

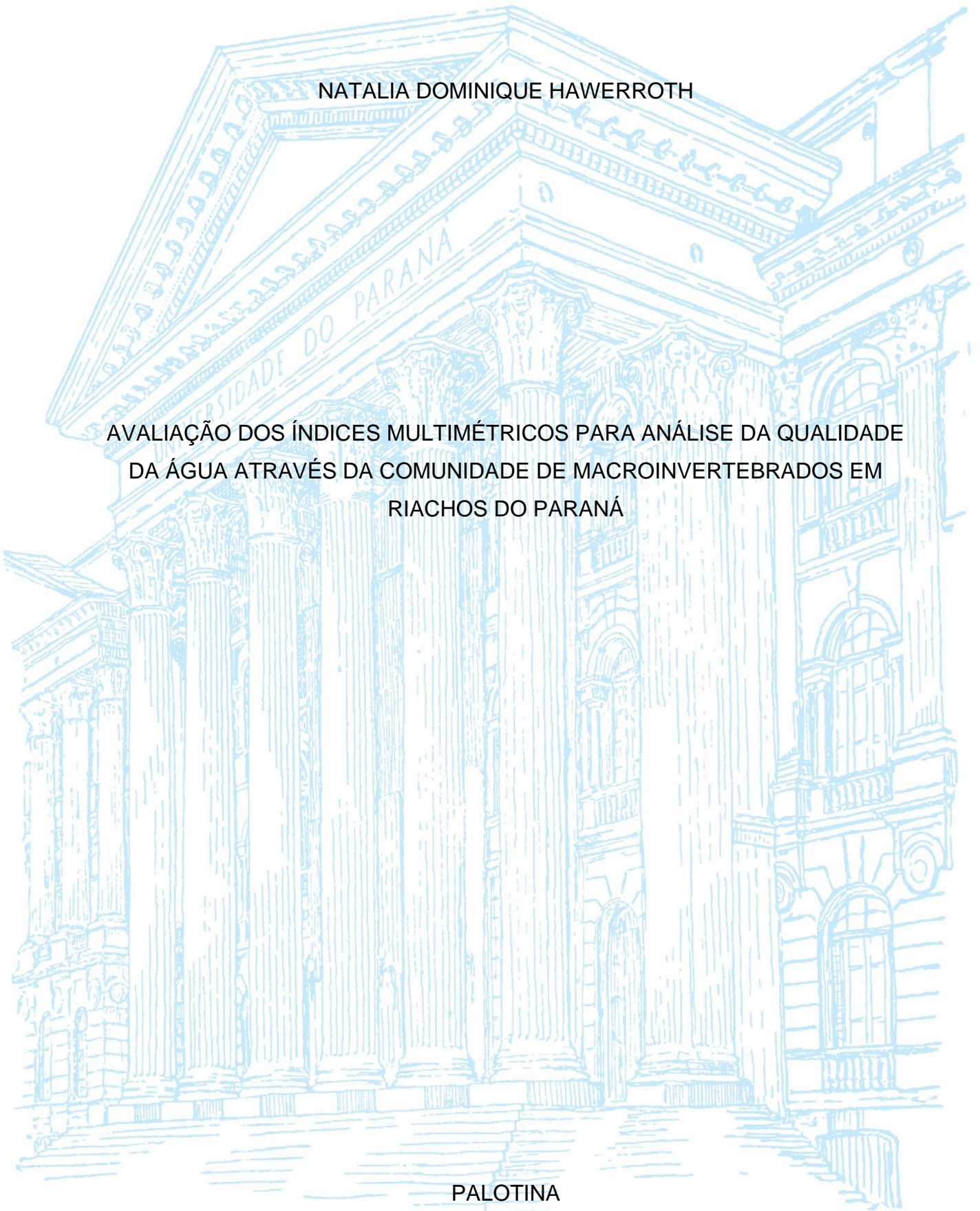
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATALIA DOMINIQUE HAWERROTH

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES MULTIMÉTRICOS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE
DA ÁGUA ATRAVÉS DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS EM
RIACHOS DO PARANÁ

PALOTINA

2020



NATALIA DOMINIQUE HAWERROTH

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES MULTIMÉTRICOS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE
DA ÁGUA ATRAVÉS DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS EM
RIACHOS DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito para obtenção do título de biólogo (a), do curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Orientadora: Prof. Dra. Yara Moretto

PALOTINA

2020

Dedico este trabalho a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado em toda minha trajetória acadêmica, sempre me direcionando as melhores escolhas.

A minha família por estarem comigo em todos os momentos, sempre me apoiado e me auxiliado todas as vezes que eu precisei.

A todos os meus amigos, onde muitas vezes passamos por momentos difíceis juntos, mas sempre nos apoiando e incentivando a continuar.

A minha orientadora, que acreditou no meu potencial, ao aceitar me orientar na minha Iniciação Científica e no meu Trabalho de Conclusão de Curso.

A faculdade e todos seus trabalhadores, pois sem eles não chegaria onde estou.

E a todos que de uma forma ou outra me apoiaram, me ajudaram, animaram nos momentos mais difíceis e felizes desses quatro anos.

O que for a profundidade do teu ser, assim será teu desejo.
O que for o teu desejo, assim será tua vontade.
O que for a tua vontade, assim serão teus atos.
O que forem teus atos, assim será teu destino.
Brihadaranyaka Upanishad

RESUMO

A necessidade pública de água faz com que estudos que considerem a avaliação da qualidade das águas em rios e riachos seja essencial, pois visa a proteção e o uso múltiplo destes mananciais, através dos serviços ecossistêmicos que promovem. Os Índices Multimétricos (MMI), os quais combinam as respostas trazidas pelas comunidades de macroinvertebrados para avaliar a integridade dos riachos são ferramentas úteis nos estudos de monitoramento dos ecossistemas aquáticos. Tem-se por objetivo apresentar alguns índices multimétricos e aplicar três índices baseando-se em resultados de amostragens de macroinvertebrados em três riachos localizados na bacia do Piquiri. Sendo esses o Riacho Barro Preto (minimamente impactado), Sununu (urbano) e São Domingos (rural). As amostras de sedimento para análise dos macroinvertebrados foram coletadas em trélicas pelo amostrador tipo Surber ($0,04\text{m}^2$), no anos de 2017 em julho e 2018 em agosto, as amostras foram fixadas e acondicionadas para triagem e identificação do material. Para avaliar o índice 1, foi realizada teste de correlação, já para o índice 2 foram selecionadas as métricas e conferidas se seriam representativas, após isso foi realizado o boxplot dessas métricas. O índice 3 foi realizado um botstrap dos dados. Após as análises dos três índices multimétricos, o único índice que correspondeu aos nossos dados foi o índice Biótico Bentônico (índice 2), os demais não foram representativos para os dados utilizados, pois os mesmos ao se realizar os testes não foram compatíveis pela pequena quantidade de amostragem.

Palavras-chave: Biomonitoramento; bacia hidrográfica; impacto.

ABSTRACT

The public need for water makes studies that consider the evaluation of water quality in rivers and streams to be essential, since it aims at the protection and multiple use of these springs, through the ecosystem services they promote. The Multimetric Indices (MMI), which combine the responses brought by macroinvertebrate communities to assess the integrity of streams are useful tools in studies of monitoring aquatic ecosystems. The objective is to present some multimetric indices and apply three indices based on the results of sampling macroinvertebrates in three streams located in the Piquiri basin. These being the Riacho Barro Preto (minimally impacted), Sununu (urban) and São Domingos (rural). The sediment samples for analysis of macroinvertebrates were collected in triplicates by the Surber sampler (0.04 m²), in the years 2017 in July and 2018 in August, the samples were fixed and conditioned for sorting and identification of the material. To assess index 1, a correlation test was performed, whereas for index 2 the metrics were selected and checked if they would be representative, after which the boxplot of these metrics was performed. Index 3 performed a bootstrap of the data. After the analysis of the three multimetric indices, the only index that corresponded to our data was the Biotic Biotic Index (index 2), the others were not representative for the data used, because the same when performing the tests were not compatible by the small amount sampling

Keywords: Biomonitoring; hydrographic basin; impact.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS.....	11
2.2	ÍNDICES MUTIMÉTRICOS	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	ÁREA DE AMOSTRAGEM	14
3.2	TIPO DE SOLO E CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO.....	14
3.3	VARIÁVEIS BIOLÓGICAS.....	15
3.4	ÍNDICES MULTIMÉTRICOS	15
3.4.1	ÍNDICE MULTIMÉTRICO PROPOSTO POR (ARÁNGUIZ, 2012).....	17
3.4.2	ÍNDICE MULTIMÉTRICO PROPOSTO POR (FERREIRA <i>ET AL</i> , 2006)	17
3.4.3	ÍNDICE MULTIMÉTRICO PROPOSTO POR (RUARO <i>ET AL</i> , 2015)	17
4	RESULTADOS	19
4.1	ÍNDICES MULTIMÉTRICOS	22
4.1.1	Índice Multimétrico proposto por (ARÁNGUIZ, 2012).....	22
4.1.2	Índice Multimétrico proposto por (FERREIRA <i>et al</i> , 2006)	22
4.1.3	Índice Multimétrico proposto por (RUARO <i>et al</i> , 2015).....	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos estão sujeitos a várias alterações promovidas por processos antrópicos, dentre eles a descarga de compostos tóxicos, derrames acidentais de resíduos químicos, esgotos, agrotóxicos, compostos orgânicos, entre outros, os quais acabam ocasionando a poluição do ambiente (FORTES et al., 2015).

Essas interferências afetam a vida de muitos animais aquáticos como os macroinvertebrados bentônicos, cujos representantes são considerados bioindicadores de qualidade da água, devido à elevada diversidade, diferentes adaptações às condições ambientais associadas ao grau de sensibilidade apresentado por estes organismos, os quais respondem às modificações que acontecem no ambiente, por meio de sua presença e abundância (CALLISTO; MORENO, 2006).

As comunidades de macroinvertebrados têm grande importância ecológica nos ecossistemas aquáticos, pois seus organismos participam da cadeia alimentar e são um dos elos principais da estrutura trófica desse ambiente. Os invertebrados bentônicos são muito diversos, sua comunidade apresenta organismos adaptados a diferentes condições ambientais, os quais podem ser encontrados em ambientes lênticos, ou seja, ambientes que possuem água em baixo movimento, e ambientes lóticos, que possuem um fluxo de movimentação de água mais constante, como rios, riachos e córregos (RIBEIRO; UIEDA, 2005). Por isso são muito utilizados para avaliar a qualidade da água através de várias ferramentas como os índices.

Para se realizar uma análise da qualidade da água existem diversas ferramentas, entre elas, o índice multimétrico (IMM), por este utilizar dados de comunidades como macroinvertebrados, peixes, algas, entre outros, juntas ou separadamente, para realizar a avaliação da qualidade da água. Essa análise ocorrer através de uma avaliação das características de cada comunidade, dentre essas características são selecionadas métricas que são avaliadas por testes estatísticos, fórmulas, tabelas e gráficos proporcionando os resultados da avaliação.

Os índices são muito utilizados por se adequarem a vários dados diferentes já que estes servem para dados bióticos, abióticos e também pode

ser utilizado para diferentes ambientes (LOPES *et al*, 2010), com os devidos ajustes e calibrações. Por esse motivo existem diversos índices desenvolvidos, para ser escolhido aquele que melhor se qualifica em seus dados. Os índices apresentam variações com o mesmo nome e também possuem outros com nomes específicos para sua função. Como o índice Biótico Bentônico (IBB) que é utilizado para avaliar o grau de tolerância dos organismos, este será utilizado neste trabalho e outros dois IMMs, proposto por dois trabalhos diferentes. Também foi desenvolvido o Índice da Assembleia de Peixes do Reservatório (RFAI), que são utilizados para reservatórios definindo áreas que devem ser mais estudadas por conta dos impactos (CALLISTO *et al*, 2019).

1.1 OBJETIVOS

Apresentar através desta monografia alguns índices multimétricos e aplicar três índices, baseando-se em resultados de amostragens de macroinvertebrados em três riachos localizados na bacia do Piquiri.

1.2 HIPOTESE

Todos os índices indicaram a qualidade da água, dos três riachos da bacia do Piquiri.

O índice mais se qualificará com os dados utilizados será o índice 3, por ser um trabalho que aborda riachos da bacia do Piquiri.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS

Os macroinvertebrados aquáticos bentônicos são organismos visíveis a olho nu que habitam a região bentônica do ecossistema aquático, enterrados na areia ou lama, em superfície das rochas e troncos, sobre o sedimento orgânico ou escondido nos espaços existentes entre rochas (ZAKRZEVSKI, 2007).

Os principais representantes da comunidade bentônica pertencem aos filos Anellida e Mollusca e às classes Crustacea e Insecta, aos quais os organismos do filo Insecta são representados nas formas imaturas, larvas e ninfas. Sendo que alguns desses organismos são sensíveis à poluição e às alterações do hábitat e tendem a desaparecer assim que ocorrem modificações no ambiente. Já outros, desenvolveram adaptações que os tornam resistentes aos impactos ambientais (ZAKRZEVSKI, 2007).

Esses organismos podem ser divididos em três grupos. No primeiro estão os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) que abrangem os organismos mais sensíveis, contendo algumas exceções, eles são classificados como mais sensíveis por necessitarem de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido. O segundo grupo abrange vários insetos aquáticos como Coleoptera, Odonata, Heteroptera e também por algumas famílias de Díptera e Mollusca, que possuem tolerância intermediária, já que não necessitam de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido. O terceiro grupo são os mais tolerantes a poluição, ao qual abrange algumas famílias de Díptera, como os Chironomidae e também os Oligochaeta, pois conseguem sobreviver em condições baixas de oxigênio dissolvido (GOULART & CALLISTO, 2003).

Esses organismos possuem um papel fundamental no ecossistema aquático, equilibrando o ambiente a partir da participação na cadeia alimentar, servindo de alimento ou usufruindo do material alóctone (PACIENCIA et al, 2014). Esse material alóctone é a maior parte da vegetação ripária que é depositada no riacho, através de fatores abióticos e bióticos, sendo composta por folhas, galhos, tronco e fruto que são utilizados como fonte de energia para comunidades aquáticas (GIMENES et al, 2010).

2.2 ÍNDICES MULTIMÉTRICOS

Os índices multimétricos foram propostos por Karr (1981) para quantificar as características da comunidade de peixes utilizando essa quantificação para avaliar a qualidade da água (CALLISTO *et al*, 2019). A partir dessa proposta os índices multimétricos começaram a ser muito utilizados e adaptados para diferentes tipos de pesquisa.

Os índices multimétricos são usados há muitos anos para avaliação biológica, para realizar a quantificação das características das comunidades dos organismos avaliando a sua integridade biótica (OLIVEIRA *et al*, 2008). Esses índices podem ser adaptados para cada tipo de pesquisa e em diferentes ambientes, podem ser utilizados para brejos, lagos, rios, riachos, florestas e com diferentes comunidades de organismos.

São muito utilizados por agregarem medidas individuais a múltiplos impactos para avaliar a condição geral de um local, pois integram essas informações fornecendo a classificação geral, analisando o nível de degradação (OLIVEIRA *et al*, 2008). Além disso, pode ser usadas medidas tanto quantitativas como qualitativas. De acordo com Oliveira, *et al* (2008).

A força da abordagem multimétrica está na habilidade de integrar informações dos vários aspectos de uma comunidade para fornecer uma classificação geral do nível de degradação do [...] sem perder a informação proveniente das métricas individuais. As métricas devem ser baseadas em conceitos ecológicos sólidos e representar processos complexos do ecossistema, permitindo a avaliação de funções ecológicas [...].

Como esses índices se aplicam a variados dados, são desenvolvidos diferentes índices para cada estudo e função. Estas variações podem ocorrer no próprio IMM utilizando seus critérios, adaptando, adicionando ou melhorando esses índices, o Índice biótico bentônico (IBB) avalia a qualidade da água através dos macroinvertebrados bentônicos e seu grau de tolerância aos diferentes níveis de poluição (FERREIRA *et al*, 2011). Índice da

Assembleia de Peixes do Reservatório (RFAI), que são utilizados para reservatórios já que estes sofrem um grande impacto e possui diferentes características, este índice define as áreas que devem ser mais estudadas por conta dos impactos (CALLISTO *et al*, 2019). Índice de Qualidade da água (IQA) é o índice mais utilizado no Brasil, ao qual é utilizado para comparar a qualidade da água entre corpos hídricos ao longo do tempo através de vários atributos, tanto bióticos como abióticos (FERREIRA *et al*, 2015).

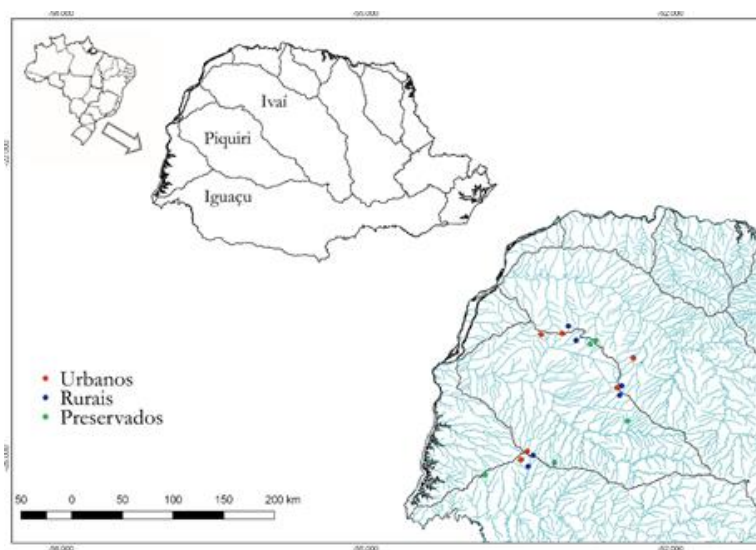
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE AMOSTRAGEM

A bacia hidrográfica do rio Piquiri tem área total de 24.171,70 Km² (SEMA, 2010). Os solos predominantes são latossolo, argilossolo e nitossolo vermelhos. A bacia é bem dividida entre as classes de uso misto, agricultura intensiva, cujas culturas mais importantes são a soja, trigo, cana de açúcar e mandioca além de pastagens artificiais e campos naturais (SEMA, 2010).

As amostras pertencem a riachos de cabeceira, distribuídos em áreas urbanas, rurais e minimamente impactadas e, em solos do tipo arenito (porção baixa da bacia do Piquiri) e latossolo (Figura 1).

FIGURA 1 - Localização dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Piquiri e Ivaí. Caracterizados em urbanos, rurais e preservados, de acordo com o uso do solo do entorno.



FONTE- Autora (2018)

3.2 TIPO DE SOLO E CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO

O tipo de solo foi descrito de acordo com os mapas geológicos que caracterizam o solo paranaense (SEMA, 2010). Para caracterização do uso e ocupação do solo do entorno dos riachos estudados foi utilizado o programa QGis, um sistema de sensoriamento remoto que permite identificar, com ajuda de imagens extraídas do Bing, os diferentes tipos de uso do solo de uma área

determinada. Foram calculadas as porcentagens de: área urbanizada que inclui área asfaltada, área residencial e industrial; área rural que apresenta pastagem, plantio e construções da propriedade; e área verde incluiu-se mata ciliar e remanescentes de floresta. Esse processo foi repetido para cada riacho que foi classificado, de acordo com a porcentagem de cada categoria de uso do solo, em: minimamente impactado (mais que 50% de cobertura vegetal), rural (mais de 50% de uso agrícola e pecuário) e urbano (acima de 50% de urbanização).

3.3 VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

As coletas foram realizadas no período de seca em junho de 2017 e agosto de 2018, na Bacia do Piquiri em três riachos de diferentes categorias: Barro Preto (Preservado), Sununu (Urbano) e São Domingos (Rural), com coletor tipo Surber (0,04 m²). Em cada ponto foram amostradas tréplicas de substratos abrangendo a maior quantidade de microhabitats, para análise biológica e uma amostra para análise granulométrica.

Após a coleta, o sedimento para análise biológica foi lavado com água corrente em um conjunto de peneiras com diferentes aberturas de malhas (1,0 e 0,2 mm). O material retido na última malha foi acondicionado em potes de polietileno com álcool 70% para posterior triagem sob microscópio estereoscópico, utilizando chaves de identificação específicas (LECCI; FROEHLICH, 2007; PASSOS; NESSIMIAN; JUNIOR, 2007; COSTA; SOUZA; OLDRINI, 2004; PES; HAMADA; NESSIMIAN, 2005; MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2010).

3.4 ÍNDICES MULTIMÉTRICOS

Neste trabalho utilizou-se três índices multimétricos distintos, o índice biótico bentônico (IBB) proposto no trabalho de Ferreira *et al* (2009) e dois IMMs com metodologias diferentes proposto nos trabalhos de Aranguiz (2012) e Ruaro *et al* (2015). O trabalho de Ruaro *et al* (2015) foi selecionado, pois os autores apresentam um índice novo proposto a pouco tempo e utilizado os córregos do Paraná se aproximando mais dos dados desse trabalho. Para análise do IMM que Ruaro *et al* (2015) desenvolveram foram utilizados dados

abióticos e bióticos da comunidade de macroinvertebrados e peixes, de 24 córregos da região do Paraná. Já o de Ferreira et al (2009) foi escolhido por ser muito usado em vários artigos como referência. Para realização deste trabalho foram utilizados os dados de macroinvertebrados da Bacia do Rio das Velhas com 21 estações amostrais, com 4 coletas por ano desde 2004 a 2007. O trabalho de Aranguiz (2012) é bastante completo e muito bem desenvolvido, pois o autor utilizou dados de macroinvertebrados e variáveis abióticas de 20 localidades do Rio Limarí-Chile.

Já os dados desse trabalho apresenta 18 amostras de Macroinvertebrados, ao qual obteve 23 métricas selecionadas para serem utilizadas na obtenção do índice de qualidade da água, as quais foram baseadas na comunidade de macroinvertebrados bentônicos expressando sua riqueza, táxons e estrutura trófica, sendo métricas que reagem com as perturbações dos corpos hídricos (TABELA 1). Para realização destes testes utilizou-se os programas Bioestat 5.3, Past 4.03 e R 4.0.0.

TABELA 1 – Métricas selecionadas para avaliação da água dos três Riachos da Bacia do Piquiri frente as perturbações dos corpos hídricos.

Categorias	Métricas
Medidas de Riqueza (número de taxa)	Taxa Ephemeroptera
	Taxa Plecoptera
	Taxa Trichoptera
	Taxa Coleoptera
	Taxa EPT
Medidas de Tolerância	% Táxons Sensíveis
	EPT/ Qhironomidae
	EPT/ Oligochaeta
Medidas de Composição	%EPT
	%Ephemeroptera
	%Plecoptera
	%Trichoptera
	%Coleoptera

%Odonata
%Diptera
% Chironomidae
%Oligochaeta

FONTE: O autor (2020)

3.4.1 Índice Multimétrico proposto por ARÁNGUIZ, (2012).

Para realização deste teste foi realizado a correlação de Pearson, ao qual auxiliou na validação do índice.

3.4.2 Índice Biótico Bentônico (FERREIRA *et al*, 2009)

Para avaliar a sensibilidade das métricas o teste teve de ser modificado para se ajustar às nossas amostras. Ferreira et al (2009) utilizou o Teste de Mann e Whitney e neste trabalho a sensibilidade foi testada, através do teste de Bartlett. Após aplicação do teste utilizou-se gráficos do tipo “*box-plot*” para distinguir as estações de referência das estações alteradas. Foram atribuídos três escores padrão (1; 3 e 5) no *box-plot* para cada métrica selecionada a partir dos impactos. Esses escores foram separados a partir dos quartis e média, escore 5 para os valores acima do quartil de 25%, escore 3 para os valores entre a média e o quartil de 25% e escore 1 para os valores entre o mínimo e o valor médio, isso para as métricas em que é esperada a diminuição dos valores em resposta ao impacto. Já para as métricas que tendem a aumentar os valores foi determinado o escore 5 para os valores abaixo do quartil de 75%, escore 3 para os valores médios entre o valor máximo e o quartil de 75% e escore 1 para os valores entre o valor médio e o valor máximo acima do quartil de 75%. O riacho atribuído no escore 5 representa os valores de referência; o escore 3 representa uma condição intermediária; e o escore 1 representa o valor máximo do desvio dos valores de referência (FERREIRA *et al*, 2009).

3.4.3 Índice Multimétricos proposto por (RUARO *et al*, 2015)

Para análise do índice foi realizado boststrep dos dados para produzir 1000 amostras, para validação do índice.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 3518 invertebrados pertencentes a 36 táxons, dentre eles 21 família. Chironomidae e Oligochaeta foram os grupos mais abundantes com 57% do total de organismos. Os riachos apresentaram vários táxons diferentes, dentre eles os classificados como sensíveis compostos por Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), intermediários com algumas famílias de Diptera, Odonata, Coleoptera, entre outros e tolerantes que seriam Chironomidae além de outras famílias de Diptera e Oligochaeta, como aponta as tabelas 2 e 3.

Na coleta de 2017 no riacho Barro Preto (Minimamente impactado) foram registrados 180 indivíduos, a riqueza dessa coleta (15 táxons) cabendo ressaltar a ocorrência de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), os quais são ordens de organismos bioindicadores da qualidade da água (PIMENTA, et al, 2018). Já no riacho Sununu (Urbano) foi registrada uma maior abundância (n=1.155 indivíduos), sendo Chironomidae (900 indivíduos) e Oligochaeta (129 indivíduos) os grupos mais abundantes e a riqueza desse riacho foi de (16 táxons) apresentando em sua abundância poucos EPTs. Os grupos mais abundantes são reconhecidamente tolerantes a poluição, e indicadores de má qualidade da água (PIMENTA, et al, 2018). O riacho São Domingos (rural) apresentou 364 indivíduos, com a riqueza de (12 táxons) os táxons de maior abundância foram os Chironomidae e Acari, com 69 e 118 organismos, respectivamente (Tabela 2).

TABELA 2 - Táxons registrados nos três riachos da Bacia Hidrográfica do Piquiri, em 2017. Onde a presença desses organismos é X e a ausência desse organismo é -.

Táxon/Riacho	Barro Preto 2017	Sununu 2017	São domingos 2017
Baetidae	X	X	-
Leptophlebiidae	X	-	X
Leptohyphidae	X	-	-
Caenidae	X	-	-
Gripopterygidae	X	-	-

Sericostomatidae	-	-	X
Hydrophilidae	X	X	-
Hydropsychidae	X	X	-
Odonata	-	X	-
Coenagrionidae	X	-	-
Gomphidae	X	-	-
Coleoptera	-	X	-
Elmidae	-	X	X
Crustaceo	-	X	X
Oligochaeta	X	X	X
Bivalvia	-	-	X
Acari	X	X	X
Nematoda	-	X	X
Diptera	-	X	X
Chironomidae	X	X	X
Ceratopogonidae	X	-	-
Simuliidae	X	X	X
Empididae	-	X	-
Tipulidae	X	-	-
Brachycera	-	-	X
Hemiptera	-	X	-
Colembola	-	X	-

FONTE: O autor (2018).

Por outro lado, na coleta de 2018, o riacho Barro preto obteve a maior abundância sendo de (n=810 indivíduos), contendo também a ocorrência de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, além disso, possui a riqueza de 19 táxons. O Sununu apresentou 264 indivíduos, tendo Chironomidae e Oligochaeta dentre os táxons de maior abundância, a sua riqueza foi de 9 táxons. E por fim o riacho São Domingos que apresentou 745 indivíduos e foi o riacho que obteve a maior riqueza, sendo de 20 táxons dentre esses táxons apresentou organismos sensíveis indicando uma boa qualidade de água (Tabela 3).

TABELA 3 - Táxons registrados nos três riachos da Bacia Hidrográfica do Piquiri, em 2018.
Onde a presença desses organismos é X e a ausência desse organismo é -.

Táxon/Riacho	Barro Preto 2018	Sununu 2018	São Domingos 2018
Ephemeroptera	-	-	X
Baetidae	X	X	X
Leptophlebiidae	X	-	X
Leptohyphidae	-	-	X
Caenidae	X	-	-
Plecoptera	X	-	-
Perlidae	-	-	X
Gripopterygidae	X	-	X
Trichoptera	X	-	-
Hydropsychidae	-	-	X
Polycentropodidae	-	-	X
Calamoceratidae	X	-	-
Odonata	X	-	-
Gomphidae	-	X	X
Coleoptera	-	-	X
Elmidae	X	-	X
Elmidae adulto	X	-	X
Crustaceo	X	-	X
Oligochaeta	X	X	X
Bivalvia	-	X	-
Acari	X	X	X
Nematoda	X	X	X
Diptera	-	-	X
Chironomidae	X	X	X
Ceratopogonidae	X	-	-
Simuliidae	X	-	-

Empididae	X	-	-
Hemiptera	-	-	X
Copepoda	X	X	X
Gastropoda	-	X	-

FONTE: O autor (2019)

3.1 ÍNDICES MULTIMÉTRICOS

4.1.1 Índice Multimétrico proposto por ARÁNGUIZ, (2012).

Os nossos resultados foram testados, conforme o índice proposto por Aránguiz, (2012), no entanto a partir dos testes de correlação de Pearson evidenciou-se que o número amostral (n) utilizado não foi suficiente para a correlação dos dados com as métricas..

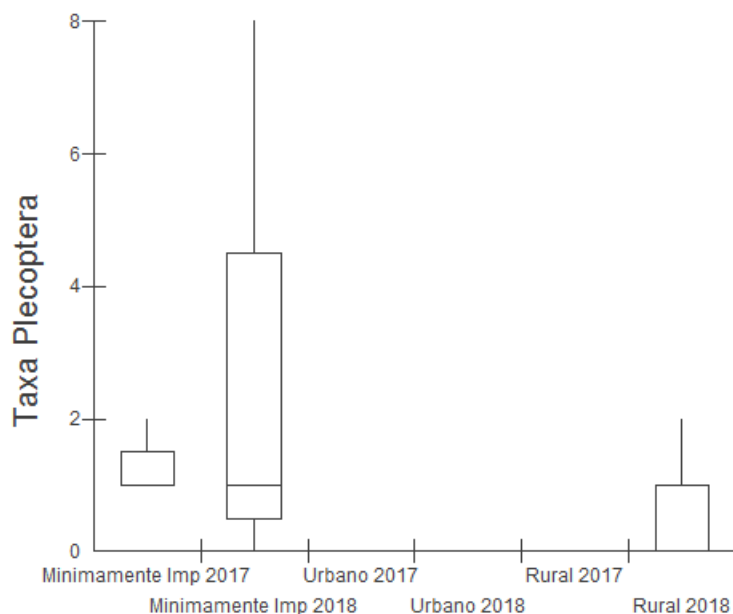
4.1.2 Índice Multimétrico proposto por (FERREIRA *et al*, 2006)

Das 16 métricas avaliadas apenas 3 não foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$): Diptera ($p = 0,2052$), Porcentagem de Odonata ($p = 0,3850$) e Chironomidae ($p = 0,7213$). As demais foram consideradas estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Bartlett as quais foram usadas para compor o índice. As métricas devem ser avaliadas para verificação de quais métricas são representantes para avaliação da integridade do (OLIVEIRA *et al*, 2008). Dessas 13 métricas foram selecionados cinco métricas as quais representam as respostas ao aumento do impacto (Gráficos 1 a 5). São essas as métricas de riqueza de espécies, composição e tolerância são métricas normalmente utilizadas, as quais representam as modificações que acontecem no riacho impactado.

No gráfico 1 ao qual apresenta a taxa de Plecoptera de todos os riachos, pode-se observar que nas coletas do riacho urbano 2017/2018 (Sununu) não foi encontrado nenhum organismo da ordem Plecoptera indicando uma defazagem de organismos, além disso essa ordem apresenta em sua maioria organismos sensíveis a poluição. O riacho rural 2017 (São Domingos) também não apresentava nenhum organismo dessa ordem, mas já na coleta do outro

ano houve a presença dessa ordem, ao qual, apresentou junto com o riacho minimamente impactado 2018 (Barro Preto) as maiores quantidades dessa ordem.

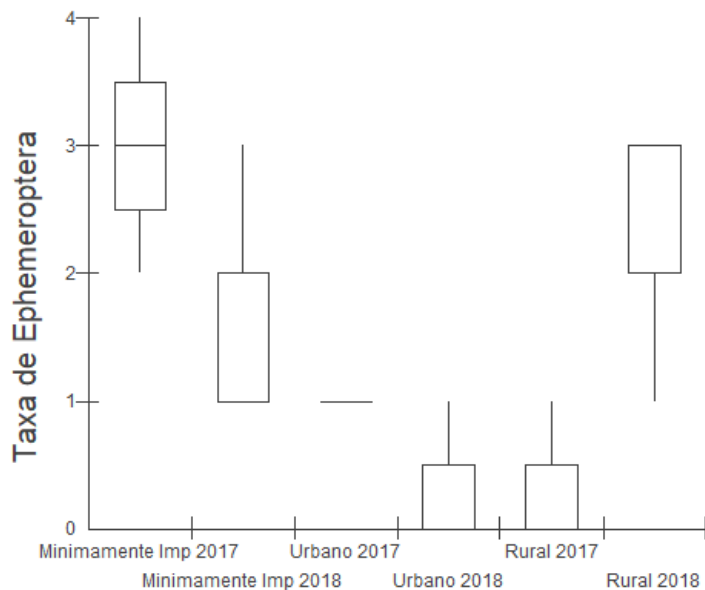
GRÁFICO 1. Taxa de Plecoptera nos riachos avaliados no ano de 2017 e 2018.



Fonte. Autora (2020).

O Gráfico 2, apresenta da Taxa de Ephemeroptera, por ele podemos observar que todos os riachos apresentaram a ordem Ephemeroptera, mas as coletadas do urbano 2017/2018 e rural 17, possuem a menor quantidade desses organismos comparando com os demais. Essa ordem também apresenta em sua maioria organismos sensíveis a poluição.

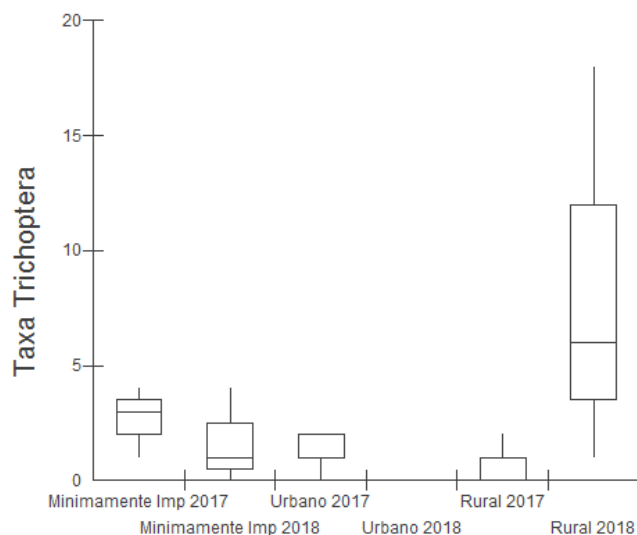
GRÁFICO 2. Taxa de Ephemeroptera nos riachos avaliados no ano de 2017 e 2018



Fonte. Autora (2020).

No gráfico 3, apresenta a Taxa de Trichoptera, observe-se uma quantidade de organismos equilibradas entre os riachos, somente o riacho urbano 2018 não apresentou nenhum organismo. Essa ordem também apresenta em sua maioria organismos sensível a poluição.

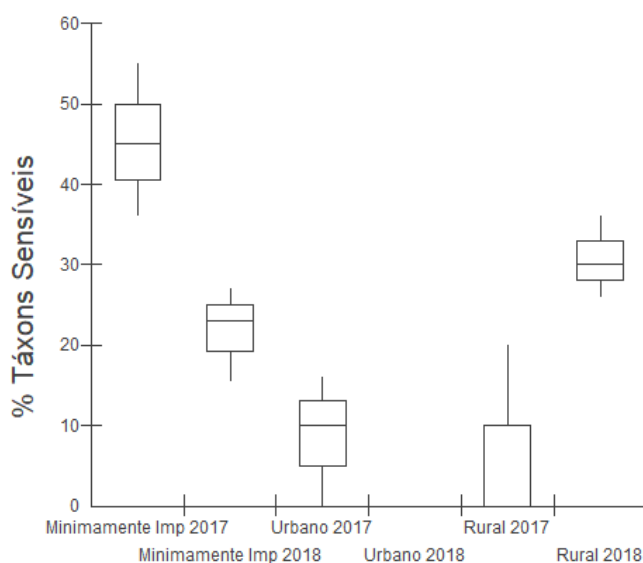
GRÁFICO 3. Taxa de Trichoptera nos riachos avaliados no ano de 2017 e 2018



Fonte. Autora (2020).

No gráfico 4, pode-se observar a junção dos gráficos anteriores. Por esse podemos observar a porcentagem da presença de todos os organismos sensíveis a poluição. Através disso consegue-se diferenciar que o riacho minimamente impactado 2017/2018 e rural 2018 estão em uma condição melhor que os demais riachos/coletas, já que estes apresentam as maiores quantidades de organismos sensíveis. A melhor condição do riacho minimamente era esperada, pois esse se encontrava em área preservada.

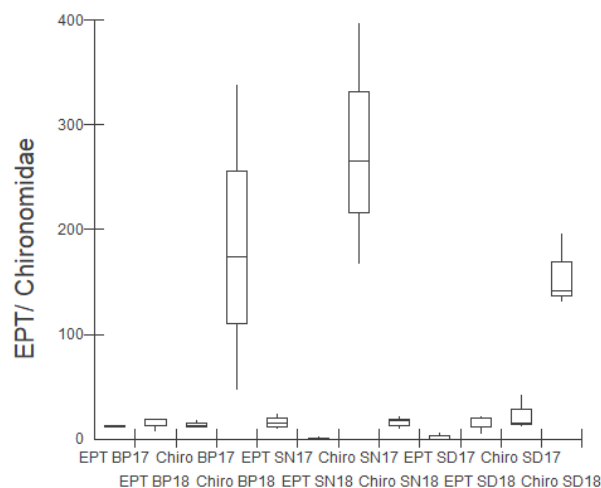
GRÁFICO 4. Porcentagem de táxons sensíveis nos riachos avaliados no ano de 2017 e 2018



Fonte. Autora (2020).

No gráfico 5 que apresenta a quantidade de EPT e Chironomidae, pode-se observar a diferença exorbitante entre eles, a quantidade de organismos sensíveis são bem menores que os Chironomidae que são organismos tolerantes a poluição. Isso ocorre porque os organismos tolerantes não sofrem muita influência dos impactos tendo sempre uma condição favorável para sua sobrevivência, por outro lado os organismos sensíveis sofrem a qualquer modificação ao ambiente sendo encontrados em menor quantidade que os tolerantes.

GRÁFICO 5. Quantidade de EPT e Chironomidae nos riachos avaliados no ano de 2017 e 2018.



Fonte. Autora (2020). Onde BP: Barro Preto (minimamente impactado), SN: Sununu (urbano) e SD: São Domingos (rural).

A partir da análise dos gráficos foram estabelecidas três categorias de acordo com os escores, esses escores foram separados através dos valores dos quartis. No escore 5, foram classificados como riachos de referência ou seja com uma boa qualidade da água que seriam os dois minimamente impactado (Barro Preto 2017 e 2018) e o rural (São Domingos 2018). No escore 3, são os riachos considerados de qualidade intermediária, que abrigariam o Rural (São Domingos 2017) e Urbano (Sununu 2018). E no escore 1, são considerados os mais impactados comparados com os demais riachos, ao qual classificou o riacho Urbano (Sununu 2017).

Após a realização do índice multimétrico apresentado no trabalho de Ferreira et al (2009), observou-se que esse índice se adequou ao número amostral deste trabalho, ao qual evidência as diferenças entre áreas de referência e impactadas e intermediárias. Por meio desse índice foi possível fazer a distinção dos riachos, de forma conclusiva e eficaz.

Os riachos minimamente impactados (BP 2017/2018) possuem mesmo uma boa qualidade de água a partir da análise dos resultados, como o esperado já que este se encontra em um lugar com vegetação riparia ao qual diminui o impacto antropogênico. O rural apresentou uma melhora como

aponta os dados de 2018, essa melhora pode ter acontecido pelo produtor estar cuidando mais do riacho, com plantação de árvores ao entorno do riacho, diminuição do uso dos agrotóxicos e da extração do local (PALANIAPPAN *et al*, 2011). Já o Urbano que foi considerado de qualidade intermediária e ruim em comparação com os demais, apresentou esses resultados por estar em um local exposto a muitos impactos antropogênicos como descarga de esgoto, de lixo, pouca vegetação ciliar ou nenhuma, ao qual afetam diretamente na qualidade desse riacho (SILVA *et al*, 2016).

4.1.3 Índice Multimétrico proposto por (RUARO *et al*, 2015)

Após a realização dos testes, o resultado foi o mesmo que o trabalho de Aranguiz (2012), cujo número amostral dos dados apresentados neste trabalho não foram suficientes para ter resultados satisfatórios em relação a qualidade da água desses locais. Já que o número amostral dos trabalhos são maiores, apresentaram resultados conclusivos da qualidade da água dos riachos avaliados. Nesse trabalho o número amostral foi de três riachos com coletas de dois anos, sendo realizados triplicas que é o mínimo recomendado (SIVEIRA *et al*, 2004).

É importante ressaltar que a proposta inicial deste trabalho foi de trabalhar com três riachos em três bacias hidrográficas diferentes. No entanto, devido à pandemia duas bacias hidrográficas não puderam ser finalizadas. Apesar disso, optou-se pela readequação e manutenção do trabalho com os índices multimétricos.

A partir de todos os resultados pode-se afirmar que os índices são ótimas ferramentas ambientais, no entanto a escolha do índice deve ser avaliada cuidadosamente, considerando-se especialmente as características de similaridade de ambientes e de variáveis amostradas para ter a eficácia necessária, além de observar todos os ajustes e calibrações na aplicação do índice.

Com tais dados (n amostral baixo) o único índice que se adequou foi o IBB, pois com ele foi possível a comparação dos riachos por meios dos gráficos apontando pelos escores a qualidade dos riachos, servindo tanto para dados

grandes como no trabalho de Ferreira *et al* (2006), tanto dados pequenos como dados maiores.

Os outros índices podem não ter se encaixado aos dados deste trabalho, pois alguns índices são desenvolvidos a partir de algumas características dos locais de amostragem, tendo um bom funcionamento garantido em locais com as mesmas características da área para qual foi desenvolvido. Outros fatores que afetam a aplicação dos índices são a definição da amostragem, tamanho mínimo da amostra e resolução taxonômica (OLIVEIRA *et al*, 2008).

Ao se pesquisar não foi encontrado nenhuma pesquisa parecida com esse trabalho, tendo resultados de artigos que desenvolvem ou somente apresentam os índices multimétricos.

Os corpos hídricos sofrem demais pelos processos antrópicos, como podemos observar pelos dados. Por isso sempre deve ser realizada as pesquisas, e um ponto principal é a educação ambiental, ao qual deve ser estimulada dentro de casa, nas escolas, palestras para produtores para maior consciência e proteção da natureza (PALANIAPPAN *et al*, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os índices multimétricos são ótimas formas de avaliar a qualidade da água, o qual possui diferentes índices desenvolvidos a serem utilizados e/ou adaptados pelos pesquisadores. O que se qualificou com os dados trabalhados foi o índice biótico bentônico (IBB) proposto por Ferreira *et al*, (2009) que foi possível sua realização com os dados pequenos, o de Aránguiz, (2012) e Ruaro *et al*, (2015) não deram os resultados esperados, mas mesmo assim são ótimos índices, ao qual se qualificaria se os dados fossem maiores.

O IBB é um índice mais fácil de ser trabalhado por não haver aplicação de fórmulas, além dos testes estatísticos serem de mais fácil aplicação. Por outro lado, os demais índices envolvem cálculos e formulas integrados com testes estatísticos mais complexos de serem executados.

Por meio deste trabalho verificamos também que nem todos os índices são compatíveis com determinados dados, por isso cabe ao pesquisador avaliar e pesquisar qual o melhor índice para seus dados.

REFERÊNCIAS

ARÁNGUIZ, C. A. C. **Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentônicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari em Chile.** Água. Análisis interdisciplinario y gestión sostenible. Barcelona, 2012. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/0aba/45d8adf0878f53b7af3e279f1a7d8aaef496.pdf?_ga=2.243976460.820535255.1592399096-1195778112.1592399096. Acesso em: 3 mar. 2020.

CALLISTO, M. MORENO P. **Bindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental.** IIº Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental. 2006. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf. Acesso: 4 mar. 2020. arquivos

CALLISTO, M. *et al.* **Série peixe vivo – bases conceituais para conservação e manejo de bacias hidrográficas.** Capítulo 4 Índices multimétricos para avaliação de integridade biótica. 2019. Disponível em: https://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/pesquisas/Documents/VII%20Bases%20Conceituais.pdf. Acesso: 4 mai. 2020.

COSTA, J.M. SOUZA, L.O.I. OLDRINI, B.B. **Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata).** Rio de Janeiro. Museu Nacional. 2004.

FERREIRA, K. C. D. *et al.* Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 2, p. 277-286. 2015. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3128>. Acesso: 1 jun. 2020.

FERREIRA, W. R. *et al.* Biomonitoramento de Longo Prazo da Bacia do Rio das Velhas Através de um Índice Multimétrico Bentônico. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 17, n.3, p. 253-259. Jul/Set 2012. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2012/Wander_etal_2012-ABRH.pdf. Acesso: 4 mai. 2020.

FERREIRA, W. TAVARES, L. CALLISTO, M. **Índice biótico bentônico no biomonitoramento da bacia do rio das velhas.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, ABRH, v.1, p. 88-95. 2009. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/08/Wander2009.pdf>. Acesso: 4 jun. 2020.

FORTES, F. C. A. *et al.* **Impacto ambiental x ação antrópica: um estudo de caso no Igarapé Grande – Barreirinha em Boa Vista/RR.** VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/RS. 2015. Disponível em:

<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VI-019.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2020.

GIMENES, K.Z.; CUNHA-SANTINO, M.B. da; BIANCHINI JR., I. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis**, v.14, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/7130>. Acesso: 4 mai. 2020.

GOULART, M. & CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, nº.1. 2003. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf. Acesso em: 5 abr. 2020.

LECCI, L.S. & FROEHLICH, C.G. **Identificação de larvas de insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. USP. 2007.

LOPES, F. F. *et al.* Utilização de índices ecológicos em assembleias de peixes como instrumento de avaliação da degradação ambiental em programas de monitoramento. **Biota Neotrop**. vol.10, no.4, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400024. Acesso em: 07 jul. 2020.

MUGNAI, R. NISSIMIAN, J.L. BAPTISTA, D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora. Rio de Janeiro. 2010.

OLIVEIRA, R. B. de S. CASTRO, C. M. & BAPTISTA, D. F. Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.** 2008. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/27385>. Acesso em: 7 mar. 2020

PACIENCIA, G. P. *et al.* **A utilização dos macroinvertebrados aquáticos de riachos na confecção de cartilhas de Educação Ambiental**. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14936>. Acesso em: 14 nov. 2019.

PASSOS, M.I.S. NESSIMIAN, J.L. JUNIOR, N.F. **Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Revista Brasileira de Entomologia. 2007.

PALANIAPPAN, M. *et al.* **Cuidando das Águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Agência Nacional DE Águas (ANA). 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-Solucao2aEd.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. **Bacias hidrográficas paranaenses**. Curitiba. 2010. Disponível em:

http://pdsliitoral.com/wp-content/uploads/2018/01/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf. Acesso em: 14 nov. 2019.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, 103 J. A. (org). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 61-103, 2010. Disponível em: http://www.meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/Acervo/Parolin_Abordagem_Ambiental_Interdisciplinar_bacias_hidrograficas_PR.pdf. Acesso em: 14 nov. 2019.

PES, A. M. O. HAMADA, N. NESSIMIAN, J.L. **Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Tricoptera (Insecta) da Amazônia central, Brasil**. Revista Brasileira de Entomologia. 2005.

RIBEIRO, L. O; UIEDA, V. S. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil**. Univesidade Estadual Paulista (UNESP). Revista Brasileira de Zoologia. São Paulo. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-81752005000300013&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso. 24 mai. 2020.

RUARO, R. *et al.* **Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams**. Springer International Publishing Switzerland. 2015.

SILVA, R. F. *et al.* **Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG**. Caderno de Geografia, v.26, n.47, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n47p966>. Acesso em: 4 jun. 2020.

ZAKRZEVSKI, S. B. **Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares**. Edifapes. 2007. Disponível em: http://www.uricer.edu.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/764.pdf. Acesso em: 25 nov. 2019.