

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

**GABRIELA ZOLI SIMÕES**

**VARIAÇÃO NAS ESTRUTURAS ECOMORFOLÓGICAS E TRÓFICA  
DA ESPÉCIE DE PEIXE *Poecilia reticulata* ENTRE RIACHOS SOB  
DIFERENTES PRESSÕES AMBIENTAIS NA REGIÃO DE LONDRINA-  
PR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA**

**2018**

**GABRIELA ZOLI SIMÕES**

**VARIAÇÃO NAS ESTRUTURAS ECOMORFOLÓGICAS E TRÓFICA  
DA ESPÉCIE DE PEIXE *Poecilia reticulata* ENTRE RIACHOS SOB  
DIFERENTES PRESSÕES AMBIENTAIS NA REGIÃO DE LONDRINA-  
PR**

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

Orientador: Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira

**LONDRINA**

**2018**

## TERMO DE APROVAÇÃO

Variação nas estruturas ecomorfológicas e trófica da espécie de peixe *Poecilia reticulata* entre riachos sob diferentes pressões ambientais na região de LONDRINA-PR por

Gabriela Zoli Simões

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 05 de dezembro de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

---

Profa. Dra. Joseane Débora Peruco Theodoro  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos  
(UTFPR)

---

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

---

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

Dedico este trabalho àqueles que marcaram nossas vidas e que hoje vivem em nossas memórias, em especial, meu avô, Décio Zoli, por todo carinho, amor e sabedoria.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e à minha família, principalmente aos meus pais, Silmar e Maria Hilda, que sempre me apoiaram e incentivaram em todos os momentos, pois sem eles nada disso seria possível.

A todos os amigos e companheiros de jornada, por todos os momentos juntos, e por terem tornado mais fácil essa caminhada, em especial à Aline, Bianca, Ellen, Vitória e Carol, pela grande amizade construída ao longo desses anos, Arthur e Giovanni, por tornarem as aulas mais divertidas e Felipe pela convivência e companheirismo, por todas as coisas boas e não tão boas passadas juntos. A vocês, gratidão por isso e tantas coisas mais que as poucas linhas que tenho não são suficientes para descrever.

Ao meu orientador, Edson Fontes de Oliveira, que ao longo de mais de 3 anos de trabalho, compartilhou de seus conhecimentos e experiências contribuindo para minha formação pessoal e profissional.

Aos integrantes do Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada (LETA), por terem contribuído, direta e indiretamente, para a realização desse trabalho, em especial, Victor, Jéssica e Maria Clara, pela amizade e por todo trabalho desenvolvido, e também ao Bruno, com quem iniciei esse caminho, pela parceria e amizade construída durante as várias horas de trabalho no laboratório, por toda a experiência e aprendizado compartilhado, juntamente com o Lou, e é claro, pelas apostas devidamente pagas.

Aos membros da banca, professora Joseane e professor Maurício, e também professora Kátia, pela sua participação na banca de TCC 1, por terem aceitado e se disponibilizado a contribuir e acrescentar ideias e sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Agradeço também à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os professores que fizeram parte da minha jornada acadêmica, por todo conhecimento transmitido que, com certeza, vou levar para vida toda.

“Felicidade só é real quando compartilhada”.

(Na Natureza Selvagem, 1996)

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar como diferentes pressões ambientais afetam a estrutura trófica de indivíduos da espécie de peixe *Poecilia reticulata* em dois ribeirões da região de Londrina-PR, correlacionando com as alterações intraespecíficas na ecomorfologia, para verificar se tal estrutura pode ser utilizada como indicador da qualidade ambiental. Para tal, foram avaliados indivíduos coletados nos anos de 2013 e 2014, nos Ribeirões Cambé (urbano) e Taquara (rural). Os peixes foram coletados, por meio de pesca manual e elétrica, com um esforço amostral de 40 minutos cada, fixados em formol 10% e conservados em álcool 70%. As coletas foram realizadas trimestralmente, a fim de abranger as quatro estações do ano, em três pontos amostrais em cada ribeirão, totalizando-se seis pontos amostrais. Em laboratório, depois de identificados, foram selecionados 10 indivíduos de cada sexo por ponto e por coleta, pois a espécie apresenta dimorfismo sexual. Com intuito de averiguar os padrões ecomorfológicos foram calculados 26 índices ecomorfológicos, posteriormente sumarizados pela análise de componentes principais (PCA), para avaliar se as diferenças entre os pontos foram significativas foi realizada a análise estatística ANOVA. Para análise da estrutura trófica os indivíduos foram esviscerados e tiveram o primeiro terço do estômago analisado, para cada item encontrado foi calculada a frequência de ocorrência (FO), frequência numérica (FN) e frequência volumétrica (FV), os quais compõem o Índice de Importância Relativa (IIR). Para verificar variações no hábito alimentar da espécie em estudo foi aplicada a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) sobre os índices de importância relativa (IIR). Para avaliar a existência de diferenças significativas nos padrões de alimentação foi aplicada a análise de similaridade multivariada não paramétrica (ANOSIM one-way). Os parâmetros limnológicos foram aferidos localmente, foram eles: oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica e turbidez. As diferenças entre os pontos foram testadas por meio de uma Análise Multivariada de Variância (MANOVA). Para verificar o grau de urbanização das bacias foram utilizadas as porcentagens de impermeabilização de cada bacia. Ao todo foram analisados 222 indivíduos, 107 fêmeas e 105 machos. Em relação aos objetivos os resultados foram significantes, somente os machos do ponto 3 Cambé e ponto 1 Taquara se mostraram significativamente diferentes ( $p=0,02$ ). Houve preferência por recursos autóctones em todos os pontos, contudo, houve grande dissimilaridade entre eles ( $R=0,79$  e  $p=0,02$ ), com predomínio de larvas de insetos para o Cambé e de algas no Taquara. Em relação aos parâmetros físico-químicos todos estão dentro dos valores permitidos pela CONAMA 357, porém, observou-se um aumento dos valores de OD, pH e turbidez para o Taquara em relação ao Cambé, bem como uma diminuição da condutividade elétrica, diferenças essas comprovadas pela MANOVA ( $p = 0,001$ ). O Cambé também apresentou elevado grau de impermeabilização do solo. Portanto, houve diferenças entre os indivíduos de *Poecilia*, bem como entre os pontos das duas microbacias estudadas, enfatizando que os impactos antrópicos, principalmente a urbanização, exercem influência sobre a estrutura das comunidades.

Palavras-chave: ecologia trófica, impactos ambientais, riachos de cabeceiras.

## ABSTRACT

The present study had as objective to evaluate how different environmental impacts affect the trophic structure of individuals of the fish species *Poecilia reticulata* in two streams of the region of Londrina-PR, correlating with the intraspecific alterations in the ecomorphology, to verify if such structure can be used as indicator of environmental quality. For this purpose, individuals were collected in the years 2013 and 2014 in the Cambé (urban) and Taquara (rural) streams. The fish were collected by manual and electric fishing, with a sampling effort of 40 minutes each, fixed in 10% formaldehyde and preserved in 70% alcohol. The collections were done quarterly to cover the four seasons of the year, in three sampling points in each stream, totaling six sampling points. In the laboratory, after being identified, 10 individuals of each sex per point and collection were selected, since the species presents sexual dimorphism. In order to ascertain the ecomorphological patterns, 26 ecomorphological indexes were calculated, later, summarized by the principal component analysis (PCA), in order to evaluate if the differences between the points were significant, statistical analysis was performed using ANOVA. For the analysis of the trophic structure, the individuals were gutted and had the first third of the stomach analyzed, for each item the frequency of occurrence (FO), number frequency (FN) and volumetric frequency (FV) were calculated, and with them the Relative Importance Index (IIR) was calculated. In order to verify variations in the food habit of the species under study, the Detrended Correspondence Analysis (DCA) was applied on the indices of relative importance (IIR). To evaluate the existence of significant differences in feeding patterns, the non-parametric multivariate similarity analysis (ANOSIM one-way) was applied. The limnological parameters were measured locally, they were: dissolved oxygen, pH, electrical conductivity and turbidity. The differences between the points were tested by a Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). To verify the degree of urbanization of the basins, the percentages of waterproofing of each basin were used. A total of 222 individuals, 107 females and 105 males were analyzed. In the light of the objectives the results were significant, PCA completely discriminated the sexes, however, only males of point 3 Cambé and point 1 Taquara were significantly different ( $p = 0.02$ ). There was a preference for autochthonous resources in all points, however, there was a great dissimilarity among them ( $R = 0.79$  and  $p = 0.02$ ), with insect larvae for Cambé and algae in Taquara. Regarding the physical-chemical parameters, all are within the values allowed by CONAMA 357, however, an increase in OD, pH and turbidity was observed for Taquara in relation to Cambé, as well as a decrease in electrical conductivity, differences demonstrated by MANOVA ( $p = 0.001$ ). Cambé also presented a high degree of waterproofing. The results indicated that there were differences between the individuals of *Poecilia*, as well as between the points of the two microbasins studied, emphasizing that the anthropic impacts, mainly the urbanization, exert influence on the structure of the communities.

Key-words: trophic ecology, environmental impacts, headwaters.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Indivíduos da espécie de peixe *Poecilia reticulata* (1 e 2 fêmeas, 3 e 4 machos).....20
- Figura 2** - Localização geográfica das Bacias Hidrográficas dos Ribeirões Cambé e Taquara e seus pontos amostrais. ....22
- Figura 3** – Pontos amostrados no Ribeirão Cambé: (A) e (B) ponto 1; (C) e (D) ponto 2; (E) e (F) ponto 3.....23
- Figura 4** - Pontos de amostragem no Ribeirão Taquara: (A) ponto 1; (B) ponto 2; (C) ponto 3 .....24
- Figura 5** – Representação esquemática das medidas lineares morfométricas e áreas calculadas: comprimento padrão (SL), altura máxima do corpo (MBH), altura da linha média do corpo (BMH), largura máxima do corpo (MBW), comprimento do pedúnculo caudal (CPdL), altura do pedúnculo caudal (CPdH), largura do pedúnculo caudal (CPdW), comprimento da cabeça (HdL), altura da cabeça (HdH), largura da cabeça (HdW), comprimento do focinho com a boca fechada (LSC), comprimento do focinho com a boca aberta (LSO), altura dos olhos (EH), altura da boca (MH), largura da boca (MW), comprimento da nadadeira dorsal (DL), altura da nadadeira dorsal (DH), comprimento da nadadeira caudal (CL), altura da nadadeira caudal (CH), comprimento da nadadeira anal (AL), altura da nadadeira anal (AH), comprimento da nadadeira peitoral (PtL), altura da nadadeira peitoral (PtH), comprimento da nadadeira pelvica (PvL), altura da nadadeira pelvica (PvH), área do olhos (EA), área da nadadeira dorsal (DA), área da nadadeira caudal (CA), área da nadadeira anal (AA), área da nadadeira peitoral (PtA), e área da nadadeira pelvica (PvA). ....26
- Figura 6** - Análise dos componentes principais (PCA) dos indivíduos machos (M) e fêmeas (F) de *P. reticulata* a partir dos centroides dos escores dos pontos P1 Cambé (P1Cb), P2 Cambé (P2Cb), P3 Cambé (P3Cb) e P1 Taquara (P1Tq), para os anos de 2014 e 2013 .....36
- Figura 7** - Análise da DCA para os itens alimentares amostrados nos Ribeirões Cambé e Taquara, para ambos os sexos, nos anos de 2013 e 2014. Com autovalores de 0,31 para o eixo 1 e 0,24 para o eixo 2. Esca (Escama), Ins Pupa (Insetos Pupa), Ins Larva (Insetos Larvas), Ins Adultos (Inseto Adultos), Ostra (Ostracoda), Plat (Platelmintos), Rest Veg (Restos Vegetais), Nema (Nematóide), Teca (Tecameba), Amph (Amphipoda), Cope (Copepoda), Ara (Aranae), Clado (Cladóceras) .....40
- Figura 8** - Análise da DCA para os pontos amostrados nos Ribeirões Cambé e Taquara, para ambos os sexos, nos anos de 2013 e 2014. Autovalores de 0,31 para o eixo 1 e 0,24 para o eixo 2 .....41

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Limites permitidos para os parâmetros limnológicos de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 .....32
- Tabela 2–** Distribuição dos indivíduos Machos (M) e Fêmeas (F) de *Poecilia reticulata* coletados em cada ponto amostral.....33
- Tabela 3** - Média dos parâmetros limnológicos para cada ponto de amostragem analisado, assim como seus respectivos desvios padrões .....33
- Tabela 4** – Autovalores da Análise de Componentes Principais (PCA) para os indivíduos de *P. reticulata* nos ribeirões estudados .....35
- Tabela 5** - Índice de importância relativa (IIR – em porcentagem) para os recursos alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos machos (M) e fêmeas (F) de *P. reticulata*, nos ribeirões Cambé e Taquara nos anos de 2013 e 2014. ....39

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Descrição das medidas morfométricas lineares e áreas tomadas.....	27
<b>Quadro 2</b> - Índices ecomorfológicos e respectivas fórmulas .....	29

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Recursos hídricos</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Parâmetros limnológicos e de paisagem</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Impactos ambientais</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Monitoramento da qualidade da água</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Amostragem e identificação taxonômica</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b>Cálculo e análise dos atributos ecomorfológicos</b> .....	<b>25</b>
<b>4.4</b>	<b>Coleta e análise dos dados tróficos</b> .....	<b>29</b>
<b>4.5</b>	<b>Parâmetros limnológicos e de paisagem</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Campo amostral</b> .....	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Parâmetros limnológicos e de paisagem</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3</b>	<b>Atributos ecomorfológicos</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4</b>	<b>Padrões tróficos</b> .....	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE A - Autovetores obtidos coma Análise de Componentes Principais (PCA) para todos os índices ecomorfológicos (em negrito os valores que mais se correlacionaram com os eixos)</b> .....	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Diversas atividades antrópicas tendem a potencializar as modificações nas interações bióticas em ecossistemas aquáticos, principalmente de ordem trófica, pois ambientes menos íntegros geralmente possuem menor complexidade ambiental, o que pode promover a redução da variedade de recursos disponíveis (CUNICO; AGOSTINHO; LATINI, 2006).

A integridade física do meio tem relação direta com a integridade da biota, pois, a tendência de ambientes mais estruturados fornecerem habitats mais diversos permite a ocorrência de espécies com características mais diferentes. Menor diversidade de habitats e um substrato instável favorecem espécies generalistas, principalmente as bentônicas (FERREIRA; CASSATI, 2006).

Riachos, por sua menor dimensão, são mais susceptíveis às alterações causadas por ações antrópicas. Segundo Oliveira e Bennemann (2005), os principais causadores dessas alterações são a remoção da mata ciliar, lançamento de efluentes, introdução de espécies exóticas e alterações físicas no meio. Especificamente no Brasil, o lançamento de efluentes industriais e domésticos está entre as maiores fontes de degradação (ESTEVES, 2011). Entender como essas alterações afetam a integridade desses ambientes é fundamental, pela importância vital da qualidade da água, tanto para as necessidades humanas, quanto para a biota aquática (CASSATTI, 2004).

Contudo, a avaliação desses impactos, ou pressões ambientais, geralmente é feita por meio de parâmetros físicos e químicos, que podem não ser suficientes para constatar a dimensão do impacto, já que muitas vezes não revelam os efeitos adversos reais nas comunidades, sendo necessária, para isso, a avaliação dos efeitos biológicos da contaminação (ARIAS, et al., 2007). Assim, o uso de indicadores biológicos tem sido cada vez mais empregado nesses tipos de estudos (VIEIRA; SHIBATTA, 2007; LIMA et al., 2017; BATISTA et al., 2017).

Os peixes têm sido muito utilizados para avaliar como os impactos antrópicos afetam os ecossistemas, por meio da compreensão de como eles respondem a tais impactos, tanto pela avaliação de toda a assembleia quanto de uma única espécie. Sendo assim, o estudo da dieta dos peixes pode ser empregado como parâmetro para a compreensão das dinâmicas dos ecossistemas aquáticos; e avaliação do grau de

alteração do ambiente, pois a alimentação dos peixes é sensível às mudanças no meio, e ainda, há pouca informação disponível, principalmente quanto à origem dos alimentos e relações com áreas do entorno (OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005).

A *Poecilia reticulata* está entre as espécies mais estudadas por possuir hábitos generalistas e sobreviver nas condições mais adversas, o que contribui para a análise de ambientes com altos graus de degradação, onde muitas outras espécies, mais sensíveis às variações ambientais, não sobreviveriam.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar como as estruturas ecomorfológica e trófica da espécie de peixe *Poecilia reticulata* em dois riachos (Ribeirões Cambé e Taquara) de diferentes microbacias hidrográficas na região de Londrina-PR variam entre um rio estritamente urbano e outro estritamente rural, já que ambas expressam como os indivíduos exploram o ambiente em que vivem.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar a influência que diferentes pressões ambientais exercem sobre a ecomorfologia e o hábito alimentar de indivíduos da espécie de peixe *Poecilia reticulata* presentes nos Ribeirões Cambé (urbano) e Taquara (rural) submetidos a diferentes pressões ambientais localizados na região de Londrina-PR.

### 2.2 Objetivos específicos

- Reconhecer as características limnológicas (oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica e turbidez) e de paisagens dos ribeirões analisados;
- Identificar variações nos padrões ecomorfológicos da espécie sobre diferentes condições ambientais;
- Caracterizar a estrutura trófica dos indivíduos de *Poecilia*;
- Relacionar as características da paisagem e limnológicas com os padrões ecomorfológicos e tróficos da espécie.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Recursos hídricos

Segundo Ferreira (1986), riachos são recursos hídricos com profundidade e largura menores que de um rio, no entanto, sem tamanho e conceito bem definidos, podendo ser sinônimo de regato e ribeirão, isso devido a grandes variações nos termos utilizados regionalmente. Eles são um recurso importante, visto que muitas atividades humanas dependem da disponibilidade de água, como irrigação, abastecimento humano, atividades industriais e, ainda, são habitats de diversas espécies de peixes e outros organismos (ESTEVES, 2011).

De acordo com Buckup (1999), a composição da ictiofauna de um curso de água varia de acordo com sua fisionomia e localização geográfica, sendo os riachos normalmente compostos por espécies de pequeno porte, apresentando elevada taxa de endemismo (espécies que ocorrem estritamente em uma região).

Os riachos apresentam dimensão reduzida e são muito sensíveis às alterações no ambiente terrestre ao redor (KARR; SCHLOSSER, 1978), evidenciando forte dependência com o meio em que estão inseridos, sobretudo em relação aos recursos alimentares disponíveis. Muitos estudos aferiram a importância do material de origem alóctone para a dieta de peixes de riachos de cabeceira (DAVIS et al., 2010; SABINO; CASTRO, 1990; CASTRO, 1999), isso, devido a sua baixa produtividade primária, decorrente da pouca luminosidade que chega a esses corpos d'água por causa da cobertura vegetal que normalmente os encobre (VENNOTE et al., 1980).

No entanto, Cassati (2002) em seu estudo sobre a estrutura trófica de uma comunidade de peixes de um riacho concluiu que os recursos de origem autóctone foram mais significativos para o meio. Resultado também encontrado por Giora, Fialho e Dufech (2005) e Braga e Gomiero (2009) em análises feitas em bacias da região Sul e Sudeste do Brasil.

Essas diferenças podem ocorrer, pois, mudanças no ambiente aquático geralmente provocam alterações nas dinâmicas das comunidades, principalmente de ordem trófica. Bennemann et al. (2011) realizaram um levantamento dos recursos alimentares e estrutura trófica de peixes em um reservatório na bacia do rio



Paranapanema e observaram que os recursos alimentares disponíveis variam de acordo com as características ambientais do meio.

Ainda, segundo Bennemann et. al (2011), são poucas regiões onde são realizados estudos sobre a estrutura trófica das assembleias de peixes, sendo necessário um maior número de pesquisas para se explicar melhor a relação entre alimentação e a estrutura da paisagem.

### **3.2 Parâmetros limnológicos e de paisagem**

Uma série de parâmetros abióticos compõem os ecossistemas terrestres e aquáticos. Dentre os parâmetros mais comumente analisados em ambientes aquáticos, estão, a turbidez, oxigênio, potencial de hidrogênio (pH) e a condutividade elétrica. Esses parâmetros são fundamentais para a avaliação das características químicas e físicas do meio (ODUM, 1988). Tais características são definidas por uma série de processos que ocorrem no interior e ao redor desses ecossistemas (LIBÂNIO, 2010).

A turbidez da coluna d'água determina a capacidade de penetração e dispersão da radiação solar sendo, determinada, sobretudo, pelas partículas suspensas no meio, como bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos. A produtividade dos meios aquáticos tem relação direta com a intensidade de incidência da radiação solar, assim, corpos d'água com menores índices de turbidez, tendem a apresentar maior produtividade primária (ESTEVES, 2011).

O oxigênio (O<sub>2</sub>) é um dos gases presentes na água de maior importância, proveniente de trocas com a atmosfera e das atividades fotossintéticas, é um importante insumo em diversos processos, como respiração dos organismos aquáticos e oxidação da matéria orgânica e inorgânica. A concentração de oxigênio dissolvido no meio aquático sofre grande influência da concentração de carbono orgânico no mesmo, pois, esse gás é fundamental para a decomposição da matéria orgânica realizada pelos microrganismos (ESTEVES, 2011).

O potencial de hidrogênio (pH) pode ser considerado a variável biótica mais importante, devido a forte influência que exerce sobre as atividades químicas e metabólicas que ocorrem no meio aquático. Normalmente, seus valores em corpos d'água continentais variam de 6 a 8,5, dependendo de fatores, como concentrações

de ácidos orgânicos, de íons, como boratos, silicatos, fosfatos e temperatura da coluna d'água (ESTEVES, 2011).

Condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, é função dos íons presentes na solução, assim, quanto maior a concentração de íons, maior a condutividade. A temperatura, o pH e as substâncias orgânicas ionizáveis, também podem ter influência sobre os valores de condutividade.

Vale frisar que a condutividade elétrica fornece uma série de informações importantes, como a magnitude de concentração de macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio, sódio, cloreto, etc.), avaliação dos processos de produção primária, que causam a redução dos valores de condutividade, e decomposição, que promovem o aumento da condutividade, além de poder ajudar a identificar fontes de poluição (ESTEVES, 2011).

Além dos parâmetros limnológicos, as características da paisagem também têm influência direta sobre os padrões ecológicos dos ecossistemas, traduzindo as relações entre o ambiente, a biota, os elementos inseridos pelo homem (TURNER; GARDNER; ONEILL, 2001). Os diferentes usos e ocupação do solo causam impactos nos ambientes aquáticos, visto que estes sistemas são naturalmente coletores das paisagens (GOULART; CALISTO, 2003).

Em áreas agrícolas, por exemplo, o uso excessivo de fertilizantes, ricos em nitrogênio e fósforo, causa um aumento da concentração desses nutrientes nos rios, que por não serem absorvidos totalmente pelas plantas acabam escoando sub e superficialmente até os corpos d'água. As regiões urbanas também são importantes fontes de poluição difusa, principalmente devido ao carreamento de diversas substâncias, como elementos-traços (metais pesados), matéria orgânica e nutrientes (TURNER; GARDNER; ONEILL, 2001).

### **3.3 Impactos ambientais**

Impacto ambiental, segundo a resolução do CONAMA nº 01 de 1986, corresponde a qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, provocadas por qualquer atividade antrópica que, direta ou indiretamente, afetem a saúde e o bem-estar da população, as atividades econômicas

e sociais, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Com a crescente urbanização e conseqüente desenvolvimento das atividades industriais e agropecuárias, também aumentaram a intensidade dos impactos provocados pelo homem, sobretudo sobre os ambientes aquáticos, tais como, erosão nos solos nas margens dos riachos, poluição por efluentes, supressão da vegetação ripária, assoreamento, eutrofização, contaminação e supressão da biodiversidade, o que compromete a qualidade desses ambientes e podem causar alterações no meio que afetem a composição e dinâmica da ictiofauna (FERREIRA; CASATTI, 2006; CUNICO; AGOSTINHO; LATINI, 2006; GALVES; JEREP; SHIBATTA, 2007; ARAÚJO; TEJERINA-GARRO, 2007).

As variações espaciais e temporais nas pressões ambientais também podem provocar mudanças no comportamento das espécies. A estrutura da assembleia de peixes responde aos impactos antrópicos diretamente, normalmente, pela perda de diversidade e domínio de espécies tolerantes com características oportunistas, em prol das espécies mais especializadas (CLARKE; WARWICK, 2001; CASATTI *et al.*, 2012).

A supressão da vegetação ripária, por exemplo, leva a simplificação de habitats e conseqüente mudança na estrutura das assembleias, interações tróficas, e perda de qualidade da água. Este é um forte indício da dependência dos riachos sobre a vegetação ao entorno (CASATTI; FERREIRA; CARVALHO, 2009).

Vale ressaltar que grande parte dos riachos das regiões Sul e Sudeste do Brasil possuem algum grau de alteração. Cassati, Ferreira e Carvalho (2009) verificaram em seu estudo que mais da metade dos riachos avaliados no estado de São Paulo possuía seus habitats simplificados devido aos impactos aos quais estão expostos.

### 3.3.1 Monitoramento da qualidade da água

Normalmente, os impactos nos recursos hídricos são avaliados de acordo com seus padrões limnológicos, como: pH, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (VIEIRA; SHIBATTA, 2007; SÚAREZ, 2008). Contudo, esses parâmetros abióticos só demonstram o estado momentâneo da qualidade da água, podendo, com

isso, limitar a percepção dos problemas existentes no ecossistema. Assim se torna necessário levar em conta parâmetros bióticos para avaliar com mais profundidade a qualidade ambiental desses ambientes, uma vez que a biota é mais sensível às alterações do que as variáveis abióticas (GOULART; CALISTO, 2003).

Visto isso, tem-se como forma de avaliação do ambiente o biomonitoramento, que pode ser definido como a avaliação da qualidade e/ou riscos ambientais pela análise da estrutura dos sistemas vivos, como propriedades ecofisiológicas e dinâmicas populacionais, desde organismos isolados até ecossistemas complexos (FRÄNZLE, 2003).

O monitoramento biológico também tem função de ferramenta de investigação para a detecção de impactos acidentais ou pela implantação de algum empreendimento, e com isso, serve como instrumento regulador para os órgãos ambientais por ser prova cientificamente aceita dos impactos ao meio ambiente (BAPTISTA; BUSS; EGLER, 2003). A resolução CONAMA 357/05, por exemplo, em seu artigo 8º, parágrafo 3º, propõe a utilização de indicadores biológicos, como organismos e/ou comunidades aquáticas, para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos.

Os organismos indicadores são aqueles que apresentam respostas às mudanças físicas e químicas no ambiente em que estão inseridos. Os principais organismos utilizados no monitoramento em corpos d'água são os macroinvertebrados bentônicos (BAPTISTA; BUSS; EGLER, 2003), comunidade perifítica (DALTON; BOUTIN; PICK, 2015) e os peixes (FIALHO et al., 2007).

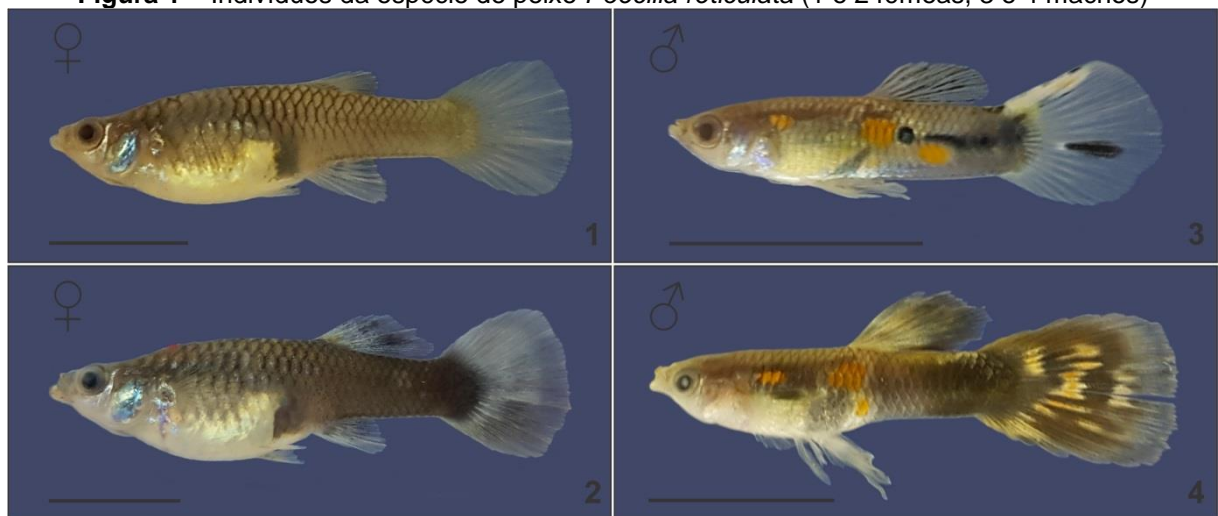
Os peixes são bons indicadores da qualidade ambiental por possuírem ciclos de vida relativamente longos, podendo expressar efeitos de médio a longo prazo. Além disso, são fontes de alimento para as pessoas, e podem servir como padrão para identificar riscos diretos à saúde humana (FLOTEMERSCH; STRIBLING; PAUL, 2006).

Alguns aspectos comumente considerados em relação à ictiofauna para a avaliação das consequências dos impactos ambientais são: a avaliação de modificações na riqueza e diversidade das espécies, abundância de organismos resistentes e extinção de espécies sensíveis, além das concentrações de substâncias tóxicas e disponibilidade de recursos (SÚAREZ, 2008; MORALES; CIONEK; BENEDITO, 2009; ZRNČIĆ et al., 2012).

Modificações nos padrões tróficos em riachos podem servir como bons indicadores, pois, tem relação direta com as características abióticas e o grau de degradação do ambiente, fatores que determinam, em grande parte, os recursos disponíveis no meio (LUIZ et al., 1998). Do mesmo modo, as variações na morfologia dentro de uma espécie pode indicar adaptações desta à diferentes condições ambientais (MISE et al., 2015).

Dentre as espécies de peixes de riachos, a *Poecilia reticulata* (Figura 1) está entre as mais estudadas, pertencente à família *Poeciliidae*, é um peixe originário da América Central, e possui grande capacidade de adaptação em ambientes com elevado grau de degradação (ARAÚJO, 1998). Sua característica generalista permite que ela sobreviva em ambientes com alta concentração de nutrientes e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, e por se adaptar a tais condições adversas, pode servir como um bom indicador da qualidade dos ecossistemas (SOUZA; TOZZO, 2013).

**Figura 1** – Indivíduos da espécie de peixe *Poecilia reticulata* (1 e 2 fêmeas, 3 e 4 machos)



**Fonte:** Krinski e Camera (2017)

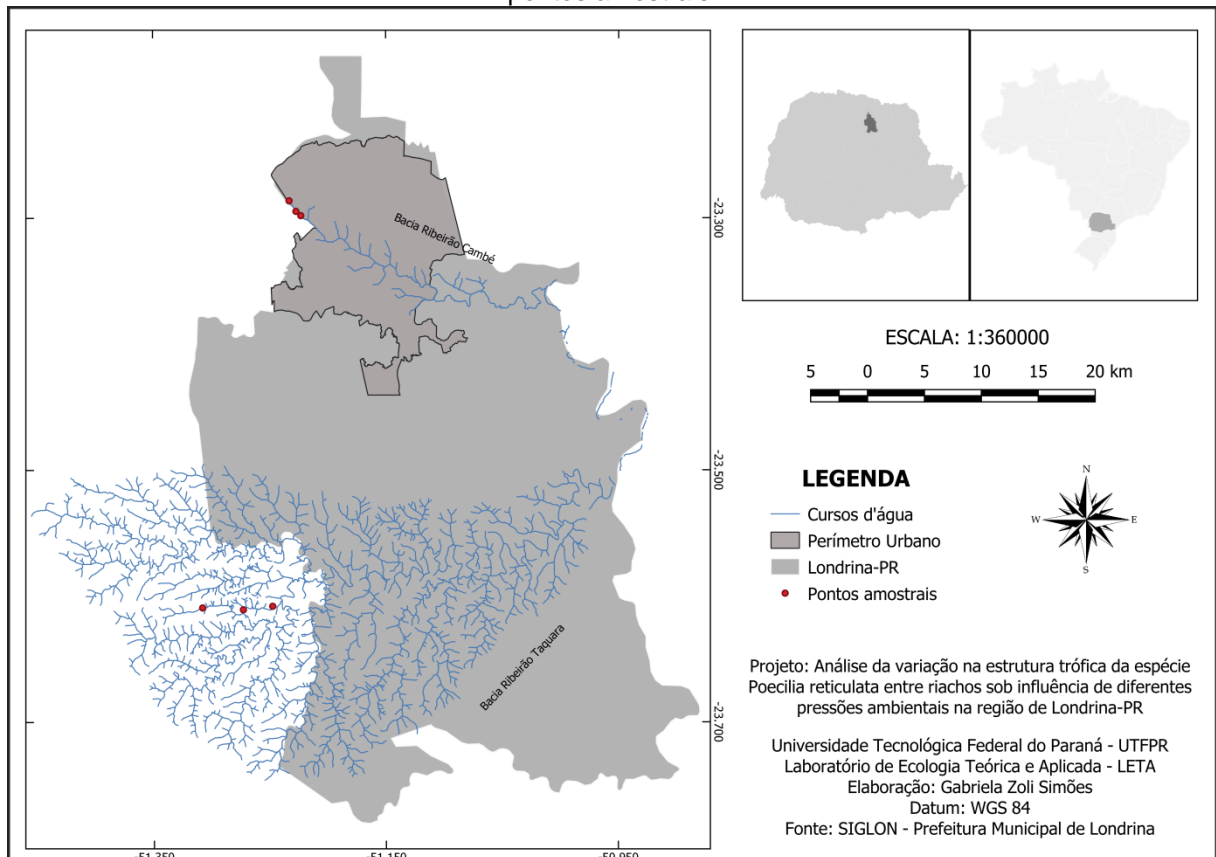
## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

A região metropolitana de Londrina, localizada na mesorregião Norte Central do Paraná, compreende 25 municípios, totalizando mais de 1 milhão de habitantes, dos quais, mais de 900.000 vivem na zona urbana (PREFEITURA DE LONDRINA, 2014).

Para esse estudo foram escolhidos três pontos amostrais ao longo do gradiente longitudinal dos trechos superiores de duas microbacias hidrográficas dessa região: bacia do Ribeirão Cambé e bacia do Ribeirão Taquara (Figura 2), pertencentes aos meios urbano e rural, respectivamente, totalizando-se seis pontos amostrais.

**Figura 2** - Localização geográfica das Bacias Hidrográficas dos Ribeirões Cambé e Taquara e seus pontos amostrais.



**Fonte:** autoria própria

O Ribeirão Cambé possui uma área de, aproximadamente, 76 Km<sup>2</sup> e 26 km de extensão, com sua nascente localizada no município de Cambé (PR), percorre em sua maioria a área urbana do município de Londrina (PR). Devido a sua localização, essa bacia está susceptível a uma série de impactos comuns ao meio urbano, tais como, despejo de efluentes doméstico e industrial, disposição de lixo urbano e captação de água para uso doméstico e industrial (ISHIKAWA et al., 2009; ROCHA, 1995).

A bacia do Ribeirão Taquara localiza-se na porção sul do município de Londrina (PR), com área aproximada de 894 km<sup>2</sup>, onde há o predomínio de agricultura e pastagens. Esta região possui vários indícios de degradação ambiental, como processos erosivos, ravinas e voçorocas (MARCCUCI, 2016; STIPP; MENDONÇA, 2010). Os pontos amostrais para ambos ribeirões são ilustrados nas Figuras 3 e 4.

**Figura 3** – Pontos amostrados no Ribeirão Cambé: (A) e (B) ponto 1; (C) e (D) ponto 2; (E) e (F) ponto 3



Fonte: Gambarotto, 2014



**Figura 4** - Pontos de amostragem no Ribeirão Taquara: (A) ponto 1; (B) ponto 2; (C) ponto 3



**Fonte:** Gambarotto, 2014

#### **4.2 Amostragem e identificação taxonômica**

As coletas da ictiofauna foram realizadas trimestralmente nos anos de 2013 e 2014, abrangendo as quatro estações do ano. Foram realizadas com licença permanente concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (nº 28113-1) por meio do SISBIO (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade).

A coleta foi realizada com um esforço amostral de 40 minutos em um trecho de aproximadamente 50 metros, inicialmente, por meio de pesca manual, utilizando redinha (malha 2 mm), puçá (malha 2 mm), peneira e rede de arrasto. Após a pesca manual foi realizada a pesca elétrica, com o mesmo esforço amostral, por meio de um

gerador portátil de corrente alternada, 2,5 kW, 400 V, 2 A. Os exemplares capturados foram fixados em solução formalina 10% e conservados em álcool 70%.

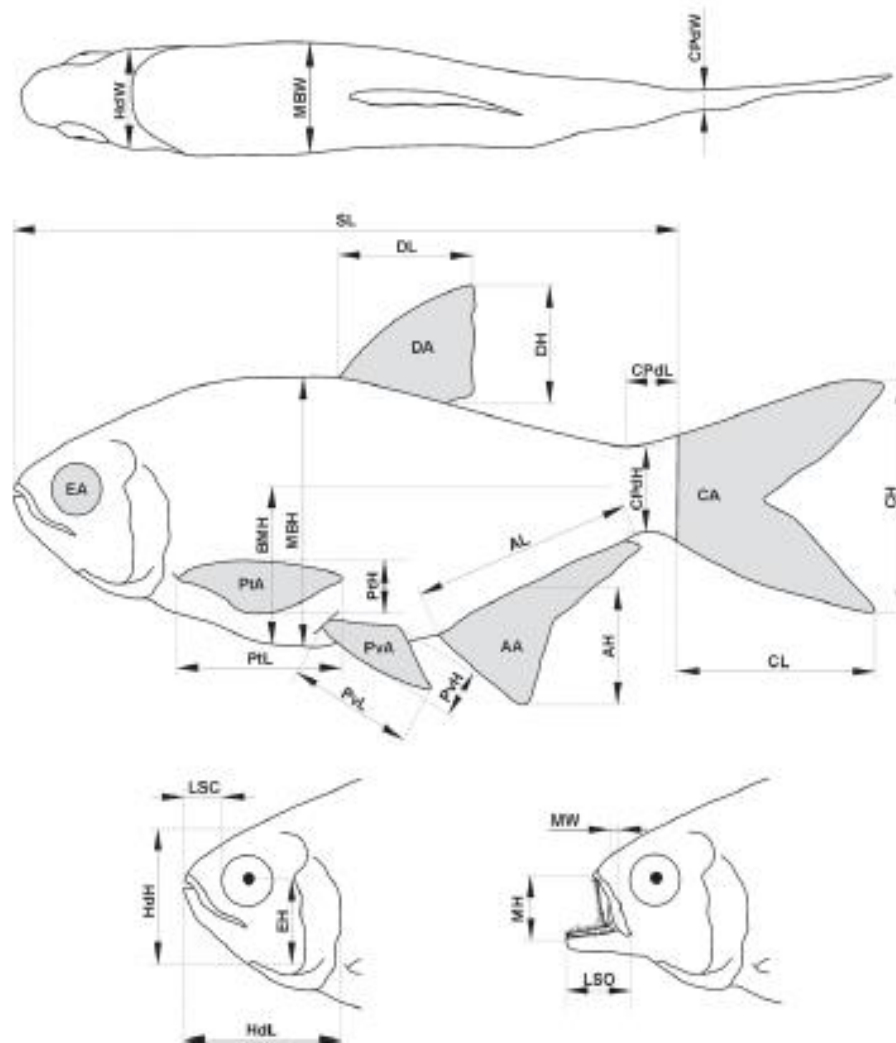
Em laboratório, os indivíduos foram identificados com auxílio de chaves de identificação (GRAÇA e PAVANELLI, 2007; OYAKAWA, et al., 2006) e comparados com exemplares das Coleções Ictiológicas do Museu de Ictiologia do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá e do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina.

Depois de identificados foram selecionados, por meio de sorteio, 10 indivíduos da espécie *Poecilia reticulata* por coleta e por sexo em cada um dos seis pontos amostrais, na medida em que essa espécie apresenta dimorfismo sexual. A fim de evitar o efeito ontogenético, apenas indivíduos adultos foram analisados.

#### **4.3 Cálculo e análise dos atributos ecomorfológicos**

Para cada indivíduo selecionado foram tomadas 36 medidas morfométricas lineares (Figura 5) com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutuyo, precisão de 0,01mm) (Quadro 1). As áreas foram obtidas por meio do desenho do contorno de suas estruturas e posteriormente digitalizadas e inseridas em um software CAD para o cálculo das mesmas.

**Figura 5** – Representação esquemática das medidas lineares morfométricas e áreas calculadas: comprimento padrão (SL), altura máxima do corpo (MBH), altura da linha média do corpo (BMH), largura máxima do corpo (MBW), comprimento do pedúnculo caudal (CPdL), altura do pedúnculo caudal (CPdH), largura do pedúnculo caudal (CPdW), comprimento da cabeça (HdL), altura da cabeça (HdH), largura da cabeça (HdW), comprimento do focinho com a boca fechada (LSC), comprimento do focinho com a boca aberta (LSO), altura dos olhos (EH), altura da boca (MH), largura da boca (MW), comprimento da nadadeira dorsal (DL), altura da nadadeira dorsal (DH), comprimento da nadadeira caudal (CL), altura da nadadeira caudal (CH), comprimento da nadadeira anal (AL), altura da nadadeira anal (AH), comprimento da nadadeira peitoral (PtL), altura da nadadeira peitoral (PtH), comprimento da nadadeira pelvica (PvL), altura da nadadeira pelvica (PvH), área do olhos (EA), área da nadadeira dorsal (DA), área da nadadeira caudal (CA), área da nadadeira anal (AA), área da nadadeira peitoral (PtA), e área da nadadeira pelvica (PvA).



**Fonte:** adaptado de Oliveira et. al, 2010.

**Quadro 1** – Descrição e siglas das medidas morfométricas lineares e áreas calculadas.

	<b>Medidas</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
1	Comprimento padrão	CP	Distância da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal
2	Altura máxima do corpo	AMC	Maior distância vertical perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
3	Altura da linha média do corpo	ALm	Distância do ventre até a linha horizontal que se estende da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal na linha da altura máxima do corpo.
4	Largura máxima do corpo	LMC	Maior distância horizontal perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
5	Comprimento do pedúnculo caudal	CPd	Distância do ponto mais posterior da base da nadadeira anal até o término do pedúnculo caudal.
6	Altura do pedúnculo caudal	AIPd	Menor altura do pedúnculo.
7	Largura do pedúnculo caudal	LPd	Medida horizontal do pedúnculo no ponto de menor altura, perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
8	Comprimento da cabeça	CCa	Distância da extremidade anterior da cabeça até a porção óssea mais posterior do opérculo.
9	Altura da cabeça	AICa	Medida vertical no ponto médio do comprimento da cabeça.
10	Altura da cabeça na linha dos olhos	ALO	Medida vertical na linha dos olhos.
11	Largura da cabeça	LCa	Distância horizontal na região do olho perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
12	Comprimento do focinho com a boca fechada	CFf	Distância entre a extremidade anterior da cabeça até a margem anterior dos olhos com a boca fechada.
13	Comprimento do focinho com a boca aberta	CFa	Distância entre a extremidade anterior da cabeça até a margem anterior dos olhos com a boca aberta.
14	Altura da boca	AlBo	Distância vertical da abertura bucal sem distender os músculos.
15	Largura da boca	LBo	Distância horizontal da abertura bucal sem distender os músculos.
16	Posição dos olhos	PO	(1) dorsal; (2) dorso-lateral; (3) lateral; (4) ventro-lateral.
17	Altura dos olhos	AIO	Distância vertical do centro do olho até a parte ventral da cabeça.
18	Área do olho	ArO	Área delimitada pelo contorno externo da linha do olho.
19	Posição da boca aberta	PBa	(1) supraterminal; (2) terminal; (3) subterminal; (4) ventral.
20	Posição da boca fechada	PBf	(1) supraterminal; (2) terminal; (3) subterminal; (4) ventral.
21	Comprimento da nadadeira dorsal	CD	Maior distância horizontal no sentido antero-posterior da nadadeira.
22	Atura da nadadeira dorsal	AID	Maior distância entre a base e a extremidade mais superior da nadadeira em um eixo perpendicular ao eixo do seu comprimento.
23	Área da nadadeira dorsal	ArD	Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira dorsal.
24	Comprimento da nadadeira caudal	CC	Distância do final do pedúnculo caudal até sua extremidade mais posterior.
25	Altura da nadadeira caudal	AIC	Maior distância vertical perpendicular ao eixo do seu comprimento.
26	Área da nadadeira caudal	ArC	Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira caudal.
27	Forma da nadadeira caudal	FC	(1) bifurcada; (2) emarginada; (3) truncada; (4) arredondada; (5) dificerca.

**Continua...**

**Quadro 1** – Descrição e siglas das medidas morfométricas lineares e áreas calculadas (continuação)

	<b>Medidas</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
<b>28</b>	Comprimento da nadadeira anal	CA	Maior distância anteroposterior da nadadeira Anal.
<b>29</b>	Altura da nadadeira anal	AIA	Maior distância em um eixo perpendicular ao eixo do seu comprimento.
<b>30</b>	Área da nadadeira anal	ArA	Área delimitada pelo contorno externo da Nadadeira anal.
<b>31</b>	Comprimento da nadadeira peitoral	CPt	Maior distância da base da nadadeira peitoral até Sua extremidade distal.
<b>32</b>	Altura da nadadeira peitoral	AIPt	Maior distância em um eixo perpendicular ao eixo do seu comprimento.
<b>33</b>	Área da nadadeira peitoral	ArPt	Área delimitada pelo contorno externo da Nadadeira peitoral.
<b>34</b>	Comprimento da nadadeira pélvica	CPv	Maior distância da base da nadadeira pélvica até Sua extremidade distal.
<b>35</b>	Altura da nadadeira pélvica	AIPv	Maior distância em um eixo perpendicular ao eixo do seu comprimento.
<b>36</b>	Área da nadadeira pélvica	ArPv	Área delimitada pelo contorno externo da Nadadeira pélvica.

**Fonte:** adaptado de Hanisch, Mise e Pagotto, 2014.

A partir dessas medidas foram obtidos 26 índices ecomorfológicos (Quadro 2), com o intuito de minimizar o efeito do tamanho do corpo, já que os índices representam proporções relativas, conforme Oliveira et al. (2010).

Os índices ecomorfológicos foram sumarizados pela análise de componentes principais (PCA), que consiste em uma técnica estatística multivariada com o objetivo de sintetizar um conjunto multivariado de dados sem perda de informações, por meio do agrupamento dos parâmetros a partir de suas variações dentro do todo (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016). A seleção dos eixos para interpretação foi realizada pela comparação dos resultados obtidos por meio do modelo de Broken-Stick (JACKSON, 1993), o qual cria uma distribuição nula aleatória de autovalores a fim de comparar com os autovalores observados. Dessa forma, só os eixos com valores maiores que os esperados aleatoriamente foram considerados para interpretação, já que indicam padrões significativamente diferentes dos encontrados ao acaso. Essas análises foram realizadas por meio do programa PC-Ord c. 5.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011).

Com o intuito de testar se as diferenças entre as médias dos parâmetros avaliados (indivíduos e índices ecomorfológicos) foram significativas, utilizou-se como método a Análise de Variância (ANOVA), por meio do software Statistica c.7.1.

**Quadro 2** - Índices ecomorfológicos calculados e respectivas fórmulas.

	<b>Índices</b>	<b>Fórmulas</b>
1	Altura relativa do corpo	$ARCP=(AMC/CP)$
2	Largura relativa do corpo	$LRCp=(LMC/CP)$
3	Índice de compressão lateral	$ICL (AMC/LMC)$
4	Índice de compressão ventral	$ICV=(ALm/AMC)$
5	Índice de compressão do pedúnculo	$ICP=(AIPd/LPd)$
6	Comprimento relativo do pedúnculo caudal	$CRP= (CPd/CP)$
7	Altura relativa do pedúnculo caudal	$ARP=(AIPd/AMC)$
8	Largura relativa do pedúnculo caudal	$LRP=(LPd/LMC)$
9	Razão aspecto da nadadeira caudal	$RAC=(AIC^2/ArC)$
10	Altura relativa da nadadeira caudal	$ARC=(AIC/AMC)$
11	Razão aspecto da nadadeira peitoral	$RAP=(CPT/AIPt)$
12	Altura relativa da nadadeira peitoral	$ARPt=(AIPt/AMC)$
13	Altura relativa da nadadeira anal	$ARA=(AIA/AMC)$
14	Altura relativa da nadadeira pélvica	$ARPv=(AIPv/AMC)$
15	Razão aspecto da nadadeira pélvica	$RAPI=(AIPv/AMC)$
16	Altura relativa da nadadeira dorsal	$ARD=(AID/AMC)$
17	Comprimento relativo da cabeça	$CRCb=(CCa/CP)$
18	Altura relativa da cabeça	$ARCb=(AICa/AMC)$
19	Largura relativa da cabeça	$LRCb=(LCa/LMC)$
20	Aspecto da boca	$AsB=(AIBo/LBo)$
21	Abertura relativa da boca	$ARB=(AIBo/AMC)$
22	Largura relativa da boca	$LRB=(LBo/LMC)$
23	Índice de protusão	$IP=(CFa/CFf)$
24	Tamanho dos olhos	$TO=(ArO/CCa)$
25	Tamanho relativo dos olhos	$TRO=(ALO/AIO)$
26	Coefficiente de finura	$CF=(CP)/(AMC \times LMC)^{1/2}$

Fonte: autoria própria

#### 4.4 Coleta e análise dos dados tróficos

Para análise da estrutura trófica foram retirados os estômagos e o primeiro terço do trato intestinal dos indivíduos, onde se espera que os itens consumidos estejam menos digeridos, e o seu conteúdo foi analisado. Os recursos encontrados foram identificados até o menor nível taxonômico possível.

Para cada recurso alimentar foram calculadas as seguintes métricas (HYSLOP, 1980):

a) Frequência de Ocorrência (FO), que corresponde ao percentual do número de vezes em que um recurso ocorreu nos estômagos analisados de cada espécie;

b) Frequência Numérica (FN), que corresponde à porcentagem da abundância numérica de um determinado recurso alimentar em relação à soma de todos os itens alimentares; e

c) Volume do item (FV), que corresponde à porcentagem do volume de um determinado recurso alimentar em relação a todos os recursos presentes nos estômagos.

Para a determinação do volume, devido ao tamanho excessivamente pequeno dos recursos alimentares, foi realizada uma adaptação do método dos pontos, proposto por Cadwallader (1975). Nesta adaptação os estômagos foram inicialmente avaliados em relação ao seu grau de repleção (porcentagem do estômago contendo recursos alimentares), atribuindo-se as seguintes categorias: 0 – para estômagos vazios; 1 – 0 a 25%; 2 – 25 a 50%; 3 – 50 a 75%; 4 – acima de 75%, sendo, esse percentual uma expressão do volume ocupado por cada recurso em relação ao trecho do estômago que continha alimento com volume estimado visualmente.

Os dados de FO, FN e FV foram analisados pelo Índice de Importância Relativa (PINKAS et al., 1971), de acordo com a expressão:

$$IIR = FO * (FN + FV) \quad (1)$$

Na qual,

IIR = Índice de Importância Relativa;

FO = Frequência de Ocorrência;

FN = Frequência Numérica;

FV = Frequência Volumétrica.

Para verificar variações no hábito alimentar da espécie foi aplicada a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA; JONGMAN; BRAACK; VAN TONGEREN, 1995) sobre a matriz dos índices de importância relativa (IIR), realizado no programa PC-Ord c. 5.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011).

Para avaliar a existência de diferenças significativas nos padrões de alimentação entre os sexos e pontos analisados, foi aplicada a análise de similaridade multivariada não paramétrica (ANOSIM one-way). A hipótese nula testada pela ANOSIM foi de que não há diferença significativa na dieta das espécies entre os riachos amostrados, rejeitando-a quando o nível de significância ( $\alpha$ ) fosse menor que 0,05. O nível de significância foi testado por meio de 10.000 permutações entre os biótopos. A estatística R da ANOSIM mede a diferença entre os grupos formados, indicando similaridade total entre os grupos quando R global é igual a -1 ( $R = -1$ ), formação de grupos ao acaso quando R global igual a zero ( $R = 0$ ) e dissimilaridade total entre os grupos quando R global igual a 1 ( $R = 1$ ) (CLARKE; GORLEY, 2006). Essa análise foi realizada no software Past c. 3.0 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

#### **4.5 Parâmetros limnológicos e de paisagem**

Os parâmetros limnológicos foram aferidos localmente, no mesmo período em que foi realizada a coleta de peixes, com intuito de caracterizar ambientalmente as áreas em estudo. Os parâmetros analisados foram: oxigênio dissolvido (oxímetro portátil, Politerm, modelo POL-60), pH (peagâmetro portátil TECNOPON, Modelo MPA210P), condutividade elétrica (condutímetro portátil INSTRUTHERM, Modelo CD-860) e turbidez (turbidímetro portátil TECNOPON, Modelo TB 1000P). As diferenças entre os pontos, segundo suas características abióticas, foram testadas por meio de uma Análise Multivariada de Variância (MANOVA), que realiza uma comparação entre as médias de múltiplas variáveis de interesse ao mesmo tempo (ZAR, 1999), a partir do software Statistica c. 7.1.

A resolução CONAMA 357/2005 estabelece limites permitidos para corpos d'água. Os limites máximos permitidos para rios de classe 2 e 3 estão representados na Tabela 1, com exceção da condutividade elétrica, já que esta resolução não define um valor limite para a mesma.



**Tabela 1-** Limites permitidos para os parâmetros limnológicos de acordo com a resolução CONAMA 357/2005

	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>pH</b>	<b>Oxigênio dissolvido (OD) (mg/L)</b>
<b>Classe 2</b>	<100	6 - 9	> 5
<b>Classe 3</b>	<100	6 - 9	> 4

**Fonte:** autoria própria

Para análise das características da paisagem, foram utilizadas as porcentagens do grau de impermeabilização encontradas por Marcucci (2016), que estabeleceu cinco classes de unidades da paisagem: vegetação densa, agricultura/campo, solo exposto, área impermeabilizada e espelho d'água, com o objetivo de medir o grau de urbanização de cada área.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Campo amostral

Neste trabalho foram analisados 222 indivíduos da espécie *Poecilia reticulata* de quatro pontos distintos, distribuídos conforme a Tabela 2.

**Tabela 2**– Distribuição dos indivíduos Machos (M) e Fêmeas (F) de *Poecilia reticulata* coletados em cada ponto amostral.

Ponto 1 Cambé		Ponto 2 Cambé		Ponto 3 Cambé		Ponto 1 Taquara		Ponto 2 Taquara		Ponto 3 Taquara	
M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
1	4	43	50	18	22	44	41	0	0	0	0

Fonte: autoria própria

Os pontos 2 e 3 do ribeirão Taquara não foram analisados pois nesses locais não houve ocorrência da espécie *P. reticulata* nos anos analisados. No Ponto 1 Cambé foi registrado, somente, um único indivíduo macho, que, devido à falta de variabilidade da amostra foi descartado da análise.

### 5.2 Parâmetros limnológicos e de paisagem

Os parâmetros físico-químicos obtidos durante os dois anos de coletas para os 4 pontos analisados nos dois ribeirões estão representados na Tabela 3, por meio de suas médias com seus respectivos desvios-padrões.

**Tabela 3** - Média dos parâmetros limnológicos para cada ponto de amostragem analisado, assim como seus respectivos desvios padrões

	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Turbidez (NTU)	pH	Oxigênio dissolvido (OD) (mg/L)
<b>P1 Cambé</b>	116 $\pm$ 40	15,6 $\pm$ 6,2	7,46 $\pm$ 0,74	6,83 $\pm$ 2,36
<b>P2 Cambé</b>	101 $\pm$ 16	14,4 $\pm$ 8,7	8,06 $\pm$ 0,71	7,71 $\pm$ 1,35
<b>P3 Cambé</b>	112 $\pm$ 11	8,0 $\pm$ 7,7	8,25 $\pm$ 1,53	7,01 $\pm$ 2,14
<b>P1 Taquara</b>	59 $\pm$ 9	17,4 $\pm$ 9,8	8,44 $\pm$ 0,75	8,39 $\pm$ 1,30

Fonte: autoria própria

Segundo a deliberação nº 11 de 2016 do Comitê de Bacias do rio Tibagi o ribeirão Cambé é classificado como rio de Classe 3 e o ribeirão Taquara como Classe

2, seguindo a determinação da resolução CONAMA 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água bem como dá diretrizes ambientais para seu enquadramento (BRASIL, 2005).

Dessa forma, todos os parâmetros estão dentro dos valores permitidos para seu enquadramento em todos os pontos, porém observa-se um aumento dos valores de OD, pH e turbidez para o P1 Taquara em relação aos pontos do ribeirão Cambé, bem como uma diminuição da condutividade elétrica. De acordo com a análise multivariada de variância (MANOVA) esses pontos se mostraram significativamente diferentes em relação a seus parâmetros limnológicos ( $F = 3,23$ ,  $p = 0,001$ ).

Em relação aos parâmetros de paisagem, Marcucci (2016) encontrou valores de impermeabilização de 71%, 59% e 62% para os pontos 1, 2 e 3 do ribeirão Cambé, respectivamente, contra, apenas, 2,5% para o ponto 1 do ribeirão Taquara, o que deixa claro o alto nível de urbanização presente na bacia do ribeirão Cambé em relação ao Taquara.

Todos esses parâmetros têm relação com as partículas em suspensão no meio, sejam elas orgânicas ou inorgânicas. Uma maior concentração de oxigênio dissolvido na água, juntamente com uma baixa condutividade elétrica pode indicar uma maior produção primária nesse ambiente, o que pode ser confirmado pela grande importância que as algas tiveram como recursos alimentares no Taquara. Já um ambiente com alta condutividade e baixo OD tende a ter níveis mais elevados de carga orgânica, favorecendo os processos de decomposição (ESTEVES, 2011).

De acordo com a Cetesb (2017) níveis de condutividade superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados. Felipe e Suárez (2010) também estabeleceram uma relação entre baixo OD e alta condutividade em riachos localizados dentro de área urbana, sendo a condutividade elétrica o parâmetro que mais explicou a riqueza de espécies e equitabilidade. Em seu estudo os autores identificaram que quanto maior a condutividade menor a riqueza de espécies, já os ambientes com menor condutividade apresentaram maior equitabilidade, ou seja, são mais uniformes quanto ao número de indivíduos entre as espécies.

Portanto, esse parâmetro demonstra ser um bom indicador da integridade do meio aquático, podendo predizer o grau de poluição nesses ambientes. Porém, Utz, Eshleman e Hilderbrand (2011) apesar de encontrarem variações nas respostas físico-químicas entre ambientes urbanizados, concluem que essas variações nem sempre são uniformes e/ou previsíveis.

Ferreira e Cassati (2006), por sua vez, concluíram em seu estudo que a qualidade química da água não influencia diretamente a integridade da biota, sendo as características físicas muito mais importantes para tal, principalmente em relação à diversidade de habitats disponíveis.

### 5.3 Atributos ecomorfológicos

Na Tabela 4 são apresentados os valores dos autovalores dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (PCA), com significância testada pelo o critério de broken-stick e uma variância acumulada de 41,22%.

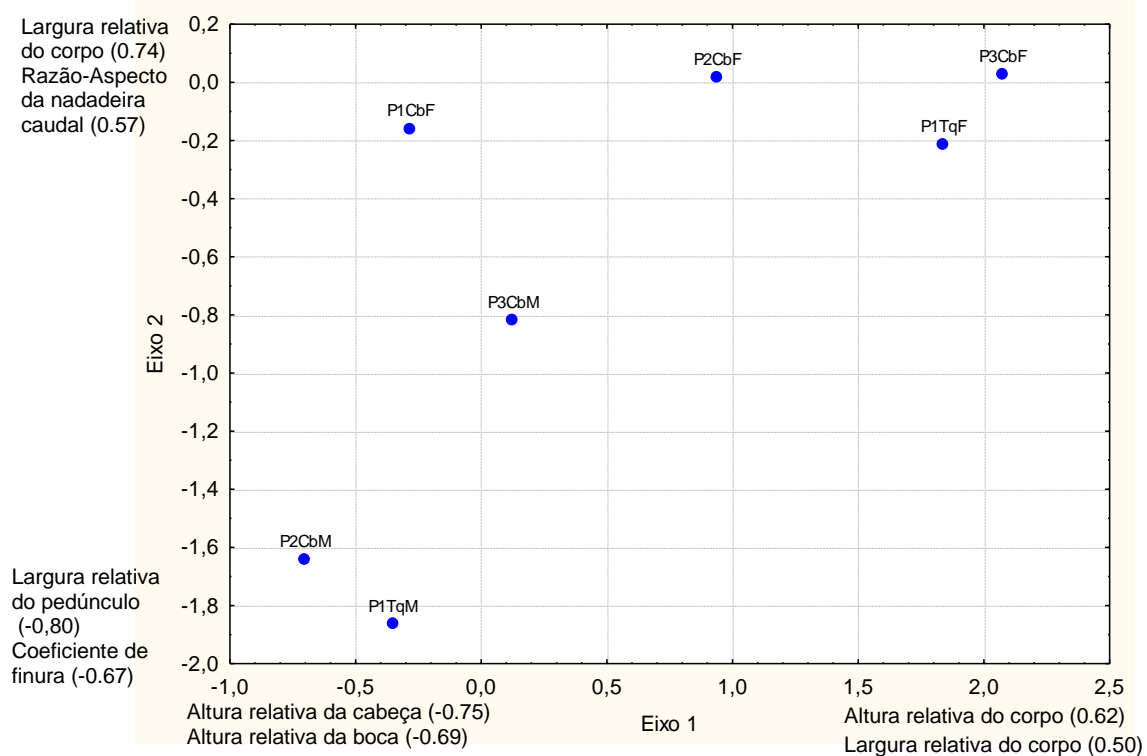
**Tabela 4** – Autovalores da Análise de Componentes Principais (PCA) para os indivíduos de *P. reticulata* nos ribeirões estudados

Eixos	Autovalores	% Variância	%Variância Acumulada	Broken-stick
1	6,18	23,80	23,80	3,85
2	4,53	17,42	41,22	2,85

Fonte: autoria própria

Na Figura 6 estão representados os centroides dos escores dos pontos na análise de componentes principais para os indivíduos machos e fêmeas em cada ponto analisado, bem como os autovetores que mais se correlacionaram com os eixos, com os valores da correlação entre parênteses. A correlação para todos os autovetores dos índices se encontra no Apêndice A.

**Figura 6** - Análise dos componentes principais (PCA) dos indivíduos machos (M) e fêmeas (F) de *P. reticulata* a partir dos centroides dos escores dos pontos P1 Cambé (P1Cb), P2 Cambé (P2Cb), P3 Cambé (P3Cb) e P1 Taquara (P1Tq), para os anos de 2014 e 2013



**Fonte:** autoria própria

Podemos observar uma clara separação entre os indivíduos machos e fêmeas em relação ao Eixo 2, com os machos apresentando valores mais negativos e as fêmeas mais positivos, separação essa confirmada pela ANOVA ( $p < 0,05$ ), enfatizando que o dimorfismo sexual apresentado pela espécie reflete em diferenças nas suas características morfológicas e, possivelmente, nas formas de exploração dos recursos ambientais, como proposto por Dussault e Kramer (1981).

Os índices ecomorfológicos mais correlacionados com os machos foram largura relativa do pedúnculo caudal (LRP) e coeficiente de finura (CF), enquanto com as fêmeas foram largura relativa do corpo (LRCp) e razão-aspecto da nadadeira caudal (RAC). Tanto o coeficiente de finura quanto a largura relativa do pedúnculo estão relacionados com a capacidade natatória dos peixes. Valores altos de LRP indicam indivíduos com natação contínua (WINEMILLER, 1991), já o CF quantifica a influência que a forma do corpo exerce sobre os custos energéticos de natação. Quanto maior o valor do índice mais favorável é a forma do corpo e mais eficiente a natação, assim, peixes com essas características despendem de menor energia para natação e alcançam velocidades maiores mais frequentemente (OHLBERGER et al.,

2006). A nadadeira caudal possui como principal função a propulsão para locomoção contínua, para aceleração e realização de manobras, portanto, altos valores de RAC indicam natação contínua e alcance de maiores velocidades, possibilitando maior desempenho em áreas abertas (BREDA et al. 2005). Maiores valores de LPCp indicam peixes geralmente mais adaptados a ambientes com maior velocidade da água (WATSON; BALON, 1984).

O Eixo 1 da PCA também segregou completamente indivíduos machos e fêmeas ( $p < 0,05$ ), com exceção do Ponto 1 Cambé, onde as fêmeas apresentaram escores mais negativos assim como os machos, porém, vale lembrar que nesse ponto a amostragem foi de apenas quatro indivíduos. Essa reduzida variabilidade pode ter influenciado nesse resultado.

Para esse eixo os índices ecomorfológicos mais correlacionados com os machos de ambos os ribeirões e com as fêmeas do ponto 1 Cambé foram altura relativa da cabeça (ARCb) e abertura relativa da boca (ARB), enquanto para as fêmeas dos outros pontos foram largura relativa do corpo (LRCp) e altura relativa do corpo (ARCp). Os índices de altura relativa da cabeça e altura relativa da boca são relacionados com os hábitos alimentares das espécies, pois quanto mais elevados os valores para o ARCb maiores são os recursos alimentares explorados pelos peixes (WATSON; BALON, 1984). O tamanho e forma do corpo tem grande influência sobre a capacidade do peixe em permanecer estável na coluna d'água, assim como na segregação do habitat ao longo da coluna d'água (GATZ, 1979). O índice ARCP é inversamente relacionado com a velocidade da água e a capacidade de realizar curvas verticais, assim, quanto maior o valor, menor a velocidade da corrente do habitat e maior a capacidade de manobrabilidade do indivíduo (GATZ, 1979).

A Anova não demonstrou diferenças ecomorfológicas significativas entre os machos para nenhum dos eixos quando analisados juntos ( $F=0,92$ ,  $p=0,40$ , para o eixo 1; e  $F=2,08$ ,  $p=0,13$ , para o eixo 2). Entretanto, quando avaliadas somente entre o ponto 3 Cambé e o ponto 1 Taquara as diferenças se mostraram significativas ( $F=5,32$ ,  $p=0,02$ ) em relação ao eixo 2 da PCA. As fêmeas não apresentaram diferenças significativas para o eixo 2 ( $F=0,12$ ,  $p=0,95$ ), contudo, foram significativas em relação ao eixo 1 da PCA ( $F=2,94$ ,  $p=0,04$ ), onde o ponto 1 Cambé se distinguiu dos demais.

Esses resultados evidenciam que além das diferenças promovidas pelo dimorfismo sexual da espécie, as características do habitat também são responsáveis

por mudanças morfológicas nos indivíduos, até mesmo dentro de uma mesma bacia. Leal et. al (2013) identificaram variações ecomorfológicas intraespecíficas em indivíduos da espécie *Piabina argentea* em ribeirões da bacia do rio das Velhas em Minas Gerais, relacionando essas variações principalmente com os padrões de uso do habitat, fortemente dependentes das características do mesmo, como velocidade da água e tipo de substrato.

#### 5.4 Padrões tróficos

Os recursos alimentares encontrados foram identificados até o menor grupo taxonômico possível, e depois agrupados em categorias mais amplas representadas na Tabela 5 juntamente com o percentual de IIR relativo para cada recurso agrupado nos quatro pontos de estudo (pontos 1, 2 e 3 Ribeirão Cambé e ponto 1 Ribeirão Taquara).

As larvas de insetos foram os recursos de maior importância nos três pontos do ribeirão Cambé, para ambos os sexos, onde a ordem de insetos Díptera apresentou a maior abundância, representadas principalmente por indivíduos da família *Chironomidae*, a qual apresenta algumas espécies conhecidas por resistir a altos níveis de degradação ambiental (LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2012).

Os recursos de maior importância para o ribeirão Taquara foram detritos, algas e larvas de insetos. O alto percentual de detritos pode ter se dado pelo fato dos peixes ingerirem o sedimento a fim de se alimentar de algas e outros organismos encontrados no mesmo. Nesse estudo a presença de alga esteve fortemente relacionada com a de detrito nos estômagos.

Esses resultados evidenciam uma preferência por recursos autóctones em ambos os ribeirões. Braga e Gomiero (2009) também encontraram maior preferência por recursos de origem autóctone, como larvas de Díptera e ninfas de Plecoptera, na alimentação de peixes no ribeirão Grande, no entanto, os autores enfatizaram a importância indireta dos itens alóctones, por servirem como alimentos para esses invertebrados, mantendo assim a estrutura da cadeia trófica nesses ambientes. Outros autores também verificaram que insetos aquáticos estiveram entre os recursos mais importantes na dieta dos peixes (BONATO; DELARIVA; SILVA, 2012; PINTO; UIEDA, 2007; CASSATI, 2002).

**Tabela 5** - Índice de importância relativa (IIR – em porcentagem) para os recursos alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos machos (M) e fêmeas (F) de *P. reticulata*, nos ribeirões Cambé e Taquara nos anos de 2013 e 2014.

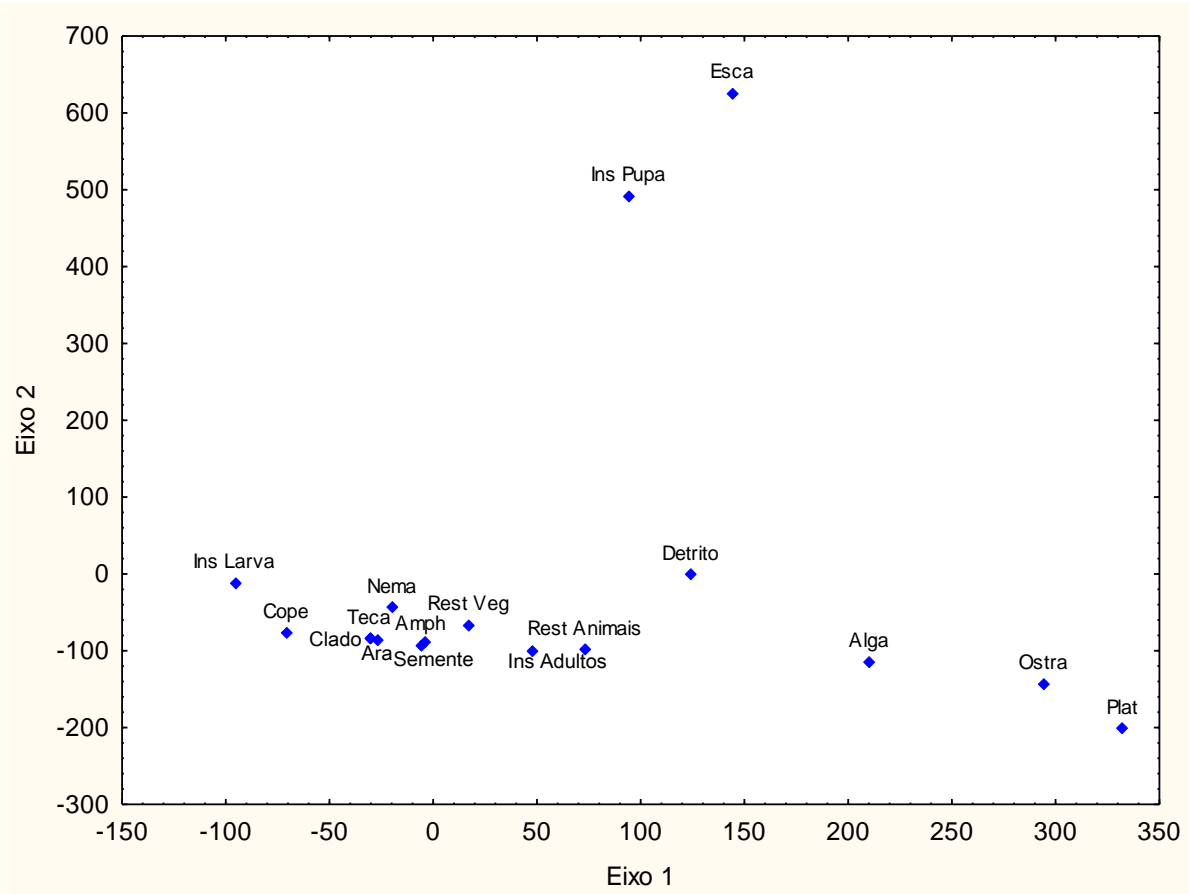
Recursos Alimentares	P1 Cambé		P2 Cambé		P3 Cambé		P1 Taquara	
	F	M	F	M	F	M	F	
Algas	3.28	12.67	7.62		0.04	<b>28.46</b>	<b>19.22</b>	
Amphipoda			0.16			0.01		
Aranae		0.07						
Cladocera			0.01					
Copepoda			0.11		0.04		0.01	
Detrito	21.85	13.46	16.58	20.50	10.91	<b>28.38</b>	<b>38.06</b>	
Insetos Pupa	19.96	1.03	0.68	9.94	0.09	0.09	0.27	
Insetos Adultos		0.15	0.99		0.05	0.06	0.35	
Insetos Larva	<b>25.08</b>	<b>54.25</b>	<b>49.74</b>	<b>63.35</b>	<b>131.95</b>	<b>17.56</b>	<b>17.80</b>	
Escama	3.28							
Nematoda				0.62			0.08	
Ostracoda							0.07	
Platelminto						0.10		
Restos Animais		1.56	3.63	4.72	1.06	2.42	5.02	
Rotífera								
Sementes			0.24				0.02	
Tecameba			0.45					
Restos Vegetais		0.02	0.37	0.87	0.02		0.68	

**Fonte:** autoria própria

Na Figura 7 está representada a distribuição no espaço multivariado dos escores da DCA para os recursos alimentares encontrados nos dois ribeirões. Nessa análise, quanto mais distante os recursos no espaço multivariado, menor relação que eles mantêm entre si. O Eixo 1 da DCA discriminou os itens Larvas de Insetos e Copepodas, com escores mais negativos, dos itens Platelmintos e Ostracoda, com escores mais positivos, por outro lado o Eixo 2 discriminou completamente os itens Insetos Pupa e Escama dos demais.



**Figura 7** - Análise da DCA para os itens alimentares amostrados nos Ribeirões Cambé e Taquara, para ambos os sexos, nos anos de 2013 e 2014. Com autovalores de 0,31 para o eixo 1 e 0,24 para o eixo 2. Esca (Escama), Ins Pupa (Insetos Pupa), Ins Larva (Insetos Larvas), Ins Adultos (Inseto Adultos), Ostra (Ostracoda), Plat (Platelmintos), Rest Veg (Restos Vegetais), Nema (Nematóide), Teca (Tecameba), Amph (Amphipoda), Cope (Copepoda), Ara (Aranae), Clado (Cladóceras)



Fonte: autoria própria

Na Figura 7 estão apresentados os escores da DCA para os indivíduos de *P. reticulata* nos quatro pontos de estudo, discriminados por sexo. Pela análise visual percebe-se que não houve distinção entre os sexos em relação aos recursos consumidos em cada ponto. Porém, observa-se no Eixo 1 um gradiente de separação do ponto 3 do ribeirão Cambé, com escores mais negativos, do ponto 1 do Taquara, com escores mais positivos, demonstrando que o ambiente em que estão inseridos pode influenciar a estrutura trófica da espécie.

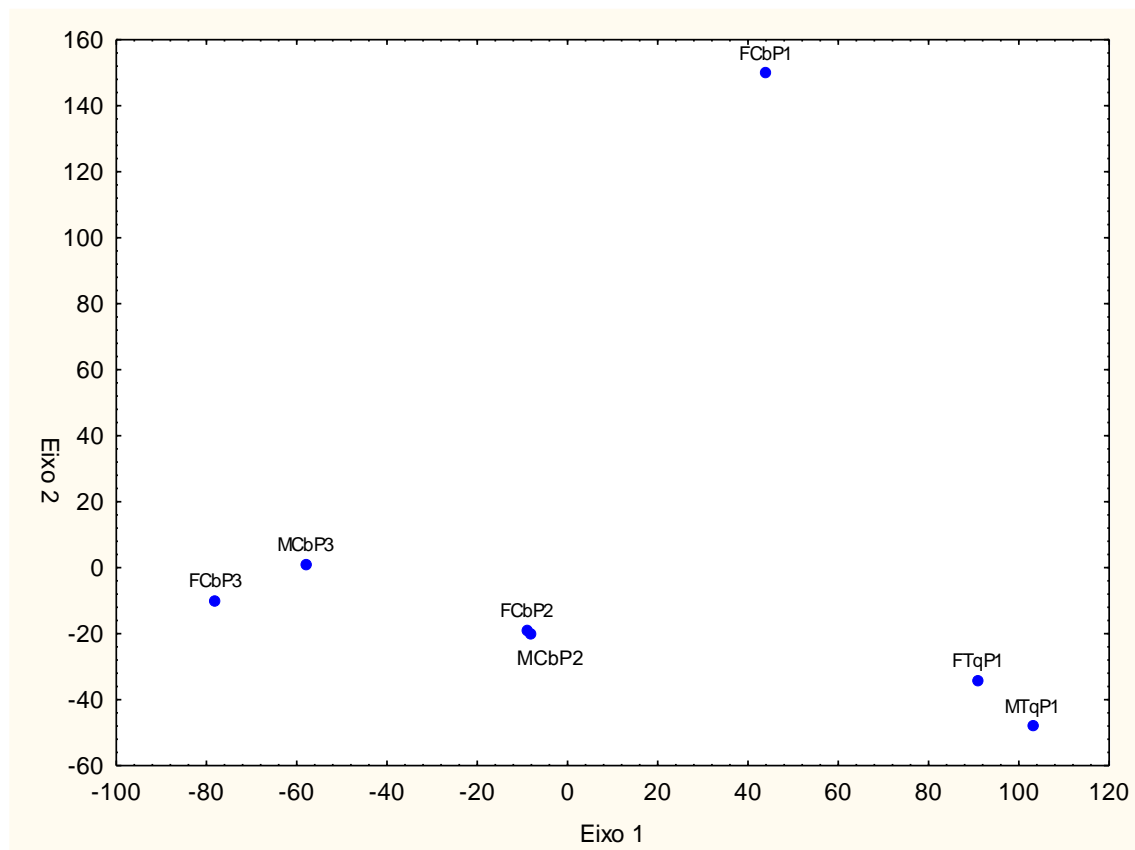
O Eixo 2 diferenciou totalmente o ponto 1 Cambé dos demais, o qual foi caracterizado pela presença exclusiva do item Escamas e pela grande importância das pupas de insetos, o que não foi observado nos outros pontos. Deve-se também ressaltar que o baixo número amostral possa ter influência no resultado, já que um

número limitado de estômagos pode também ser um limitante sobre a diversidade de itens alimentares encontrados.

Essas diferenças observadas na DCA foram confirmadas pela análise estatística Anosim one-way, onde os pontos mostraram significativa dissimilaridade entre si ( $R=0,79$  e  $p=0,02$ ).

Pela análise comparativa entre as Figuras 7 e 8, percebe-se que o item Platelmentos e Ostracoda estão mais relacionados com os indivíduos ribeirão Taquara, Escamas e Insetos Pupa estão mais relacionados com os indivíduos do ponto 1 Cambé, Cladocera e Insetos Larvas com o ponto 3 Cambé, enquanto o ponto 2 Cambé se encontra no meio do espaço multivariado, não revelando preferência por nenhum item específico.

**Figura 8** - Análise da DCA para os pontos amostrados nos Ribeirões Cambé e Taquara, para ambos os sexos, nos anos de 2013 e 2014. Autovalores de 0,31 para o eixo 1 e 0,24 para o eixo 2



Fonte: autoria própria

Em todos os pontos a *Poecilia* manteve sua característica generalista, pois, mesmo com a predominância de alguns recursos houve uma tendência à onivoria, pela diversidade de itens consumidos. Geralmente, em ambientes com algum grau de

impacto ambiental as espécies, principalmente como a *Poecilia reticulata*, tendem a um comportamento oportunista, com sua estrutura trófica sendo determinada pelos recursos disponíveis no ecossistema e não por preferência alimentar (BONATO; DELARIVA; SILVA, 2012).

Correlacionando esse resultado com os de ecomorfologia nota-se que não há relação evidente entre a estrutura trófica e as diferenças ecomorfológicas, pois, indivíduos machos e fêmeas, distintos ecomorfologicamente, não apresentaram variação no hábito alimentar. Contudo, quando comparadas as variações entre pontos, observa-se que os pontos mais distintos ecomorfologicamente também apresentaram maior distinção trófica (machos P3 Cambé e P1 Taquara, e fêmeas do P1 Cambé). Reforçando a hipótese de que as pressões exercidas pelo habitat exercem grande influência sobre a ecologia e o comportamento das espécies.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesse trabalho indicaram que houve diferenças significativas entre os indivíduos de *Poecilia reticulata*, bem como entre os parâmetros limnológicos e de paisagem dos pontos das duas microbacias estudadas, enfatizando que os impactos antrópicos, principalmente a urbanização, exercem influência sobre as estruturas ecomorfológica e trófica dessa espécie.

Ribeirão Cambé possui alto grau de impermeabilização e apresentou pior qualidade da água, sobretudo em relação à condutividade elétrica. O Ribeirão Taquara apresentou parâmetros melhores, ligados a uma maior produtividade primária, porém, a integridade da espécie parece ter muito mais relação com a estrutura do habitat do que os padrões limnológicos.

As principais alterações ecomorfológicas ocorreram devido ao dimorfismo sexual da espécie, que segregou machos e fêmeas. Porém, foi possível identificar diferenças entre os indivíduos machos, o que sugere que eles possam ser mais sensíveis às alterações do que as fêmeas, e que, mesmo que não sejam tão evidentes, as respostas ecomorfológicas foram observadas.

Em relação à estrutura trófica, os pontos apresentaram alta dissimilaridade, porém, indivíduos machos e fêmeas do mesmo ponto tiveram o mesmo hábito alimentar, indicando que a *Poecilia* geralmente se alimenta dos recursos mais disponíveis no ambiente. Os principais itens consumidos foram de origem autóctone, larvas de insetos para o Cambé e algas e detritos no Taquara, com a presença de algas ligada à maior produtividade primária.

Com esse estudo foi possível perceber que a integridade do meio físico afeta as estruturas ecomorfológicas e tróficas dos peixes, tanto pelo fornecimento de alimento quanto de habitats. Ambientes mais estruturados, como o ribeirão Taquara, com maior presença de mata ciliar, tendem a apresentar substratos mais heterogêneos, propiciando maior diversificação de habitats e recursos alimentares. Já ribeirões urbanizados como o Cambé se tornam mais homogêneos e empobrecidos, onde, somente organismos mais resistentes são capazes de sobreviver.

Dessa forma, o uso de espécies de peixes como bioindicadores, por meio da avaliação da sua estrutura trófica em conjunto com a diversificação ecomorfológica se mostra uma ferramenta eficiente para a identificação das condições ambientais,

podendo servir, portanto, juntamente com outros meios de análise, como instrumento de auxílio na tomada de decisões em relação à conservação das microbacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**, [s.l.], v. 58, n. 4, p.547-558, nov. 1998.
- ARAÚJO, N. B.; TEJERINA-GARRO, F. L. Composição e diversidade da ictiofauna em riachos do Cerrado, bacia do ribeirão Ouvidor, alto rio Paraná, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, [s.l.], v. 24, n. 4, p.981-990, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO).
- ARIAS, A. R. L. et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.61-72, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO).
- BAPTISTA, D. F., BUSS, D. F., EGLER, M. Macroinvertebrados como bioindicadores de ecossistemas aquáticos contaminados por agrotóxicos. In: PERES, F., MOREIRA, J. C., orgs. **É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente** [online]. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. p. 157-175.
- BATISTA, P. F. et al. *Pouteria torta*: a native species of the Brazilian Cerrado as a bioindicator of glyphosate action. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842017005113101&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842017005113101&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 Nov. 2017.
- BONATO, K. O.; DELARIVA, R. L.; SILVA, J. C. da. Diet and trophic guilds of fish assemblages in two streams with different anthropic impacts in the northwest of Paraná, Brazil. **Zoologia (curitiba)**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.27-38, fev. 2012.
- BRAGA, F. M. de S.; GOMIERO, L. M. Alimentação de peixes na microbacia do Ribeirão Grande, Serra da Mantiqueira oriental, SP. **Biota Neotropica**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.207-212, set. 2009. FapUNIFESP (SciELO).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução Conama nº 1**, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, DF, 1986.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução Conama nº 357**, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005.
- BREDA, L.; OLIVEIRA, E. F. de; GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, Pr, v. 27, n. 4, p.371-381, 26 mar. 2005. Universidade Estadual de Maringa.

BUCKUP, P. A. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 06, n. 01, p.91-138, 1999. Oecologia Australis..

CADWALLADER, P. L. The food of the New Zealand common river galaxias, *Galaxias vulgaris* Stokell (Pisces: Salmoniformes). **Marine and Freshwater Research**, v. 26, n. 1, p. 15-30, 1975.

CASSATTI, L. Alimentação dos peixes em um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Rio Paraná, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, [s.l.], v. 2, n. 2, p.1-14, 2002. FapUNIFESP (SciELO).

\_\_\_\_\_. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the Upper Paraná River Basin, southeastern Brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.i.], v. 64, n. 4, p.757-765, nov. 2004.

CASSATTI, L.; FERREIRA, C. de P.; CARVALHO, F. R. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 632, n. 1, p.273-283, 27 jun. 2009. Springer Nature.

CASSATTI, L. et al. From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish?. **Neotropical Ichthyology**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.205-214, 2012. FapUNIFESP (SciELO).

CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In: *Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril, P.R. Peres-Neto, eds.). **Oecologia Brasiliensis**, v. 6, Rio de Janeiro, p. 139-155, 1999.

CBH-TIBAGI (Estado). Deliberação nº 11, de 20 de março de 2016. Aprova proposição de atualização do enquadramento dos rios da Bacia do Tibagi. **Deliberação N° 11 Cbh-tibagi**. Londrina, PR, 30 mar. 2016. Disponível em: <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/TIBAGI/deliberacoes/011\\_2016\\_enquadramento\\_tibagi.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/TIBAGI/deliberacoes/011_2016_enquadramento_tibagi.pdf)>. Acesso em: 20 out 2018.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2017**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 06 nov. 2018.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. Primer v. 6: **User manual/tutorial**, PRIMER-E Ltd., Plymouth U.K, 2006.

CLARKE, K. R; WARWICK, R. M. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. **Marine Ecology Progress Series**, [s.l.], v. 216, p.265-278, 2001. Inter-Research Science Center.

CUNICO, A. M.; AGOSTINHO, A. A.; LATINI, J.D. Influência da urbanização sobre as assembleias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia**. V. 23, n. 4, p. 1101–1110. 2006.

- DALTON, R. L.; BOUTIN, C.; PICK, F. R.. Determining in situ periphyton community responses to nutrient and atrazine gradients via pigment analysis. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 515-516, p.70-82, maio 2015. Elsevier BV.
- DAVIS, A. M. et al. Riparian contributions to the diet of terapontid grunters (Pisces: Terapontidae) in wet-dry tropical rivers. **Journal Of Fish Biology**, [s.l.], v. 76, n. 4, p.862-879, mar. 2010. Wiley-Blackwell.
- DUSSAULT, G. V.; KRAMER, D. L. Food and feeding behavior of the guppy, *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 59, n. 4, p. 684-701, 1981.
- ESTEVEZ, F. de A. (Coord.). **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FELIPE, T. R. A.; SÚAREZ, Y. R. Influência dos fatores ambientais nas comunidades de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, alto rio Paraná. **Biota Neotrop.** [S.I.]. v. 10, n. 2, Apr/Jun 2010.
- FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. rev. aum. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838 p.
- FERREIRA, C. de P.; CASATTI, L. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. **Biota Neotropica**, [S.I.], v. 6, n. 3, p.1-25, 2006. FapUNIFESP (SciELO).
- FIALHO, A. P. et al. Fish-habitat relationship in a tropical river under anthropogenic influences. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 598, n. 1, p.315-324, 12 out. 2007. Springer Nature.
- FLOTEMERSCH, J. E.; STRIBLING, J. B.; PAUL, M. J. **Concepts and Approaches for the Bioassessment of Non-wadeable Streams and Rivers**. Cincinnati, Ohio: Us Environmental Protection Agency, 2006. 245 p.
- FRÄNZLE, O. Chapter 2. Bioindicators and environmental stress assessment. **Bioindicators & Biomonitoring - Principles, Concepts And Applications**, [s.i.], p.41-84, 2003. Elsevier.
- GALVES, W.; JEREP, F. C.; SHIBATTA, O. A. Estudo da condição ambiental pelo levantamento da fauna de três riachos na região do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, PR, Brasil. **Panamjas: Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, [s.i.], v. 2, n. 1, p.55-65, abr. 2007.
- GAMBAROTTO, B. L.. **Proposta de índice de integridade ambiental aplicado a riachos da mata atlântica e aplicação de teste de validação com parâmetros das assembleias de peixes**. 2014. 138f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.



GATZ JR, A. J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane studies in Zoology and Botany**, v. 21, n. 2, p. 91-124, 1979.

GIORA, J.; FIALHO, C. B.; DUFECH, A. P. S. Feeding habit of *Eigenmannia trilineata* Lopez & Castello, 1966 (Teleostei: Sternopygidae) of Parque Estadual de Itapuã, RS, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, [s.i.], v. 3, n. 2, p.291-298, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO).

GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. **Revista da Fapam**, [pará de Minas], v. 2, n. 1, p.153-164. 2003.

GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do Alto Rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007, 241p.

HAMMER, U.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

HANISCH, R. F.; MISE, F. T.; PAGOTTO, J. P. A. Variações ecomorfológicas intraespecíficas em *Astyanax altiparanae* de um riacho neotropical. **Sabios: Rev. Saúde e Biol**, [s.i.], v. 9, n. 3, p.23-36, dez. 2014.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering And Science**, [s.i.], v. 1, n. 5, p.83-90, maio 2016.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of fish biology**, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.

ISHIKAWA, D. N. et al. Avaliação Do Risco Ambiental Em Sedimento Dos Lagos Do Riacho Cambé, Em Londrina, Pela Distribuição De Metais. **Química Nova**, [s.i.], v. 32, n. 7, p.1744-1749, set. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n7/12.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

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

JONGMAN, R. H. G.; BRAAK, C. J. F. Ter; VAN TONGEREN, O. F. R. (Ed.). **Data Analysis In Community And Landscape Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 299 p

KARR, J. R.; SCHLOSSER, I. J.. Water Resources and the Land-Water Interface. **Science**, [s.i.], v. 201, n. 4352, p.229-234, 21 jun. 1978.

KRINSKI, D.; CAMERA, B. F.. Occasional release of guppy, *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) in Upper Paraguay River Basin, Mato Grosso State: a new threat to rivers forming the Brazilian Pantanal?. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.i.], v. 78, n. 3, p.595-596, 13 nov. 2017.

LEAL, Cecília G. et al. Variações ecomorfológicas e de uso de habitat em *Piabina argentea* (Characiformes, Characidae) da bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, [s.l.], v. 103, n. 3, p.222-231, set. 2013.

LENCIONI, V.; MARZIALI, L.; ROSSARO, B. Chironomids as bioindicators of environmental quality in mountain springs. **Freshwater Science**, [s.l.], v. 31, n. 2, p.525-541, jun. 2012. University of Chicago Press.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, K. D. R. de et al. Soil fauna as bioindicator of recovery of degraded areas in the caatinga biome. **Revista Caatinga**, [s.l.], v. 30, n. 2, p.401-411, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

LUIZ, E. A. et al. Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do rio Paraná. **Revista Brasileira de Biologia**, [s.i.], v. 2, n. 58, p.273-285, maio 1998.

MARCUCCI, C.R. **Estrutura das assembleias de peixes de riachos sob diferentes graus de urbanização na região de Londrina-PR**. 2016. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD: multivariate analysis of ecological data**. Version 6.0. Oregon, MjM Software Design, 28p, 2011.

MISE, F. T. et al. Intraspecific ecomorphological variations in *Poecilia reticulata* (Actinopterygii, Cyprinodontiformes): comparing populations of distinct environments. **Iheringia. Série Zoologia**, [s.l.], v. 105, n. 2, p.217-222, jun. 2015.

MORALES, B. F.; CIONEK, V. de M.; BENEDITO, E.. Ictiofauna do ribeirão Diamante, Estação Ecológica do Caiuá (Diamante do Norte, Estado do Paraná): monitoramento de sua composição e estrutura. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, n. 2, p.143-148, 14 maio 2009. Universidade Estadual de Maringa.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1988. 434 p.

OHLBERGER, J.; STAAKS, G.; HÖLKER, F. Swimming efficiency and the influence of morphology on swimming costs in fishes. **Journal Of Comparative Physiology B**, [s.l.], v. 176, n. 1, p.17-25, 22 set. 2005. Springer Nature.

OLIVEIRA, D. C. de; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.95-107, 2005. FapUNIFESP (SciELO).

OLIVEIRA, E. F. et al. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 569-586, 2010.

OYAKAWA, O. T., et al. **Peixes de riachos da mata atlântica**. São Paulo: Editora Neotrópica, 2006, 201p.

PINKAS L, OLIPHANT, M.S; IVERSON, L.R . **Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters**. Fishery Bulletin, 1971, 152: 1-105

PINTO, T. L. F; UIEDA, V. S.. Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity?. **Acta Limnol. Bras**, [s.i.], v. 1, n. 19, p.67-78, abr. 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. Secretaria Municipal de Planejamento Orçamento e Tecnologia. **Perfil da Região Metropolitana de Londrina 2014**. 2014. 302 p.

ROCHA, G.C. Carta de solos da bacia do ribeirão Cambé na área urbano-rural de Londrina, PR. **Semina: Ci. Exatas/Tecnológicas**, v. 16, n. 4, p. 536-549, dez. 1995.

SABINO, J.; CASTRO, R. M. C. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da floresta atlântica (sudeste do Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, Rj, v. 50, n. 1, p.23-36, fev. 1990.

SOUZA, F. de; TOZZO, R. A.. *Poecilia reticulata* Peters 1859 (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) como possível bioindicador de ambientes degradados. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [s.i.], v. 3, n. 2, p.162-175, jun. 2013.

STIPP, N. A. F.; MENDONÇA, F. de A. Uma abordagem empírica sobre a fragilidade de ambientes naturais e antropizados na área da bacia hidrográfica do ribeirão Taquara, no município de Londrina – PR – BR. in: VI Seminário Latino-Americano De Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano De Geografia Física, 2010, Coimbra. **Actas**. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/nilza>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SÚAREZ, Y. R. Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, [s.i.], v. 8, n. 3, p.197-204, set. 2008. FapUNIFESP (SciELO).

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. **Landscape ecology in theory and practice: pattern and process**. Nova Iorque: Springer-verlag, 2001. 404 p.

UTZ, R. M.; ESHLEMAN, K. N.; HILDERBRAND, R. H.. Variation in physicochemical responses to urbanization in streams between two Mid-Atlantic physiographic regions. **Ecological Applications**, [s.i.], v. 21, n. 2, p.402-415, mar. 2011.

VANNOTE, R. L. et al. The River Continuum Concept. **Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences**, [s.i.], v. 37, n. 1, p.130-137, jan. 1980. Canadian Science Publishing.

VIEIRA, D. B.; SHIBATTA, O. A. Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, [s.i.], v. 7, n. 1, p.57-65, 2007. FapUNIFESP (SciELO).

WATSON, D. J.; BALON, E. K.. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal Of Fish Biology**, Guelph, v. 25, n. 3, p.371-384, set. 1984.

WINEMILLER, Kirk O. Ecomorphological Diversification in Lowland Freshwater Fish Assemblages from Five Biotic Regions. **Ecological Monographs**, [s.l.], v. 61, n. 4, p.343-365, fev. 1991.

ZAR, Jerrold H.. **Biostatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice-hall, 1999.

ZRNČIĆ, S. et al. Biomonitoring of heavy metals in fish from the Danube River. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 185, n. 2, p.1189-1198, 25 abr. 2012.

**APÊNCIDE A** - Autovetores obtidos como Análise de Componentes Principais (PCA)  
para todos os índices ecomorfológicos (em negrito os valores que mais se  
correlacionaram com os eixos)

Eixos	Autovetores					
	1	2	3	4	5	6
ICL	-0.0807	-0.5708	-0.7071	-0.0674	0.2523	0.1316
ICV	-0.0761	0.1677	-0.2184	0.4745	-0.2505	-0.2344
ARCp	<b>0.6181</b>	0.3593	-0.4279	-0.0964	0.3174	0.1995
LRCp	<b>0.4986</b>	<b>0.7485</b>	0.3147	-0.0116	0	0.0293
ICP	-0.4096	0.4841	-0.2209	-0.1124	0.2393	0.1678
CRP	-0.4364	-0.3677	0.3116	-0.3283	0.3082	0.1214
ARP	-0.6243	-0.3537	0.4133	-0.1408	-0.0507	-0.021
LRP	0.055	<b>-0.8036</b>	0.0848	0.0391	-0.1339	-0.0883
RAC	-0.3803	<b>0.5723</b>	-0.0955	-0.2785	0.0058	0.0827
ARC	-0.5741	0.2645	0.2494	-0.377	0.1215	-0.1427
IP	-0.0797	0.0301	-0.2344	0.0027	-0.2368	-0.1677
AsB	-0.1492	-0.0536	0.1308	0.6573	0.5916	0.05
ARB	<b>-0.6865</b>	0.0808	0.0195	0.504	0.138	0.0456
LRB	-0.6236	-0.1934	-0.5225	-0.1233	-0.2282	0.0858
RAP	0.3162	-0.382	0.2909	-0.0311	-0.3562	0.537
ARPt	-0.6373	0.179	0.0118	-0.0832	0.2802	-0.5177
ARA	-0.5379	0.4836	-0.0237	0.0113	-0.0587	-0.0401
ARPv	<b>-0.6807</b>	0.4531	-0.1025	0.0023	-0.2182	0.1325
RAPI	0.2441	-0.5507	0.3746	-0.1666	0.3951	-0.1408
ARD	-0.6655	0.3773	0.0221	0.007	-0.063	0.024
CRCb	-0.578	0.0351	0.0052	-0.0457	0.1604	0.4199
ARCb	<b>-0.752</b>	-0.0241	0.3317	0.0308	-0.1808	0.0373
LRCb	-0.4969	-0.5986	-0.4176	-0.0817	0.1146	0.0423
TO	0.3109	0.0927	-0.2073	-0.4072	0.1012	-0.2038
TRO	-0.2083	0.1069	0.1076	0.0408	0.1662	0.4462
CF	-0.6185	<b>-0.6765</b>	-0.026	0.0602	-0.1563	-0.1036

Fonte: autoria própria