PCH Mosquitão e, durante a fase de enchimento e pós-enchimento será dada uma atenção especial a esse ambiente. Neste período pode ocorrer a formação de bolsões de água temporários que **podem requerer a relocação de peixes**. Entretanto, a proposta é acompanhar o comportamento da ictiofauna, mesmo com uma possível formação de bolsões. Desde que os parâmetros físico-químicos não comprometam a manutenção da vida dos peixes, o manejo será evitado, pois sempre nessas ações também ocorre uma mortalidade elevada. Outro fator favorável é o tempo de enchimento rápido do reservatório, extremamente favorável para a ictiofauna de jusante.

**3. EXIGÊNCIAS TÉCNICAS – OBSERVAÇÕES:**

**3.1** A Agência Ambiental deverá ser comunicada imediatamente, em caso de acidentes que envolvam o meio ambiente.

Agência Goiana do Meio Ambiente  
11ª Avenida, n.º 1272, Setor Leste Universitário, CEP 74.805-060, Goiânia-GO - PABX (62) 3266 1300 - Fax: (62) 3202 3356  
site: www.agenciaambiental.go.gov.br - e-mail: ambiental@agenciaambiental.go.gov.br


- 3.2 A presente Licença para atividades Científicas refere-se tão somente aos locais das atividades previstas neste licenciamento;
- 3.3 A Agência Ambiental reserva-se no direito de revogar a presente Licença no caso de descumprimento de suas condicionantes ou de qualquer dispositivo que fira a Legislação Ambiental vigente, assim como a omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a sua expedição, ou superveniência de graves riscos ambientais e de saúde;
- 3.4 Comunicar a Agência Ambiental com antecedência, os dias e locais da captura, que será acompanhada pelos fiscais da Agência Ambiental;
- 3.5 Obedecer ao cronograma, os pontos determinados e os objetivos propostos no projeto apresentado, sendo que qualquer alteração deverá ser previamente comunicada a Agência Ambiental;
- 3.6 Conforme disposto na Resolução CONAMA 006/86, o Licenciado deverá providenciar a publicação do recebimento da presente licença no prazo de 30 (dias), a partir desta data
- 3.7 Deverá ser coletado o mínimo de espécies possíveis, para a realização do respectivo estudo.
- 3.8 A empresa Ambiental Instituto de Pesquisa e Consultoria Ltda, estará integrando a equipe da Systema Naturae Consultoria Ambiental Ltda com Plano de Ação voltado para o Resgate e Salvamento da ictiofauna conforme Plano de Ação apresentado na Agência Ambiental e ao Ministério Público.
- 3.9 É proibido a coleta das seguintes espécies: Pirarucu (*Arapaima gigas*), Filhote/Piraíba (*Braichplatistoma filamastosum*) e Pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*), no Estado de Goiás de acordo com a resolução 003/1996 do CEMAm ( Conselho Estadual do Meio Ambiente) e Portaria 05/2002-N da Agência Ambiental.
- 3.10 É expressamente proibido qualquer ato lesivo contra a Fauna de acordo com a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, em sua seção I, dos Crimes contra a Fauna no caput do Art. 29, III.
- 3.11 Esta Agência Ambiental reserva-se no direito de fazer novas exigências caso seja necessário.

---

5. VALIDADE DA PRESENTE LICENÇA: 01 de novembro de 2007.

---

Goiânia, 06 de novembro de 2006.

  
Neusa Pires Teixeira  
Assessora Jurídica  
OAB GO nº 23804

  
Arailson da Rocha Moreira  
Gerente do Departamento de Fauna e Flora