

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - *CAMPUS* LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAELA SQUIZZATO

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ  
(LONDRINA-PR) E SUA RELAÇÃO COM A ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE  
PEIXES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA  
2014

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - *CAMPUS* LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAELA SQUIZZATO

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ  
(LONDRINA-PR) E SUA RELAÇÃO COM A ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE  
PEIXES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira.

Co-orientador: Prof. M.Sc. Luiz Henrique da Silva Rotta.

LONDRINA  
2014

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar aqui os meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram e me apoiaram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho:

Primeiramente a Deus, pois sem Ele, não seria possível estar aqui hoje realizando mais um sonho.

A minha família, por sempre estar comigo, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis e decisivos, em especial a minha mãe.

Aos meus colegas de turma, que acabaram se tornando grandes amigos, e que fizeram parte da minha vida durante os cinco anos de graduação, tornando essa jornada um pouco mais fácil e divertida. Cada um com sua opinião e particularidade acabou tornando este grupo único. Obrigado ao Adriano Scalco, Ana Paula Cosso, Bruna Raña, Carolyne Bueno, Gabriela Gomes, Gabriela Silva, Jaqueline Imbriani, Jéssica Lara, Larissa Melo, Liliana Puzzi e Monielen Betio.

Ao meu orientador, Edson Fontes de Oliveira pela amizade, confiança e pelos ensinamentos proporcionados tanto em sala de aula como durante os anos de projeto.

Ao meu co-orientador, Luiz Henrique da Silva Rotta que se dispôs prontamente a ajudar, dando sugestões e ideias para o enriquecimento do trabalho, além do auxílio em sua execução.

Ao Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada (LETA), pela experiência concedida, proporcionando momentos incríveis em campo e em laboratório, principalmente aos alunos que passaram por ele brevemente e para aqueles que ainda fazem parte, pelo auxílio nas coletas, na biometria e identificação. Em especial ao Seu Zé que nos conduziu de maneira segura e tranquila aos pontos de coleta, ao Bruno e ao Cristian, que foram parceiros desde o início e continuam sendo até hoje, a Nathália, ao Victor e ao Gabriel que me ajudaram nos momentos de correria. E principalmente à aluna de mestrado Nelissa Torrezani, por conceder os dados de sua monografia para que este trabalho pudesse ser concluído.

Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) e toda sua equipe, em especial ao Cláudio Henrique Zawadzki que auxiliou na identificação de algumas espécies de peixes.

Ao Laboratório de Eventos Atmosféricos Extremos (EAE LAB) e ao Professor Jorge Alberto Martins pela oportunidade concedida em trabalhar em uma nova linha de pesquisa, no meu último ano de faculdade, permitindo agregar novos conhecimentos, muito além daqueles ensinados em sala de aula. Às parcerias e amizades obtidas ao longo deste ano, em especial ao Maurício N. Capucim que me auxiliou não apenas no meu IC, mas também na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Aos membros da banca por terem aceitado fazer parte deste trabalho se disponibilizando a contribuir, acrescentando suas ideias e sugestões para o enriquecimento deste.

Ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL), pelas imagens concedidas, pois sem elas o trabalho não poderia ser concluído, e em especial, ao funcionário Zé Luiz por sua atenção e disponibilidade em me atender.

A UTFPR – *Campus* Londrina, e a todos os professores que fizeram parte desses cinco anos de faculdade e que compartilharam seus conhecimentos auxiliando na minha formação.

Escrevo sem esperança de que o que eu escrevo altere qualquer coisa. Porque no fundo a gente não está querendo alterar as coisas. A gente está querendo desabrochar de um modo ou de outro. (Clarice Lispector).

## RESUMO

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

Compreender a capacidade de uma cidade impactar o meio ambiente é fundamental, pois possibilita entender como as atividades humanas desestruturam os ecossistemas e como essas alterações afetam direta e indiretamente a saúde da população. Os impactos gerados em ambientes aquáticos, além de afetar a química da água e a biota aquática, afetam a população que se utiliza da água para práticas recreativas e de lazer, bem como para o próprio consumo. Este estudo foi realizado na bacia do Ribeirão Cambé, subafluente do rio Tibagi, área urbana de Londrina, Paraná. O objetivo principal foi analisar os diferentes usos e ocupações do solo da bacia e os seus parâmetros limnológicos, avaliando como influenciam os padrões de estruturas das assembleias de peixes. No trecho superior da bacia foram realizadas quatro coletas trimestrais, no período de março a dezembro de 2013, e duas coletas trimestrais ao longo da bacia no período de dezembro de 2013 a março de 2014. Foram encontradas 14 espécies, sendo que as mais representativas foram *Poecilia reticulata*, *Hypostomus ancistroides* e *Phalloceros aff. caudimaculatus*. Os pontos 2 e 5 apresentaram maior equitabilidade e diversidade, sendo que o ponto 2 apresentou maior riqueza ( $S=9$ ), dessa forma, apresentando melhores condições ambientais. Com relação aos elementos de paisagem pode-se perceber um padrão de aumento da classe de vegetação densa juntamente com o aumento da classe de agricultura/campo. Além disso, as variáveis de paisagem se mostraram fortemente correlacionadas com o padrão de estrutura das assembleias de peixes revelando que quanto mais desprotegida a paisagem do entorno do corpo hídrico, maior é o impacto sobre ele, afetando a biota aquática.

**Palavras-chave:** uso e ocupação do solo, elementos da paisagem, parâmetros limnológicos, estrutura das assembleias de peixes, *Poecilia reticulata*.

## ABSTRACT

SQUIZZATO, R. **Analysis of the use and occupation of Cambé stream basin (Londrina - PR) and the relation to the structure of the fish assemblage.** 2014. Monograph (Graduation) – Degree in Environmental Engineering, Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2014.

Understanding the capacity of a city impact the environment is essential, as it allows to understand how human activities destructured ecosystems and how these changes directly and indirectly affect the health of the population. The impact generated on aquatic environments, besides affecting the water chemistry and aquatic biota, affecting the population that uses water for recreational and leisure practices as well for their own consumption. This study was conducted on Cambé stream basin, an affluent of Tibagi river, urban area of Londrina, Paraná. The main objective was to analyze the different uses and land cover of the basin, along with the limnological parameters and evaluate how they influence the structures of fish assemblages patterns. In the upper part of the basin quarterly samplings were carried out from March to December 2013 and two quarterly samplings throughout the basin during from December 2013 to March 2014. Were found 14 species, and the most representative were *P. reticulata*, *H. ancistroides* and *P. aff caudimaculatus*. Sections 2 and 5 showed greater diversity and equitability, and point 2 showed greater richness ( $S = 9$ ), thus presenting better environmental conditions. With respect to landscape elements can notice a pattern of increased of dense vegetation class along with increased agriculture / field class. Furthermore, the landscape variables proved strongly correlated with the structure of assemblies of fish patterns revealing that the more unprotected landscape surrounding the water body, the greater the impact on him, affecting aquatic biota.

**Keywords:** use and land cover, landscape elements, limnological parameters, assemblage structure of fish, *Poecilia reticulata*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da divisão da região norte do Estado do Paraná. ....	17
Figura 2 - Relações entre os parâmetros que compõem os conceitos de comunidade biológica, assembleias, guildas e ensembles, a partir dos parâmetros de distribuição geográfica, recursos explorados e grau de parentesco - filogenia. ....	22
Figura 3 - Reflexão da energia solar por um alvo.....	29
Figura 4 - Esquema do espectro eletromagnético.....	30
Figura 5 - Espectro do visível.....	31
Figura 6 - Áreas de treinamento selecionadas para classificação supervisionada, sendo que os números representam classes definidas pelo autor (como o número 3 que se refere à classe de solo exposto).....	35
Figura 7 – Representação gráfica da distância Mahalanobis.....	37
Figura 8 - Localização da bacia do Ribeirão Cambé no município de Londrina.....	43
Figura 9 - Localização dos pontos amostrais na bacia do Ribeirão Cambé.....	45
Figura 10 - Relações de abundância-biomassa para cada ponto amostral.....	54
Figura 11 - Padrão de comprimento para as espécies coletadas.....	55
Figura 12 - Classificação da imagem SPOT.....	57
Figura 13 - Classificação da imagem Landsat 8.....	57
Figura 14 - Áreas amostrais.....	59
Figura 15 - Distribuição dos escores dos seis pontos amostrais nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PC 1 e PC 2), aplicada à matriz de correlação (Pearson).....	64
Figura 16 - Distribuição dos escores dos seis pontos amostrais no primeiro e terceiro eixo da Análise de Componentes Principais (PC 1 e PC 3), aplicada à matriz de correlação (Pearson).....	67



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da população residente do município de Londrina. ....	18
Tabela 2 - Divisão do espectro eletromagnético. ....	30
Tabela 3 - Tabulação cruzada de um mapa real e um mapa cruzado de dados. ....	40
Tabela 4 - Coordenadas de localização dos pontos amostrais no Ribeirão Cambé. ....	45
Tabela 5 - Posição taxonômica das espécies coletadas nos seis pontos amostrais do Ribeirão Cambé em 2013 e 2014. ....	50
Tabela 6 - Abundância das espécies coletadas e riqueza, equitabilidade e índice de diversidade de Shannon nos seis pontos amostrais do Ribeirão Cambé em 2013 e 2014. ....	52
Tabela 7 - Validação da imagem SPOT. ....	58
Tabela 8 - Validação da imagem Landsat. ....	58
Tabela 9 - Área (km <sup>2</sup> ) e os respectivos percentuais para cada classe de elemento de paisagem nos diferentes pontos amostrais. ....	60
Tabela 10 - Médias e desvio-padrões dos parâmetros limnológicos. ....	60
Tabela 11 - Correlações positivas. ....	62
Tabela 12 - Correlações negativas. ....	62
Tabela 13 - Representação dos autovalores e das variâncias obtidas para os eixos significativos. ....	63
Tabela 14 - Representação dos autovetores em relação às variáveis analisadas. ....	63
Tabela 15 - Escores dos pontos amostrais. ....	64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 GERAL .....	15
2.2 ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 IMPACTOS GERADOS PELA URBANIZAÇÃO .....	16
3.2 EFEITOS DOS IMPACTOS URBANOS SOBRE AS ASSEMBLEIAS DE PEIXES .....	20
3.3 ESTRUTURA E DINÂMICA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES DE RIACHOS .....	21
3.4 ECOLOGIA DA PAISAGEM .....	24
3.4.1 <i>Técnicas de análise espacial da paisagem</i> .....	25
3.5 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) .....	26
3.6 SENSORIAMENTO REMOTO .....	28
3.6.1 <i>A radiação eletromagnética (REM)</i> .....	29
3.6.2 <i>Sensores remotos</i> .....	31
3.6.3 <i>Sensoriamento remoto da paisagem urbana</i> .....	32
3.6.4 <i>Classificação de imagem de Sensoriamento Remoto</i> .....	34
3.6.4.1 <i>Classificação supervisionada</i> .....	35
3.6.4.2 <i>Classificação não supervisionada</i> .....	36
3.6.4.3 <i>Classificação pixel a pixel</i> .....	38
3.6.4.4 <i>Classificação por regiões</i> .....	38
3.7 ACURÁCIA DO DADO DIGITAL .....	39
3.7.1 <i>Índice Kappa</i> .....	40
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>42</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	42
4.2 AMOSTRAGEM DOS PEIXES E DE DADOS LIMNOLÓGICOS .....	44
4.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE ESPACIAL .....	46
4.4 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS SELECIONADAS .....	47
4.5 ANÁLISE DOS DADOS .....	48
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>50</b>
5.1 COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA .....	50
5.2 CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA DAS IMAGENS SPOT E LANDSAT 8 .....	56
5.3 CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DA BACIA .....	60
5.4 ANÁLISE MULTIVARIADA .....	61
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo se encontra em um momento de intensa e desorganizada urbanização e uma das principais consequências desse processo é a degradação de ambientes naturais. Durante anos, o homem vem utilizando o meio ambiente a partir da extração de seus recursos naturais, com o intuito de atender ao consumo desenfreado da população. Este modelo baseado na alta produtividade das indústrias e na demanda de matérias primas vem causando diversos problemas ambientais, dentre eles a poluição dos recursos hídricos.

A saúde humana também pode ser afetada pela contaminação da água devido ao seu consumo muitas vezes inadequado. Quando contaminada, esta deixa de ser potável, encarecendo assim seu tratamento. Além disso, muitos dos contaminantes presentes na água podem passar despercebidos pelo tratamento caso não haja o devido cuidado.

Desta forma, Niederauer (2007) acredita que por ser um recurso necessário ao desenvolvimento econômico e social, além de um bem imprescindível à sobrevivência humana, a água é um direito fundamental de todos. No entanto, sua escassez vem se agravando em virtude da desigualdade social e da ausência de manejo sustentável, por isso, em alguns países a falta de água já atinge índices críticos.

Assim, estudos nessa área se tornaram muito importantes, pois de toda água existente no planeta, apenas uma pequena parcela é doce, sendo que a parcela potável é ainda menor. Segundo Niederauer (2007), além da inovação na gestão das águas e a informatização dos sistemas de distribuição e gerenciamento, são necessários investimentos para sua proteção e pesquisas direcionadas à recuperação dos ecossistemas aquáticos.

Segundo Silva (2008), os ecossistemas aquáticos são os receptores finais de grande parte da poluição urbana, recebendo compostos advindos da atmosfera, como a chuva ácida, do solo por meio da lixiviação de substâncias tóxicas e da própria água por meio de efluentes despejados de maneira inadequada. Portanto, as

condições ambientais desses ecossistemas revelam parte das pressões impactantes que vêm sofrendo dos ambientes adjacentes.

Em geral, a urbanização está ligada direta ou indiretamente à modificação de ambientes aquáticos continentais, principalmente àqueles de menor porte. Dentre os impactos causados, há aqueles que exercem maior pressão, tais como as canalizações e controle do fluxo, a introdução de espécies e construção de vias automobilísticas próximas aos cursos d'água, dentre outros.

Além disso, grande parte das pressões ambientais sobre os ecossistemas aquáticos advêm da forma de uso e ocupação do entorno dos corpos hídricos. As dinâmicas natural e antrópica da ocupação de bacias hidrográficas têm sido eficientemente analisadas por metodologias e técnicas de geoprocessamento, as quais possibilitam maior monitoramento da cobertura do solo, fornecendo subsídios para o diagnóstico e prognóstico da gestão e planejamento do território (BELTRAME, 2004; NEVES, 2012). De acordo com esses autores, as bacias hidrográficas podem ser analisadas através da utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), o que tem auxiliado de forma significativa no aprimoramento dos processos decisórios que exigem informações de caráter espacial.

Assim, todos esses eventos acabam alterando as características físicas, químicas e biológicas naturais destes ambientes, afetando assim, a biota presente nesse sistema a partir de processos como a contaminação e eutrofização, sedimentação e assoreamento.

Nesse contexto, a análise da estrutura das assembléias de peixes proporciona uma visão integrada das condições em que se encontram os ecossistemas aquáticos, constituindo-se bioindicadora da qualidade do hábitat e dos efeitos dos impactos (CASATTI et al., 2009). Diferentes atributos das assembleias de peixes têm sido avaliados com o intuito de examinar o impacto das ações humanas sobre os ecossistemas ou determinar como as assembléias respondem aos eventos de intervenção, dentre eles aqueles relacionados à diversidade de espécies.

Dessa forma, o presente estudo buscou avaliar como as diferentes formas de uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica essencialmente urbana impactam a ictiofauna local, e dessa maneira, testar a hipótese de que ambientes mais

desprotegidos devido à ausência de cobertura vegetal e presença de áreas urbanas impermeáveis apresentam maior pressão de impacto sobre a biota aquática.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliar se os diferentes usos e ocupações do solo da bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR) influenciam diretamente nos padrões de estrutura da assembleia de peixes.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Categorizar os usos múltiplos da bacia do Ribeirão Cambé;
- Reconhecer e quantificar os principais parâmetros de estrutura da assembleia de peixes ao longo do gradiente longitudinal do Ribeirão Cambé;
- Avaliar a correlação entre as variáveis espaciais com as características limnológicas da bacia e com os atributos da assembleia de peixes;
- Identificar e avaliar os trechos da bacia do Ribeirão Cambé potencialmente impactantes para a assembleia de peixes;

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 IMPACTOS GERADOS PELA URBANIZAÇÃO

A Revolução Industrial Brasileira do século XX foi o principal fator para o desencadeamento do êxodo rural, impulsionando assim, o crescimento dos centros urbanos que começaram a surgir de forma desenfreada e sem planejamento.

Segundo Alves, Souza e Marra (2011), no Brasil, o êxodo rural se acelerou no período de 1950 a 1980, sendo que no período de 1970-1980 chegou a ser responsável por 30% do crescimento populacional das cidades. Após a década de 1980 a migração rural perdeu ímpeto, apresentando um crescimento de apenas 3,5% no período de 2000-2010.

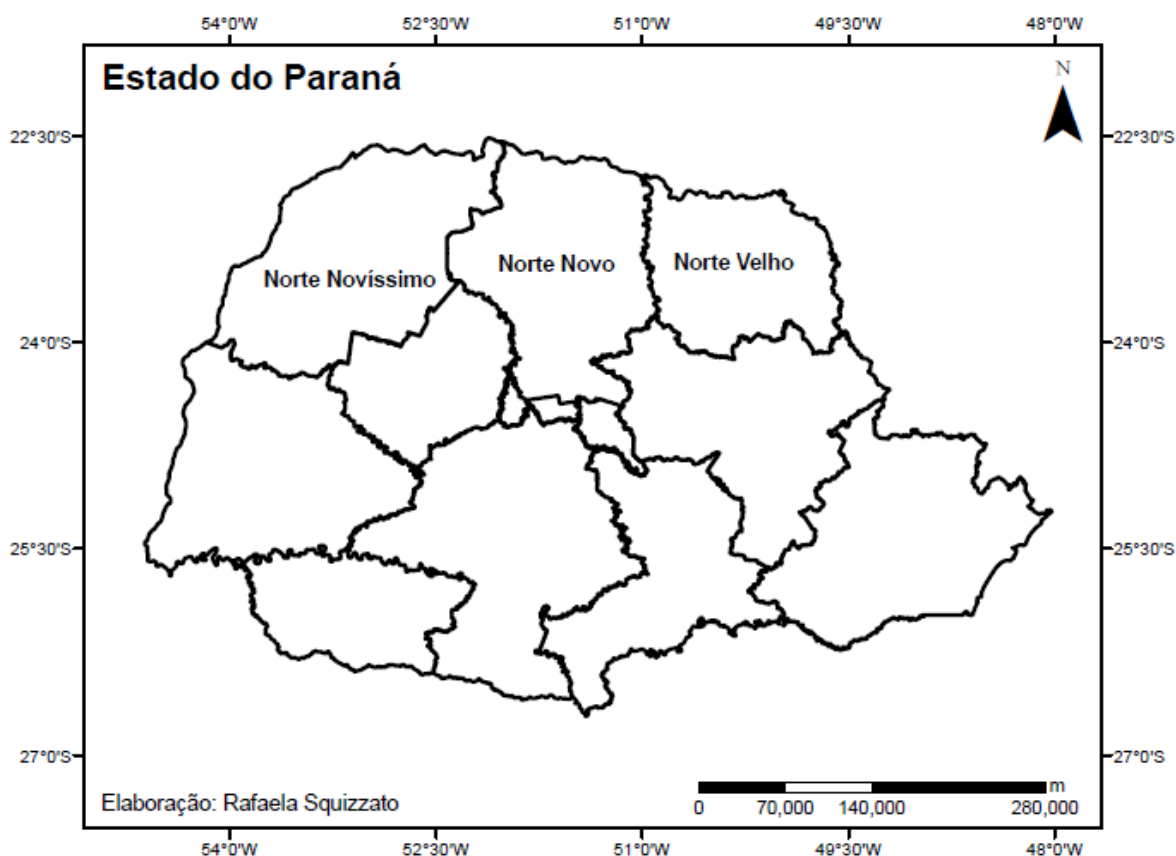
A ocupação territorial brasileira e o desenvolvimento de atividades econômicas se deram por meio de ciclos. Na segunda metade do século XIX, o café chegou a ser um dos principais produtos da economia brasileira. Contudo, de acordo com Oliveira (2009), no final do século XIX e início do século XX a cafeicultura passou por uma crise no Estado de São Paulo, no mesmo período em que se procurou incentivá-la no Estado do Paraná.

No Paraná, além do incentivo do governo, outro fator que contribuiu para o desenvolvimento da cafeicultura foi a ocorrência de solos muito férteis em determinadas regiões. A terra vermelha do Terceiro Planalto paranaense abrigou quase que a totalidade das plantações de café que, ao longo do século XX, ampliaram da região norte para a noroeste, até atingir o extremo oeste do Estado (OLIVEIRA, 2009).

Para Chies e Yokoo (2012), a ocupação do norte paranaense teve início sob influência direta da cafeicultura, com atuação decisiva de algumas companhias colonizadoras, como a Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), a qual modificou posteriormente seu nome para Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), que se estendeu de 1860 até 1970, aproximadamente. Sendo

assim, o processo de colonização do norte paranaense esteve intimamente ligado à expansão da cafeicultura.

Segundo Carvalho e Miranda (1999) e Chies e Yokoo (2012), o norte paranaense, definido pelos rios Itararé, Paranapanema, Paraná, Ivaí e Piquirí foi dividido em três áreas, o Norte Velho, o Norte Novo e o Norte Novíssimo (Figura 1). As lavouras de café atingiram primeiramente o norte velho, em seguida o norte novo, composto pelas cidades de Londrina, Cambé, Apucarana, Rolândia, Ivaiporã, Primeiro de Maio, Sertanópolis, Maringá, dentre outras, e, por fim, o norte novíssimo (CHIES; YOKOO, 2012).



**Figura 1 - Mapa da divisão da região norte do Estado do Paraná.**  
**Fonte: Autoria própria.**

O norte paranaense se desenvolveu a partir de um planejamento urbano implementado pelas companhias colonizadoras, como forma articulada de estruturação e planejamento. Na década de 1930, a cidade de Londrina foi a primeira projetada pela CMNP, com o intuito de abrigar uma população de até 20 mil



habitantes, além de servir de sede da própria Companhia (FRESCA, 2002; ROSOLÉM, 2011).

Para melhor acomodação, sua sede se instalou em um suave divisor de águas, não atingindo nenhuma nascente ou curso d'água, auxiliando assim, no escoamento da água da chuva e o abastecimento público, prevenindo-os de doenças, como a malária (ROSOLÉM, 2011).

No entanto, devido a valorização do café, o crescimento da cidade se acelerou entre as décadas de 1940 e 1970. Nesse período, o município de Londrina apresentou um crescimento populacional urbano de até 71,69%, em 1970, como mostra a Tabela 1. Esse crescimento foi impulsionado principalmente pela valorização do café.

Tabela 1 - Evolução da população residente do município de Londrina.

Ano	Urbana		Rural		Total	
	Número	%	Número	%	Número	%
1940	11.175	36,9	19.103	63,09	30.278	100
1950	34.230	47,93	37.182	52,07	71.412	100
1960	77.382	57,4	57.439	42,6	134.821	100
1970	163.528	71,69	64.573	28,31	228.101	100

Fonte: IBGE (1982).

Após esse período surgiu a primeira lei do Plano Diretor de Londrina, a Lei nº 133 de 07 de dezembro de 1951, com o objetivo de ordenar o crescimento desenfreado da cidade através do controle das vias e dos loteamentos, e proibir o uso do solo em locais insalubres, mantendo assim, o equilíbrio do meio ambiente (ROSOLÉM, 2011).

De modo geral, o norte Paranaense passou por um processo de ocupação territorial muito rápido, o que acabou gerando tanto problemas sociais quanto ambientais.

Entre os problemas sociais, Chies e Yokoo (2012) citam os conflitos entre nativos e “capangas”, grilagem de terras, exploração do trabalho e lucros excessivos com a venda das terras. Já entre os problemas ambientais descrevem a dizimação da floresta, a prática de queimadas, a contaminação da água e do solo pelo uso de

agrotóxicos e o desrespeito à legislação ambiental, como o Código das Águas de 1934.

Assim, em meio à elevada urbanização, estudos sobre os ecossistemas aquáticos vem se intensificando ao longo dos anos, principalmente àqueles relacionados aos ambientes de dimensões reduzidas como ribeirões e riachos. Isto porque, estes ecossistemas já vêm sendo degradados com mais intensidade antes mesmo de serem estudados, pois estão mais suscetíveis às ações humanas. De acordo com Lyons et al. (1995), os riachos com boas condições de integridade possuem espécies de peixes nativas com várias classes de tamanhos e a estrutura trófica é balanceada. À medida que a influência antrópica aumenta, as espécies mais sensíveis começam a desaparecer e a estrutura trófica é alterada (*apud* OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005).

Segundo Araújo (1998), um critério para se avaliar a tolerância do ecossistema à degradação ambiental seria a presença de espécies intolerantes, pois estas são as primeiras a desaparecerem com o aumento de influências antropogênicas, como o efeito da degradação da qualidade da água e da degradação do hábitat.

Alguns exemplos de espécies encontradas por Araújo (1998), no rio Paraíba do Sul, foram classificadas como intolerantes devido à dificuldade de conduzi-las vivas ao laboratório, como a *H. bifasciatus*, *G. carapo*, *C. lacustris* e *S. marmoratus*.

Para a proteção do meio ambiente em áreas urbanas, um instrumento legal de grande importância é o Plano Diretor do Município de Londrina, instituído pela Lei nº 7.483/98. Segundo esta lei, no município de Londrina deverá ser preservada as áreas ao longo das margens dos corpos hídricos, numa largura de 30 metros de cada lado, tendo estas áreas o objetivo de proteger os corpos d'água e promover a preservação ambiental também com fins de recreação (TRABAQUINI et al., 2009).

Porém, mesmo com o Plano Diretor instituído, a sociedade continua transformando estas paisagens, e apenas ferramentas legais não auxiliarão na proteção destas áreas, pois o monitoramento destas irregularidades é de difícil acompanhamento. Por isso, há a necessidade da utilização de técnicas de

geoprocessamento e sensoriamento remoto que auxiliem órgãos públicos a fiscalizar essas áreas, a luz do que preconiza a legislação (TRABAQUINI et al., 2009).

### 3.2 EFEITOS DOS IMPACTOS URBANOS SOBRE AS ASSEMBLEIAS DE PEIXES

Para Cunico (2010), a redução da diversidade e a alteração na composição de espécies das assembleias de peixes, são características esperadas em áreas com elevada urbanização. Ainda segundo este autor, estudos nas mais diferentes regiões geográficas evidenciam a biota como a principal ferramenta para o monitoramento destes ecossistemas.

Oliveira e Bennemann (2005) acreditam que qualquer tipo de interferência antrópica pode vir a afetar as assembleias de peixes, em composição, estrutura, distribuição e recursos alimentares, sendo que a remoção da mata ciliar é considerada uma das mais danosas.

Sem a cobertura vegetal os riachos ficam mais suscetíveis às mudanças na biota aquática em decorrência das importantes relações funcionais e metabólicas existentes entre os sistemas terrestres e aquáticos. Desta forma, as áreas florestadas têm sido substituídas por áreas de solo exposto, as quais dão lugar a grandes centros urbanos que impactam os recursos hídricos a partir das fontes de poluição geradas pelo homem.

Nas paisagens urbanas destacam-se principalmente as áreas de superfícies impermeáveis, que em períodos de chuva tendem a aumentar o escoamento superficial. A impermeabilização diminui a retenção da água pelo solo e pela vegetação, aumentando sua energia cinética, possibilitando a ocorrência de erosão marginal. Deste modo, os mais variados tipos de sedimentos são carregados, inclusive resíduos urbanos, que vão para fundos de vales, assoreando-os.

Além de afetar a estrutura física dos corpos d'água, a atividade humana também afeta sua composição química e biológica através da poluição pelo esgoto doméstico e industrial. Sendo o doméstico oriundo de residências e prédios

comerciais e o industrial oriundo de fábricas e usinas, sob forma de gases, vapores, efluentes líquidos e lixos sólidos.

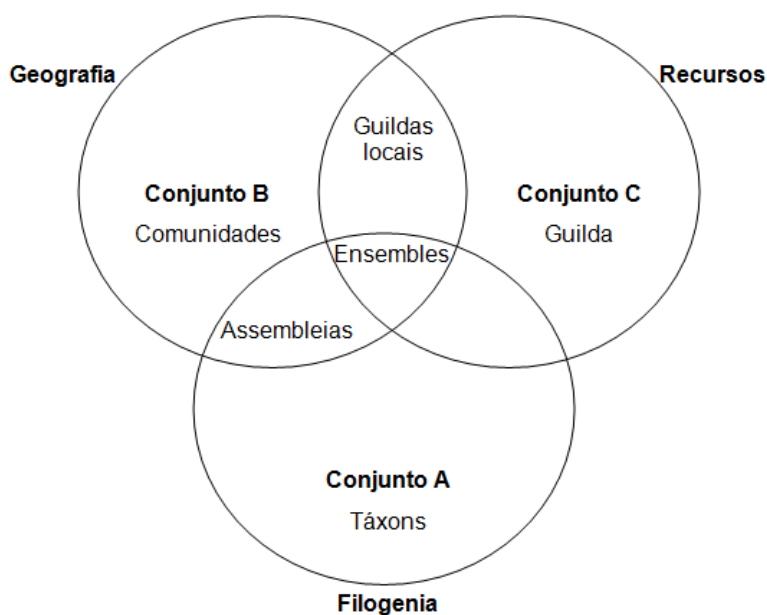
No Brasil, 80% dos esgotos são lançados em corpos d'água e sem qualquer tratamento; destes 85% são esgotos domésticos e 15% esgotos industriais (CALHEIROS; OLIVEIRA, 2005).

Segundo Azzolini (2002), o esgoto doméstico é caracterizado, basicamente pela presença de coliformes fecais, fortes teores de materiais orgânicos, sais minerais (nitrogênio, fósforo e outros) e detergentes. Já o esgoto industrial é caracterizado por materiais orgânicos e gorduras (indústrias agroalimentares), hidrocarbonetos (refinarias), metais (metalurgia), água quente (circuito de refrigeração), materiais radioativos (centrais nucleares) e ácidos, bases e produtos químicos diversos. Esse conjunto de compostos lançados nos corpos hídricos afeta em menor ou maior grau a assembléia de peixes local, alterando significativamente sua estrutura a curto, médio e longo prazo.

### 3.3 ESTRUTURA E DINÂMICA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES DE RIACHOS

Em pesquisas bibliográficas a cerca da ecologia de comunidades nota-se que algumas expressões essenciais vêm sendo ignoradas e mal aplicadas, portanto, *a priori*, é de fundamental importância esclarecer sua terminologia, pois facilita a comunicação, tornando explícitos os pressupostos que fundamentam os conceitos.

Sendo assim, primeiramente serão esclarecidos alguns dos termos que são utilizados no decorrer deste estudo. Usando um diagrama de Venn (Figura 2), Fauth et al. (1996) explicaram a diferença entre o significado de comunidade biológica e assembleia.



**Figura 2 - Relações entre os parâmetros que compõem os conceitos de comunidade biológica, assembleias, guildas e ensembles, a partir dos parâmetros de distribuição geográfica, recursos explorados e grau de parentesco - filogenia.**

Fonte: Adaptada de Fauth et al., 1996.

O diagrama de Venn apresentado na Figura 2 revela as relações entre três conjuntos de informações que definem diferentes níveis de organização das espécies no espaço e no tempo (distribuição geográfica, recursos explorados e grau de parentesco).

Em um mesmo espaço geográfico há a interação dos mais diversos grupos de organismos, e por isso, Fauth et al. (1996) conceituaram comunidades como o conjunto de espécies que se distribuem em uma determinada área geográfica (Conjunto referente à Geografia, na Figura 2). A assembleia surge da intersecção dos conjuntos da Geografia e da Filogenia, removendo a sinonímia dos dois termos.

Segundo Fauth et al. (1996), o conjunto Filogenia é a representação de um mesmo grupo de espécies aparentadas, ou seja, de um mesmo táxon. Assim, a expressão assembleia pode ser definida como um conjunto de indivíduos de mesmo táxon ocorrendo em um mesmo espaço geográfico.

Magurran (2004) ressalta que a maioria dos estudos tem se limitado a assembleias, pois quando se trabalha com toda a comunidade, seria preciso

considerar todas as espécies que ocorrem numa determinada área, proximamente aparentadas ou não.

Especificamente sobre as assembleias de peixes, Mathews (1998), defende que a compreensão das suas estruturas depende do entendimento de quatro fatores: zoogeografia dos grupos, que se baseia na evolução dos principais grupos de peixes; fenômenos abióticos locais, verificando como esses fenômenos influenciam a estrutura e formação das assembleias de peixes; auto-ecologia das espécies individuais, que trabalha com as características intrínsecas de cada espécie e interações bióticas entre os peixes (competição, predação, parasitismo).

Além disso, segundo Trindade (2008), para descobrir quais variáveis são mais importantes na distribuição das espécies, alguns estudos vêm relacionando a composição de assembleias de peixes com características físicas e químicas, como valores de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura da água.

Para Casatti et al. (2006), a qualidade física do hábitat tem a capacidade de influenciar na disponibilidade de áreas para alimentação, abrigo e reprodução, além de afetar a abundância e a diversidade da biota aquática. Em seu estudo sobre qualidade do hábitat realizado no sistema do Rio São José dos Dourados, 94% das amostragens apresentavam um habitat físico pobre ou muito pobre indicando um alto grau de degradação, especialmente em riachos de primeira ordem por serem mais suscetíveis aos impactos.

Alguns estudos revisados por Trindade (2008) compararam a ictiofauna de diferentes trechos ao longo de um gradiente altitudinal e constataram que a riqueza, a diversidade e a equitabilidade aumentaram de acordo com o aumento da ordem do rio.

No entanto essa diferença na diversidade, na riqueza de espécies ou em outros índices não se limita a grandes rios nem a diferenças entre as ordens. Essa alteração se apresenta também no decorrer de pequenos trechos, principalmente quando a bacia analisada se encontra impactada. Isso é o que mostram Oliveira e Bennemann (2005) em um estudo no Ribeirão Cambé, onde foram registradas em sua porção superior, 15 espécies em 5 trechos distintos e em cada um dos trechos apresentaram o número e a composição de espécies distintas.

Em um, dos cinco pontos analisados no Ribeirão Cambé, por exemplo, Oliveira e Bennemann (2005) encontraram a espécie exótica e oportunista *Poecilia reticulata* com dominância expressiva, provavelmente associada às más condições encontradas no trecho. Os autores atribuíram essa resposta à remoção da mata ciliar e ao constante fluxo de pessoas e animais no local, evidenciando assim, o efeito de alterações antrópicas típicas do ambiente urbano.

### 3.4 ECOLOGIA DA PAISAGEM

Segundo Moura e Simões (2010), a expressão Ecologia da Paisagem foi desenvolvida por Carl Troll, em 1939. Contudo sua definição varia conforme a ótica dos autores e a abordagem considerada (geográfica ou ecológica).

De acordo com Metzger (2001), a ecologia de paisagens apresenta duas vertentes que se complementam: a humana e a espacial. A ecologia humana de paisagens é uma abordagem geográfica, centrada nas interações da sociedade com a natureza, pois a paisagem é vista como o fruto desta interação. Por outro lado, a ecologia espacial de paisagens é uma abordagem ecológica, preocupada com a compreensão do padrão espacial nos processos ecológicos (isto é, a forma pela qual a heterogeneidade ambiental se expressa espacialmente).

Independente da abordagem considerada, Metzger (2001) define paisagem como sendo um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas. O mesmo autor argumenta que a ecologia de paisagens apresenta contribuições aplicadas, pois se propõe a lidar com mosaicos antropizados, em uma escala ambiental modificada pelo homem.

Em outras palavras, para Metzger (2001), quando se trabalha com a paisagem como um todo, deve-se levar em conta as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, ou seja, incluir o homem no sistema de análise, assim, a ecologia de paisagens adota uma perspectiva adequada para propor soluções aos problemas ambientais em escalas espaciais mais amplas.

Um dos principais impactos detectados ao nível de paisagem e que interfere diretamente na conservação da ictiofauna é o processo de fragmentação de habitats.

A fragmentação é consequência do retalhamento de paisagens, ou seja, é o efeito divisor de estruturas antrópicas lineares sobre as relações ecológicas existentes em setores de paisagens anteriormente conectados (LANG; BLASCHKE, 2009).

Assim, segundo Dajoz (2005) a fragmentação de habitats tende a ocasionar perda na diversidade genética e no tamanho das populações, produzindo efeito de borda ainda mais acentuado devido ao aumento das zonas de contato com o meio circundante.

O efeito de borda manifesta-se de três maneiras: por modificações abióticas, por modificações biológicas diretas, expressas pela distribuição e abundância de espécies e por modificações biológicas indiretas, como as interações entre espécies (DAJOZ, 2005).

A maior parte dos estudos sobre as consequências da fragmentação de habitats foram realizadas em florestas, porém é importante a análise de como essas fragmentações influenciam todo o meio circundante.

Dajoz (2005), por exemplo, descreve um estudo de caso realizado em uma ilha isolada em meio a culturas. Neste estudo, o efeito de borda manifestou-se pela penetração de plantas de ambiente aberto e pela penetração de poluentes (pesticidas) trazidos pelo vento, além de acarretar também a contaminação da água do lençol freático.

#### *3.4.1 Técnicas de análise espacial da paisagem*

De acordo com Lang e Blaschke (2009), a estrutura da paisagem é um conceito novo dentro da ecologia da paisagem e, durante o seu desenvolvimento surgiram ferramentas computacionais e métodos de processamento de informações geográficas.



Para a estruturação espacial da paisagem, segundo Lang e Blaschke (2009), a caracterização da vizinhança é um procedimento essencial. Esse método baseia-se na medição e quantificação de paisagens sob determinados aspectos estruturais/espaciais, com valores de medições das assim chamadas medidas da estrutura da paisagem ou métricas da paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009).

As métricas são de fundamental importância para a caracterização espacial da paisagem e sua popularização surgiu em razão da disponibilização de recursos computacionais cada vez mais sofisticados. As diversas métricas podem ser classificadas em oito grupos: métricas de área, de fragmentos, de bordas, de forma, de área central (“core”), de vizinho mais próximo, de contágio e mistura e de diversidade (VOLOTÃO, 1998).

A análise espacial apoiada em SIG tem por objetivo gerar novas informações, o que se dá por meio da manipulação e integração com conjunto de dados já existentes (LANG; BLASCHKE, 2009).

Lang e Blaschke (2009) explicam que a análise horizontal ocorre quando uma camada de dados é estudada, ou seja, as relações laterais estão no primeiro plano. Já a análise vertical, ocorre quando várias camadas de dados são analisadas de forma integrada (combinadas, sobrepostas e entrecortadas).

Além de ferramentas de SIG, alguns *softwares* têm sido desenvolvidos para análise da paisagem. O Fragstats, por exemplo, é um software de domínio público que calcula a estrutura da paisagem, usando mais de 50 métricas da paisagem (VOLOTÃO, 1998).

### 3.5 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Câmara e Davis (2001) e Fitz (2008b) descrevem o geoprocessamento como uma tecnologia, ou um conjunto de tecnologias, que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas possibilitando a manipulação, análise e simulação de modelagens, influenciando

assim, diversas áreas como Cartografia, Transportes, Planejamento Urbano e Regional, dentre outras.

De acordo com Câmara e Davis (2001), na década de 50 começaram as primeiras tentativas de automatização de dados com características espaciais. No início eram muito difíceis de usar, pois não existiam monitores gráficos de alta resolução e os computadores eram caros, porém, conforme o tempo foi passando, este sistema de informação foi se desenvolvendo, e na década de 70 foi criada a expressão Geographic Information System (Sistemas de Informação Geográfica, SIG).

Fitz (2008b) definiu informação como sendo um conjunto de registros e dados interpretados e dotados de significado lógico, e sistema, como um conjunto integrado de elementos interdependentes. Assim, sistema de informação seria um sistema para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados e informações, a ele vinculados.

Pode-se então definir SIG como um sistema constituído por programas computacionais para Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar bancos de dados geo-referenciados (CÂMARA; DAVIS, 2001; FITZ, 2008b).

Desse modo, para Fitz (2008b), um SIG pode apresentar uma estrutura genérica, quando concebido para fins diversos, como os sistemas desenvolvidos pela Clark University (Idrisi), pela Esri (ArcGis) e pelo Inpe (Spring) ou uma estrutura aplicada, utilizada para um fim específico, como por exemplo, o SIG elaborado para o planejamento urbano de uma cidade específica.

Os SIGs podem ainda possuir constituições e funções diferenciadas. Um SIG é constituído, segundo Fitz (2008b), por *hardware*, *software*, dados e *peopleware*. Já com relação às funções, que estão vinculadas à própria estrutura do sistema, se destacam: aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica e representação de dados.

Estes sistemas são de muita utilidade, e no Brasil apresentam um enorme potencial devido a sua extensão territorial que acaba acarretando carência de informações adequadas para a tomada de decisões ambientais.

### 3.6 SENSORIAMENTO REMOTO

O termo sensoriamento remoto surgiu pela primeira vez na literatura científica em 1960 e significava simplesmente a aquisição de informações sem contato físico com os objetos (NOVO, 2008).

No entanto, conforme o tempo foi passando, os conceitos foram se desenvolvendo, chegando a diferentes definições, entre elas de que sensoriamento remoto é uma técnica que se utiliza de sensores para a captação e registro a distância, da energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre (FITZ, 2008a).

Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2008).

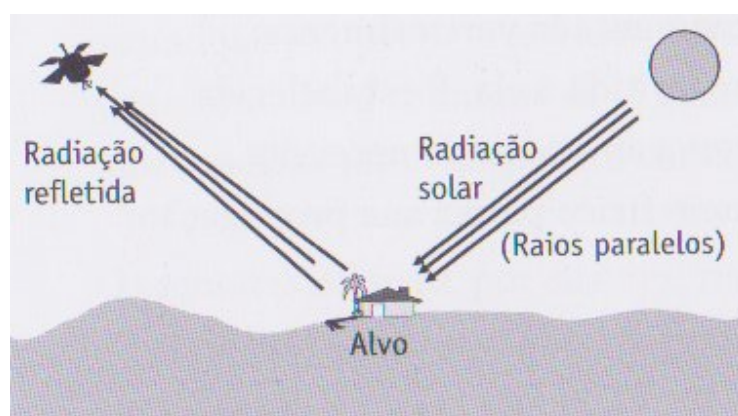
Um dos principais objetivos do sensoriamento remoto é o de distinguir e identificar as composições de diferentes materiais superficiais, sejam eles tipos de vegetação, padrões de uso do solo, rochas e outros (CROSTA, 1992). Ainda, segundo Crosta (1992), essa distinção só é possível devido ao comportamento diferenciado dos materiais superficiais em relação ao espectro eletromagnético, sendo este comportamento fundamental para sua identificação.

Assim, fica claro que para entender o processo de aquisição de informações a partir de sensoriamento remoto é necessário reconhecer a composição e ação da radiação eletromagnética – REM.

### 3.6.1 A radiação eletromagnética (REM)

A maioria dos dados de sensoriamento remoto coletados para aplicações em recursos naturais é o resultado de sensores que registram a energia eletromagnética (REM) (JENSEN, 2009). Estes sensores podem ser colocados a longas distâncias de seus objetos de estudo, pois esta radiação não necessita de um meio de propagação, ou seja, se propagaria até no vácuo. Por isso, para Novo (2008), o aspecto chave para aplicação de sensoriamento remoto é o uso de sensores de radiação eletromagnética.

O Sol é a mais importante fonte natural de REM. A radiação solar incide sobre a superfície terrestre sendo que parte dela é refletida para a atmosfera que a captura através de sensores acoplados em satélites artificiais em órbita (Figura 3).



**Figura 3 - Reflexão da energia solar por um alvo.**  
Fonte: Fitz (2008b).

De acordo com Jensen (2009), não se sabe, até o momento, algo que se desloque mais rápido que a velocidade da luz. A REM se desloca da fonte até o sensor através do meio, por reflexão ou por irradiação a uma velocidade de  $3 \cdot 10^8$  m/s (velocidade da luz).

Segundo Meneses e Almeida (2012), a REM é dividida em regiões espectrais denominadas de espectro eletromagnético que se estende dos comprimentos de onda dos raios cósmicos (ondas curtas) aos comprimentos de corrente alternada (ondas longas) (Tabela 2).

Tabela 2 - Divisão do espectro eletromagnético.

Intervalo Espectral	Comprimento de Onda
Raios cósmicos	0,01 A°
Raios gama	0,01 - 0,1 A°
Raios X	0,1 - 10 A°
Ultravioleta	100 nm - 0,38 µm
Visível	0,38 - 0,76 µm
Infravermelho próximo	0,76 - 1,2 µm
Infravermelho de ondas curtas	1,2 - 3,0 µm
Infravermelho médio	3,0 - 5,0 µm
Infravermelho termal	5,0 µm - 1 mm
Micro-ondas	1 mm - 100 cm
Rádio	1 m - 10 km
Áudio	10 - 100 km
Corrente Alternada	> 100 km

Obs: A° =  $10^{-10}$  m; nm =  $10^{-9}$  m; µm =  $10^{-6}$  m

Fonte: Meneses e Almeida (2012)

As porções situadas dentro desse espectro (Figura 4), baseadas nos comprimentos de onda ou frequências correspondentes, são conhecidas por bandas ou faixas espectrais (FITZ, 2008b).

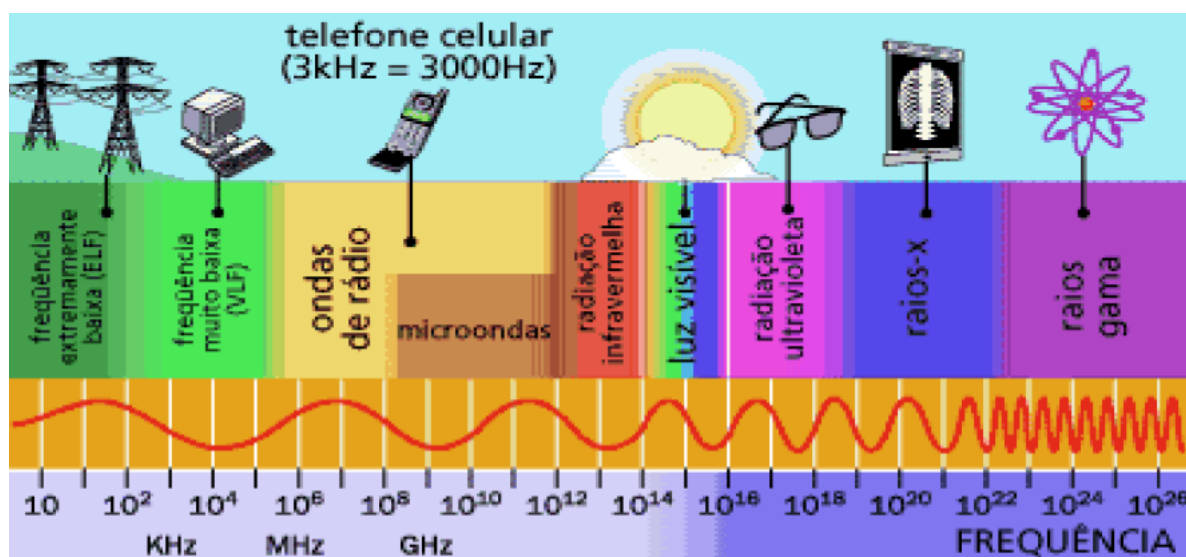
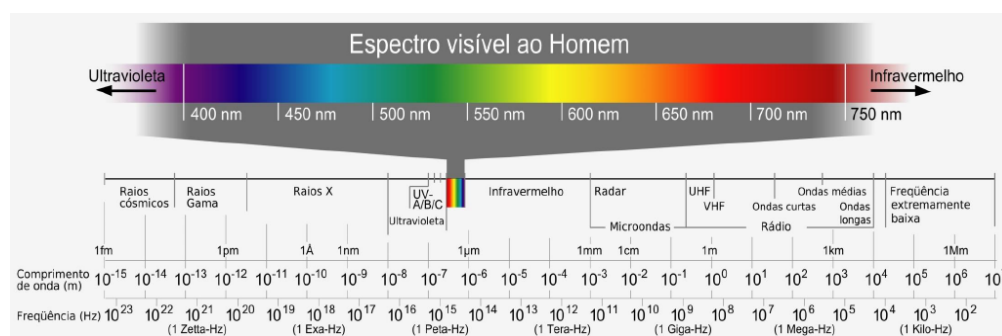


Figura 4 - Esquema do espectro eletromagnético.

Fonte: Adaptada de Almeida, 2010.

De acordo com Meneses e Almeida (2012), é fundamental que os usuários de sensoriamento remoto saibam quais comprimentos de ondas são potencialmente detectáveis pelos sensores, pois nem todas as faixas do espectro eletromagnético podem ser utilizadas para a obtenção de informações em sensoriamento remoto.

Em algumas faixas do espectro a opacidade da atmosfera dificulta a coleta de informações, sendo que a faixa de luz visível da radiação solar (Figura 5) é a faixa onde a atmosfera é relativamente transparente.



**Figura 5 - Espectro do visível.**

Fonte: Micha et al. (2011).

### 3.6.2 Sensores remotos

Sensores remotos são equipamentos eletrônicos, a bordo de satélites ou aeronaves, responsáveis por converter a energia proveniente dos objetos em registros na forma de imagens, gráficos ou dados numéricos (NOVO, 2008). Esses registros são como sinais elétricos transmitidos para antenas nas Estações Terrenas de Recepção (SAUSEN, 2008).

Os sensores podem ser classificados de diferentes formas. Quanto à origem da fonte de energia podem ser classificados em sensores passivos e sensores ativos.

Sensores passivos não possuem fonte de energia própria, ou seja, necessitam de uma fonte de energia externa para a captação da reflexão dos alvos, como por exemplo, a energia refletida pelo Sol ou emitida pela Terra (FITZ, 2008b;

NOVO, 2008; SAUSEN, 2008). Estes sensores são comumente encontrados a bordo de satélites como o LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS e SAC-C, sendo que a presença de nuvens em grandes extensões impede que a radiação solar chegue a Terra, ou seja, o sensor capta a energia refletida pelas nuvens, dificultando assim a análise das imagens.

Sensores ativos são aqueles que apresentam fonte de energia própria, ou seja, não dependem de uma fonte externa. Estes sensores emitem energia suficiente para captar a reflexão dos alvos, como por exemplo, os radares e lasers. Eles são utilizados na análise de fenômenos como áreas inundadas ou alagadas, derrames de óleo no mar, dentre outros (FITZ, 2008b; NOVO, 2008; SAUSEN, 2008).

Pode-se dizer que os sensores ativos, do tipo radar, são um complemento dos passivos, pois operam com maior eficiência em áreas com grande cobertura de nuvens ou áreas com coberturas florestais. Estes sensores são encontrados a bordo dos satélites, tais como ERS, RADARSAT e ENVISAT, e captam imagens diurnas e noturnas, pois operam na região das micro-ondas possibilitando o desvio de obstáculos pelo caminho.

Outra forma de classificar os sensores é quanto ao produto gerado, ou seja, em sensores imageadores e sensores não-imageadores.

Os sensores imageadores possuem um sistema de varredura que capta dados em diferentes faixas espectrais, na forma de uma imagem, composta por milhares de pontos ordenados em linhas e colunas (SAUSEN, 2008). Enquanto os sensores não-imageadores traduzem os dados coletados sob a forma de gráficos e dados digitais diversos (FITZ, 2008b).

### *3.6.3 Sensoriamento remoto da paisagem urbana*

O sensoriamento remoto traz muitas vantagens para o estudo do espaço urbano, pois as paisagens urbanas, segundo Jensen (2009), são heterogêneas

devido ao conjunto diversificado de materiais dispostos de maneira complexa pelo homem, tais como concreto, asfalto, metal, plástico, telhas, água, grama e solo.

Essas informações urbanas detalhadas são solicitadas por um número significativo de profissionais e instituições públicas como conselhos municipais, secretarias municipais e estaduais, companhias públicas e privadas, órgãos de segurança e defesa civil, universidades, dentre outras.

As imagens de sensoriamento remoto apresentam diferentes tipos de resoluções que dependerão da finalidade do trabalho a ser desenvolvido. A resolução espacial, por exemplo, é a capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada, sendo que essa resolução pode ser traduzida como a área real abrangida no terreno por cada *pixel* correspondente na imagem (FITZ, 2008b).

A resolução temporal está relacionada ao período de tempo em que o sensor leva para passar novamente em uma determinada cena. A resolução radiométrica está relacionada com a quantidade de níveis digitais presentes em uma imagem, vinculando-se com a qualidade desejada da imagem, ou seja, quanto maiores forem os níveis digitais, tanto maior será a resolução radiométrica (FITZ, 2008b).

A resolução digital é dada pela quantidade de *pixels* ou pontos por polegada (dpi) desejada pelo usuário, e por fim, a resolução espectral, dada pela banda espectral suportada pelo equipamento, ou seja, pela capacidade de absorção (número de canais) do sensor utilizado em função do intervalo do comprimento de onda utilizado pelo mesmo (FITZ, 2008b).

Com relação aos sensores de alta resolução espacial, estes, são muito úteis, principalmente em estudos realizados em áreas urbana e rural, bem como em áreas de preservação ambiental. Os produtos de alta resolução são obtidos por alguns satélites, como por exemplo, o QuickBird (0,6m de resolução), o Ikonos (1m) e o SPOT (5m). De acordo com Piroli (2012), a operação de satélites contendo sensores de alta resolução espacial se iniciou no século XXI, ampliando assim, a qualidade e a quantidade de produtos disponíveis para uso.

As imagens de alta resolução espacial possibilitam observar a estrutura espacial da cidade e a fragmentação do ambiente urbano, uma vez que os objetos presentes nesse ambiente tornam-se facilmente distinguíveis (SOUZA et al., 2003).



Em um estudo realizado na cidade de Londrina-PR, Trabaquini et al. (2009) avaliaram APPs em áreas de fundo de vale a partir de imagens de alta resolução. Esse tipo de avaliação visual vem sendo de grande importância, pois possibilita a constatação dos problemas existentes nessas áreas. Além disso, esses estudos auxiliam o Poder Público Municipal na fiscalização do uso e ocupação do solo.

#### *3.6.4 Classificação de imagem de Sensoriamento Remoto*

Um dos principais objetivos do sensoriamento remoto é a extração de informações contidas nas imagens. Para isso, é necessário estabelecer métodos de análises com regras claras e lógicas, para que possam ser replicadas por qualquer analista na interpretação do significado do dado. Assim, surgiram as técnicas de classificação digital de imagens, que automatizaram o processo de extração de informações das imagens eliminando a subjetividade da interpretação humana e reduzindo o esforço de trabalho do analista (MENESES; SANO, 2012).

Classificação é o processo de atribuir significado a um pixel em função de suas propriedades numéricas, e suas técnicas visam atribuir a cada pixel um rótulo em função de suas propriedades espectrais ou espaciais (NOVO, 2008).

O maior problema da classificação é que ela representa uma simplificação da complexidade existente em uma cena de satélite (CROSTA, 1992). Ainda segundo Crosta (1992), muitas classes são definidas com base em dados multiespectrais disponíveis, sendo que muitas delas não existem e isso só é possível por que, essas classes pré-definidas são uma mistura variável de uma série de superfícies reais.

A classificação de imagens é utilizada, dentre outras finalidades, para a elaboração de mapas temáticos, a partir da criação de imagens virtuais. Diversos métodos são utilizados como forma de classificação de imagens podendo ser supervisionados ou não supervisionados, além de pixel a pixel e por regiões.

### 3.6.4.1 Classificação supervisionada

A classificação supervisionada faz uso da capacidade de interpretação da amostra pelo analista, ou seja, é de extrema importância que o profissional tenha conhecimento prévio da área a ser trabalhada.

Novo (2008) destaca alguns aspectos essenciais a serem avaliados pelo analista, dentre eles: a escolha do melhor conjunto de bandas espectrais para o objeto de interesse; a localização precisa de áreas de “treinamento”; a determinação do relacionamento entre o tipo de objeto e o nível digital das bandas escolhidas; a extrapolação desse relacionamento para toda a cena e a avaliação da precisão da classificação realizada.

Em outras palavras, a classificação se dará a partir da escolha de áreas ou polígonos representativos ou de treinamento na imagem (Figura 6), vetorizados sob a forma de polígonos que definem elementos notáveis, servindo de base para padronização (FITZ, 2008b).



**Figura 6 - Áreas de treinamento selecionadas para classificação supervisionada, sendo que os números representam classes definidas pelo autor (como o número 3 que se refere à classe de solo exposto).**

**Fonte: Fitz (2008b).**

Fitz (2008b) relembra ainda que alguns fenômenos naturais mascaram as imagens fazendo com que alguns *pixels* apresentem mistura de elementos, por isso, as áreas de treinamento deverão conter um número suficiente de *pixels*, cuja reflectância represente uma feição pré-determinada.

Alguns dos métodos utilizados na classificação supervisionada são os métodos do paralelepípedo, o da distância mínima e o da máxima verossimilhança (MAX-VER).

#### 3.6.4.2 Classificação não supervisionada

O método de classificação não supervisionada é realizado, segundo Fitz (2008), com o uso de clusters. Clusters são como formas de agrupamentos identificados automaticamente por um determinado software a partir de comparações espectrais. O método, portanto, classifica os *pixels* de forma automática por meio de uma padronização de sua reflectância (FITZ, 2008).

Segundo Novo (2008), este tipo de classificação permite que o analista conheça o número de classes espectrais existentes, visto que muitas vezes, estas, excedem o número de classes do terreno, auxiliando por fim, no reagrupamento das classes espectrais. Em termos gerais, essa classificação deve ser utilizada antes da classificação supervisionada, principalmente quando não se conhece a área de estudo.

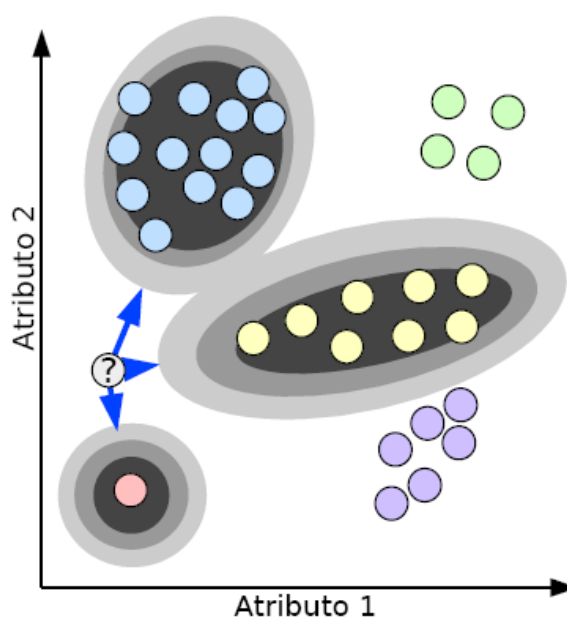
Alguns dos métodos utilizados na classificação não-supervisionada são os métodos do k-médias, Isoseg, lógica fuzzy e redes neurais.

O Isoseg, por exemplo, trabalha com o conceito de clustering (agrupamento) esse algoritmo caracteriza-se por requerer uma máscara de micro-regiões pré-definidas (segmentação) e por não depender das amostras de cada classe. Tais regiões são agrupadas (“aumentadas”) em áreas homogêneas de acordo com a distância de Mahalanobis entre a classe e a região a ser classificada (CRUZ; RIBEIRO, 2008).

A distância de Mahalanobis é calculada considerando o espalhamento dos dados, inclusive a orientação de amostras de uma determinada classe. Tal distância é calculada sempre entre um ponto e um conjunto de amostras (SANTOS, 2006; KÖRTING, 2006; Figura 7), de acordo com a fórmula:

$$DM^2 = (x - \mu)^T \cdot S^{-1} \cdot (x - \mu), \text{ na qual:}$$

DM: Distância de Mahalanobis entre um grupo de valores com média  $\mu$  e a matriz de covariância  $S$  para um vetor multivariado  $x$ .



**Figura 7 – Representação gráfica da distância Mahalanobis.**  
Fonte: Körting (2006).

O processamento ocorre desprezando-se as informações probabilísticas da imagem, e, em seu lugar, utilizar-se-á as informações estatísticas da média e da variância das regiões para estimar o valor central que será atribuído como referencial de cada classe (CRUZ; RIBEIRO, 2008).

#### 3.6.4.3 Classificação pixel a pixel

Além dos métodos de classificação já descritos, há ainda a possibilidade de dividir os classificadores em classificação por pixel ou por regiões. Segundo Meneses e Almeida (2012), a maioria dos classificadores executa classificação por pixel.

A classificação pixel a pixel tem por objetivo encontrar regiões homogêneas a partir de medidas de distâncias ou de probabilidades de um pixel pertencer a uma classe específica, obtidas através das informações espectrais de cada um dos *pixels*. Apresentando assim, como resultado, uma imagem digital que constitui um mapa de “*pixels*” classificados (MENESES; ALMEIDA, 2012).

#### 3.6.4.4 Classificação por regiões

Na classificação por regiões um agrupamento de *pixels* é usado como unidade de classificação, sendo que a segmentação de imagens que consiste nesse agrupamento ocorre devido às características semelhantes (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Para Meneses e Almeida (2012), o processo de segmentação tem por finalidade levar em consideração as características do meio (regiões) e não apenas os valores espectrais dos *pixels*. Assim, o processo de segmentação passa a ser considerado na classificação.

### 3.7 ACURÁCIA DO DADO DIGITAL

Os erros podem ocorrer em diferentes níveis, ou seja, desde a aquisição de dados, processamento até na verificação dos resultados obtidos. Estes diferentes tipos de erros muitas vezes não são distinguíveis nem mensuráveis (ANTUNES; LINGNAU, 1997). Os erros podem ser de dois tipos, primários e secundários.

Os erros primários são ocasionados pelos sensores devido às condições do meio, como temperatura e umidade, já os erros secundários são aqueles introduzidos através do processamento dos dados e sua reprodução (ANTUNES; LINGNAU, 1997).

De acordo com Antunes e Lingnau (1997) e Lobão et al. (2005), os coeficientes de concordância são obtidos durante as análises de acurácia, realizadas a partir da classificação digital. No entanto, para se avaliar a acurácia dos dados, devem-se levar em consideração três pontos fundamentais: a posição, a época de aquisição e sua temática.

O critério da posição se refere à precisão espacial do mapa, que varia de acordo com a escala, enquanto a época de aquisição é importante, pois dificilmente coincide com os dados coletados. Por outro lado, a temática se refere à precisão da classificação das diferentes categorias que compõem o mapa.

Por isso, a validação da classificação além de fundamental deve ser entendida como uma etapa do trabalho a ser considerada em função de suas especificidades. A determinação da acurácia dos dados validados deve ser uma constante em qualquer dado produzido (LOBÃO et al., 2005).

### 3.7.1 Índice Kappa

O índice Kappa pode ser definido como uma medida de associação usada para descrever e testar o grau de concordância (confiabilidade e precisão) na classificação (PIZZANI et al, 2014).

Segundo Cohen (1960), a acurácia temática pode ser avaliada pelo índice Kappa, por este ser mais sensível às variações de erros de omissão e inclusão. Além disso, Antunes e Lingnau (1997) explicam que o índice Kappa considera em seus cálculos todos os elementos da matriz de erro, ou seja, estima a soma das colunas e linhas marginais e não apenas das que se situam na linha marginal.

No cálculo do coeficiente Kappa é necessário a construção de um mapa de verdade de campo, para que se possa fazer uma tabulação cruzada indicando a proporção de casos presentes e/ou ausentes nos mapas real e classificado (LOBÃO et al., 2005).

Considerando uma situação com apenas duas classes, os resultados possíveis podem ser expressos em uma tabela onde: *a* célula *a* indica a proporção dos casos em que o real (1) e o classificado (2) são corretos; *b*, quando (1) for correto e a (2) errado; *c*, quando a observação (1) for errado e a (2) correto; e a *d*, quando ambas forem errados (Tabela 3) (LOBÃO et al., 2005).

Tabela 3 - Tabulação cruzada de um mapa real e um mapa cruzado de dados.

		Mapa Classificado		
		Sim	Não	Total
Mapa Real	Sim	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
	Não	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c+d</i>
	Total	<i>a+c</i>	<i>b+d</i>	100

Assim, a partir da construção do mapa real é possível calcular o índice Kappa, como mostra a Equação 1.

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c X_{ii} - \sum_{i=1}^c X_{i+} \cdot X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c X_{i+} \cdot X_{+i}} \quad (1)$$

Onde,

$n$  = número de pontos criados;

$X_{ii}$  = somatória da diagonal principal;

$X_{i+} X_{+i}$  = somatória da multiplicação dos totais [Exemplo:  $(a+c) \cdot (a+b)$ ].



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

Localizado ao Norte do Estado do Paraná, o Município de Londrina se encontra entre as coordenadas 23°08'47" e 23°55'46" de Latitude Sul e entre 50°52'23" e 51°19'11" de Longitude Oeste (PREFEITURA DE LONDRINA, 2014). Segundo dados do IBGE (2010), o município ocupa uma área de 1.653,075 Km<sup>2</sup> e uma população de 506.701 habitantes.

A área a ser estudada abrange toda a porção do Ribeirão Cambé, como mostra a Figura 8. De acordo com Faria (2005), o Ribeirão Cambé está situado entre as coordenadas 23°16' e 23°22' de Latitude Sul e 51°14' e 51°02' de Longitude Oeste, e compreende uma área de aproximadamente 76 km<sup>2</sup>, com cerca de 27 km de curso principal.

É considerado um subafluente do rio Tibagi, e se encontra totalmente inserido no município de Londrina, com grande parte de seu percurso cruzando a área urbana e submetido a diferentes alterações físicas em sua extensão. Segundo Neves (2012), o ribeirão nasce no trevo das estradas de Londrina/Cambé - São Paulo/Curitiba, e apresenta uma diferença de gradiente de 219 metros até desaguar em sua foz junto ao Ribeirão Três Bocas.

O trecho médio do Ribeirão Cambé, na área exclusivamente urbana, foi represado para a formação do Lago Igapó, um ponto de lazer e embelezamento paisagístico na região centro-sul da cidade. A expansão e ocupação urbana forçaram a canalização de nascentes e de alguns trechos dos cursos d'água afluentes.

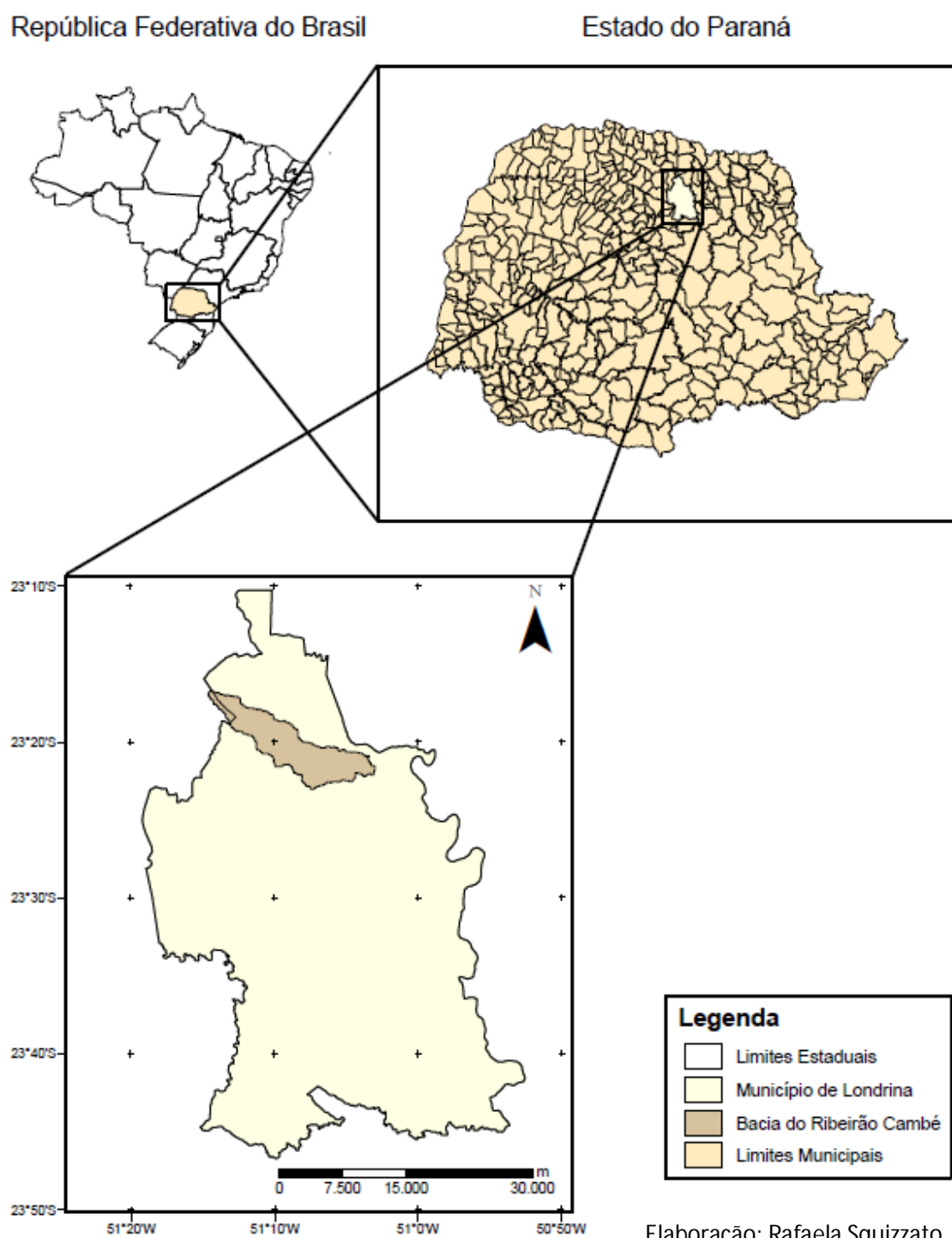


Figura 8 - Localização da bacia do Ribeirão Cambé no município de Londrina.  
Fonte: Autoria própria.

## 4.2 AMOSTRAGEM DOS PEIXES E DE DADOS LIMNOLÓGICOS

As coletas de peixes foram implementadas sob licença do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO; Licença permanente no 28.113-1/2011), utilizando equipamentos de pesca convencionais (redes, tarrafas e puçás) e pesca elétrica (gerador portátil de corrente alternada, 2,5kW, 400 V, 2A).

As amostragens foram realizadas no curso superior do Ribeirão Cambé, onde foram estabelecidos dois pontos amostrais (P1 e P2) selecionados a partir de critérios relacionados à acessibilidade ao local. Em cada ponto foi percorrido um trecho total, de jusante a montante do ponto amostrado, de aproximadamente 50 m de extensão. As coletas ocorreram trimestralmente no período de março a dezembro de 2013, com esforço amostral de 40 min. cada, delimitando os segmentos amostrados com redes de contenção multifilamentadas com malha de 2 mm entre nós.

Além dos pontos amostrados na porção superior do Cambé, foram utilizados mais quatro pontos amostrais (P3 a P6), distribuídos ao longo do Ribeirão Cambé, a partir da porção média em direção a foz. Estes dados foram concedidos pelo Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada (LETA) da UTFPR - *Campus* Londrina. As coletas ocorreram trimestralmente no período de dezembro de 2013 a março de 2014, com a utilização de equipamentos e esforços amostrais iguais aos usados nos pontos de cabeceira.

Ao total foram utilizados seis pontos amostrais ao longo do trecho principal do Ribeirão Cambé, como mostram a Tabela 4 e a Figura 9.

Tabela 4 - Coordenadas de localização dos pontos amostrais no Ribeirão Cambé.

Pontos amostrais	Latitude	Longitude
P1	23° 17' 14,46"	51° 13' 58"
P2	23° 17' 58,74"	51° 13' 17,4"
P3	23° 19' 0,84"	51° 11' 12,12"
P4	23° 19' 45,84"	51° 10' 2,64"
P5	23° 20' 17,52"	51° 8' 57,12"
P6	23° 21' 11,16"	51° 6' 54"

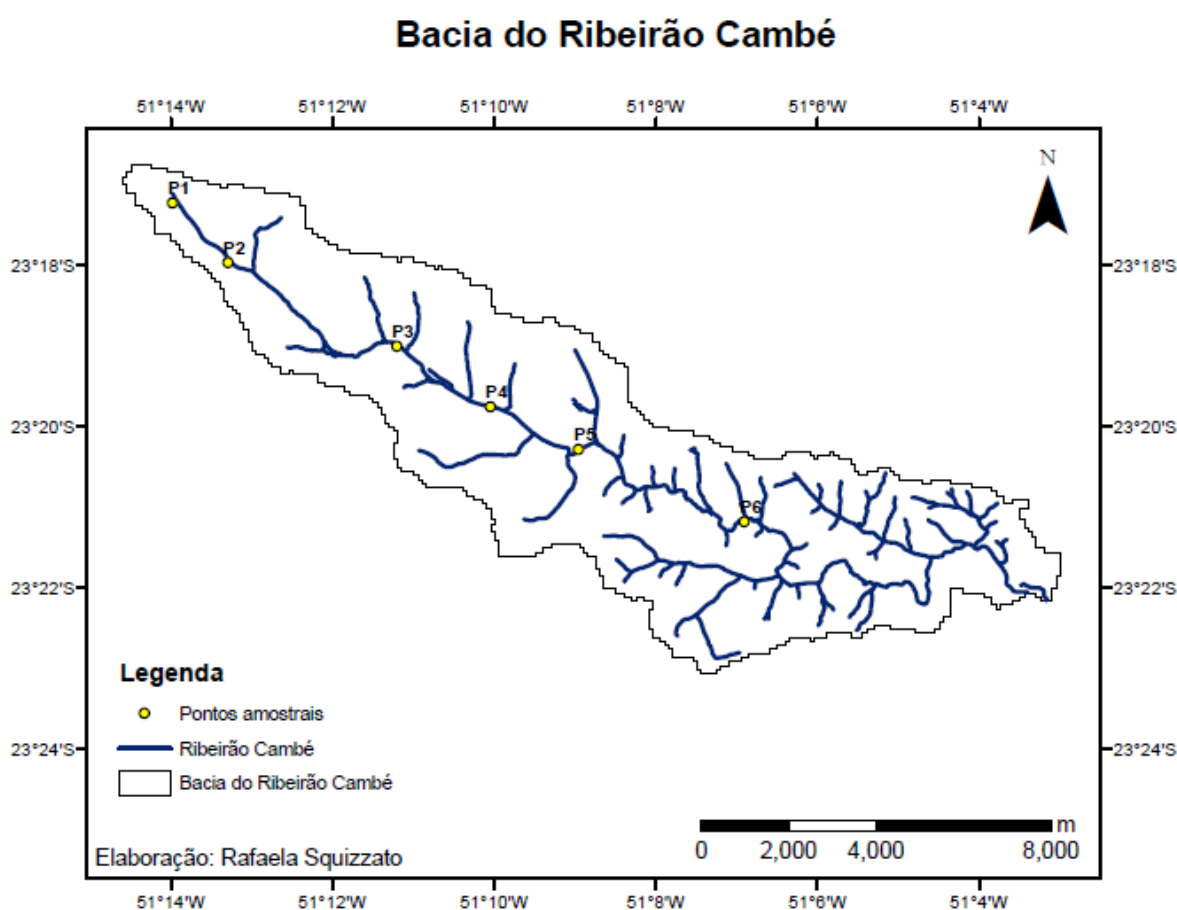


Figura 9 - Localização dos pontos amostrais na bacia do Ribeirão Cambé.  
Fonte: Autoria própria.

Devido à dificuldade na identificação das espécies em campo, os indivíduos capturados e sacrificados foram fixados em solução de formol 10% e, em seguida, transferidos para uma solução de álcool 70%. Posteriormente foram realizadas a

biometria e a identificação dos espécimes no LETA, com auxílio de chaves de identificação. Os espécimes com eventuais dúvidas taxonômicas foram encaminhados ao Museu de Ictiologia do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá.

Além de dados bióticos, foram aferidos em campo, para todos os pontos, dados referentes às condições físicas e químicas da água, tais como pH (peagâmetro portátil TECNOPON, Modelo MPA210P), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (condutivímetro portátil INSTRUTHERM, Modelo CD-860), oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}$ ) (oxímetro portátil Politerm, modelo POL-60), turbidez (NTU) (turbidímetro portátil TECNOPON, Modelo TB 1000P), temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) através de equipamentos portáteis.

#### 4.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE ESPACIAL

As análises espaciais foram realizadas a partir de imagens de alta resolução, fornecidas pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL), e por imagens de satélites, multiespectrais de média resolução do Landsat 8, obtidas no site da USGS - *United States Geological Survey* (disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>). A imagem fornecida pelo IPPUL data de 2005 e apresenta uma resolução espacial de 5 metros, já a imagem do USGS, é de 2013, com resolução espacial de 30 metros.

Para que fosse possível avaliar a correlação espacial das imagens com os atributos da assembleia de peixes e com as características limnológicas, foi utilizado o programa Spring 5.2.6 para a construção do mapa temático digital. Os mapas temáticos digitais passaram pelo teste de validação com o *Google Earth*, com imagens de 2013, para que fosse verificada sua acurácia, obtida através do índice de concordância Kappa. A escolha do *Google Earth* para o teste de validação se deu devido a imagem ser recente e de alta resolução.

#### 4.4 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS SELECIONADAS

A fim de se avaliar qual das imagens melhor se aproxima do real foi realizada a categorização dos usos e ocupação do solo ao longo da bacia, para as duas imagens disponíveis (SPOT e Landsat 8). Para cada imagem foram estabelecidas cinco classes de elementos da paisagem: (i) Vegetação densa; (ii) Água (corpo hídrico); (iii) Solo exposto; (iv) Área impermeabilizada (antrópica); e (v) Agricultura / Campo. Essas classes foram definidas a partir dos usos mais comuns da bacia do Ribeirão Cambé.

Após a realização de diversos testes de classificação, optou-se pela classificação não supervisionada por região para as duas imagens. O classificador usado para ambas foi o Iseseg, com um limiar de aceitação de 99%, similaridade de 40 e área (*pixels*) de 10 para imagem SPOT e de 90%, similaridade 60 e área (*pixels*) de 20 para a Landsat 8.

Para a validação das imagens foram escolhidos aleatoriamente 100 pontos, onde cada ponto da imagem classificada foi comparado com seu respectivo ponto na imagem do *Google Earth* de 2013, gerando assim, uma matriz de erro. No cálculo do índice Kappa foram incluídos todos os elementos da matriz.

Em seguida foi definida uma área amostral ao redor de cada ponto. Como os pontos amostrados não foram igualmente distribuídos ao longo da bacia, optou-se por delimitar áreas de influências mais homogêneas, assim tomou-se em cada área um comprimento padrão de 2 km ao longo do gradiente longitudinal do Ribeirão, com o ponto amostral localizado no centro médio desse transecto.

A partir de cada área foi possível extrair o percentual e a área de cada uma das classes de elementos da paisagem criadas, sendo que as áreas amostrais seguem a mesma ordem dos pontos amostrais, conforme apresentado na Figura 9. A partir destes dados, foi possível analisar se há correlações entre as classes de elementos da paisagem e os parâmetros limnológicos de cada ponto amostral e da estrutura das assembleias dos peixes.

#### 4.5 ANÁLISE DOS DADOS

A estrutura da assembleia íctica foi analisada a partir de parâmetros de riqueza, equitabilidade e diversidade além das relações de abundância-biomassa e padrão de comprimento das espécies coletadas.

A Riqueza (S) representa o número de espécies em um determinado ponto, a Diversidade (H') é calculada pelo índice de Shannon-Wiener que leva em consideração a riqueza e a equitabilidade das espécies ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ , onde  $\ln =$  logaritmo natural e  $p_i =$  proporção de indivíduos na amostra) e a Equitabilidade (E) indica a distribuição relativa da abundância entre as espécies ( $E = H'/\log S$ , onde  $H' =$  índice de diversidade de Shannon e  $S =$  riqueza). Quanto à abundância foi considerado o número médio de indivíduos por coleta, por outro lado a biomassa correspondeu ao peso médio dos indivíduos (g), enquanto os padrões de comprimento foram avaliados a partir dos percentuais de indivíduos pertencentes a cada uma das três classes criadas, P (0-100 mm), M (100-200 mm) e G (200-300 mm), todos estimados por ponto amostral.

Para testar as relações entre as variáveis espaciais da paisagem com os parâmetros limnológicos dos pontos analisados e os bióticos das assembleias de peixes foi calculado a priori o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r), a partir do qual foram avaliados os parâmetros que mais se relacionaram entre si positivamente ou negativamente de forma estatisticamente significativa.

A partir dos dados apresentados pelo Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, foram selecionadas as variáveis que não apresentavam elevadas autocorrelações ( $r > 0,8$ ) e que não representavam parâmetros ambientais similares (seja de paisagem, da limnologia ou dos parâmetros ecológicos da assembleia). As variáveis originalmente analisadas e posteriormente excluídas a partir desse critério foram: percentual de indivíduos de comprimento padrão de porte médio (M) e grande (G).

As eventuais correlações multivariadas foram utilizadas pela Análise de Componentes Principais (PCA) com o objetivo de avaliar o padrão de diversificação

dos pontos amostrais em relação aos parâmetros espaciais, limnológicos e ecológicos da ictiofauna e melhor explicar as diferenças eventualmente encontradas na estrutura da assembleia de peixes ao longo do trecho analisado.

A PCA foi aplicada à matriz de correlação de Pearson formada por cinco parâmetros da paisagem (vegetação densa; água; solo exposto; área impermeabilizada; e agricultura / campo), seis limnológicos (temperaturas médias da água e do ar, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade e pH), além de seis atributos da assembleia de peixes (riqueza, equitabilidade, diversidade, abundância média, biomassa média, percentual de indivíduos de comprimento padrão pequeno). A PCA foi realizada no software PC-Ord c.5.01 (MCCUNE; MEFFORD, 1999). Esta análise reduz a dimensionalidade dos dados por que identifica as variáveis que sumarizam a variabilidade máxima (GOTELLI; ELLISON, 2004).

A seleção dos eixos da PCA para interpretação foi realizada a partir da aplicação do modelo de Broken-stick (JACKSON, 1993), o qual cria uma distribuição nula de autovalores para comparação com os autovalores observados. Somente autovalores maiores do que os esperados foram retidos para interpretação, ou seja, indicavam eixos com padrões significativamente diferentes daqueles encontrados ao acaso.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA

Foram coletados 652 exemplares ao longo da bacia do Ribeirão Cambé nos anos de 2013 e 2014, perfazendo uma biomassa total de 4,366 kg, pertencentes a cinco ordens, seis famílias, nove gêneros e catorze espécies (Tabela 5).

Tabela 5 - Posição taxonômica das espécies coletadas nos seis pontos amostrais do Ribeirão Cambé em 2013 e 2014.

<b>Espécies</b>
CHARACIFORMES
CHARACIDAE
<i>Astyanax aff. paranae</i>
<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti e Britski, 2000)
<i>Astyanax bockmanni</i> (Vari e Castro, 2007)
SILURIFORMES
LORICARIIDAE
<i>Hypostomus sp.</i>
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)
<i>Hypostomus cf. strigaticeps</i> (Regan, 1908)
HEPTAPTERIDAE
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy e Gaimard, 1824)
PERCIFORMES
CICHLIDAE
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy e Gaimard, 1824)
<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897)
GYMNOTIFORMES
GYMNOTIDAE
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i> (Valenciennes, 1839)
CYPRINODONTIFORMES
POECILIIDAE
<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)
<i>Phalloceros aff. caudimaculatus</i>

No Ribeirão Cambé, das catorze espécies presentes, apenas a *Poecilia reticulata* foi encontrada em todos os segmentos amostrados, como mostra a Tabela 6, além de se mostrar a espécie mais abundante atingindo 38,96% do total coletado. As três espécies mais representativas, *Poecilia reticulata*, *Hypostomus ancistroides* e *Phalloceros aff caudimaculatus*, somaram 60,58% do total.

No período de 2001 a 2002, Oliveira e Bennemann (2005) encontraram no Ribeirão Cambé *Poecilia reticulata* e o *Phalloceros caudimaculatus* como as espécies mais representativas. Segundo Araújo (1998), a elevada abundância da *Poecilia reticulata*, geralmente com valores maiores que 20% do total de indivíduos coletados, é indicativo de locais degradados, isto por que estes peixes são tolerantes às condições estressantes e permanecem nesses locais por muito tempo, mesmo após o desaparecimento de todos os outros.

*Poecilia reticulata* se revelou dominantes entre os pontos amostrais 3 e 6, sendo que os pontos 4 e 6 mostraram abundância muito superior à aquela citada por Araújo (1998), chegando a valores de 76,4% e 87,5%, respectivamente.

Segundo Souza e Tozzo (2013), a *Poecilia reticulata* possui adaptações ecológicas que proporcionam um grande sucesso na colonização em diversos tipos de ambientes, além de apresentarem capacidade de suportarem variações extremas, por exemplo, de oxigênio dissolvido. Lemes e Garutti (2002) relataram em seu estudo na bacia do Alto Rio Paraná o derramamento de óleo queimado em um de seus pontos de coleta e registraram a perda da diversidade ocasionada decorrente desse evento, porém, mesmo assim, foi possível encontrar seis exemplares de duas espécies, sendo uma delas a *Poecilia reticulata*, evidenciando sua plasticidade.

O ponto que apresentou maior riqueza de espécies nesta pesquisa foi o ponto 2 (Tabela 6), no trecho superior da bacia, tipicamente formado por substrato areno-argiloso, associado com a presença de ampla vegetação ripária secundária, beneficiada pela ocorrência de vertentes relativamente mais íngremes.

Além disso, constatou-se que o número de indivíduos coletados e a riqueza e diversidade de espécies apresentam maiores valores no trecho superior-médio do que no trecho médio-foz. Em um estudo no Ribeirão Esperança, também realizado no município de Londrina, Vieira e Shibatta (2007) encontraram maior riqueza nos

trechos intermediários, corroborando a tendência proposta pelo conceito do contínuo fluvial (VANNOTE et al., 1980).

Tabela 6 - Abundância das espécies coletadas e riqueza, equitabilidade e índice de diversidade de Shannon nos seis pontos amostrais do Ribeirão Cambé em 2013 e 2014.

<b>Espécies</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>Soma</b>
1. <i>Astyanax aff. paranae</i>	54	1	1	-	-	1	57
2. <i>Astyanax altiparanae</i>	-	4	-	-	-	-	4
3. <i>Astyanax bockmanni</i>	8	-	-	-	-	-	8
4. <i>Geophagus brasiliensis</i>	18	34	1	-	-	1	54
5. <i>Gymnotus inaequilabiatus</i>	-	24	-	-	-	-	24
6. <i>Hypostomus sp.</i>	-	-	-	-	3	-	3
7. <i>Hypostomus ancistroides</i>	-	52	3	-	23	2	80
8. <i>Hypostomus cf. stigaticeps</i>	-	-	-	-	18	-	18
9. <i>Hypostomus regani</i>	-	-	-	-	7	-	7
10. <i>Oreochromis niloticus</i>	-	1	18	20	-	3	42
11. <i>Phalloceros aff. caudimaculatus</i>	-	-	61	-	-	-	61
12. <i>Poecilia reticulata</i>	5	12	33	113	35	56	254
13. <i>Rhamdia quelen</i>	-	6	-	-	-	1	7
14. <i>Tilapia rendalli</i>	1	12	5	15	-	-	33
<b>Indivíduos coletados</b>	<b>86</b>	<b>146</b>	<b>122</b>	<b>148</b>	<b>79</b>	<b>63</b>	
<b>Riqueza</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>Equitabilidade</b>	<b>0,657</b>	<b>0,779</b>	<b>0,660</b>	<b>0,645</b>	<b>0,850</b>	<b>0,315</b>	
<b>Índice de Diversidade de Shannon-Wiener</b>	<b>0,459</b>	<b>0,744</b>	<b>0,557</b>	<b>0,308</b>	<b>0,594</b>	<b>0,245</b>	

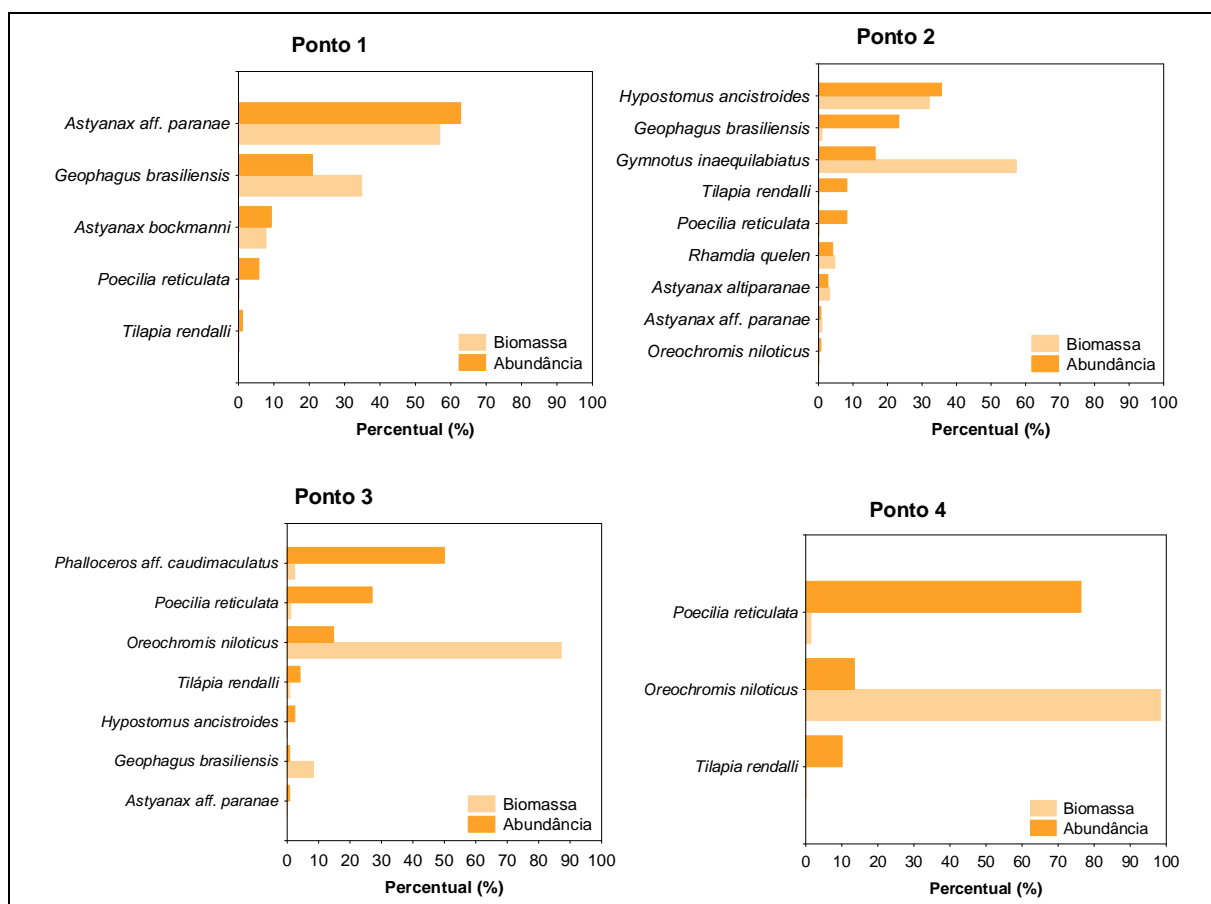
Os pontos 2 e 5 foram os que apresentaram maior equitabilidade e diversidade. Se comparado aos outros pontos, o P2 apresentou a maior diversidade, em função da maior riqueza observada, a despeito da alta dominância do *Hypostomus ancistroides*, que provocou redução da sua equitabilidade.

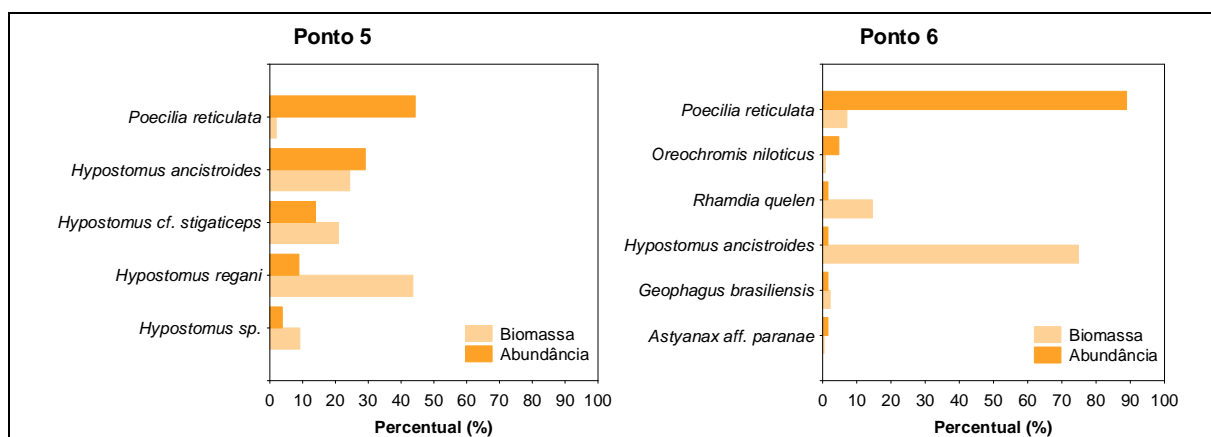
Apesar do ponto 2 apresentar área de acesso degradada, a jusante e a montante deste ponto é possível perceber o adensamento da mata ciliar, responsável por dificultar o acesso por terra ao longo do trecho. O ponto 5, no entanto apesar de apresentar mata ciliar com relativa estrutura, se encontra logo após a barragem, responsável por reter grande parte dos sedimentos que foram carregados para o Ribeirão.

O P5 foi o ponto de maior equitabilidade, isso por que não há uma dominância significativa de uma única espécie e os valores se apresentaram mais homogêneos. Entretanto, este ponto apresentou diversidade bem inferior a P2, devido a sua menor riqueza.

Entretanto, apesar das análises apresentarem boa qualidade nos pontos 2 e 5, é válido ressaltar que estudos na cabeceira do Ribeirão Cambé, realizadas por Gambarotto (2014), indicaram características de ecossistemas relativamente pobres, principalmente quando comparados a ecossistemas mais íntegros.

A análise dos padrões de distribuição de abundância, biomassa e comprimento das assembleias de peixes podem fornecer subsídios para avaliar os níveis de perturbação desses ecossistemas. A Figura 10 mostra o percentual de biomassa e abundância de cada espécie nos seis pontos de coleta.

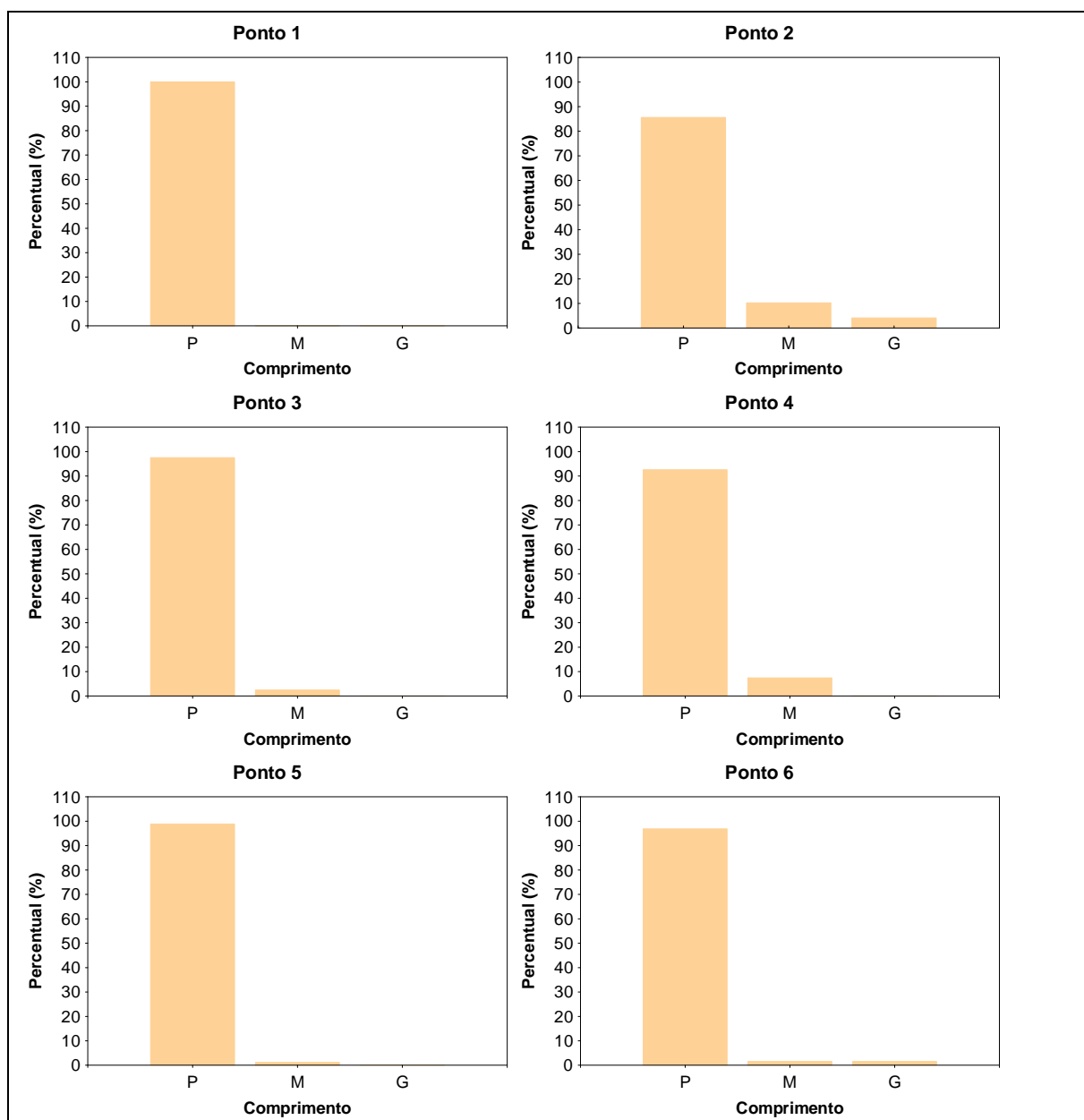




**Figura 10 - Relações de abundância-biomassa para cada ponto amostral.**

O Ribeirão Cambé revelou uma distribuição mais equitativa da abundância e biomassa nos pontos 2 e 5, tendência também verificada pela análise da equitabilidade. Dessa forma, considerando o conjunto de pontos ao longo do gradiente longitudinal do Ribeirão Cambé, esses dois apresentaram condições típicas de sistemas aquáticos lóticos em equilíbrio, indicando melhores condições de conservação ambiental.

Com relação ao padrão de comprimento, a Figura 11, apresenta a distribuição dos indivíduos nas três classes analisadas: P (0-100 mm), M (100-200 mm) e G (200-300 mm). Nota-se que em todos os pontos o percentual de indivíduos de comprimento P é mais representativo, ou seja, a maioria dos indivíduos coletados está nesta classe de tamanho.



**Figura 11 - Padrão de comprimento para as espécies coletadas.**

Em um estudo realizado no mesmo ribeirão, Oliveira e Bennemann (2005) encontraram exemplares variando de 13 a 105 mm, sendo que, apesar das amostragens terem sido desenvolvidas apenas no curso superior do ribeirão, pode-se confirmar a predominância desses indivíduos.

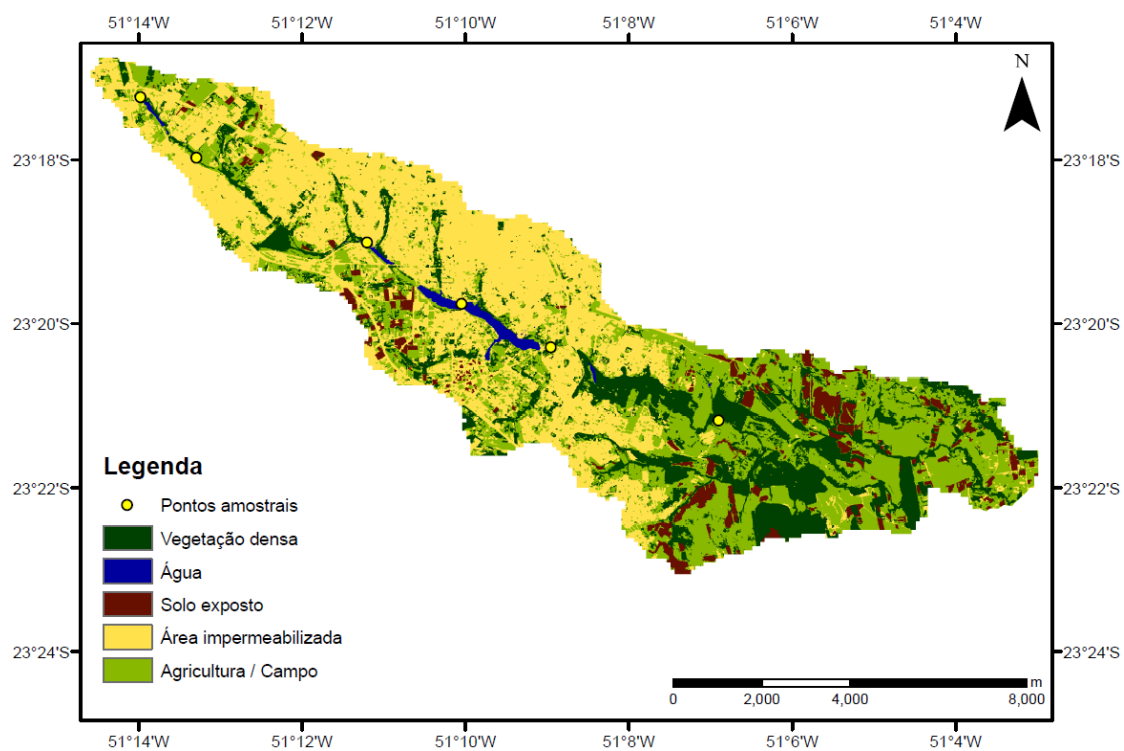
Percebe-se ainda que na medida em que as coletas se encaminharam no sentido nascente-foz, foram obtidos indivíduos maiores, no entanto em nenhum

ponto foi de maneira significativa. É de se esperar que em corpos hídricos de menor porte, como o Ribeirão Cambé, sejam encontrados predominantemente indivíduos menores.

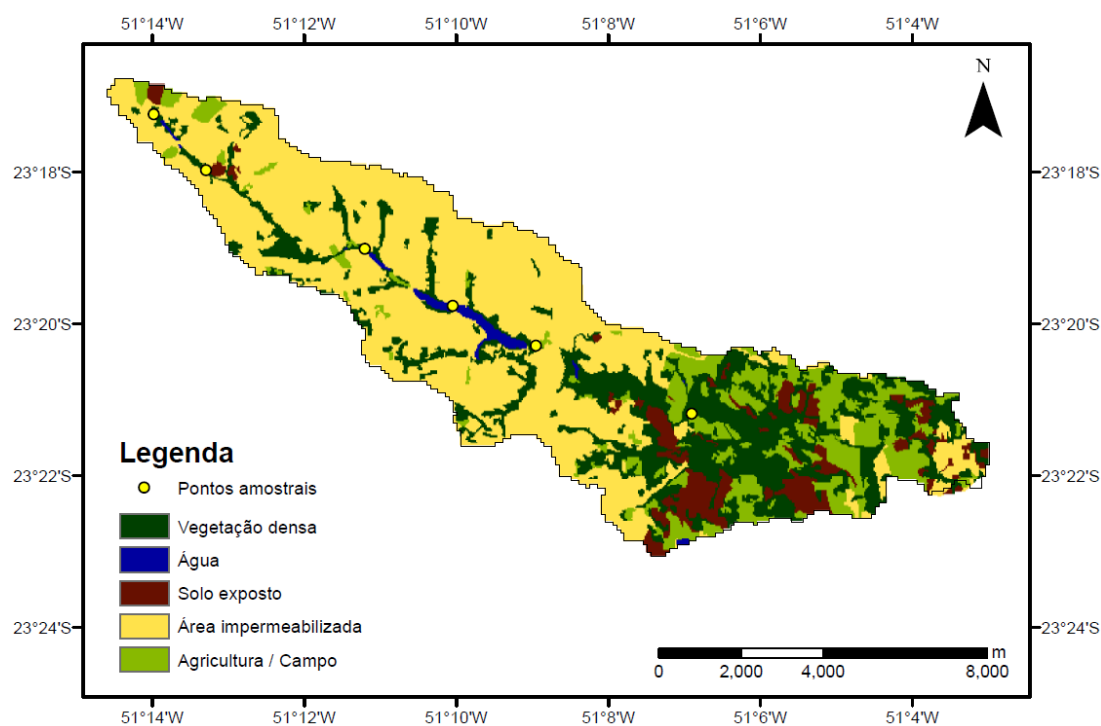
O ponto 2 foi o que apresentou maior heterogeneidade na distribuição de comprimento, corroborando outros resultados obtidos no presente estudo, de que este ponto se revela como o mais conservado. Em geral, a maior variabilidade na distribuição de comprimento entre as espécies é um indicativo do aumento das diversidades de habitats e biológica, na medida em que é preciso maior diversidade estrutural do ambiente para suportar espécies maiores e com requerimentos ecológicos mais diversos. Além disso, cabe salientar que o ponto 4 também apresentou indivíduos maiores, porém trata-se de poucas espécies de maior porte introduzidas no lago Igapó, tais como *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*.

## 5.2 CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA DAS IMAGENS SPOT E LANDSAT 8

As Figuras 12 e 13 apresentam as imagens SPOT e Landsat 8, respectivamente, avaliadas quanto a melhor aproximação do real. Ambas apresentam a categorização dos usos e ocupação do solo ao longo da bacia adotada nesse estudo.



**Figura 12 - Classificação da imagem SPOT.**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 13 - Classificação da imagem Landsat 8.**  
**Fonte: Autoria própria.**



A classificação da imagem SPOT (Figura 12) apresentou um maior detalhamento quando comparada com a classificação da imagem Landsat, pois possui uma maior resolução espacial (5 m). A imagem do Landsat apresenta uma resolução espacial de 30 metros e isso gerou um menor nível de detalhamento na classificação.

Por um lado tem-se uma imagem de alta resolução, porém antiga, por outro, tem-se uma imagem recente, no entanto, com uma resolução inferior a primeira. Assim, com o intuito de se obter a imagem de melhor acurácia, foi usado o índice Kappa para a avaliação dos erros temáticos.

As matrizes de erro geradas a partir da comparação das imagens SPOT e Landsat 8 com a imagem do Google Earth de 2013 estão apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Validação da imagem SPOT.

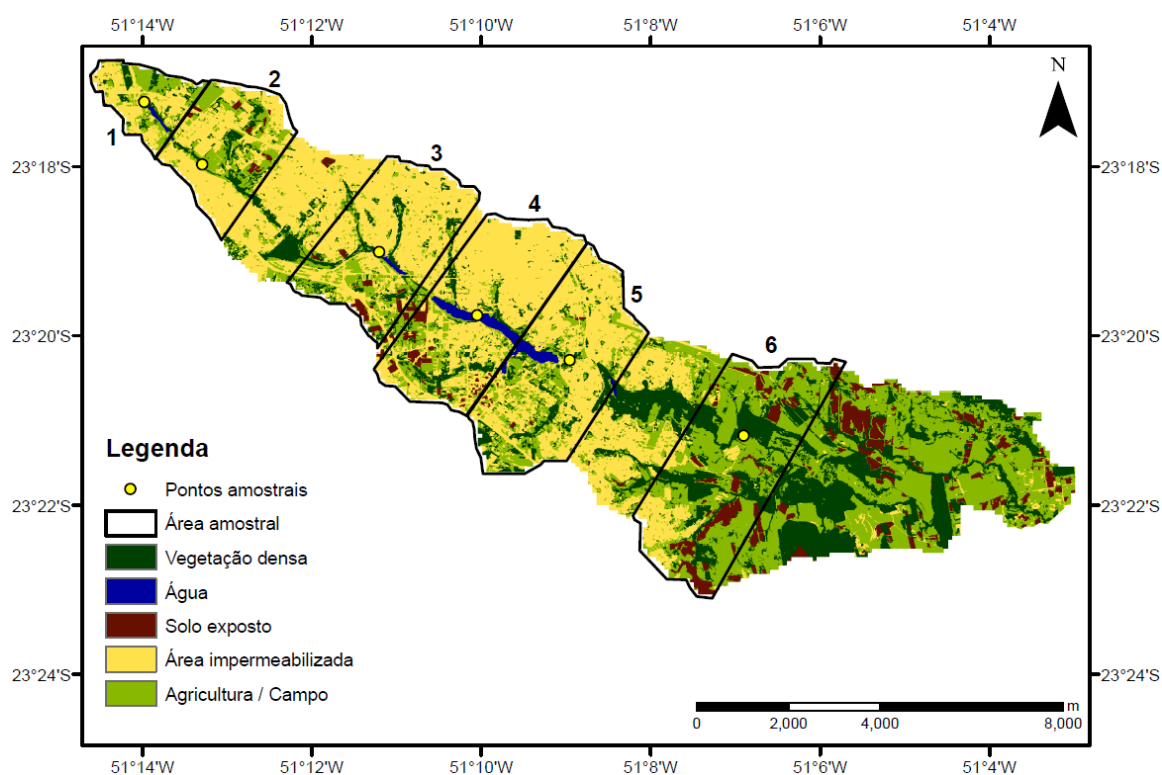
		Mapa Classificado					Total
		Vegetação densa	Água	Solo exposto	Área impermeabilizada	Agricultura / Campo	
Mapa Real	Vegetação densa	9				1	10
	Água		2				2
	Solo exposto			1	2	4	7
	Área impermeabilizada	3			39	12	54
	Agricultura / Campo	2		1	1	23	27
	Total	14	2	2	42	40	100

Tabela 8 - Validação da imagem Landsat.

		Mapa Classificado					Total
		Vegetação densa	Água	Solo exposto	Área impermeabilizada	Agricultura / Campo	
Mapa Real	Vegetação densa	10				2	12
	Água		2				2
	Solo exposto			4	4		8
	Área impermeabilizada	5			43	1	49
	Agricultura / Campo	6		3	12	8	29
	Total	21	2	7	59	11	100

Para a imagem SPOT foi gerado um  $k= 0,6$ , enquanto que para a imagem Landsat foi gerado um  $k= 0,5$ . Assim, a partir desse resultado, optou-se por usar a imagem SPOT classificada, por apresentar melhor concordância e maior detalhamento das classes.

As áreas amostrais (Figura 14) revelam que as áreas próximas à cabeceira são menores, isto ocorre, devido à delimitação da bacia ser mais estreita na porção superior do ribeirão. A Tabela 9 descreve os percentuais das classes de elementos da paisagem para cada ponto amostral isoladamente.



**Figura 14 - Áreas amostrais.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Pode-se observar que grande parte da bacia se encontra em uma área intensamente urbanizada com crescimento contínuo de 52,73% no ponto 1 a 67,79% no ponto 4, como mostra a Tabela 9, e que, essa característica só minimiza após o ponto amostral 5, decrescendo até 12,13% no ponto 6.

Tabela 9 - Área (km<sup>2</sup>) e os respectivos percentuais para cada classe de elemento de paisagem nos diferentes pontos amostrais.

Classes	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Área	(%)	Área	(%)	Área	(%)	Área	(%)	Área	(%)	Área	(%)
Vegetação densa	0,30	12,68	0,56	11,17	0,82	10,83	0,83	9,20	1,17	12,67	2,74	25,52
Água	0,04	1,81	0,01	0,06	0,06	0,75	0,36	4,04	0,25	2,68	0,01	0,04
Solo exposto	0,01	0,36	0,14	2,69	0,22	2,87	0,35	3,85	0,06	0,64	1,22	11,41
Área impermeabilizada	1,27	52,73	2,96	58,71	5,11	67,36	6,09	67,79	5,63	61,10	1,30	12,13
Agricultura/campo	0,78	32,42	1,38	27,37	1,38	18,18	1,36	15,12	2,11	22,90	5,46	50,90
Área total	2,40	100	5,04	100	7,59	100	8,99	100	9,21	100	10,73	100

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DA BACIA

A Tabela 10 apresenta as médias e desvios-padrões dos parâmetros limnológicos analisados no presente estudo. O pH não demonstrou nenhuma diferença significativa entre os pontos amostrais. Por outro lado, a condutividade e a turbidez revelaram maiores valores nos pontos 3 e 6.

Tabela 10 - Médias e desvio-padrões dos parâmetros limnológicos.

Pontos	Temperatura média (ar) (°C)	Temperatura média (água) (°C)	OD (mg/L)	Condutividade elétrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
P1	24.32 ± 0.89	21.77 ± 1.66	6.25 ± 3.01	0.10 ± 0.03	14.47 ± 8.27	7.52 ± 0.87
P2	25.82 ± 7.49	21.83 ± 3.23	6.27 ± 0.68	0.10 ± 0.01	6.1 ± 5.55	7.80 ± 0.88
P3	26.58 ± 6.86	23.20 ± 3.21	6.41 ± 1.65	0.25 ± 0.04	15.11 ± 14.47	7.98 ± 1.31
P4	24.53 ± 2.67	23.21 ± 1.43	6.46 ± 1.72	0.16 ± 0.02	8.08 ± 10.66	7.81 ± 1.18
P5	25.57 ± 4.23	24.08 ± 2.28	7.92 ± 1.92	0.15 ± 0.01	7.35 ± 0.75	7.92 ± 0.94
P6	26.13 ± 3.90	24.77 ± 3.94	8.95 ± 5.73	0.40 ± 0.06	19.17 ± 11.20	7.84 ± 0.64

O P6 revelou maior porcentagem de solo exposto (Figura 14 e Tabela 9) e, conseqüentemente de maior condutividade devido à solubilização de nutrientes carregados do solo pela água da chuva, e maior turbidez, em decorrência da maior quantidade de sólidos suspensos trazidos pela ausência de mata ciliar (ESTEVEZ, 2011).

O P3, por sua vez, está localizado no início do lago Igapó (primeiro reservatório da cadeia), e apesar de apresentar um índice de solo exposto inferior ao P6, manteve um valor elevado. Este ponto ainda apresentou uma área significativa de agricultura / campo, a qual está naturalmente suscetível a perda de materiais no período entre safra, potencialmente podendo acarretar alterações na condutividade e turbidez do sistema aquático adjacente.

Cabe ressaltar, que as imagens de satélite não foram obtidas em períodos próximos à tomada dos parâmetros limnológicos, proporcionando assim, uma possível discordância entre essas variáveis devido a troca constante de safra nos campos de agricultura.

O OD demonstrou tendência de aumento à medida que o Ribeirão foi se aproximando da foz, principalmente no ponto 6, provavelmente associado ao fato de ser caracterizado por um trecho de corredeira, o qual naturalmente gera turbulência e permite o incremento de oxigênio atmosférico (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

#### 5.4 ANÁLISE MULTIVARIADA

Inicialmente foi aplicado o teste de Correlação Linear de Pearson, a partir do qual foi possível verificar as variáveis que apresentam tendência significativa de autocorrelação ( $r > 0,8$ ; por exemplo, a área e o percentual de área das classes de elementos da paisagem), bem como apresentavam correlações muito baixas ( $r < 0,4$ ) e não significativas (comprimento médio e grande das espécies estudadas). Pares de variáveis que tendem a apresentar autocorrelação podem gerar relações espúrias nas análises multivariadas, afetando diretamente os padrões espaciais e temporais de ordenamento dos dados. Por exemplo, duas variáveis que avaliam aspectos semelhantes do ambiente tenderão a apresentar elevada autocorrelação e poderão influenciar de forma distinta as demais variáveis, gerando padrões de organização nem sempre explicáveis do ponto de vista ecológico, mas provocado por mera relação matemática.

As Tabelas 11 e 12 apresentam as correlações positivas e negativas significativas ( $r > 0,8$ ), respectivamente, e os pares de variáveis estudadas no presente estudo de espécies.

Tabela 11 - Correlações positivas.

<b>Variáveis</b>	<b>r +</b>
Agricultura / Campo x Vegetação densa	0.94
Condutividade elétrica x Solo exposto	0.89
OD x Temperatura da água	0.88
OD x Vegetação densa	0.86
Solo exposto x Vegetação densa	0.85
Equitabilidade x Área impermeabilizada	0.84
Biomassa Média x Abundância média	0.82
Condutividade elétrica x Vegetação densa	0.80
Diversidade de Shannon-Wiener x Equitabilidade	0.80

Tabela 12 - Correlações negativas.

<b>Variáveis</b>	<b>r -</b>
Área impermeabilizada x Vegetação densa	-0.99
Comprimento padrão M x P	-0.97
Agricultura / Campo x Área impermeabilizada	-0.97
Equitabilidade x Solo exposto	-0.90
Riqueza x Água	-0.87
Condutividade elétrica x Equitabilidade	-0.85
Equitabilidade x Vegetação densa	-0.82
Área impermeabilizada x Solo exposto	-0.84
Turbidez x Equitabilidade	-0.83
Comprimento padrão G x P	-0.83

Em razão dos comprimentos padrões médios e grandes das espécies serem pouco correlacionados com as demais variáveis, ao contrário do comprimento pequeno, os dois primeiros foram excluídos da PCA. Portanto, na PCA foram incluídas todas as demais variáveis da paisagem, limnológicas e da estrutura da ictiofauna do Ribeirão.

O modelo de Broken-stick revelou que os três primeiros eixos da PCA foram significativos. A Tabela 13 apresenta os autovalores dos eixos significativos, bem como a variância explicada por cada eixo e o percentual acumulado da variância.

Tabela 13 - Representação dos autovalores e das variâncias obtidas para os eixos significativos.

Eixos	Autovalores	% de variância	% acumulativo de variância	Broken-stick
1	7.962	46.834	46.834	3.440
2	3.682	21.661	68.495	2.440
3	2.851	16.770	85.265	1.940

Os Coeficientes de Correlação de Pearson das variáveis com os eixos são apresentados na Tabela 14, indicando quais variáveis influenciam mais a ordenação dos pontos amostrais no espaço multivariado.

Tabela 14 - Representação dos autovetores em relação às variáveis analisadas.

Variáveis	Autovetores (r)		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Riqueza	0.084	<b>-0.9207</b>	-0.3193
Equitabilidade	<b>-0.8749</b>	-0.2492	-0.1108
Diversidade de Shannon-Wiener	-0.5768	<b>-0.7545</b>	-0.2396
Abundância	-0.3722	0.6247	-0.6432
Biomassa	-0.3875	<b>0.7319</b>	-0.23
Comprimento padrão P	0.3091	0.3076	0.3445
Vegetação	<b>0.9792</b>	-0.0462	0.1013
Água	-0.5349	<b>0.7908</b>	0.1447
Solo exposto	<b>0.8784</b>	0.1756	-0.2074
Área impermeabilizada	<b>-0.9462</b>	0.078	-0.2161
Agricultura	<b>0.8755</b>	-0.2578	<b>0.3512</b>
Temperatura média da água	0.6748	0,4416	-0.4216
Temperatura média do ar	0.4345	-0.4334	<b>-0.7583</b>
OD	<b>0.8276</b>	0.1474	-0.1315
Condutividade	<b>0.8983</b>	0.2005	-0.3448
Turbidez	<b>0.8003</b>	0.047	0.2059
pH	0.1325	0.0709	<b>-0.9584</b>

A Tabela 15 apresenta os escores dos pontos amostrais nos três eixos significativos pelo modelo de Broken-stick. A partir dos escores do eixo 1 é possível perceber que os pontos 6, 2 e 4 foram os que se revelaram mais heterogêneos

quanto ao efeito do conjunto de variáveis analisadas, enquanto os pontos 1, 3 e 5 foram mais homogêneos (Figura 15).

Tabela 15 - Escores dos pontos amostrais.

Pontos	Eixos		
	1	2	3
P1	-0.8328	-0.5138	3.5075
P2	-1.8371	-3.0202	-0.6509
P3	-0.2956	-0.4731	-1.9926
P4	-2.2220	3.5153	-0.2836
P5	-0.9576	0.1869	-0.5734
P6	6.1450	0.3049	-0.0070

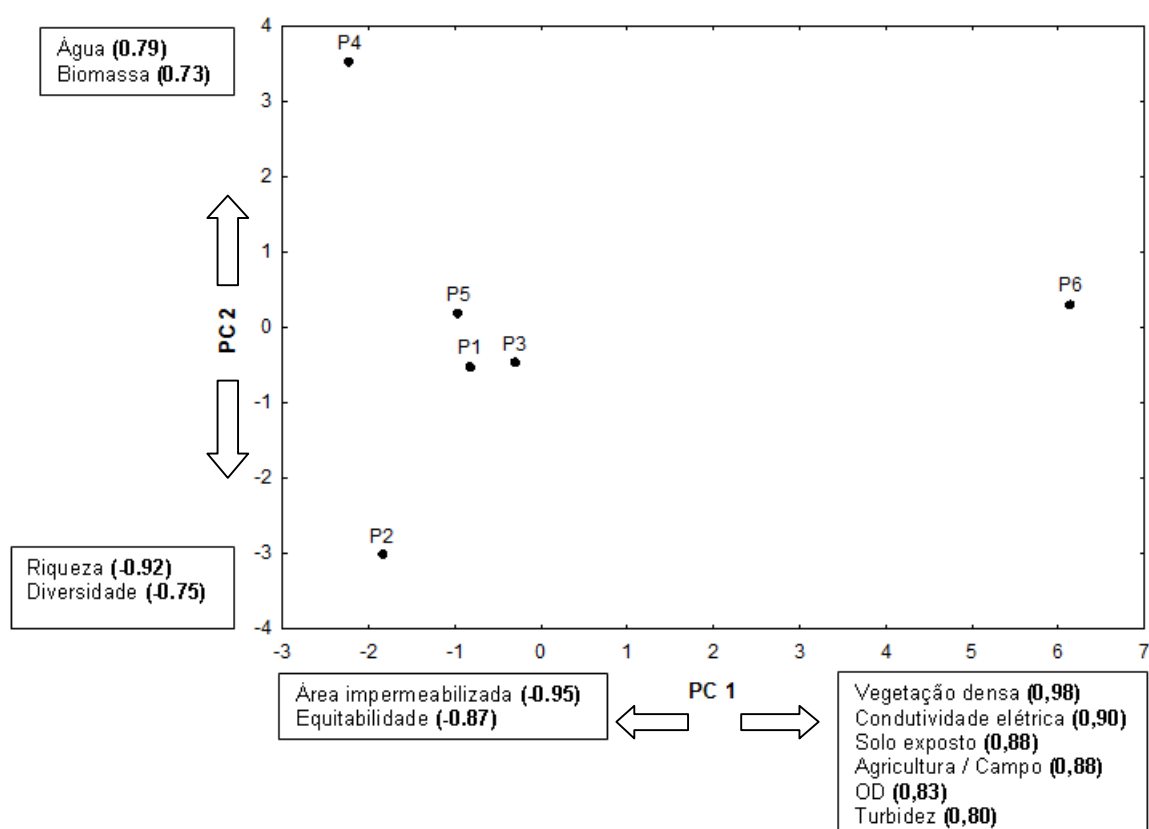


Figura 15 - Distribuição dos escores dos seis pontos amostrais nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PC 1 e PC 2), aplicada à matriz de correlação (Pearson).

O ponto 6 apresentou efeito mais intenso das variáveis com correlações positivas com o eixo 1, ou seja, vegetação (0,98), condutividade (0,90), solo exposto

(0,88), agricultura (0,88), OD (0,83) e turbidez (0,80). Pelo fato do ponto 6 estar inserido em uma área onde se encontra o Parque Municipal Arthur Thomas e uma vasta área de pastos e agricultura extensiva, isso explica o maior efeito da cobertura vegetal densa, solo exposto e agricultura / campo, em detrimento do efeito de classes relacionadas à urbanização, como áreas impermeabilizadas.

A Tabela 9 demonstra que os percentuais de vegetação densa, solo exposto e agricultura / campo aumentam à medida que os pontos amostrais se aproximam da sua foz, corroborando a elevada correlação positiva com o eixo 1 da PCA.

Apresentam ainda alta correlação com a condutividade elétrica e turbidez, o que provavelmente está relacionado com o percentual alto de solo exposto, o qual tende a ocasionar o carreamento de solo para o Ribeirão por escoamento superficial, trazendo junto com ele nutrientes que se solubilizam e aumentam a condutividade da água. Além disso, o ponto amostral está localizado a jusante do lançamento do efluente de esgoto tratado pela SANEPAR, o que pode ocasionar aumento da carga orgânica na água.

Esse conjunto de características pode ter gerado restrições à ocupação das espécies no ponto 6, resultando em baixa equitabilidade e diversidade de espécies. Esse ponto apresenta grande dominância da espécie *Poecilia reticulata*, reconhecidamente com hábitos generalistas e oportunistas, tolerante a amplas variações de temperatura.

Por ser um trecho tipicamente de corredeira, o ponto 6 também apresentou maior concentração de OD na água no período estudado, e todas essas variáveis proporcionaram ao ponto características únicas se comparado aos outros pontos.

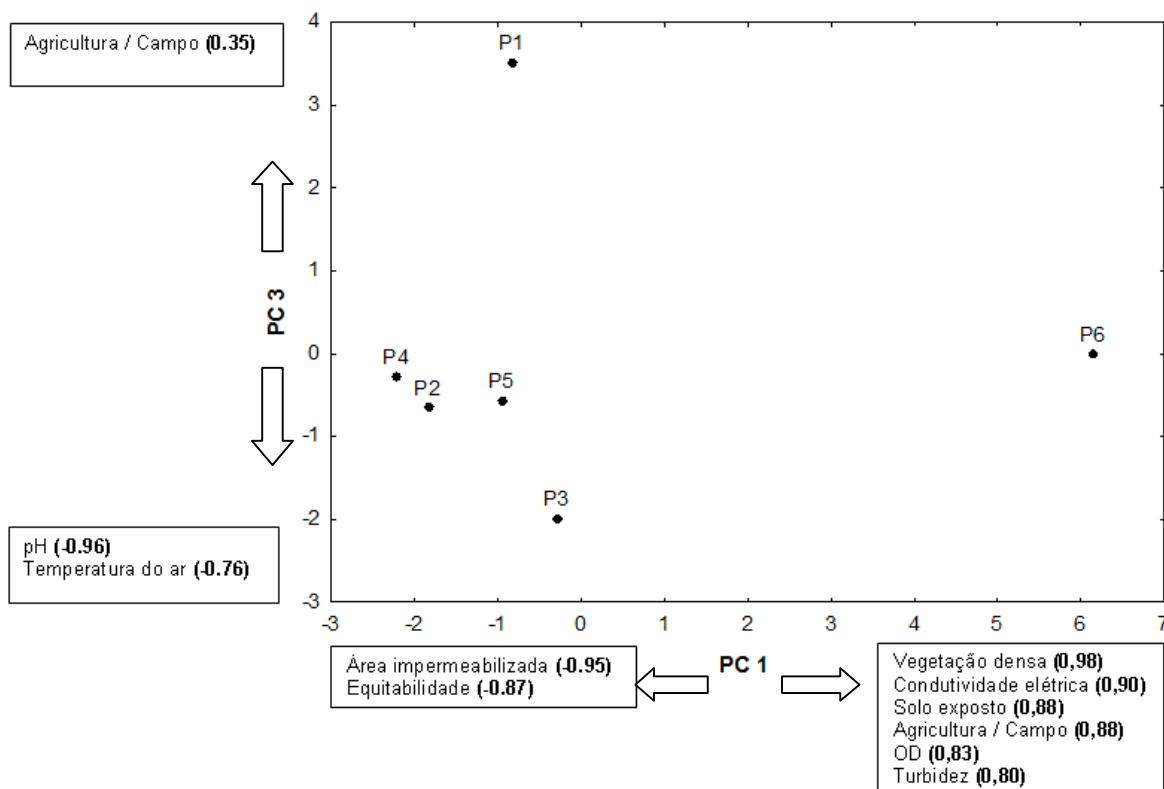
Os pontos 2 e 4 mostraram escores mais negativos para o 1º eixo e destoaram dos demais. As variáveis mais correlacionadas negativamente com esse eixo foram: área impermeabilizada (-0.95) e equitabilidade (-0.87). O primeiro ponto está à montante da cadeia de reservatórios que formam os lagos Igapó e o segundo está inserido em um dos reservatórios que formam a cadeia de ambientes semi-lênticos, ambos totalmente inseridos no trecho urbano da cidade de Londrina, o que pode explicar o maior efeito da área impermeabilizada. Além disso, foram pontos que se mostraram mais similares quanto à abundância de espécies.



O 2º eixo da PCA também segregou os pontos 2 e 4 no espaço multivariado. O ponto 2 se destacou pelas elevadas riqueza (-0.92) e pela diversidade de peixes (-0.75), com nove espécies no total. Trata-se de uma área de vegetação ripária e extensa em recuperação, submetida a um plano de arborização promovido pelo IAP e pela SEMA / Londrina. Portanto, é provável que a recuperação da área já esteja dando resultados, permitindo que a vegetação atue como estabilizador mecânico das margens e regulador microclimático no entorno do ambiente aquático, bem como fornecedor de recursos alimentares para a biota aquática.

No outro extremo do gradiente, o ponto 4 se afasta dos demais por apresentar maiores médias de biomassa (0.73) e extensões dos corpos de água (0.79). Este ponto amostral está localizado no lago Igapó, nitidamente associado a uma ampla área aberta do lago, com menor área relativa de mata ciliar, porém com peixes de maior porte e elevada biomassa. Duas das espécies coletadas neste ponto são exóticas, *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*, comumente atingindo porte médio a grande (Ls médio = 70 mm). A SEMA/ Londrina tem permitido a pesca esportiva nas margens do lago, inclusive promovendo o repovoamento do lago com essas espécies. Trata-se de duas espécies com hábitos alimentares generalistas com relativo sucesso as condições mais restritivas, típicas dos reservatórios artificiais submetidos às pressões urbanas.

O 3º eixo da PCA foi retido para análise por que também foi significativamente diferente daqueles gerados ao acaso. A Figura 11 mostra que este eixo segregou principalmente os pontos 1 e 3.



**Figura 16 - Distribuição dos escores dos seis pontos amostrais no primeiro e terceiro eixo da Análise de Componentes Principais (PC 1 e PC 3), aplicada à matriz de correlação (Pearson).**

O P1 se mostrou diretamente influenciado pela agricultura (0.35) e o P3 pelo pH (-0.96) e pela temperatura média do ar (-0.76). O P1 apresentou o segundo maior percentual de agricultura dentre os transectos analisados e isso proporcionou características específicas que o diferenciou dos demais pontos. Esse ponto amostral corresponde ao trecho de cabeceira, onde estão localizadas as principais nascentes do corpo principal do Ribeirão. Esse trecho apresenta a menor área relativa, o que pode ter permitido que as áreas de produção de hortaliças e cultura de mandioca permitissem que registrasse alto percentual de área usada para agricultura.

O P3 é um ponto crítico de coleta, localizado imediatamente a montante do primeiro reservatório que forma o sistema Igapó. Nota-se que este ponto vem sofrendo intenso assoreamento, em razão de constituir uma área natural de sedimentação da bacia, na medida em que nesse ponto o Ribeirão a montante encontra a grande massa de água do reservatório estacionada. Além disso, grande

parte das margens nesse trecho apresenta vegetação ripária irregular, com isso facilitando o carreamento de material do entorno com as águas pluviais. A pequena cobertura da vegetação próxima a uma área intensamente urbana possibilita a formação de um microclima relativamente mais quente ao redor desta área, proporcionando temperaturas mais elevadas se comparado aos outros pontos, como mostra a Tabela 10.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo pode-se observar que a bacia do Ribeirão Cambé se encontra com elevado grau de degradabilidade, pois 38,96% do total de indivíduos coletados foi representado pela *Poecilia reticulata*, sendo que o ponto 4 se mostrou como o mais degradado principalmente devido a intensa urbanização ocorrida em seu entorno. No entanto, alguns pontos pesquisados apresentaram características de conservação ambiental, como o ponto 2 que mesmo inserido em uma área intensamente urbanizada apresentou maior índice de diversidade e riqueza de espécies devido a maior área de vegetação ripária que possibilitou atuar como estabilizador mecânico das margens.

O ponto 6 se mostrou inconclusivo, pois, apresentou riqueza de seis espécies, no entanto devido a alta dominância da *Poecilia reticulata* obteve um índice de diversidade de 0,245. Este ponto merece mais atenção, pois possivelmente a pequena quantidade de indivíduos coletados pode ser devido ao trecho apresentar forte corredeira. O ponto também se encontra a jusante da última barragem, o que lhe concede possivelmente uma melhor qualidade da água, além disso, o ponto está inserido em uma área com o maior percentual de vegetação densa e de agricultura/campo, ou seja, apresenta uma maior área de infiltração de água de chuva além de maior proteção nas margens do Ribeirão Cambé.

A despeito do período de análise ser relativamente pequeno, as informações analisadas confirmaram a hipótese proposta, ou seja, quanto mais desprotegida a paisagem do entorno do corpo hídrico, maior é o impacto sobre ele, afetando a estrutura e dinâmica da biota aquática.

Vale ressaltar que esta hipótese só pode ser confirmada, devido à diversidade dos dados trabalhados. Além de parâmetros limnológicos, físicos e químicos contou-se com a análise espacial, uma ferramenta muito útil quando usada em conjunto com os demais parâmetros ambientais.

Esse conjunto de informações permitiu que se compreendesse, por exemplo, o motivo pelos quais determinados pontos apesar de inseridos em uma área com

grande percentual de impermeabilização do solo, como os pontos 2 e 5, apresentasse uma melhor condição ambiental.

Os estudos que tratam de hipóteses similares podem aprimorar essa avaliação ao explorar imagens mais recentes e que correspondam aos períodos de coleta dos parâmetros físicos, químicos e ecológicos do ambiente aquático. A maior parte dos trabalhos desenvolvidos avalia apenas um desses aspectos dos ecossistemas aquáticos, sem investigar a interação entre eles. Ainda mais raro são os trabalhos que relacionem essas informações com o uso e ocupação do solo na paisagem de interesse.

Contudo, espera-se que os resultados deste estudo possam fornecer subsídios para auxiliar o poder público na implementação de políticas públicas voltadas à conservação dos recursos hídricos. A partir dos resultados encontrados poder-se-á estimar a capacidade de suporte dos ecossistemas aquáticos frente a interferência antrópica.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Daniela Scaranello Elias de. **A tutela ambiental referente à poluição eletromagnética advinda das estações de rádio base da telefonia móvel pessoal**. 2010. 197 f. Dissertação (Pós-Graduação em Direito) – Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba, 2010.

ALVES, Eliseu; SOUZA, Geraldo da Silva e.; MARRA, Renner. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. **Revista de Política Agrícola**, ano XX. n. 2, p. 80-88, 2011.

ANTUNES, Alzir Felipe Buffara; LINGNAU, Christel. **Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas temáticos obtidos por meio de classificação digital**. In: III CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO. Curitiba, p. s/n, 1997.

ARAÚJO, Francisco G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 58, n. 4, p. 547-558, jul. 1998.

AZZOLINI, José C. **Contribuição da poluição física, química e bioquímica nas águas do Rio do Peixe pelo afluente Rio do Tigre**. 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: Modelo e aplicação**. UFSC, Florianópolis, 1994.

CALHEIROS, Débora F.; OLIVEIRA, Márcia D. de. Contaminação de corpos d'água nas áreas urbanas de Corumbá e Ladário. ADM – Artigo de Divulgação na Mídia, Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, n. 89, p.1-4, nov. 2005.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. INTRODUÇÃO. In: Introdução à ciência da geoinformação. INPE. São José dos Campos, 2001.

CARVALHO, Luiz D. M de.; MENDES, Cesar M. Considerações sobre a evolução da geografia urbana no Brasil e no Paraná. **Boletim de Geografia**. Maringá, v.17, p. 29-57, 1999.

CASATTI, Lilian et al. Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 66, n. 2B, p. 681-696, maio de 2006.

CASATTI, L.; FERREIRA, C.P.; LANGEANI, F. A fish-based biotic integrity index to assess lowland streams in southeastern Brazil. **Hydrobiologia** v. 623, p. 173-189, 2009.

CHIES, Claudia; YOKO, Sandra C. Colonização do norte paranaense: avanço da cafeicultura e problemas decorrentes deste processo. **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, Campo Mourão, v. 3, n. 1, 1º sem/2012.

CROSTA, Álvaro P. Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto. In: **Classificação**. Unicamp, 1992.

CRUZ, Zargo Quaresma da; RIBEIRO, Gilberto Pessanha. **Ensaio de segmentação e classificação digital de imagens CBERS utilizando o sistema Spring em uma unidade de conservação ambiental, estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (Parnaso)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2008, Recife. Anais... Recife: UERJ, 2008. p. 000-000.

CUNICO, Almir M. **Efeitos da urbanização sobre a estrutura das assembleias de peixes em córregos urbanos Neotropicais**. 2010. 78 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

DAJOZ, Roger. **Princípios de ecologia**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 602, 2011.

FARIA, Gislaine Garcia de. Caracterização física e análise comparativa das formas de uso e ocupação do solo (1970-1999) na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, Londrina-PR. **Geografia**, Londrina, v.14, n. 2, p. 107-144, jul/dez. 2005.

FAUTH, J. E. et al. Simplifying the Jargon of community ecology: a conceptual approach. **American Naturalist**, v. 147, n. 2, p. 282-286, fev. 1996.

FITZ, Paulo Roberto. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b.

FRESCA, Tania M. Mudanças recentes na expansão físico-territorial de Londrina. **Geografia**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 241-264, jul/dez. 2002.

GAMBAROTTO, Bruno Luiz. **Proposta de índice de integralidade ambiental aplicado a riachos de mata atlântica e aplicação de teste de validação com parâmetros de assembléia de peixes**. 2014. 119 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **A Primer of Ecological Statistics**. Sunderland, **Sinauer Associates**, 510p, 2004.



IBGE. **Censo Demográfico – Paraná: 1940, 1950, 1960 e 1970.** Rio de Janeiro, 1982.

IBGE. 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/233H3>>. Acesso em: 10/01/14.

JACKSON, D. A. **Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches.** Ecology, 74(8): 2204-2214, 1993.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** 2. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEMES, E. M.; GARUTTI, V. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. Iheringia, Série Zoológica, Porto Alegre, 92 (3), p. 69-78, 2002.

LOBÃO, Jocimara Souza Britto et al. **Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA.** In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 12071214.

MAGURRAN, Anne E. **Measuring Biological Diversity.** Malden, MA: Blackwell Publishing, 2004.

MATTHEWS, W.J. **Patterns in freshwater fish ecology.** New York: Chapman & Hall, 1998.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD: multivariate analysis of ecological data.** Version 4.01. Oregon, MjM Software Design, 47p, 1999.

MENESES, Paulo R.; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UnB CNPq, 2012.

MENESES, Paulo. R.; SANO, E. S. **Classificação pixel a pixel de imagens.** In: Meneses, P. R.; Almeida, T. (Org.) - Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UnB CNPq, 2012.

METZGER, Jean Paul. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, p.1-9, Nov. 2001.

MICHA, Daniel Neves et al. **Enxergando no escuro: a física do invisível.** Física na Escola, v. 12, n. 2, 201.

MOURA, Danieli V.; SIMÕES, Christian S. A evolução histórica do conceito de paisagem. **Ambiente e Educação**, v. 15, n. 1, p. 179-186, 2010.

NEVES, Carlos Eduardo das. **Análise Geossistêmica: as geofácies e geótopos da bacia hidrográfica do Ribeirão Cambé com enfoque no córrego Água Fresca e afluente superior do córrego dos Periquitos – Londrina (PR).** 2012. 85 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

NIEDERAUER, Priscila D. P. **Educação ambiental como sustentáculo da gestão de recursos hídricos no Brasil.** 2007. 59 f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

ODUM, Eugene P.; BARRETT, Gary W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

OLIVEIRA, Semi C. de. A economia cafeeira no Paraná até a década de 1970. **Vitrine da Conjuntura**, Curitiba, v.2, n.4, junho 2009.

OLIVEIRA, Deise C. de.; BENNEMANN, Sirlei T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 1, p. 95-107, fev. 2005.

PEREHOUSKEI, N. A.; DE ANGELIS, B. L. D; BRAVO, J. V. M. **Mandaguari no contexto da colonização do norte do Paraná e a importância das áreas verdes**. I Simpósio de Estudos Urbanos: Desenvolvimento Regional e Dinâmica Ambiental. 2011.

PIROLI, Edson Luís. **Imagens de satélite de alta resolução espacial para o mapeamento da dinâmica do uso da terra**. In: 4º SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2012, Bonito. **Anais...** Bonito: Embrapa Informática Agropecuária/ INPE, 2012. p. 1280 - 1290.

PIZZANI, Luciana et al. A contribuição da análise de conteúdo nos estudos na área da Educação Especial e sua interface com a prematuridade. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 27, n. 49, maio/ago. 2014.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Dados Geográficos**. 2014. 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: 02/01/14

ROSOLÉM, Nathália. P. **Visualização cartográfica da expansão da cidade de Londrina por meio de coleção de mapas digitais.** 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SANTOS, R. **Princípios e aplicações de mineração de dados.** Technical report, INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Científicas, 2006.

SAUSEN, Tania Maria. **Desastres naturais e geotecnologias:** sensoriamento remoto. INPE/CRS. Caderno didático, n. 2. Santa Maria, RS, jul. 2008.

SILVA, Manuela Dreyer da. **Biomonitoramento de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) através da aplicação de biomarcadores bioquímicos, morfológicos e genéticos em *Astyanax sp.*** 2008. 105 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SOUZA, Iris de Marcelhas e. **Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseadas em medidas texturais.** Belo Horizonte, 2003.

TRABAQUINI, Kleber et al. **Avaliação das APPs em áreas de fundo de vale na cidade de Londrina-PR utilizando imagens de alta resolução.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 1047-1054.

TRINDADE, Márcia Emília de Jesus. **Caracterização da assembleia de peixes no Ribeirão Limoeiro, bacia do Rio Cachoeira – BA.** 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2008.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos. 631p, 2008.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

VIEIRA, D. B.; SHIBATTA, O. A. Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 57-66, fev. 2007.

VOLOTÃO, Carlos Frederico de Sá. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. 1998. 48 f. Mestrado (Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 1998.

KÖRTING, Thales Sehn. **Classificação de imagens por regiões**. INPE. São José dos Campos, 2006.