

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**BARBARA CRISTINA REIS DAMASIO**

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E CONTAMINAÇÃO DE PEIXES POR  
CÁDMIO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ (LONDRINA-PR)**

**LONDRINA**

**2018**

BARBARA CRISTINA REIS DAMASIO

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E CONTAMINAÇÃO DE PEIXES POR  
CÁDMIO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ (LONDRINA-PR)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Edson fontes de Oliveira.  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Furtado da Silva.

**LONDRINA**

**2018**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

Caracterização Limnológica e Contaminação de Peixes por Cádmiu na  
Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR)

por

Barbara Cristina Reis Damasio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 07 de dezembro de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

---

Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço meus pais Edilson e Josimeire por sempre terem me incentivado a continuar e conquistar meus objetivos dentro da universidade. Sem esse apoio nada disso seria possível.

Sou muito grata ao meu namorado Marcos Fernando por todo apoio, carinho e amor durante essa jornada. Obrigada por compreender todos os meus momentos difíceis e minhas ausências em diferentes momentos.

Agradeço imensamente o meu orientador e grande amigo, Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira, por ter me aceitado em seu projeto de pesquisa, ter confiado, apoiado e me ensinado em todos esses anos. Um exemplo de profissionalismo que levarei comigo pro resto da vida.

A todos os meus amigos dentro e fora da universidade que me proporcionaram momentos muitos felizes e de companheirismo, em especial a Larissa e Ingrid que sempre estiveram do meu lado tanto em momento bons quanto ruins. Amizade que durará por muito tempo sem dúvida.

A minha amiga Nelissa, muito companheira, que me proporcionou a oportunidade de estudar e trabalhar com a contaminação de corpos hídricos e todos os membros do Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada (LETA) por sempre terem me ajudado tanto dentro dos laboratórios quanto nas coletas fora da universidade.

Aos Professores Doutores Alessandra Furtado da Silva e Edmilson Antônio Canesin por todo apoio e ajuda no manejo de equipamentos e obtenção de resultados analíticos.

Aos professores Maurício Moreira dos Santos e Orlando de Carvalho Júnior por terem lido, corrigido e enriquecido o meu trabalho.

Agradeço a UTFPR e todos os docentes do curso de Engenharia Ambiental envolvidos na minha formação por todos os conhecimentos adquiridos durante esses anos.

Obrigada a todos!

## RESUMO

DAMASIO, Barbara Cristina Reis. **Caracterização Limnológica e Contaminação de Peixes por Cádmio na Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR)**. 2018. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

A Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR), vem sofrendo com a ação antrópica, especialmente pela presença de elementos-traço oriundos de fontes industriais e urbanas. O objetivo deste estudo foi caracterizar limnologicamente a temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido do Ribeirão Cambé e analisar concentração do contaminante Cádmio (Cd) em espécies de peixes em todos os pontos de coleta no período de 2013 a 2015. Foram selecionados seis pontos de amostragem e nas coletas dos peixes foram aplicadas as pescas manual e elétrica com um esforço amostral de 40 minutos cada. Após a coleta, os indivíduos foram secos, peneirados e preparados com uma solução ácida de ácido nítrico com peróxido de hidrogênio para a digestão. Para a detecção dos metais nas amostras de peixes foi utilizada a técnica de Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado e Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite. Os resultados dos parâmetros limnológicos da água revelaram valores que extrapolaram o limite permitido pela Resolução Conama 357/2005 e pela CETESB. O parâmetro Oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo do limite permitido de 6 mg/L nos pontos 1, 3 e 5 indicando uma possível poluição do corpo hídrico nestes locais. A condutividade elétrica apresentou valores acima do limite permitido de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em todos os seis pontos de amostragem. As duas maiores médias acumuladas de 277 e 365  $\mu\text{S}/\text{cm}$  foram encontradas, respectivamente, nos pontos 3 e 6, indicando ambientes altamente impactados. Os parâmetros de temperatura da água, turbidez e pH estiveram dentro do limite permitido para todos os pontos de amostragem. Foram coletados, um total de 803 indivíduos pertencentes a quatro gêneros e onze espécies diferentes. Os resultados revelaram alta concentração de cádmio nas espécies de peixes ao longo do Ribeirão acima do limite estabelecido pela Resolução RDC N°42, de 29 de agosto de 2013, sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. O ponto 5 foi o que se mais destacou, apresentando altas concentrações do metal em duas espécies de *Hypostomus* (cascudo) em todos os períodos de coleta. Os pontos 3 e 4 localizados no Lago Igapó também se destacaram apresentando altas concentrações do metal nas espécies *Tilapia rendalli* e *Oreochromis niloticus* frequentemente consumidas por indivíduos que praticam a pesca amadora nestes dois locais em todos os períodos de coleta, exceto na coleta realizada no inverno de 2015. Os resultados desse trabalho revelam a necessidade urgente de implementação de um programa de monitoramento da contaminação das águas do Ribeirão Cambé por metais, avaliando com mais detalhe suas implicações para a saúde da população.

**Palavras-chave:** Ictiofauna, elementos-traço, limnologia, urbanização.

## ABSTRACT

DAMASIO, Barbara Cristina Reis. **Limnological Characterization and Contamination of Fishes by Cadmium in the Ribeirão Cambé Basin (Londrina-PR)**. 2018. 51 p. Completion of Course Work (Degree in Environmental Engineering), Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2018.

The Ribeirão Cambé Basin (Londrina-PR), has suffered from anthropic action, especially due to the presence of trace elements from industrial and urban sources. The objective of this study was to characterize limnologically temperature, pH, turbidity, electrical conductivity and dissolved oxygen of Ribeirão Cambé and to analyse concentration of Cadmium (Cd) contaminant in fish species at all collection points from 2013 to 2015. Six sampling points were selected and the manual and electrical fishing were applied to fish samples with a sampling effort of 40 minutes each. After collect, the whole individuals were dried, sieved and prepared with an acid solution of nitric acid with hydrogen peroxide for digestion. For the detection of the metals in the fish samples the technique of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry was used. The results of the limnological parameters of water revealed values that exceeded the limits allowed by Conama Resolution 357/2005 and CETESB. The parameter dissolved oxygen had values below the allowed limit of 6 mg/L in points 1, 3 and 5 indicating a possible pollution of the water body in these places. The electrical conductivity presented values above the allowed limit of 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in all six sampling points. The two largest accumulated means of 277 and 356  $\mu\text{S}/\text{cm}$  were found, respectively, in points 3 and 6 indicating highly impacted environments. The parameters of water temperature, turbidity and pH were within the limit allowed for all sampling points. A total of 803 individuals belonging to four genera and eleven different species were collected. The results showed a high concentration of cadmium in fish species along the riverside above de limit established by Resolution RDC N°42 on Maximum Limits of Inorganic Contaminants in Foods. Point 5 was the most prominent, presenting high concentrations of the metal in two species of *Hypostomus* (suckermouth catfish) in all periods of collection. Points 3 and 4 located in Lake Igapó also out showing high concentrations of the metal in the species *Tilapia rendalli* and *Oreochromis niloticus* frequently consumed by individuals who practice amateur fishing in these two places in all the collection periods, excepts in the collection made in the winter of 2015. The results of this work reveal the urgent need to implement a program to monitor the contamination of the waters of Ribeirão Cambé by metals, evaluating in more detail its implications for the health of the population.

**Key-words:** Ichthyofauna, trace elements, limnology, urbanization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotografia de um trecho do Ribeirão Cambé com possível processo de eutrofização.....	15
Figura 2 – Desenho esquemático explicativo da Bioacumulação e Biomagnificação de Metilmercúrio.....	18
Figura 3 - Fotografia de um trecho da foz do Ribeirão Cambé com alta turbidez.....	21
Figura 4 – Espécie de peixe <i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859).....	22
Figura 5 – Espécie de peixe <i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897).....	23
Figura 6 – Espécie de peixe <i>Astyanax aff. paranae</i> (Eigenmann, 1914).....	24
Figura 7 – Espécie de peixe <i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti e Britski, 2000).....	24
Figura 8 – Espécie de peixe <i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911).....	25
Figura 9 – Espécie de peixe <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758).....	25
Figura 10 – Mapa esquemático demonstrando as Bacias Hidrográficas da área urbana da cidade de Londrina (PR).....	26
Figura 11 – Mapa esquemático demonstrando os pontos de amostragem estabelecidos na Bacia do Ribeirão Cambé.....	27
Figura 12 - Licença permanente para coleta de material zoológico.....	29
Figura 13 – Foto demonstrando a pesca manual utilizando peneira (Bacia do Ribeirão Cambé).....	29
Figura 14 – Fluxograma demonstrando a preparação dos indivíduos para secagem (A), o processo de secagem (B), o processo de peneiramento (C) e característica da amostra peneirada.....	31
Figura 15 – Fotografia mostrando como foram separadas as triplicatas das amostras.....	32
Figura 16 – Fotografia do bloco digestor utilizado para o processo de digestão.....	32
Figura 17 – Foto da aparência da amostra após o processo de digestão no bloco digestor.....	33
Figura 18 – Foto do Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite.....	35
Figura 19 – Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Verão de 2013.....	42

Figura 20 - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Outono de 2014.....	43
Figura 21 - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Inverno de 2014.....	44
Figura 22 - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Verão de 2014.....	45
Figura 23 - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Inverno de 2015.....	46



## LISTA DE SÍMBOLOS

Cd	Cádmio
Zn	Zinco
Fe	Ferro
Cu	Cobre
Cr	Cromo
Pb	Chumbo
Ni	Níquel
Mn	Manganês
Mg	Mercúrio
As	Arsênio
ZnS	Sulfeto de zinco (minério de zinco)
CdCO <sub>3</sub>	Carbonato de cádmio (minério de otavita)
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetros cúbicos
mg/Kg	Miligramas por quilogramas
mg/L	Miligramas por litro
μS/cm	Milisiemens por centímetro
μg/L	Micrograma por litro
°C	Grau Celsius
kW	Quilowatt
A	Ampere
V	Voltagem
μm	Micrômetro
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de Hidrogênio
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1	OS METAIS PESADOS.....	15
3.2	METAIS PESADOS NO AMBIENTE AQUÁTICO.....	17
3.3	CARACTERÍSTICAS DO CÁDMIO.....	18
3.4	PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS ESTUDADOS.....	19
3.4.1	Oxigênio Dissolvido.....	19
3.4.2	Condutividade Elétrica.....	19
3.4.3	Temperatura da Água.....	20
3.4.4	Turbidez.....	20
3.4.5	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	21
3.5	PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PEIXES ESTUDADAS.....	22
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.1.1	Localização e pontos de amostragem.....	26
4.2	COLETA DOS DADOS LIMNOLÓGICOS.....	27
4.3	AMOSTRAGEM DE PEIXES.....	28
4.3.1	Preparação das amostras.....	30
4.3.2	Análise das amostras.....	34
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1	PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA.....	37
5.2	COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA.....	39
5.3	CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO NAS ESPÉCIES DE PEIXES.....	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerado um elemento essencial para que haja vida em nosso planeta, em razão de ser indispensável na composição química de todos os organismos vivos. De acordo com Wetzel (1981), 97% da água na biosfera são águas oceânicas e menos de 2% são águas continentais. Essa pequena quantidade de água doce presente no planeta terra é de extrema importância para os seres vivos de vida aquática e terrestre.

Beluque, Prates e Maia (2012) afirmam que os diversos usos da água doce ocorrem principalmente para produção de energia elétrica, abastecimento público e industrial e irrigação de plantações. Os diversos usos deste recurso natural podem acabar gerando diversos tipos de efluentes, que na maioria das vezes são lançados diretamente para o meio ambiente. Dentre os contaminantes presentes nesses efluentes, especial atenção tem sido dada aos metais pesados, por serem elementos que causam uma série de efeitos deletérios em organismos aquáticos (TORREZANI, 2015).

Em relação às funções biológicas e químicas desempenhadas, os metais pesados podem ser classificados como metais essenciais ou não essenciais. O cádmio é avaliado como um metal não essencial podendo ser tóxico mesmo em pequenas concentrações (MERTZ, 1986).

Os seres que vivem em meios aquáticos perto de grandes centros urbanos estão constantemente expostos a diversos tipos de contaminantes tóxicos, principalmente os peixes. Esse grupo é um dos mais utilizados para programas de monitoramento de metais pesados em meios aquáticos por também participarem da dieta humana, permitindo avaliar a probabilidade da exposição do homem a esses elementos (SILVA et al., 2012).

Os metais pesados são contaminantes que tendem a se acumular nos tecidos dos peixes ocasionando grande risco de contaminação dentro da cadeia trófica (TELES et al., 2008). Essa absorção dos contaminantes é chamada de bioacumulação. Esses poluentes acumulados nos tecidos dos peixes podem ser transferidos em sequência para o homem por meio da cadeia alimentar (GUHATHAKURTA; KAVIRAJ, 2000).

Neste contexto, os sistemas naturais hídricos vêm passando por uma fase de degradação generalizada devido ao crescimento exponencial da população e da sua elevada pressão consumista (ABELL et al., 2008). Diante deste grave problema, analisando informações da bacia do Ribeirão Cambé, localizada na cidade de Londrina-Paraná, o presente estudo testou a hipótese de que há peixes da bacia contaminados pelo Cádmiio em razão de seu elevado grau de urbanização. O Ribeirão Cambé é um dos principais corpos hídricos que cortam a cidade de Londrina, que além de receber grandes quantidades de esgoto, acaba sendo contaminado por poluentes oriundos de resíduos industriais. Por isso, tem-se dado maior atenção ao estudo de contaminação em recursos hídricos.

Deste modo, o estudo de peixes como bioindicadores de metais pesados no Ribeirão Cambé passa a ser um grande avanço para a ciência uma vez que o estudo está diretamente relacionado a saúde da população londrinense e à integridade dos ambientes aquáticos da cidade.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi caracterizar limnologicamente e avaliar a presença de Cádmio nas espécies de peixes coletadas em um riacho urbano localizado na cidade de Londrina-PR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a concentração de Cádmio nos tecidos das espécies de peixes em relação ao limite máximo permitido pela ANVISA
- Verificar se as mesmas podem ser utilizadas como bioindicadoras de contaminação de recursos hídricos por metais pesados.
- Analisar os parâmetros físicos e químicos da água em relação aos limites máximos estabelecidos e caracterizar limnologicamente o Ribeirão Cambé.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Ribeirão Cambé é um subafluente do rio Tibagi e percorre toda a faixa urbana da cidade de Londrina-PR, desde sua nascente até a sua foz, possuindo diferentes alterações antrópicas e visuais ao longo de todo seu percurso. Com o passar dos anos, como a maioria dos corpos de água que estão dentro de centros urbanos, esse ribeirão vem sofrendo com o exacerbado crescimento e desenvolvimento da cidade, sofrendo cada vez mais com a poluição e contaminação de suas águas.

Os fatores que mais influenciam a qualidade da água estão diretamente ligados ao uso e impacto humano nos ecossistemas, que acontece através de erosões, assoreamento, inundações, retirada da vegetação ripária, lançamento de efluentes mal tratados ou não tratados e carreamento de produtos tóxicos advindos de fertilizantes usados na agricultura (TUNDISI, 2003).

De acordo com Krieger e Maciel (2008), a possível contaminação de recursos hídricos nada mais é do que a introdução de componentes químicos, físicos ou biológicos que afetam o ecossistema do local, provocando principalmente a alteração na estrutura ecológica das comunidades presentes no meio, podendo também tornar a água imprópria para o consumo humano. O Ribeirão Cambé está passando pelo processo de contaminação devido ao despejo de efluentes de indústrias locais, despejo de esgotos clandestinos e carreamento de lixo, sedimento e contaminantes para suas águas quando há a ocorrência de chuvas.

Hoje em dia muita importância tem sido dada à contaminação de riachos e ribeirões. O monitoramento de corpos d'água é de grande importância na gestão de recursos hídricos, sobretudo no que diz respeito aos metais pesados e outros contaminantes específicos. Os diversos tipos de contaminação podem acarretar muitos problemas em ecossistemas aquáticos, como por exemplo o aumento da concentração de nitrogênio e fósforo no meio, ocasionando a eutrofização artificial das águas (ESTEVES, 1998).

No ano de 2014 foi observada a elevada concentração de biomassa de algas próximo à nascente do ribeirão Cambé, conforme ilustrado na Figura 1, inclusive com a presença de muitos resíduos urbanos (garrafas PET), revelando uma possível contaminação do meio.

**Figura 1** – Fotografia de um trecho do Ribeirão Cambé com possível processo de eutrofização



**Fonte:** o próprio autor (2014)

### 3.1 OS METAIS PESADOS

Desde o começo dos processos industriais os metais pesados passaram a ser depositados no meio ambiente (SPARKS, 2005). São elementos estáveis e persistentes que possuem número atômico maior que 20 e densidade superior que 5 g/cm<sup>3</sup> (MALAVOLTA, 1994). Por serem elementos com um elevado peso atômico, são chamados de metais pesados. Apesar de serem elementos naturais produzidos pelo intemperismo de rochas e lixiviação do solo, também podem ser lançados no meio ambiente através de ações antrópicas, onde não podem ser degradados ou destruídos (NOALE, 2007). São elementos que participam de reações químicas em todos os organismos vivos, sendo alguns nomeados como essenciais e outros como não-essenciais ou tóxicos.

Menezes (2008) afirma que os metais pesados são conhecidos também como elementos traço, ou seja, são elementos com baixas concentrações no ambiente. Essas concentrações quando aumentadas podem torná-los tóxicos em organismos vivos, causando também sérios problemas em ecossistemas terrestres e aquáticos (GUILHERME et al., 2005).

Os mesmos podem se acumular nos sedimentos de ambientes aquáticos, podendo então serem liberados para a água passando assim a participar do processo

de contaminação em toda cadeia alimentar. A contaminação ainda pode ocorrer através da alimentação de algumas plantas devido ao uso de agrotóxicos, no ambiente de trabalho ou também por utensílios que possuem esses metais em excesso (SPARKS, 2005).

Os metais pesados mais encontrados na natureza são principalmente zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), cromo (Cr), cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni), manganês (Mn), mercúrio (Mg) e arsênio (As) (LIMA, 2013). De acordo com o Quadro 1 é possível verificar as principais fontes antropogênicas da liberação de alguns desses metais no meio ambiente.

**Quadro 1** – Metais pesados e suas fontes antropogênicas no meio ambiente

<b>Elemento</b>	<b>Fontes Antropogênicas</b>
<b>Arsênio (As)</b>	Indústria metalúrgica, fundição, conservação de madeira, combustão de combustíveis fósseis, estrume de aves de capoeira, pesticidas e aterros sanitários.
<b>Cádmio (Cd)</b>	Mineração e fundição, acabamento de metais, indústria de plástico, microeletrônicas, fabricação de baterias, aterros, fertilizante fosfato, lodo de esgoto e ferro velho.
<b>Cromo (Cr)</b>	Acabamento de metais, indústria de plástico, refinarias de tratamento de madeira, indústrias metalúrgicas.
<b>Cobre (Cu)</b>	Mineração e fundição, acabamento de metais, microeletrônicas, tratamento de madeira, aterros, indústria metalúrgica, esterco de suínos, pesticidas, ferro velho e drenagem de minas.
<b>Níquel (Ni)</b>	Indústria siderúrgica, mineração e fundição, acabamento de metais, microeletrônica e fabricação de baterias.
<b>Chumbo (Pb)</b>	Mineração e fundição, indústria siderúrgica, refinarias, indústrias de tintas, exaustão de automóveis, encanamento, fabricação de baterias, lamas de depuração, eliminação de resíduos / aterros sanitários, pesticidas e ferro velho.
<b>Zinco (Zn)</b>	Mineração e fundição, indústria têxtil, acabamento de metais, microeletrônica, eliminação de resíduos e aterros sanitários, lodos de esgoto, pesticidas, e ferro velho.

Fonte: Sparks (2005)



### 3.2 METAIS PESADOS NO AMBIENTE AQUÁTICO

Os metais podem ser introduzidos em corpos hídricos através de processos naturais, tais como o intemperismo das rochas presentes no meio ou artificiais através de carreamento de contaminantes devido a ocorrência de chuvas e descargas diretas na água de efluentes industriais e domésticos.

Quando entram em contato com meios aquáticos, os metais tendem a se acumular principalmente no sedimento (SHRIVASTAVA et al., 2003). A água contida em sedimentos tende a apresentar maiores concentrações de metais pesados pois, através da adsorção por partículas orgânicas e inorgânicas, os mesmos acabam se sedimentando (BOTTE; FREIJE; MARCOVECCHIO, 2007).

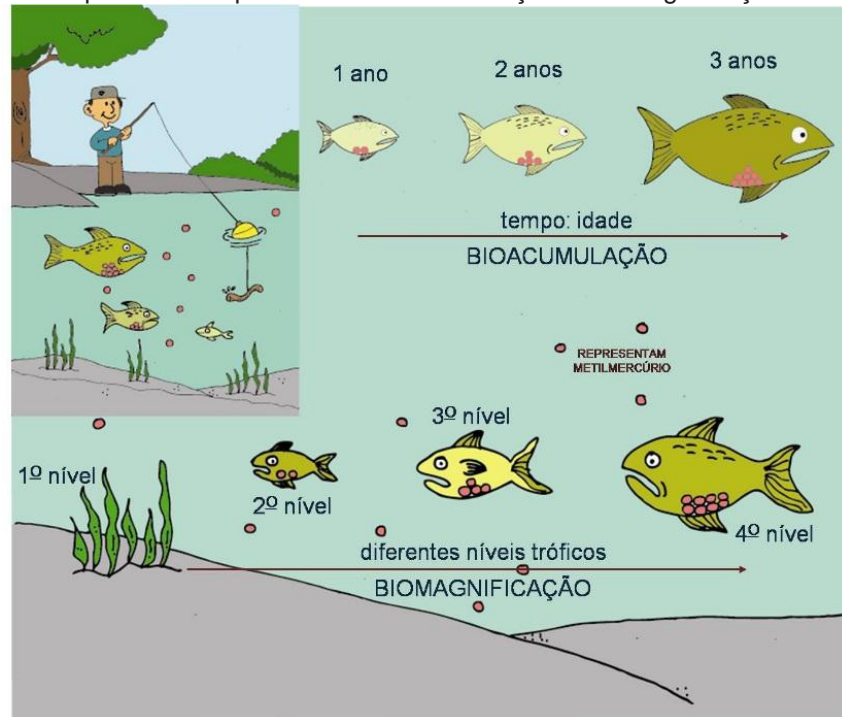
Dependendo das condições ambientais, esses metais podem se desprender do sedimento se tornando então biodisponíveis na água (SILVA 2017). Quando isso ocorre, estes elementos passam a afetar a vida da biota que vive no local contaminado.

Os peixes são os seres de vida aquática mais estudados para verificação da qualidade ambiental de corpos hídricos relacionados a elementos-traço. A partir da bioacumulação dos metais em seus tecidos em grandes períodos de tempo, os peixes são contaminados e podem passar estes elementos para os humanos através da cadeia alimentar.

Por outro lado, também pode ocorrer o processo de biomagnificação, que se refere ao acúmulo crescente desses metais ao longo de níveis tróficos. Nesse caso, os peixes podem contaminar os humanos com altas concentrações desses metais quando são consumidos (MONTONI, 2015).

Um bom exemplo muito conhecido de alta capacidade de bioacumulação e biomagnificação é o elemento metilmercúrio (Figura 2), que ao longo da cadeia alimentar apresenta elevado potencial de ser transferido para o ser humano (ROCHA, 2009).

**Figura 2** – Desenho esquemático explicativo da Bioacumulação e Biomagnificação de Metilmercúrio



Fonte: Rocha (2009)

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DO CÁDMIO

O cádmio é um elemento não-essencial com característica azulada, que dificilmente está disponível naturalmente em rochas (NOALE, 2007). É normalmente encontrado em associação com minérios de zinco ( $ZnS$ ) e também com minérios de otavita ( $CdCO_3$ ) (LICHT; PLAWIAK, 2005).

As principais fontes antrópicas estão na sua utilização para pigmentação de plásticos e baterias, na anticorrosão de materiais feitos de aço (galvanoplastia), bem como na incineração de plásticos que contêm cádmio em sua formulação (ALI; KHAN; SAJAD, 2013). O uso de fertilizantes fosfatados na agricultura é também outro tipo de fonte de cádmio no ambiente (AVILA-CAMPOS, 2017).

Rocha (2008) afirma que este metal pode entrar em contato com organismos vivos através da digestão (por alimentos contaminados) e respiração (principalmente em ambientes industriais e pelo uso do cigarro), o qual é um metal onde os organismos vivos possuem uma grande dificuldade de excreção.

O cádmio sendo um metal tóxico quando entra em contato com seres vivos, acaba afetando suas características vitais. Este elemento quando entra no organismo humano acaba provocando problemas principalmente nos rins, devido a sua acumulação nesse órgão (NOALE, 2007).

Através da inalação, este metal acaba obstruindo os pulmões, causando também sérios problemas respiratórios como bronquites agudas e fibrose pulmonar (ROCHA, 2008). Segundo o mesmo autor, o principal método clínico para obtenção da concentração de cádmio nos organismos humanos é através da análise da urina.

### 3.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS ESTUDADOS

Neste estudo foram analisados cinco parâmetros físicos e químicos de qualidade da água. Os valores obtidos foram relacionados com os limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela CETESB.

#### 3.4.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) em corpos hídricos é vital para que seres vivos, como os peixes, sobrevivam. Ambientes com baixa concentração de OD indica uma possível poluição do local. Isso ocorre quando há grande quantidade de matéria orgânica entrando em decomposição microbiana com elevado consumo de oxigênio, diminuindo assim sua concentração no meio. Concentração ótima deste parâmetro (8 mg/L) pode representar um ambiente em equilíbrio (Agência Nacional das Águas, 2017).

Quando se fala em espécies de meio aquático, a variação da concentração de oxigênio dissolvido pode afetar e influenciar diretamente na distribuição espacial das mesmas (OLIVEIRA; GOULART, 2000).

#### 3.4.2 Condutividade Elétrica

A capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica é chamada de condutividade elétrica (NOGUEIRA; COSTA; PEREIRA, 2015). É um parâmetro que depende previamente da temperatura da água, cuja unidade de medição é  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Estudos mostram que a oscilação da condutividade elétrica pode mostrar uma possível contaminação do local por despejo de efluentes industriais e domésticos ou pela erosão dos solos devido à ausência de mata nas margens dos corpos hídricos, podendo chegar a  $10.000 \mu\text{S}/\text{cm}$  (LÔNDERO et al., 2010).

Este parâmetro não é avaliado na Resolução Conama 357/2005, entretanto, a CETESB recomenda um valor máximo para o mesmo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 3.4.3 Temperatura da água

A temperatura é um parâmetro amplamente conhecido, podendo ser medido com o auxílio de termômetros, peagômetros, entre outros aparelhos de medição. A unidade de medição mais conhecida no Brasil é o grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Temperatura da água é um dado físico muito importante para o estudo da oscilação de muitas variáveis físicas, químicas e biológicas, como por exemplo da condutividade elétrica e reprodução de peixes. Oliveira e Goulart (2000) afirmam que esta variável pode influenciar também em todos os processos fisiológicos dos peixes. Quando a temperatura aumenta, as reações químicas, físicas e biológicas passam a ocorrer mais rápido. Esta elevação da temperatura da água pode ser explicada pelo despejo ilegal de efluentes industriais (CETESB, 2009).

### 3.4.4 Turbidez

A turbidez mede a concentração de sólidos em suspensão, uma vez que os sólidos podem ser de origem orgânica (algas, microorganismos) ou inorgânica (sedimentos) (CETESB, 2009).

É um parâmetro que influencia na temperatura da água e na capacidade de plantas aquáticas fazerem a fotossíntese. O aumento de turbidez pode ser explicado pela erosão dos solos que ficam nas margens dos corpos hídricos e pela grande quantidade de coagulantes utilizados nas ETEs (LÔNDERO et al., 2010). A erosão faz com que pedaços do solo sejam carregados para a água em estações de chuvas intensas, tornando-as mais túrbidas.

No ano de 2014 o Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus - Londrina constatou elevada turbidez em um ponto de amostragem (fz) do Ribeirão Cambé (Figura 3), onde a água apresentou cor acinzentada escura. Isso se deve ao fato de o ponto estar localizado após uma estação de tratamento de esgoto da empresa SANEPAR.

**Figura 3** – Fotografia de um trecho da foz do Ribeirão Cambé com alta turbidez



**Fonte:** o próprio autor (2014)

#### 3.4.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma variável química que dependendo do aumento ou diminuição de íons  $H^+$ , influencia diretamente em equilíbrios químicos, tanto em seres vivos como em outras variáveis limnológicas (VON SPERLING, 2005). Essa oscilação pode ser devido a fatores naturais, como o intemperismo de rochas e fotossíntese de seres aquáticos, mas também pode ser devido a fontes antropogênicas, como o despejo ilegal de efluentes industriais e domésticos (LÔNDERO et al., 2010).

Através do pH é possível classificar a água como ácida ( $pH < 7$ ), alcalina ( $pH > 7$ ) ou neutra ( $pH = 7$ ). Corpos hídricos de água doce possuem valores de pH que variam entre 6 e 9 (GASPAROTTO, 2011).

Em espécies de peixes esta variável limnológica pode afetar suas características fisiológicas podendo causar até a morte das mesmas (OLIVEIRA; GOULART, 2000).

### 3.5 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PEIXES ESTUDADAS

Neste trabalho estão descritas características de espécies de peixes pertencentes as ordens Cyprinodontiformes, Perciformes, Characiformes e Siluriformes que foram submetidas à análise de contaminação de cádmio no ribeirão Cambé

A espécie de peixe *Poecilia reticulata* (Peters 1859), Figura 4, mais conhecida como Barrigudinho pertence a ordem dos Cyprinodontiformes e família Poeciliidae é a de menor tamanho em relação a todas as outras espécies analisadas neste estudo. Os indivíduos apresentam tamanhos que variam de 13,9 a 200 mm e são espécies que se distribuem em continente africano e americano, podendo sobreviver tanto em águas doces quanto em águas salgadas com hábito alimentar detritívora ou omnívora (REIS; KULLANDER; FERRARIS JUNIOR, 2003).

É uma espécie que predomina em sistemas aquáticos de características principalmente lânticas e por ser uma espécie exótica em nosso país, foram introduzidas nos corpos hídricos brasileiros principalmente para o controle de larvas e insetos (BRITSKI, 2007).

A *P. reticulata* é considerada uma espécie bioindicadora pelo fato de ser bastante resistente a variações extremas nos ambientes aquáticos, além de eficiente competidora, passando a utilizar os mesmos recursos de sobrevivência de espécies nativas, características as quais passam a ser um grande problema para uma boa manutenção da diversidade de espécies nos riachos urbanos (SOUZA; TOZZO, 2013).

**Figura 4** – Espécie de peixe *Poecilia reticulata* (Peters, 1859)



**Fonte:** Graça e Pavanelli (2007)

A espécie de peixe *Tilapia rendalli* (Boulenger 1897; Figura 5), também conhecida como tilápia-do-Congo, pertence à família Cichlidae e ordem dos Perciformes. Esta espécie realiza incubação de seus ovos em ninhos (HILSDORF, 1995). Foi uma das primeiras espécies a serem criadas na África e introduzidas no Brasil na década de 50, sendo caracterizada então como uma espécie invasora nas águas continentais brasileiras (LAZARD; ROGNON, 1997). Tavares-dias e Moraes (2003) afirmam que ela é uma espécie herbívora, mas que também se alimenta de plâncton.

A *T. rendalli* está disseminada por todo o Brasil por ser uma espécie que também participa da dieta humana. Ela é cultivada principalmente em represas junto com espécies de peixes piscívoras, bem como também são comercializadas em “pesque pague” e criadouros de peixes (ALVES; VONO; VIEIRA, 1999). As Tilápias, principalmente por serem espécies amplamente consumidas, são utilizadas como bioindicadoras para o monitoramento de poluição de corpos hídricos e, conseqüentemente, e consideradas potenciais fontes de contaminação para os seres humanos que as consomem.

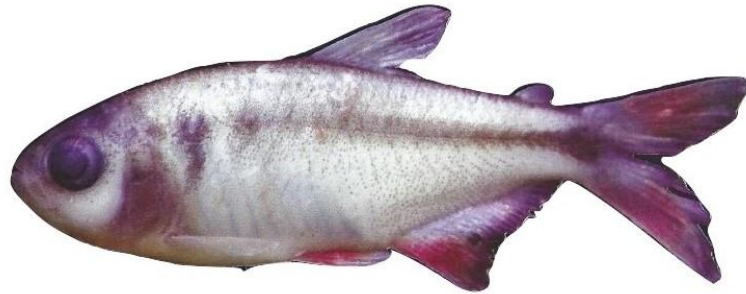
**Figura 5** – Espécie de peixe *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897)



**Fonte:** Graça e Pavanelli (2007)

A espécie de peixe *Astyanax aff. paranae* (Eigenmann, 1914; Figura 6), mais conhecida como lambari, é uma espécie nativa do Brasil e típica de cabeceiras. Está presente no grupo de espécies da ordem Characiformes e família Characidae, o qual é o mais dominante e presente nas águas doces do nosso país. Possui característica alimentar insetívora podendo chegar a um tamanho de aproximadamente 90 mm (BRITSKI, 2007). São espécies consumidas por algumas comunidades tradicionais e consideradas dispersoras de sementes, mantendo assim a integridade de matas ciliares, porém são muito sensíveis a mudanças extremas no meio (SILVA, 2014).

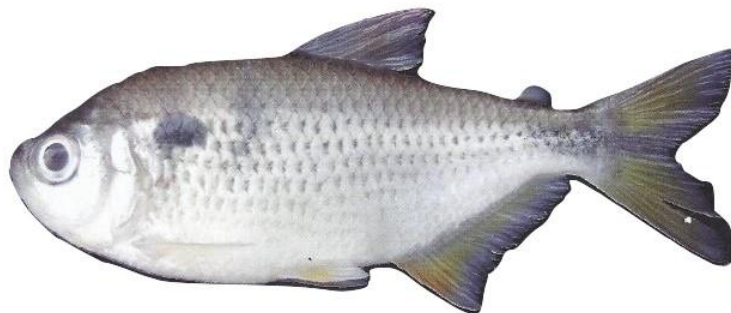
**Figura 6** – Espécie de peixe *Astyanax aff. paranae* (Eigenmann, 1914)



**Fonte:** Graça e Pavanelli (2007)

Outra espécie de lambari também bastante comum é a *Astyanax altiparanae* (Figura 7), mais conhecida como lambari-do-rabo-amarelo por possuir nadadeiras amareladas (GARUTTI, 1965). É uma espécie, assim como a *paranae*, comum nos corpos hídricos da bacia do alto rio Paraná (GARUTTI E BRITSKI, 2000). O *A. altiparanae* chega a um comprimento máximo de aproximadamente 130 mm e possui duas características bem explícitas que o diferencia do *A. paranae*, que são a maior altura do corpo e a mancha umeral bem nítida e arredondada (GRAÇA E PAVANELI, 2007).

**Figura 7** – Espécie de peixe *Astyanax altiparanae* (Garutti e Britski, 2000)



**Fonte:** Graça e Pavanelli (2007)

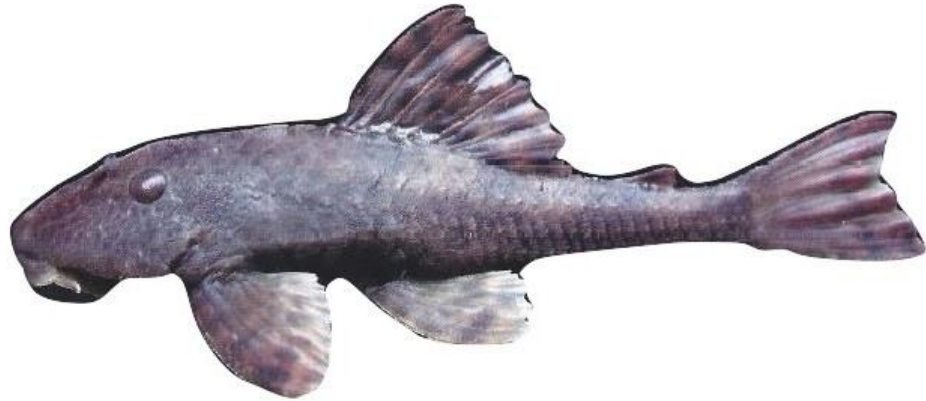
*Hypostomus ancistroides* (Ihering, 1911; Figura 8), mais conhecida como cascudo, pertence a ordem dos Siluriformes, família dos Loricaridae e é nativa de nosso país, comumente consumida por pescadores podendo também, além dos lambaris e tilápias, representar como fonte de contaminação por metais pesados nos seres humanos (LABARRÈRE; MENEZES; MELO, 2012).

É uma espécie adaptada a ambientes com características de grande fluxo de água e de fundo mais rochoso (PAGOTTO et al. 2011). Pelo fato de a espécie ser



detritívora alimentando-se principalmente de detritos orgânicos que ficam aderidos no sedimento do corpo hídrico, são de extrema importância para estudos de contaminação por metais pesados em razão dos mesmos estarem mais concentrados nos sedimentos (BALESTRI, 2015).

**Figura 8** – Espécie de peixe *Hypostomus ancistroides* (Ihering, 1911)



**Fonte:** Graça e Pavanelli (2007)

A espécie *Oreochromis niloticus* mais conhecida como Tilápia do Nilo foi introduzida no Brasil a partir da Costa do Marfim em 1971 (KUBITZA, 2006) (Figura 9). É uma espécie de peixe que possui preferência de habitat em águas doce e rasa e se alimenta principalmente de fitoplâncton e plantas aquáticas (IGARASHI, 2008). São espécies com alto índice de proliferação possuindo até quatro desovas por ano. Essa característica é positiva, uma vez que a espécie é altamente usada para cultivo e comercialização (KUBITZA, 2005).

**Figura 9** – Espécie de peixe *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)



**Fonte:** Graça e Pavanelli (2007)

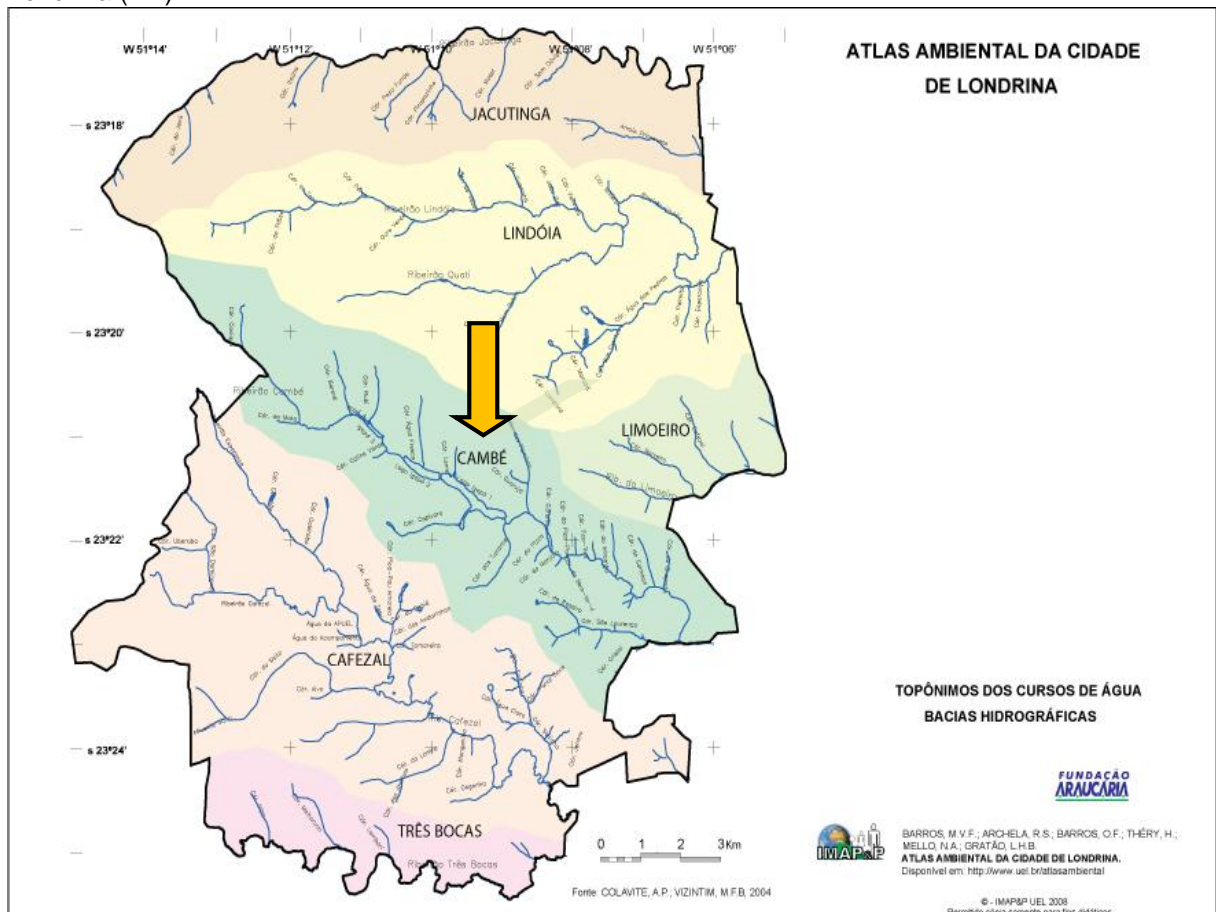
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

#### 4.1.1 Localização e pontos de amostragem

A região de Londrina está localizada na região norte do Paraná, na região sul do Brasil. O município possui as coordenadas geográficas 23°08'47" e 23°55'46" de Latitude Sul e 50°52'23" e 51°19'11" de Longitude Oeste (LONDRINA, 2017). Passam por ela uma grande rede de drenagem em todo o seu entorno, como apresentado na Figura 10.

**Figura 10** – Mapa esquemático demonstrando as Bacias Hidrográficas da área urbana da cidade de Londrina (PR)

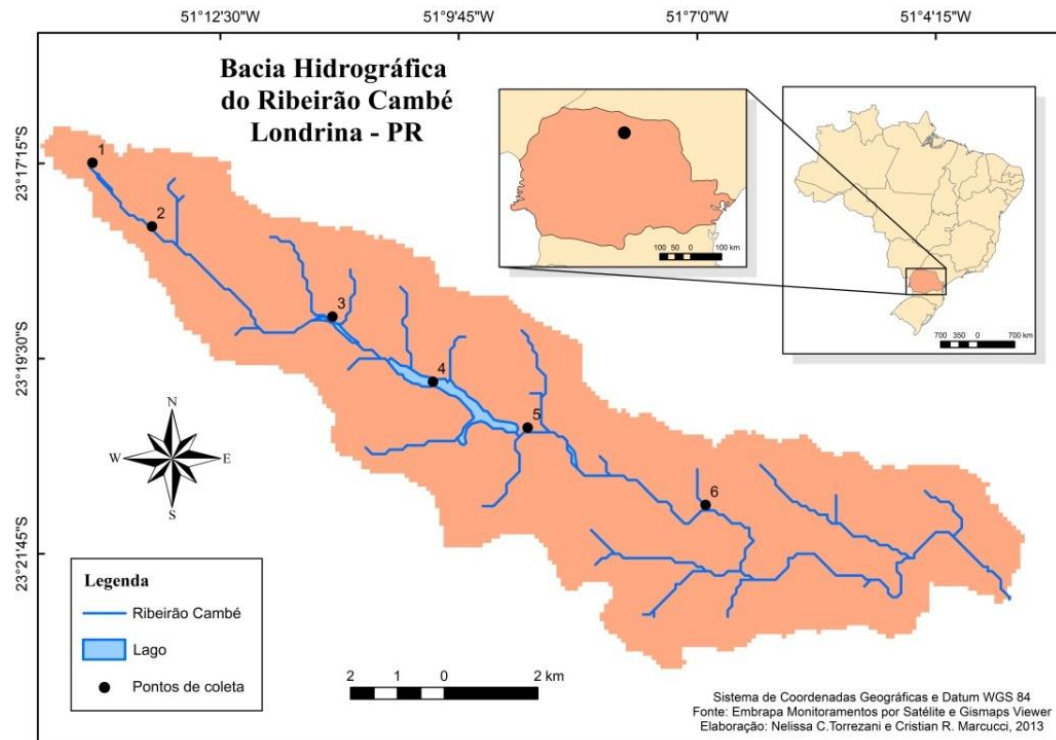


Fonte: Universidade Estadual de Londrina (2018)

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cambé é a principal bacia situada no município, cruzando a cidade desde sua nascente até a sua foz, recortando a mesma em um percurso total de 21,5 Km até o seu desague no Ribeirão Três Bocas (TAGIMA;

TERABI, 1997). Foram selecionados seis pontos de amostragem ao longo do ribeirão, como mostrado na Figura 11. Foram realizadas um total de cinco coletas sendo elas nas estações de verão de 2013, outono, inverno e verão de 2014 e inverno de 2015. Os pontos foram escolhidos priorizando a melhor acessibilidade, atividade pesqueira e potencial de contaminação.

**Figura 11** – Mapa esquemático demonstrando os pontos de amostragem estabelecidos na Bacia do Ribeirão Cambé



**Fonte:** Torrezani (2015)

## 4.2 COLETA DE DADOS LIMNOLÓGICOS

Os parâmetros limnológicos (Quadro 2) foram medidos em todos os pontos de amostragem com o utensílio de luvas para que não houvesse contato com as amostras de água.

**Quadro 2** - Parâmetros limnológicos e seus respectivos aparelhos de medição

	<b>Temperatura da água</b>	<b>pH</b>	<b>Condutividade Elétrica</b>	<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>Turbidez</b>
<b>Aparelho de medição</b>	Peagâmetro portátil (ADRIA, modelo AK90)	Peagâmetro portátil (ADRIA, modelo AK90)	Condutivímetro portátil (INSTRUTHERM, Modelo CD-860)	Oxímetro portátil (Politerm, Modelo POL-60)	Turbidímetro portátil (TECNOPON, Modelo TB 1000P)

Fonte: o próprio autor

Os cinco parâmetros estudados foram relacionados com os limites máximos estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), para a qualidade da água (Tabela 1).

**Tabela 1** – Parâmetros analisados e seus limites permitidos.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor limite</b>
Temperatura da água (°C)	Não há
pH	6,0 a 9,0 (CONAMA)
Condutividade Elétrica (µS/cm)	≤100 µS/cm (CETESB)
Turbidez (NTU)	≤40 NTU (CONAMA)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	≥ 6 mg/L (CONAMA)

Fonte: o próprio autor

### 4.3 AMOSTRAGEM DE PEIXES

Diante da autorização N° 28113-1 do ICMBio (Figura 12) em nome do Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira, foram coletadas amostras de peixes nos seis pontos de amostragem ao longo de todo o ribeirão, utilizando um esforço amostral de 40 minutos.

**Figura 12** - Licença permanente para coleta de material zoológico

Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Licença permanente para coleta de material zoológico

Número: 28113-1		Data da Emissão: 19/04/2011 17:20	
Dados do titular			
Nome: Edson Fontes de Oliveira		CPF: 590.727.255-49	
Título do Projeto: Padrões de estrutura das assembleias de peixes em riachos com diferentes graus de conservação			
Nome da Instituição : Universidade Tecnológica Federal do Paraná			CNPJ: 75.101.873/0011-61

**Fonte:** o próprio autor

As coletas foram realizadas utilizando a pesca manual com o uso de puçás (2mm), rede de arrasto e peneiras (2mm) (Figura 13). Foi utilizado também o método de pesca elétrica, onde um gerador de energia portátil de 2,5 kW e 2 Amperes conduziu uma corrente de 400 V através de puçás na linha da água. A corrente elétrica faz com que os peixes fiquem desorientados, ficando assim mais fáceis de serem coletados.

**Figura 13** – Fotografia demonstrando a pesca manual utilizando peneira (Bacia do Ribeirão Cambé)

**Fonte:** o próprio autor (2014)

Ao serem coletadas, as espécies de peixes foram colocadas em sacos de plástico esterilizados e em seguida acondicionados em uma caixa de isopor com gelo até a chegada das amostras no Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada

(UTFPR/Londrina). Ao chegarem no laboratório as amostras foram mantidas sob refrigeração em um freezer a uma temperatura próxima de 4°C.

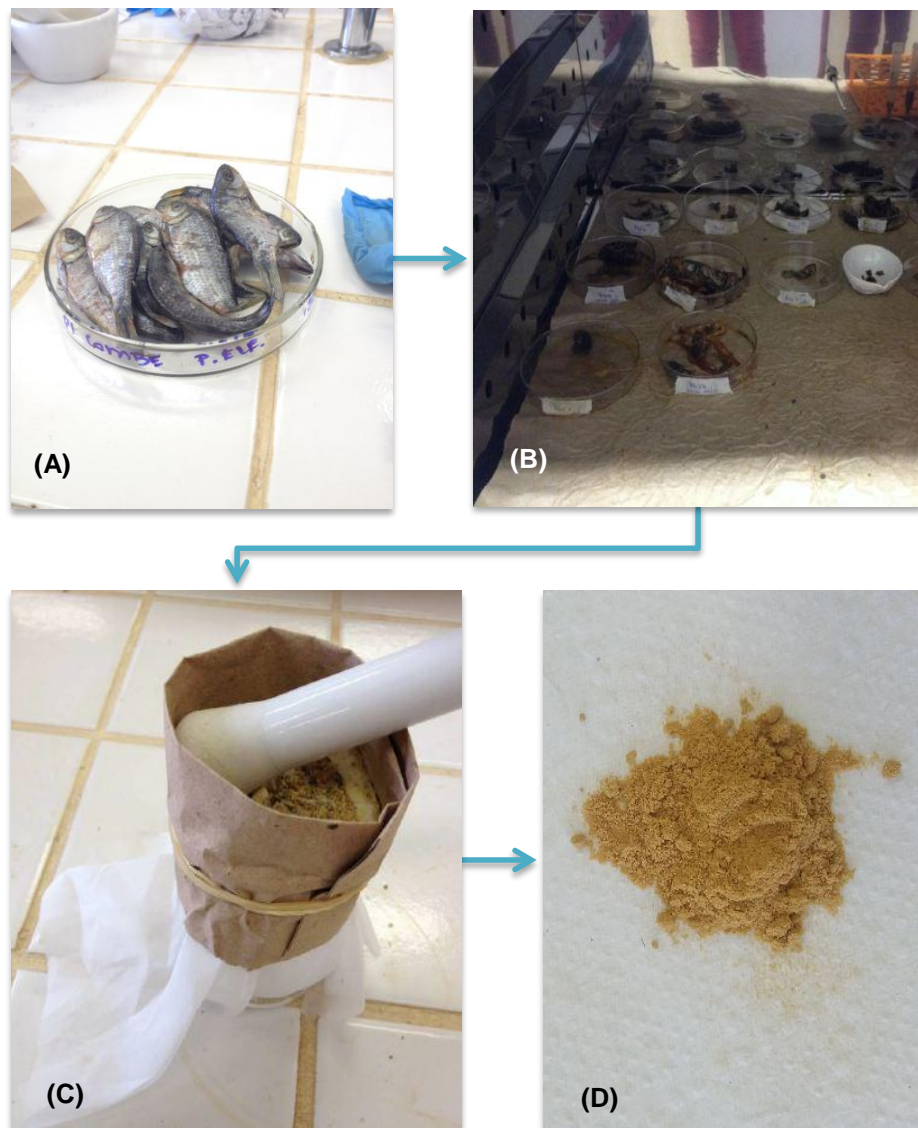
#### 4.3.1 Preparação das amostras

Ao serem descongeladas, as espécies de peixes foram identificadas e passaram por biometria, quando foram medidos seus comprimentos com a ajuda de um ictiômetro. Suas biomassas foram estimadas com ajuda de uma balança de precisão (Shimadzu, BL3200H).

Após o processo de biometria foram retirados tecidos musculares dos peixes com maior biomassa com o uso de tesouras e bisturis esterilizados e descontaminados com ácido nítrico (30% v/v). Os músculos retirados foram colocados em placas de Petri também descontaminadas e submetidos à secagem na estufa por um período de 48 horas a 50°C. Espécies de peixes com menor quantidade de biomassa foram submetidos inteiros à estufa para secagem.

Após a secagem as amostras foram maceradas em gral de porcelana e peneiradas em uma membrana de 63 micrômetros ( $\mu m$ ). O material final e com aparência de pó foi dividido em triplicatas de 300 mg para cada espécie diferente (Figura 14).

**Figura 14** – Fluxograma demonstrando a preparação dos indivíduos para secagem (A), o processo de secagem (B), o processo de peneiramento (C) e característica da amostra peneirada.



**Fonte:** o próprio autor

As amostras secas, em triplicata escolhidas (Figura 15), foram submetidas ao processo de digestão. Amostras coletadas nas estações de verão de 2013 e outono e inverno de 2014 foram submetidas ao processo de digestão assistido por micro-ondas. Já as amostras coletadas nas estações de verão de 2014 e inverno de 2015 foram submetidas ao processo de digestão utilizando o bloco digestor (Figura 16), onde o material sólido passou a ser líquido com a deteriorização de toda a matéria orgânica (Figura 17).

**Figura 15** – Fotografia mostrando como foram separadas as triplicatas das amostras



**Fonte:** o próprio autor

**Figura 16** – Fotografia do bloco digestor utilizado para o processo de digestão



**Fonte:** o próprio autor



**Figura 17** – Foto da aparência da amostra após o processo de digestão no bloco digestor



**Fonte:** o próprio autor

Para o método de digestão assistido por micro-ondas, cada amostra da triplicata foi colocada em um vessel do digestor. Em cada vessel foi adicionado também 8 mL de  $\text{HNO}_3$  e 2 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Para obter um dado comparativo foi preparado também um vessel que continha somente os reagentes (branco). As amostras preparadas com os reagentes ficaram em repouso por 10 minutos até serem submetidas à digestão.

De acordo com o fabricante do aparelho digestor, os parâmetros físicos estiveram de acordo com a Tabela 2 abaixo, na hora de realizar as digestões.

**Tabela 2** - Parâmetros físicos que foram utilizados para a digestão

Etapas	Temperatura	Pressão	Tempo Rampa	Tempo de permanência (min)	Potência (%)
1	190	40	6	10	90
2	50	0	1	1	0
3	50	0	1	10	0
4	50	0	1	10	0
5	50	0	1	1	0

**Fonte:** PerkinElmer Titan MPS - Microwave Sample Preparation System, Torrezani (2015)

Ao ser retirada do digestor cada amostra repousou 20 minutos até obter a temperatura ambiente. Após esfriar, cada amostra foi dividida em triplicata novamente

e colocadas em tubos de polipropileno. Foi misturada água ultrapura em cada tubo até ser obtido um volume de 15 mL.

Para o método de digestão utilizando o bloco digestor, cada amostra da triplicata (300 mg) foi colocada em um vessel de vidro. Em cada vessel foram adicionados 6 mL de ácido nítrico destilado 65% os quais ficaram durante uma hora no digestor a 80°C. Após esse processo foram adicionados em cada vessel 3mL de peróxido de hidrogênio 30%. Essa solução ficou reagindo durante duas horas a uma temperatura de 160°C. Ao ser retirada do bloco digestor cada amostra repousou até obter a temperatura ambiente. Após esfriar, cada amostra foi colocada em tubos de polipropileno e foi adicionada água ultrapura até obter um volume de 50 mL.

#### 4.3.2 Análise das amostras

As amostras preparadas no ano de 2014 foram analisadas pelo método de Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado mais conhecido como ICP-MS. Este tipo de aparelho possui um sistema nebulizador onde a amostragem é feita por uma bomba peristáltica. Este equipamento é equipado também por uma câmara concêntrica e possui uma célula de reação/colisão. Para a medição com este tipo de método, foi utilizado o gás argônio com pureza de 99,99% (White Martins). Para a elaboração da curva de calibração foram preparadas soluções a partir de um padrão de 1000 mg/L (Merck) em uma faixa de concentração de 0,5 µg/L a 500 µg/L. Alguns dos parâmetros para a operação correta do equipamento para a análise das amostras são mostrados no Quadro 3.

**Quadro 3** – Parâmetros para a operação do ICP-MS para as análises das amostras

Parâmetros	Valores Setados
Potência de radiofrequência	1600 W
Voltagem do detector:	
-Pulso	1250 V
-Analógico	- 1675 V
Taxa de fluxo de gás:	
-Principal	18 L/min
-Auxiliar	1,2 L/min
-Nebulizador	1,02 L/min
Amostrador e cone separador	Ni
Sinal	<i>Peak hopping</i>
Leitura por replicata	50
Modo <i>Lens</i>	On
Tempo morto	35 ns
Modo de operação do detector	Pulse
Tempo de permanência	25 ms

Fonte: Beal (2015)

Já as amostras preparadas no ano de 2018 foram analisadas utilizando o método de Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite modelo Thermo Scientific ICE 3300 (Figura 18). Como gás inerte foi utilizado o argônio e como fonte de energia foi utilizada uma lâmpada de catodo oco para Cádmio. Para as análises foram utilizadas as programações apresentadas na Tabela 3.

**Figura 18** – Foto do Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite

Amostras dentro do equipamento

Fonte: o próprio autor (2018)

**Tabela 3** – Programa de temperatura do forno para determinação do Cd

Etapa	Temperatura (°C)	Tempo (seg)	Rampa (°C/seg)	Fluxo do gás (L/min)
Secagem	100	20,0	10	0,2
Pirólise	800	10,0	150	0,2
Atomização	1000	3,0	-	-
Limpeza	2500	3,0	-	0,2

Fonte: Adaptado ICE 3300, Thermo Scientific, Estados Unidos

Para a leitura das amostras foi feita uma curva de calibração realizada partir de uma solução padrão de Cd de 1000mg/L com concentrações de 0,2, 0,5, 0,8, 1, 1,2, e 1,5 µg/L.

O comprimento de onda encontrado para o Cd foi de 228,8 nm. Foram injetados aproximadamente 30 µg/L de cada amostra digerida no tubo de grafite para que a leitura fosse realizada. Para cada amostra foram realizadas leituras em triplicata no equipamento. As leituras realizadas mostraram resultados em µg/L e para a conversão de unidade para mg/Kg foi utilizada a seguinte equação:

$$[Cd] \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} = \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} = \frac{[Cd] \mu\text{g L}^{-1} \times \text{Volume da amostra}}{\text{Massa em gramas}}$$

Todos os valores encontrados foram relacionados ao que é estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N° 42, de 29 de agosto de 2013, sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. De acordo com a Resolução, a concentração limite do metal cádmio permitida em peixes crus, congelados ou refrigerados é de 0,05 mg/Kg.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA

Oliveira e Goulart (2000) afirmam que parâmetros físicos e químicos da água, assim como a predação e competição entre espécies são grandes influenciadores da distribuição da ictiofauna dentro de um corpo hídrico. De acordo com a Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) nº 3/1991, o Ribeirão Cambé se enquadra como corpo hídrico de classe 1. Os cinco parâmetros estudados foram relacionados com os limites máximos estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 e pela Cetesb, para a qualidade da água.

As médias e desvios padrões dos parâmetros abióticos analisados neste estudo nas cinco coletas realizadas no período de 2013 a 2015 estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** – Médias e desvios padrões dos parâmetros limnológicos analisados

Pontos	Temperatura da água (°C)	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
1	22,74 ± 2,79	7,64 ± 0,99	120 ± 27,18	13,92 ± 8,89	5,92 ± 2,39
2	24,6 ± 4,93	8,21 ± 1,04	146 ± 59,22	27,5 ± 24,94	7,32 ± 0,97
3	24,94 ± 3,77	8,16 ± 1,24	277 ± 24,81	6,35 ± 3,07	4,94 ± 0,76
4	24,07 ± 1,70	7,96 ± 1,01	162 ± 23,99	7,3 ± 9,33	5,26 ± 2,05
5	25,42 ± 2,14	8,38 ± 0,51	149 ± 21,78	11,68 ± 1,32	7,55 ± 1,26
6	26,1 ± 3,96	7,92 ± 0,56	365 ± 68,08	15,85 ± 9,33	9,68 ± 6,42

**Fonte:** o próprio autor

A temperatura é um parâmetro que influencia diretamente no comportamento e nas características fisiológicas nas espécies de peixes (HUTCHINSON, 1975). Nos dados de temperaturas analisados foi possível observar a diferença entre a média mínima de 22,74°C para o ponto 1 e máxima de 26,1°C para o ponto 6 comprovando que não houve uma grande oscilação de valores.

O parâmetro que estabelece a alcalinidade ou acidez da água (pH) analisado mostrou média mínima de 7,64 para o ponto 1 e máxima de 8,38 para o ponto 5. Em todos os pontos de amostragem as médias para o pH se apresentaram dentro do valor estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. A resolução estabelece um valor ótimo entre 6 e 9 para o pH em corpos hídricos de Classe 1.

Para a condutividade elétrica, parâmetro que mede a concentração de íons na água e a capacidade da mesma de conduzir corrente elétrica (TORREZANI, 2015), apresentou média mínima de 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o ponto 1 e máxima de 365  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o ponto 6. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabelece um valor limite de condutividade elétrica de até 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para águas com boa qualidade. Considerando este valor limite estabelecido, pode-se observar que em todos os pontos de amostragem a condutividade elétrica ultrapassou os 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

O maior valor encontrado para condutividade elétrica foi observado no ponto 6 (365  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Este fato pode ser explicado devido a este ponto estar a jusante de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) e também por apresentar em seu entorno áreas de agricultura e pastagem favorecendo o carreamento de sair provenientes do solo para dentro do Ribeirão Cambé em épocas chuvosas.

O segundo maior valor de condutividade elétrica encontrado no ponto de amostragem 3 (277  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi explicado por Squizzato (2014) pelo fato de ser um local com uma extensa área impermeabilizada, colaborando com o grande escoamento de materiais em suspensão junto com resíduos sólidos gerados na cidade em épocas de chuva para dentro do corpo hídrico estudado.

A turbidez, parâmetro que estabelece a concentração de materiais suspensos na água, apresentou uma média mínima de 7,3 NTU no ponto 4 e máxima de 27,5 NTU no ponto 2. Em todos os pontos de amostragem os valores de turbidez estiveram dentro do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 de 40 NTU para corpos hídricos de Classe 1.

O menor valor médio no ponto 4 se deu pelo fato de estar localizado no Lago Igapó, onde o corpo hídrico possui uma característica mais lântica favorecendo a sedimentação de partículas. Já o valor máximo da média encontrado pode ser explicado pelo fato de estar a jusante do ponto 2 uma queda d'água fazendo com que os materiais mais concentrados no sedimento passem a ser suspensos na água devido à grande turbulência oferecida pela queda.

O oxigênio dissolvido analisado mostrou-se dentro do limite permitido pela Resolução Conama 357/2005 apenas nos pontos 2, 5 e 6 para corpos hídricos de Classe 1. Por outro lado, os pontos 1 (próximo a nascente), 3 e 4 (localizados na região do Lago Igapó) também enquadrados nessa classe, onde os valores obtidos se apresentaram abaixo do limite permitido de 6 mg/L.

A maior média de OD encontrada foi de 9,68 mg/L para o ponto 6 e a menor de 4,94 mg/L para o ponto 3. Vale ressaltar que valores muito baixos de oxigênio dissolvido em riachos, rios e lagos afetam principalmente o crescimento, fisiologia e distribuição espacial de espécies aquáticas (OLIVEIRA; GOULART, 2000).

Torrezani (2015) afirma que este parâmetro é muito importante para um ótimo funcionamento dos sistemas aquáticos e que valores de concentração de oxigênio dissolvido na água abaixo de 6 mg/L pode indicar uma possível poluição das águas devido à grande decomposição de matéria orgânica presente no local.

## 5.2 COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA

Foram coletados e preparados um total de 803 indivíduos pertencentes a quatro gêneros (Cyprinodontiformes, Perciformes, Siluriformes e Characiformes) e onze espécies diferentes. O Quadro 4 apresenta as espécies de peixes coletadas, o período de amostragem, o número de indivíduos por amostra e seus respectivos pontos de amostragem para a análise realizada.

**Quadro 4** – Informações sobre o período de coleta, espécies coletadas, números de indivíduos por amostra, tecido analisado e pontos de amostragem do estudo em questão

<b>Estação/Ano</b>	<b>Ponto</b>	<b>Espécie</b>	<b>Número Indivíduos</b>	<b>Tecido analisado</b>
<b>Verão/2013</b>	P1	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters 1859)	296	Inteiro
	P2	<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti e Britski, 2000)	18	Músculo
	P3	<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger 1897)	11	Inteiro
	P4	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	8	Músculo
	P5	<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering,1911)	16	Inteiro
	P6	<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering,1911)	3	Músculo
<b>Outono/2014</b>	P1	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	3	Músculo
	P2	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	5	Músculo
	P3	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	17	Músculo
	P4	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	12	Músculo
	P5	<i>Hypostomus cf. strigaticeps</i> (Regan,1908)	12	Músculo
	P6	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters 1859)	56	Inteiro
<b>Inverno/2014</b>	P1	<i>Astyanax aff. paranae</i> (Eigenmann, 1914)	13	Inteiro
	P2	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	6	Músculo
	P3	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters 1859)	128	Inteiro
	P4	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	15	Músculo
	P5	<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering,1911)	11	Inteiro
	P6	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters 1859)	111	Inteiro
<b>Verão/2014</b>	P1	<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti e Britski, 2000)	9	Músculo
	P2	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	5	Inteiro
	P3	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	12	Músculo
	P4	<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger 1897)	9	Inteiro
	P5	<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering,1911)	3	Inteiro
	P6	<i>Ramdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	4	Inteiro
<b>Inverno 2015</b>	P2	<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	2	Inteiro
	P2	<i>Hoplias</i> sp. 2	2	Inteiro
	P5	<i>Hypostomus regani</i> (Ihering,1911)	10	Inteiro
	P5	<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering,1911)	6	Inteiro

Fonte: o próprio autor

Dentre todas as espécies coletadas ao longo do Ribeirão Cambé, três espécies específicas são consideradas como exóticas: *Poecilia reticulata*, *Tilapia rendalli* e *Oreochromis niloticus*. São espécies que possuem boa adaptação em meios degradados e consideradas oportunistas e generalistas (TORREZANI,2015).



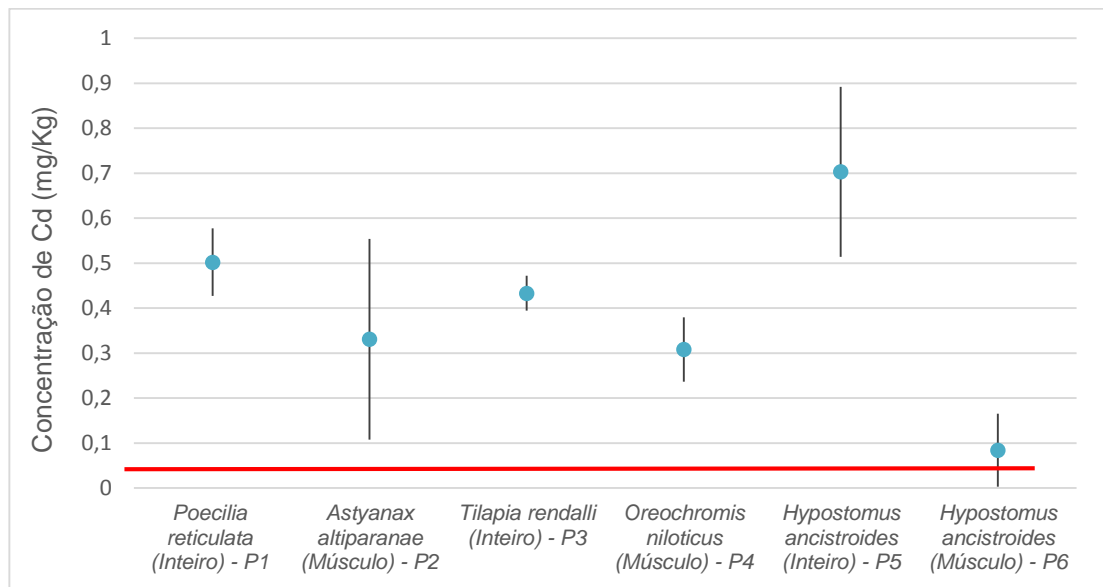
Shibata (2003) afirma que a espécie *Poecilia reticulata*, por ter essa característica de adaptação em meios degradados, é muito utilizada como bioindicadora de integridade de habitats aquáticos.

### 5.3 CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO NAS ESPECIES DE PEIXES

No verão de 2013 foi analisada a concentração de cádmio em mg/Kg nas espécies *Poecilia reticulata*, *Astyanax altiparanae*, *Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus* e *Hypostomus ancistroides* (Figura 19). De acordo com os valores obtidos, as concentrações de cádmio nas espécies analisadas em todos os pontos de amostragem se mostraram acima do limite permitido pela ANVISA.

A maior média acumulada de concentração de cádmio neste período de coleta (0,703 mg/Kg) foi observada para a espécie *Hypostomus ancistroides* no ponto 5. O valor muito alto pode estar associado ao período de chuvas, além do fato da espécie possuir uma característica detritívora, alimentando-se principalmente de detritos orgânicos acumulados no sedimento do corpo hídrico onde os metais se acumulam mais facilmente.

Este é um resultado importante devido a espécie possuir um porte maior e conseqüentemente ser consumida por pescadores amadores podendo então representar uma fonte de contaminação por cádmio para a população (LABARRÈRE et al., 2012).

**Figura 19** – Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Verão de 2013

**Fonte:** o próprio autor

Nota: Os pontos azuis representam a média das triplicatas para cada amostra realizada com seus respectivos desvios padrão. A faixa vermelha representa o limite estabelecido pela RCD N° 42 de 0,05 mg/Kg de cádmio em pescados.

Torrezani (2015) também encontrou concentrações altas de chumbo acima do limite permitido pela ANVISA em todos os pontos de amostragem, exceto no ponto 6 para este mesmo período de coleta.

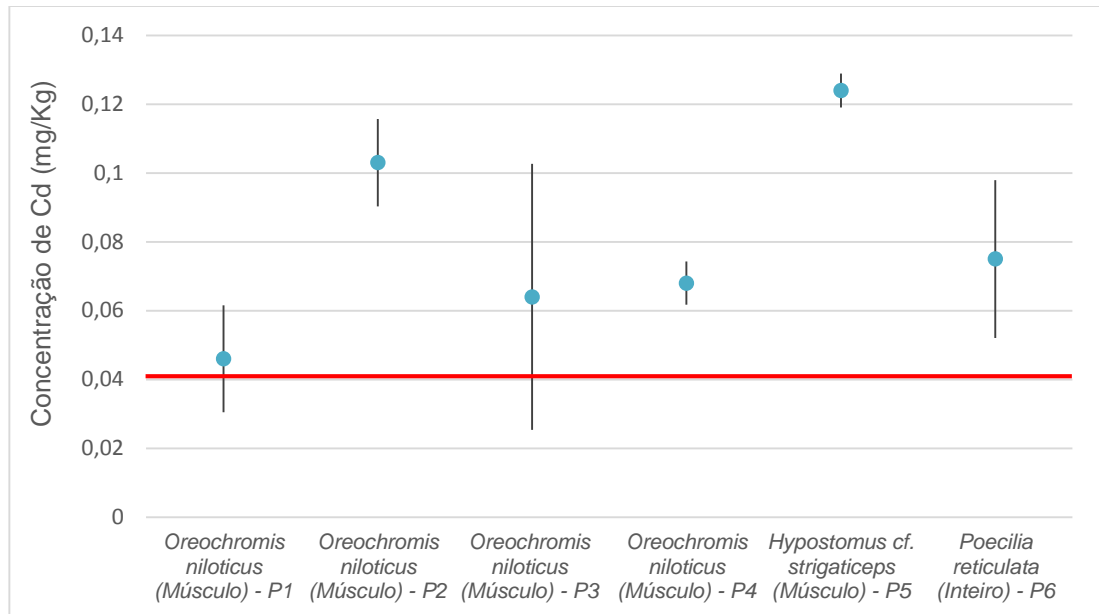
Nos pontos 3 e 4 foi observada uma alta concentração do metal nas espécies de tilápia *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*. Este é um resultado muito preocupante, uma vez que, esses dois pontos estudados estão localizados no Lago Igapó onde há intensiva pesca amadora com objetivo de consumo dessas duas espécies.

Em seu trabalho, Silva (2017) verificou que 59% de todos os pescadores entrevistados praticavam a pesca no Lago Igapó para sua subsistência e de toda a família como fonte de proteína na alimentação e apenas 26% praticavam a pesca com fins de recreação.

No outono de 2014 foi analisada a concentração de cádmio nas espécies de peixes *Oreochromis niloticus*, *Hypostomus cf strigaticeps* e *Poecilia reticulata* (Figura 20). A concentração do metal cádmio também se mostrou com valores altos neste período de coleta, estando acima do limite permitido pela ANVISA em todos os pontos de amostragem, exceto no ponto 1 (0,046 mg/Kg) para a espécie *Oreochromis niloticus*.

A maior concentração média acumulada neste período foi de 0,124 mg/Kg de cádmio no ponto 5 para a espécie *Hypostomus cf. strigaticeps*. Assim como na coleta anterior esse resultado pode ser explicado pelo fato desta espécie também possuir a característica alimentar detritívora.

**Figura 20** - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Outono de 2014



**Fonte:** o próprio autor

Nota: Os pontos azuis representam a média das triplicatas para cada amostra realizada com seus respectivos desvios padrão. A faixa vermelha representa o limite estabelecido pela RCD N° 42 de 0,05 mg/Kg de cádmio em pescados.

Para este mesmo período de coleta, Torrezani (2015) encontrou valores abaixo do limite permitido pela ANVISA para o metal chumbo em todos os seis pontos de amostragem.

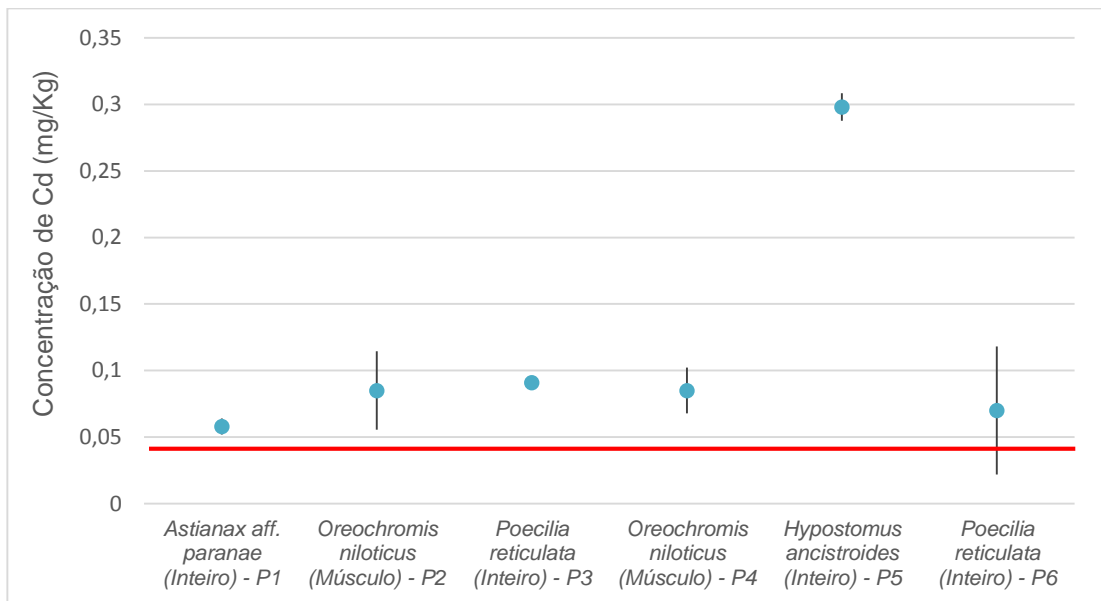
Foi observado um valor alto na concentração de cádmio para a espécie *Oreochromis niloticus* no ponto 2. Este é um dado importante, uma vez que, este ponto é utilizado para a criação de tilápia para fins de consumo.

Como a coleta anterior, os pontos 3 e 4 apresentaram valores altos para cádmio na espécie de tilápia *Oreochromis niloticus*. Como explicado anteriormente, este é um resultado preocupante devido à grande ocorrência de pesca com intenção de consumo nestes dois pontos. Em seu estudo, Silva (2017) verificou que os grupos de pessoas que consomem os peixes do Lago Igapó praticam a pesca e consomem o pescado em média duas vezes por semana.

No inverno de 2014 foi analisada a concentração de cádmio para as espécies *Astyanax aff. paranae*, *Oreochromis niloticus*, *Poecilia reticulata* e *Hypostomus ancistroides* (Figura 21). As concentrações de cádmio nas espécies de peixes neste período se revelaram muito altas. Em todos os pontos de amostragem foram encontrados valores acima do limite de 0,05 mg/Kg estabelecido pela ANVISA.

A maior média acumulada analisada foi para a espécie *Hypostomus ancistroides* (0,298 mg/Kg) novamente no ponto 5 após a barragem do lago igapó. Além da explicação pelo fato da espécie possuir características detritívoras, esta alta concentração pode ser explicada devido a montante deste ponto ser altamente utilizada para a lavagem de carros ou às possíveis ocorrências de despejo de esgoto clandestino.

**Figura 21** - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Inverno de 2014



**Fonte:** o próprio autor

Nota: Os pontos azuis representam a média das triplicatas para cada amostra realizada com seus respectivos desvios padrão. A faixa vermelha representa o limite estabelecido pela RDC N° 42 de 0,05 mg/Kg de cádmio em pescados.

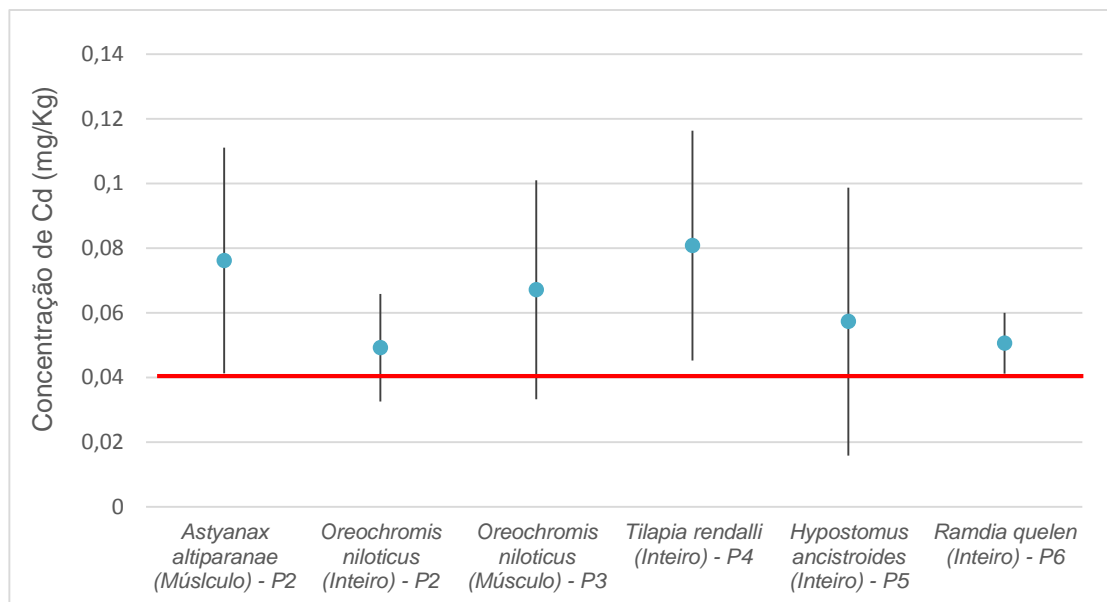
Torrezani (2015) encontrou valores para chumbo neste mesmo período de coleta acima do limite estabelecido pela Resolução RDC N° 42 de 0,30 mg/Kg nos pontos 2, 3 e 5.

O ponto 2 mostrou alta concentração do elemento traço cádmio (0,0850 mg/Kg) mais uma vez para a espécie de tilápia *Oreochromis niloticus*, altamente consumida

pelos locais. No ponto 4 (Lago Igapó), a concentração de cádmio se revelou novamente acima do limite permitido pela ANVISA também para a espécie *Oreochromis niloticus* com uma média acumulada de 0,084 mg/Kg.

Para a coleta realizada no verão de 2014 foi analisada a concentração de cádmio nas espécies *Astyanax altiparanae*, *Oreochromis niloticus*, *Tilapia rendalli*, *Hypostomus ancistroides* e *Ramdia quelen* (Figura 22). Mais uma vez as concentrações de cádmio se mostraram altas em todos os pontos de amostragem, com exceção do ponto 2 com uma média acumulada de 0,04923 mg/Kg para a espécie *Oreochromis niloticus*.

**Figura 22** - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Verão de 2014



**Fonte:** o próprio autor

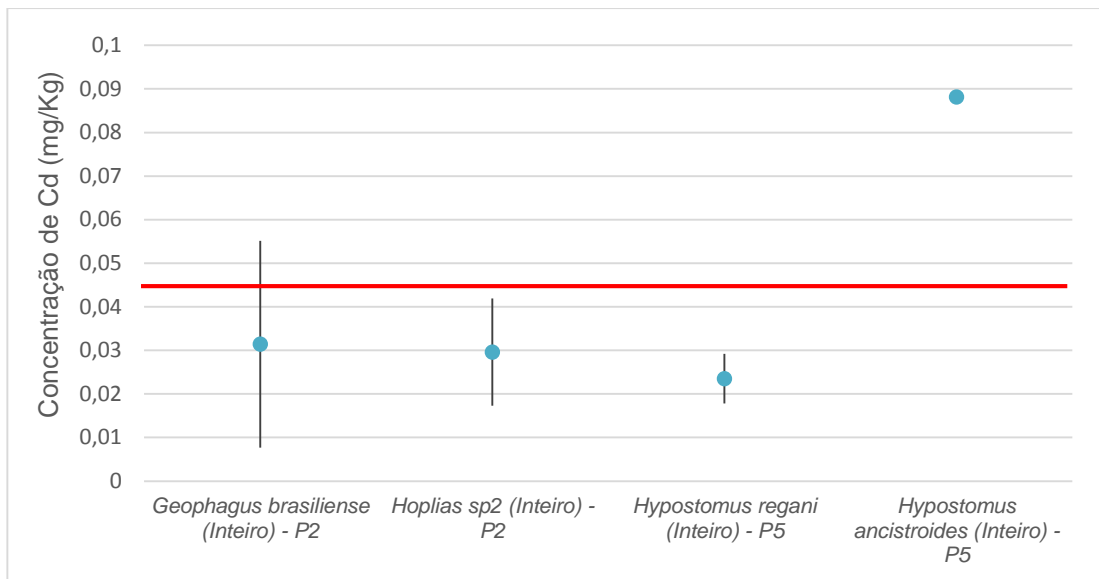
Nota: Os pontos azuis representam a média das triplicatas para cada amostra realizada com seus respectivos desvios padrão. A faixa vermelha representa o limite estabelecido pela RCD N° 42 de 0,05 mg/Kg de cádmio em pescados.

A maior média acumulada para a concentração de cádmio analisada neste período foi encontrada para a espécie *Tilapia rendalli* no ponto 4 (0,0808 mg/Kg). Novamente no Lago (pontos 3 e 4) foram encontrados valores de concentrações do metal estudado acima do limite estabelecido pela Resolução RDC N° 42 e para espécies bastante consumidas pelos pescadores.

No inverno de 2015 foi analisada a concentração de cádmio nas espécies *Geophagus brasiliensis*, *Hoplias sp. 2*, *Hypostomus ancistroides* e *Hypostomus regani*

(Figura 23). As concentrações se mostraram abaixo do limite permitido pela ANVISA para todas as amostras analisadas, exceto para a espécie *Hypostomus ancistroides* coletada no ponto 5 com uma média acumulada de 0,0881 mg/Kg. Novamente esta espécie neste ponto se mostrou altamente contaminada pelo elemento-traço estudado.

**Figura 23** - Concentração de cádmio nas espécies de peixes coletadas no Inverno de 2015



**Fonte:** o próprio autor

Nota: Os pontos azuis representam a média das triplicatas para cada amostra realizada com seus respectivos desvios padrão. A faixa vermelha representa o limite estabelecido pela RCD N° 42 de 0,05 mg/Kg de cádmio em pescados.

Para este período de coleta somente os pontos 2 e 5 tiveram uma quantidade ótima de indivíduos coletados para que o preparo das amostras para a análise fosse concretizado. Este fato também é explicado devido aos pontos 1, 3 e 6 estarem constantemente sendo degradados ao passar dos anos devido a problemas de assoreamento e poluição, fazendo com a que a pesca se torne cada vez mais difícil. No ponto 4 não houve sucesso na pesca também para este período.

## 6 CONCLUSÕES

Do ponto de vista limnológico, chamou atenção os elevados valores de condutividade elétrica nos pontos estudados, indicando a possível entrada de materiais alóctones que possam ser carregados a partir da zona urbana, trazendo materiais potencialmente poluentes. Os resultados revelaram alta concentração de cádmio nas espécies de peixes ao longo do gradiente longitudinal do Ribeirão, estando todos acima do limite permitido pela ANVISA na maior parte das estações do ano. Revelou-se preocupante o fato de várias espécies que são muito consumidas pela população a partir da pesca amadora estarem contaminadas em diferentes períodos do ano.

Um bom indicativo de que esteja ocorrendo um forte processo de bioacumulação de cádmio crônico no ribeirão Cambé é a elevadíssima concentração desse metal na espécie detritívora *H. ancistroides* no verão de 2013, espécie que se alimenta diretamente de detritos orgânicos, os quais o metal pode estar associado. As duas espécies de tilápia *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli* capturadas mais facilmente, nos pontos 2, 3 e 4 (pontos onde há atividade de pesca constante), revelaram valores de concentração de cádmio até 9 vezes superior ao que é permitido pela ANVISA para pescados.

Dessa forma, os resultados desse trabalho revelam a necessidade urgente de implementação de um programa de monitoramento da contaminação das águas do ribeirão Cambé por metais, avaliando com mais detalhe suas implicações para a saúde da população.

## REFERÊNCIAS

- ABELL, Robin et al. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **Bioscience**, [s.l.], v. 58, n. 5, p.403-414, 2008. Oxford University Press (OUP).
- Agência Nacional das Águas. **Portal da Qualidade das Águas: Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RESOLUÇÃO RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. [s.i]: Anvisa, 2013. 3 p. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/393845/RDC+nº+42\\_2013\\_final.pdf/ee c629cf-8d17-422b-a362-366b275c1a00?version=1.0](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/393845/RDC+nº+42_2013_final.pdf/ee c629cf-8d17-422b-a362-366b275c1a00?version=1.0)>. Acesso em: 12 jun. 2017.
- ALI, Hazrat; KHAN, Ezzat; SAJAD, Muhammad Anwar. Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. **Chemosphere**, [s.i.], v. 91, n. 1, p.869-881, mar. 2013.
- ALVES, Carlos Bernardo Mascarenhas; VONO, Volney; VIEIRA, Fábio. Presence of the walking catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) (Siluriformes, Clariidae) in Minas Gerais state hydrographie basins, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 16, n. 1, p.259-263, mar. 1999.
- AMBIENTE, Secretaria Municipal de. **Prefeitura de Londrina: Bacias Hidrográficas do Município**. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=261&Itemid=205](http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=261&Itemid=205)>. Acesso em: 12 maio 2017.
- AUBERT, Huguette; PINTA, Maurice. **Trace Elements in Soils**. New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1980.
- AVILA-CAMPOS, Mario Julio. **Departamento de Microbiologia - USP: Cádmiio (Cd)**. Disponível em: <[http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=49&lang=br](http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=49&lang=br)>. Acesso em: 07 jun. 2017.
- BALESTRI, Máira Renata Dias. **Avaliação da contaminação de *Poecilia reticulata* e *Hypostomus ancistroides* por elementos-traço na bacia do Ribeirão Cafezal (Município de Rolândia – PR)**. 2015. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.
- BEAL, Alexandra. **Avaliação Inorgânica de Material Particulado Atmosférico Inalável na Região Norte do Paraná**. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Pós Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.



BELUQUE, Amanda; PRATES, Katia Valéria Marques Cardoso; MAIA, Luciana Furlaneto. **Educação Socioambiental para a Preservação da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal em Londrina-PR**. Londrina: Coeam e Coalm, 2012.

BOTTÉ, Sandra; FREIJE, Hugo; MARCOVECCHIO, Jorge. Dissolved Heavy Metal (Cd, Pb, Cr, Ni) Concentrations in Surface Water and Porewater from Bahía Blanca Estuary Tidal Flats. **Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology**, [s.l.], v. 79, n. 4, p.415-421, 18 jul. 2007.

BRITSKI, Heraldo. **Peixes do Pantanal: Manual de Identificação**. 2. ed. Brasília, Df: Embrapa, 2007. 227 p.

CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2009. 48 p.

ESTEVEES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)\*. **Política Hoje**, Pernambuco, v. 18, n. 1, p.115-146, abr. 2009.

GARUTTI, Valdener. **Revisão taxonômica dos Astyanax (Pisces, Characidae), com mancha umeral ovalada e mancha no pedúnculo caudal, estendendo-se a extremidade dos raios caudais medianos, das bacias do Paraná, São Francisco e Amazônica**. 1995. 286 f. Tese (Doutorado) de Livre-docência, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Ibilce, Universidade Estadual Paulista, São Jose do Rio Preto, 1995.

GARUTTI, Valdener; BRITSKI, Heraldo Antonio. **Descrição de uma espécie nova de Astyanax (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia**. *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol.*, PUCRS, Série Zoologia, Porto Alegre, v. 13, p. 65-88, 2000.

GASPAROTTO, Felipe Augusto. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia na Agricultura e no Ambiente, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

GRAÇA, Weferson Júnio da; PAVANELLI, Carla Simone. **Peixes da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná e Áreas Adjacentes**. Maringá: Eduem, 2007. 241 p.

GUHATHAKURTA, Himadri; KAVIRAJ, Anilava. Heavy metal Concentration in Water, Sediment, Shrimp (*Penaeus monodon*) and Mullet (*Liza parsia*) in Some Brackish Water Ponds of Sunderban, India. **Marine Pollution Bulletin**, India, v. 40, n. 11, p.914-920, nov. 2000.

GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães et al. **Tópicos em ciência do solo: Elementos-traço em solos e ecossistemas aquáticos**. [s.i.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 470 p.

HILSDORF, Alexandre Wagner Silva. Genética e Cultivo de Tilápias Vermelhas - Uma Revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1, p.73-84, jun. 1995.

HUTCHINSON, George Evelyn. A treatise on limnology. **Limnological botany**. New York, v. 3, 1975.

IGARASHI, Marco Antonio. Característica do agronegócio da tilápia cultivada no Brasil: uma força ascendente. **PUBvet**, v. 2, n. 25, 18 p., 2008.

KRIEGER, Maria da Graça; MACIEL, Anna Maria Becker. **Dicionário de Direito Ambiental: Terminologia das Leis do Meio Ambiente**. 2. ed. São Paulo: Lexikon, 2008. 526 p.

KUBITZA, Fernando. Questões mais frequentes dos produtores sobre a qualidade dos alevinos de tilápia. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 97, p.14-23, jan. 2006.

LABARRÈRE, Carla Rosa; MENEZES, Bruna Dias; MELO, Marília Martins. Avaliação do teores de zinco em brânquias, carcaça, fígado e musculatura de diferentes espécies de peixes capturados no Rio São Francisco (MG, Brasil). **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p.86-91, maio 2012.

LAZARD, Jerome; ROGNON, Xavier. Genetic diversity of Tilapia and aquaculture development in Côte d'Ivoire and Niger. **The Israeli Journal Of Aquaculture**, Bamidgeh, v. 2, n. 49, p.90-98, jun. 1997.

LICHT, Otávio Augusto Boni; PLAWIAK, Rafael Andre Belotto. **Levantamento Geoquímico Multielementar do Estado do Paraná: Geoquímica de Solo: Horizonte B**. Curitiba: Mineropar, 2005. 2 v.

LIMA, Daniel Pandilha de. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Brasil**. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.

LÔNDERO, Eliana et al. **Análise da condutividade elétrica das águas dos rios Bugre e Paraguai**. 2010. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos/10474.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

LONDRINA, Prefeitura de. **A Cidade: Dados Geográficos**. Disponível em: <[http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=40&Itemid=58](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=58)>. Acesso em: 12 maio 2017.

LONDRINA, Universidade Estadual de. **Atlas Ambiental da cidade de Londrina: Bacias Hidrográficas**. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/NATURAL/bacias.jpg>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**. São Paulo: Prodquímica, 1994. 95 p.

- MENEZES, Thiago Silveira. **Fauna, pesca e contaminação por metais pesados em pescado no litoral de Sergipe**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde e Ambiente, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.
- MERTZ, Walter. **The Trace Elements in Human and Animal Nutrition**. 5. ed. Orlando: Academic Press Inc (london) Ltd, 1986.
- MONTONI, Rosalinda Carmela. **Instituto Oceanográfico-USP: Bioacumulação e Biomagnificação**. 2015. Disponível em: <<http://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/antartida/31-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/811-bioacumulacao-e-biomagnificacao>>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- NOALE, Renata Zacarias. **Avaliação do risco ambiental em sedimento dos lagos do Riacho Cambé em Londrina pela distribuição de metais**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química dos Recursos Naturais, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- NOGUEIRA, Fábio Fernandes; COSTA, Isabella Almeida; PEREIRA, Uendel Alves. **Análise de parâmetros físico químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis-Goiás**. 2015. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- OLIVEIRA, Edson Fontes; GOULART, Erivelto. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: Interações de fatores. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.22, n.2, p. 445-453. 2000.
- REIS, Roberto; KULLANDER, Sven; FERRARIS JUNIOR, Carl. **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. 742 p.
- ROCHA, Adriano Ferreira da. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?** 2008. 63 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Nutrição, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Porto, 2009.
- ROCHA, Carlos Alberto Machado da. **Avaliação da genotoxicidade do cloreto de metilmercúrio em duas espécies de peixes neotropicais**. 2009. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Neurociências e Biologia Celular, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.
- SHIBATTA, Oscar; BENNEMANN, Sirlei; SILVA- SOUZA, Ângela. Diversidade de peixes do ribeirão Cambé. In: Diagnóstico das condições biológicas e ambientais do alto ribeirão Cambé. Londrina: **Relatório Técnico Científico**. 2003. p. 41-51
- SHRIVASTAVA, Pradeep et al. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal, (M. P.) India. **Lakes & Reservoirs**, Bhopal, v. 8, n. 1, p.1-4, mar. 2003.
- SILVA, Cassiano Andrade. **Consumo de pescado proveniente do Lago Igapó (Londrina/PR) por pescadores amadores – Uma eventual exposição à contaminação por chumbo**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Engenharia Ambiental, PPGEA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

SILVA, Duílio Mazzoni Zerbinato de Andrade. **Estrutura molecular e citogenética de cromossomos B em Astyanax paranae (Characiformes, Characidae)**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas (genética), Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2014.

SILVA, Samuel Mariano da et al. Biomonitoramento de metais pesados no Córrego do Cravo e Represa Paraíso utilizando *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae). **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 16, p.140-150, jun. 2012.

SILVA, Sheila Cardoso da. **Portal de Ecologia Aquática: Metais no meio ambiente aquático**. Disponível em: <[http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=125](http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=125)>. Acesso em: 29 maio 2017.

SOUZA, Fagner de; TOZZO, Robson Alexandre. *Poecilia reticulata* Peters 1859 (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) como possível bioindicador de ambientes degradados. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Maringá, v. 3, n. 2, p.162-175, Não é um mês válido! 2013.

SPARKS, Donald. Toxic Metals in the Environment: The Role of Surfaces. **Elements**, Newark, v. 1, n.1, p.193-197, set. 2005.

SQUIZZATO, Rafaela. **Análise do uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR) e sua relação com a estrutura da assembleia de peixes**. (Graduação em Engenharia Ambiental) – Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

TAGIMA, Nelson; TERABI, Nadia Izumi. **Minibacia do Riacho Cambe Diagnostico Físico Ambiental e Mapeamento**. Londrina: Grafor Grafica, 1997.

TAVARES-DIAS, Marcos; MORAES, Flávio Ruas de. Características hematológicas da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1896 (Osteichthyes: Cichlidae) capturada em "pesque pague" de Franca, São Paulo, Brasil. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p.107-114, abr. 2003.

TELES, Leonardo Teófilo et al. Elementos traço em peixes de interesse comercial do rio Caiapó (Goiás-Brasil) em área sob impacto ambiental. **Estudos**, Goiânia, v. 35, n. 11/12, p.1055-1067, nov. 2008.

TORREZANI, Nelissa Camargo. **Avaliação da presença de chumbo (Pb) em espécies de peixes associada à qualidade ambiental da Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina/PR)**. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, PPGEA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

TUNDISI, José Galizia. **Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e do Lobo e da represa da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa)**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 2003. 54 p.

WETZEL, Roberto G. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1981. 679 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Ufmg, 2005. 1 v.