Levantamento de macroinvertebrados bioindicadores para análise da condição ambiental do Rio Juqueriquerê, Caraguatatuba (SP)

Rickson Drobinich do Nascimento[1]; Fernando Freitas de Oliveira[1]

[1]Centro Universitário Módulo

RESUMO

As atividades antrópicas em ecossistemas lóticos, como rios, riachos e nascentes, podem alterar a qualidade ambiental desses ambientes. Assim, é necessário o emprego de estratégias que monitorem essas alterações. Uma ferramenta que tem sido utilizada para esse fim é o levantamento da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, que pode ser utilizado como bioindicador para avaliação da qualidade ambiental. O presente estudo teve como objetivo utilizar esses dados para avaliar a qualidade ambiental do Rio Juqueriquerê, o principal rio do município de Caraguatatuba-SP. Para isso, foi feito o levantamento da fauna de macroinvertebrados em três pontos de coleta ao longo do rio, utilizando o método de arraste de sedimento com rede em "D" (malha de 500 μm) para coleta, onde acondicionou-se as amostras para posterior identificação dos organismos. Por fim, foram utilizados dois índices de qualidade de água: BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) e ICB_{RIO} (Índice de Comunidades Bentônicas para rios). Quanto à aplicação dos índices, foi observado que o índice ICB_{RIO} apresentou maior acurácia e melhor aplicabilidade no ambiente estudado. A partir do índice ICB_{RIO} foi possível classificar a água dos pontos 1 e 3 como "Boa" e a água do ponto 2 como "Regular", o que se relaciona com a ausência de organismos sensíveis e maior presença de organismos resistentes nas amostras coletadas, o que pode ser reflexo da intensidade de atividades que contribuem para a perturbação do ambiente.

Palavras-chave: Macroinvertebrados. Bioindicadores. Rio Juqueriquerê. Índice de qualidade de água.

1. INTRODUÇÃO

A comunidade de macroinvertebrados habita diversos locais, incluindo ambientes aquáticos como rios, margens e macrófitas aquáticas, podendo ter sua composição modificada de acordo com a qualidade ambiental do local. Geralmente, essa comunidade é constituída majoritariamente por insetos, principalmente dípteros, representados especialmente por quironomídeos (pertencentes a ordem *Diptera*, família *Chironomidae*), organismos resistentes às perturbações ao meio, sendo geralmente abundantes em ambientes impactados (ARAUJO; TEIXEIRA, 2018). Uma vez que a comunidade pode ser constituída de organismos sensíveis e resistentes à poluição e à degradação do ambiente, o levantamento de táxons de macroinvertebrados tem sido utilizado como um indicador da qualidade ambiental (CORBI, 2009; ROBAYO, 2015;

JUNQUEIRA, 2000; SAHM, 2016; CALLISTO, 2009).

O termo bioindicador se refere aos parâmetros biológicos qualitativos ou quantitativos, mensurados, seja no nível de indivíduo, população, guilda ou comunidade, capazes de indicar condições ambientais particulares, podendo corresponder a uma variação natural e/ou perturbação ao meio analisado (QUEIROZ, 2008).

A utilização do grupo dos macroinvertebrados como bioindicadores (organismos retidos em malha de 200µm no mínimo), constitui um importante meio de avaliação do ambiente aquático, podendo fornecer tanto informações relacionadas à presença de contaminantes, como também à redução da qualidade ambiental em resposta a um fator estressante, podendo ser utilizados como meio complementar em estudos de biomonitoramento, juntamente com análises de parâmetros físico-químicos (ADAMI, 2017; DANZE & VERCELLINO, 2018; CETESB, 2012; INAG, 2008; SIMONETTI, 2014).

No presente trabalho, buscando analisar a qualidade do rio Juqueriquerê, situado no município de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo, foram realizadas capturas e identificação da fauna de macroinvertebrados, e a partir dos dados de riqueza, diversidade e dominância de táxons foram utilizados os índices BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) e ICB_{RIO} (Índice de Comunidades Bentônicas para Rios). O estudo teve como objetivo comparar a qualidade ambiental de três trechos do rio, bem como avaliar qual dos índices utilizados no estudo é o mais adequado para a aplicação em um programa de biomonitoramento da qualidade do rio.

2.MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo e determinação dos pontos de coleta

O local de estudo compreendeu trechos do rio Juqueriquerê, que pertence a maior das sub-bacias do Litoral Norte de São Paulo e maior bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Litoral Norte (UGRHI-03). A Bacia do Juqueriquerê totaliza uma área de 419,8 Km^2 e está localizada no município de Caraguatatuba, no Litoral Norte do estado de São Paulo (CARAGUATATUBA, 2014; 2019).

O local de estudo está a uma distância aproximada de 180 Km da cidade de São Paulo, com acessos principais pela Rodovia dos Tamoios (SP-099) e Rio-Santos (BR-101). O município de Caraguatatuba possui importantes nascentes, incluindo a do Juqueriquerê, que estão localizadas no Parque Estadual da Serra do Mar (CARAGUATATUBA, 2019).

Dentre as atividades socioeconômico desenvolvidas no rio Juquerique rê, podemos citar a remanescente pesca artesanal e sua infraestrutura de suporte e apoio (entreposto de pesca), o uso turístico atribuído pelas marinas, além de outras atividades como esportes náuticos e pesca amadora. A presença de colônias de férias, casas de veraneio e estabelecimentos comerciais, caracterizam atividades socioeconômicas vinculadas ao rio. Além dessas atividades é possível observar ocupações com edificações próximas às margens e em áreas de mangue. Todos esses são elementos podem influenciar a qualidade das águas do rio (PAULA & CARVALHO, [S.I]; SIMONETTI, 2014; PETROBRAS, 2016).

Buscando comparar a qualidade da água em diferentes trechos do rio Juquerique rê, foram selecionados no presente estudo 3 pontos de amostragem (figura 1) para realização do biomonitoramento por meio das coletas de macroinvertebrados. O primeiro ponto de coleta (P1 – 23°42'02.1"S 45°25'53.1"W) está situado mais próximo à foz, apresentando grandes áreas de vegetação em suas proximidades, incluindo áreas de mangue, além de ser mais afastado de ocupações residenciais em comparação com os demais pontos (P2 e P3).

O segundo ponto de coleta (P2 – 23°41’34.5”S 45°26’22.5”W), apresentava características um pouco diferentes em relação ao P1, como menor cobertura de vegetação nas margens e maior estabelecimento de residências e marinas. Nesse ponto foi possível observar um substrato, de aspecto argiloso, diferente dos pontos P1 e P3, que possuíam substratos mais arenosos. Além disso, em P2 foi possível observar presença de resíduos de construção civil próximo à margem.

O terceiro ponto de coleta (P3 – 23°41’13.1”S 45°26’32.4”W), localizado mais à montante em relação aos demais, consistiu em uma área urbanizada situada próximo à rodovia SP-55/BR101. Em termos de cobertura vegetal das margens, apresentava um aspecto parecido com o ponto 2.

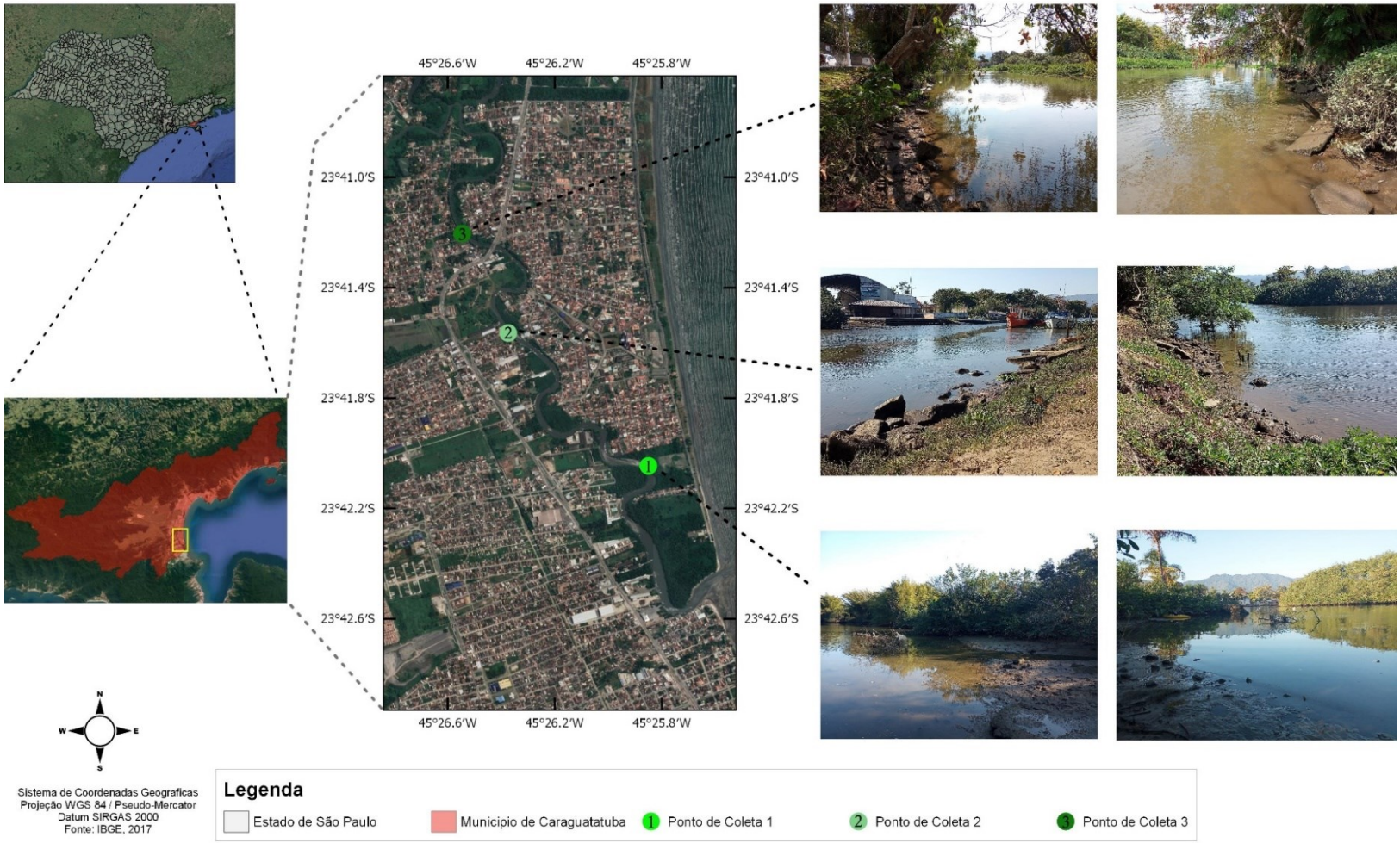


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo ao longo do Rio Juqueriquerê, Caraguatatuba, SP (Utilizado modelo cartográfico SIRGAS 2000).

Fonte: Autor – Utilizando Software QGIS 3.4.4 Madeira (QGIS Geographic Information System).

2.2 Coleta de amostras

Foram realizadas 4 coletas durante o inverno de 2020. A escolha do período de inverno para realização do estudo foi feita buscando minimizar a influência de chuvas e descargas de efluentes no rio, conforme orientado pela Cetesb (2012).

Em cada ponto de coleta, foram realizadas 3 amostragens (triplicatas), em trechos da margem, escolhidos aleatoriamente dentro de um perímetro de aproximadamente 20 metros, onde foram realizados os arrastos para captura de macroinvertebrados utilizando uma rede em "D", com malha de 500 micras. O tamanho da malha foi escolhido buscando evitar a perda de amostras por refluxo (ANA, 2011; CETESB, 2011). Os organismos foram coletados nas margens pré-determinadas em cada ponto de coleta, no período da manhã, em horário de baixa-mar, sendo determinado 1 (um) minuto de arraste para cada réplica, seguindo em linha reta contra o fluxo da correnteza do rio (INAG, 2008; JUNQUEIRA, *et al.* 2000; WATANABE, 2017).

Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos contendo água do ambiente para posterior triagem e identificação dos organismos até o nível taxonômico de família, buscando atender os requisitos para a aplicação dos índices BMWP e ICB_{RIO}. Em especial, os quironomídeos coletados foram identificados até o nível de gênero e/ou tribo para atender as especificações do índice ICB_{RIO}.

Uma vez acondicionadas, as amostras foram direcionadas para realização de triagem, sendo utilizados para isso, bandeja de polipropileno e peneira granulométrica de malha 425 μm.

Na etapa de triagem, as amostras acondicionadas nos sacos plásticos foram lavadas em água corrente em peneira granulométrica, para auxiliar na separação de organismos e detritos, com o devido cuidado para não danificar os organismos. Após essa etapa, o restante da amostra seguiu a triagem em bandeja e posteriormente a fixação dos organismos em álcool 70%, utilizando NaCl (uma colher de sopa) para flutuação dos organismos, buscando facilitar a triagem. Conforme os protocolos consultados, após a triagem os organismos foram preservados em frascos de vidro com álcool 70° (SILVEIRA; QUEIROZ; BOEIRA, 2004; INAG, 2008; CETESB, 2012).

Para cada ponto de coleta, foram também monitorados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH; temperatura; oxigênio dissolvido; e salinidade.

O oxigênio dissolvido foi analisado de acordo com o método Winkler (1888, apud ANA, 2011) sendo adaptado em kit para rápida análise. Foi utilizado termômetro portátil para aferição de temperatura da

água, e refratômetro portátil para salinidade. Na medição do pH foi utilizado medidor digital portátil (modelo – 009 - Ce Rohs, com precisão de +/- 0,1).

2.3 Análise dos dados

Foram utilizados para analisar a diversidade das comunidades de macroinvertebrados, as métricas de abundância (N), riqueza total dos táxons (S), índice de equitabilidade de Pielou (J'), e diversidade de Shannon-Weaver (H'). Para confecção e análise dos índices acima, foi utilizado software Past - versão 3.20 (Hammer, Ø. 2001).

Para a identificação dos macroinvertebrados foram utilizadas literaturas específicas (AMARAL & NONATO, 1996; PÉREZ, 1996; BIS & COSMALA, 2005; SOUZA, 2007; SEGURA, 2011; SILVA, 2010; BENETII, *et al.* 2006; PINHO, 2008; CALOR, 2007; CORBI, 2021; MILLIGAN, 1997; HOLTHIUS, 1993; CASTRO, 2013; CUEZZO, 2009).

Em relação as variáveis físico-químicas analisadas, foi utilizado o teste Kruskal-Wallis no software Past (versão 3.20) para verificar se houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os locais amostrados durante as coletas.

2.4 Aplicação dos índices BMWP e ICB_{RIO}

Para a análise da qualidade do corpo d'agua utilizando os macroinvertebrados como bioindicadores, foi utilizado o índice biótico BMWP (JUNQUEIRA *et al.*, 2000) e o índice multimétrico ICB_{RIO} (CETESB, 2012).

O índice BMWP consiste na identificação das famílias de macroinvertebrados presentes, na qual cada família possui uma pontuação (*score*) de acordo com a sua sensibilidade à poluição (JUNQUEIRA *et al.*, 2000). Após o registro das famílias, efetua-se a somatória de seus *scores*, no qual o resultado reflete a qualidade do corpo d'água avaliado, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de corpo da água de acordo com composição da fauna de macroinvertebrados.

Classe	Faixa de "score"	Qualidade da água
1	> 81	excelente
2	80-61	boa
3	60-41	regular
4	40-26	ruim
5	<25	péssima

Fonte: Junqueira et al. (2000).

Para a aplicação do Índice ICB_{RIO}, se faz necessária a determinação de **S** (Riqueza), **ICS** ou **H'** (Índice de comparação sequencial ou índice de diversidade de Shannon, no presente trabalho foi utilizado o índice de diversidade de Shannon), **T/DT** (Razão entre densidade dos grupos tolerantes e a densidade total, sendo considerados tolerantes *Tubificidae* sem queta capilar, *Tubificidae* com queta capilar, *Naididae* e *Chironomus*), e **Ssen** (Riqueza de táxons sensíveis, como *Ephemeroptera*, *Plecoptera* e *Trichoptera* e o gên. *Stempellina* de *Chironomidae-Tanytarsini*). Conforme orientado no protocolo da CETESB (2012), com base nos valores obtidos para cada um dos parâmetros é atribuída uma pontuação, conforme apresentado na Tabela 2. Foi então obtida uma média a partir das pontuações dos 5 parâmetros para compor o valor final para qualificar o ponto de amostragem nas seguintes classes: péssima (5 pontos), Ruim (4 pontos), Regular (3 pontos), Boa (2 pontos) e Ótima (1 ponto).

Tabela 2. Dados de referência para determinação do Índice ICB_{RIO}. Foram considerados os parâmetros: **S** (riqueza), **H'** (diversidade de Shannon-Weaver), **T/DT** (razão entre densidade dos grupos tolerantes e a densidade total) e **Ssen** (riqueza de táxons sensíveis).

CLASSE	PONTO	S	H'	T/DT	Ssens
PÉSSIMA	5		AZÓICO		
RUIM	4	≤ 5	≤ 1,00	> 0,75	0
REGULAR	3	6 - 13	> 1,00 - ≤ 1,50	≥ 0,50 - ≤ 0,75	1
BOA	2	14 - 20	> 1,50 - ≤ 2,50	> 0,25 - < 0,50	2
ÓTIMA	1	≥ 21	> 2,50	≤ 0,25	≥ 3

Fonte: Modificado de CETESB (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise físico-química

Os dados físico-químicos apresentaram pouca variação entre os pontos de coleta. No ponto 1, situado mais próximo ao mar, foi possível observar valores de salinidade ligeiramente mais elevados em relação aos demais pontos (Tabela 3), o que poderia ser explicada pela intrusão de água salina no rio (DUARTE, 1997). Porém, em termos estatísticos essa diferença no ponto 1 não foi significativa, comparada aos valores dos demais pontos.

Tabela 3. Mínimo e máximo de valores dos Parâmetros Físico Químicos obtidos em campo

Local	Temperatura °C		pH		OD (mg/L)		Salinidade (‰)	
	Mín.	*Máx.*	*Mín.*	*Máx.*	*Mín.*	*Máx.*	*Mín.*	*Máx.*
Ponto 1	18	20	6,6	7,5	9	12	2	8
Ponto 2	18	20,5	6,5	7,3	10	11,3	1	2
Ponto 3	19	19,6	7	7,5	10	11,3	0	2

Fonte: Autor.

3.2 Análise da comunidade de macroinvertebrados

Na análise da comunidade, foram identificados um total de 2.491 indivíduos, distribuídos em 21 famílias e 1 subordem, *Tanaidomorpha*, que não foi possível identificar até o nível de família (Tabela 4). Da fauna amostrada, a ordem *Diptera* foi a que apresentou maior abundância, sendo dominante nos três locais de coleta, especialmente a família *Chironomidae*, resultado já esperado devido a sua ampla diversidade e abundância em ambientes lóticos, além de serem encontrados em diferentes tipos de habitats, constituindo uma das famílias com maior distribuição no mundo, principalmente em locais que sofreram ação antropogênica e apresentam maior teor de matéria orgânica (ALFENAS, 2009; CALLISTO, 2001; SAHM, 2016; STRIXINO, 2011).

Tabela 4. Abundância dos táxons coletados nos locais de amostragem

TAXONS	P1	P2	P3
DIPTERA			
Chironomidae			
Chironomini	698	879	381
Chironomus sp.	8	102	21
Tanytarsini	1		
Tanypodinae	1		
Ceratopogonidae		2	
TANAIDACEA			
Tanaidomorpha*	1		
Apseudomorpha			
Kalliapseudidae	87		
DECAPODA			
Caridea			
Palaemonidae	6	11	15
GASTRÓPODA			
Thiaridae	1		
Rissoidea	2	18	25

ODONATA			
Coenagrionidae		1	
Gomphidae		1	1
COLEÓPTERA			
Elmidae	1		
OLIGOCHAETA			
Tubificidae		52	20
Naididae		44	66
POLYCHAETA			
Nereidae	26		
Spionidae	10		
Nephtyidae		1	
HETEROPTERA			
Corixidae		1	3
Gerridae			1
TRICHOPTERA			
Polycentropodidae	1		
Hydrobiosidae			1
HYDRACARINA			
Hydrodromidae	1		
Limnessidae		1	
Total	844	1113	534

*: Táxon não identificado até o nível de família

Fonte: Autor

Conforme descrito na Tabela 4, a família *Chironomidae* foi a que apresentou maior abundância em todos os locais, sendo identificada até o nível de tribo, exceto o gênero *Chironomus*, que foi contabilizado a parte pelo seu grau de importância no índice ICBrio.

Em P1, os quironomídeos representaram cerca de 84% de toda amostra; em P2 cerca de 88% e em P3, aproximadamente 75%. É importante ressaltar que na constituição dos índices, os quironomídeos e oligoquetos estão entre os organismos com pontuações mais baixas. Uma vez que ocorre a abundância de indivíduos desses dois táxons, o local avaliado tende para classificações mais baixas em relação a qualidade do ambiente.

O ponto 2 ficou caracterizado como um local que apresentou sedimento de consistência mais lodosa em comparação com os outros pontos. Como destaca Ciofi *et al.* (2013), essa característica do sedimento pode explicar a maior predominância destes táxons no referido local. A maior representação dos quironomídeos e oligoquetos dentre os macroinvertebrados foram, respectivamente, os táxons *Chironomus* e *Tubificidae,* que são classificados como

resistentes à perturbação do ambiente, na maioria das vezes associados a um local com maior grau de antropização (SILVEIRA, 2004). A característica do substrato de aspecto lodoso também pode estar associada com o aporte de matéria orgânica, o que pode ser um dos fatores responsáveis pela grande abundância dos organismos registrados, destacando o gênero *Chironomus* sobre os outros grupos. Além disso, os animais desse táxon também podem apresentar resistência às condições de baixa oxigenação da água (CALLISTO, 2001; CETESB, 2012; CIOFI, *et al.* 2013; WATANABE, 2017).

Na distribuição dos táxons, apenas 3 (*Gastropoda, Diptera* e *Decapoda*) foram registrados em todos os pontos. Porém, a tribo *Tanytarsini* e a família *Tanypodinae* (*Diptera*) foram amostradas apenas em P1, assim como as ordens *Coleoptera* e *Tanaidacea*. É importante ressaltar que dentro da família *Chironomidae*, e dentro da tribo *Tanytarsini* temos o gênero *Stempellina,* considerado um táxon sensível às perturbações ambientais, sendo este uma exceção à regra dos quironomideos, que em geral são reconhecidos como animais resistentes, como apresentado na Tabela 5. Esse é um dado importante a ser considerada nas análises que utilizam o uso do índice multimétrico ICB_{RIO}.

Tabela 5. Divisão dos táxons resistentes, tolerantes e sensíveis encontrados durante coletas.

Resistentes	Tolerantes	Sensíveis
Diptera	*Gastropoda*	*Decapoda*
Oligochaeta	*Odonata*	*Trichoptera*
	Coleóptera	*Acari (Hydracarina)*
	Hemiptera (Heteroptera)	

Fonte: Moser (2018)

Tabela 6. Métricas de diversidade aplicadas (N= n° de indivíduos; S= riqueza; H'= Diversidade de Shannon; J= Equitabilidade de Pielou).

Índice	P1	P2	P3
N	844	1113	534
S	14	12	10
H'	0,70	0,83	1,06
J	0,27	0,33	0,46

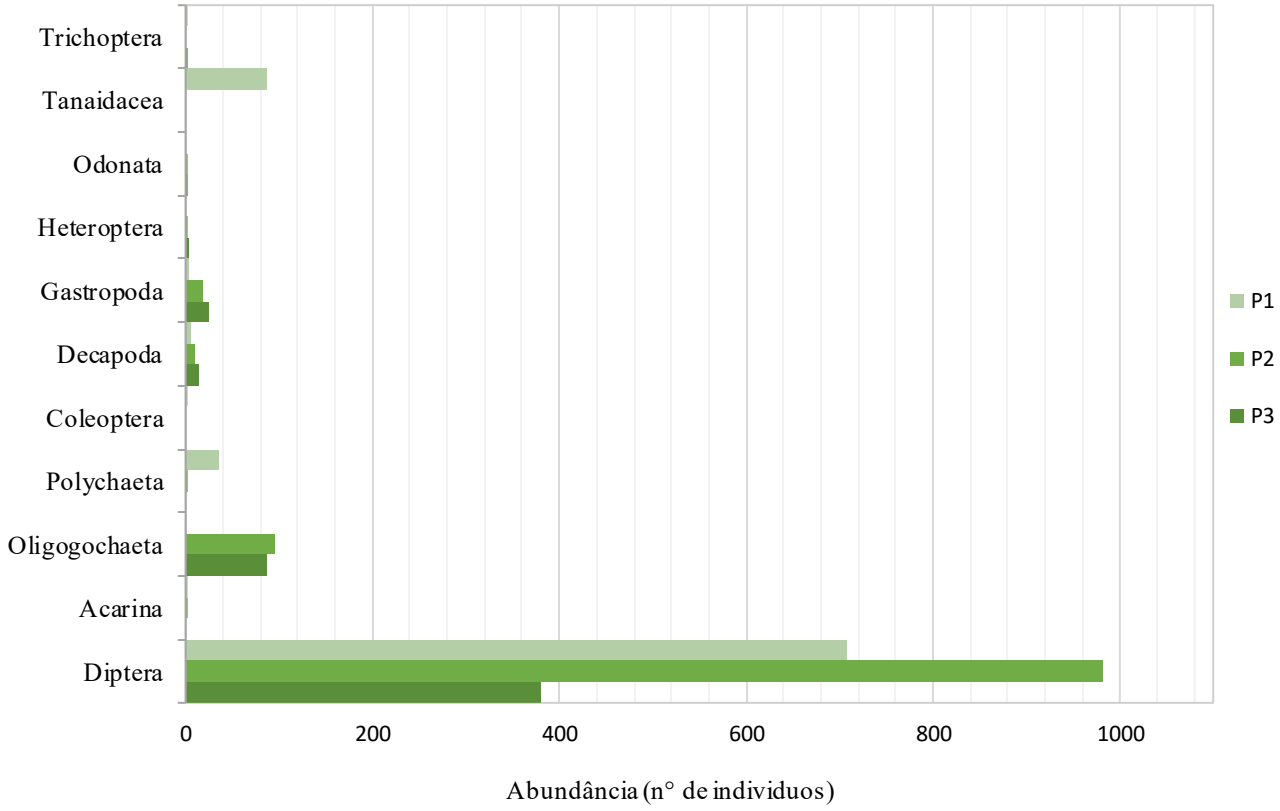
Fonte: Autor - utilização do Software Past, 2001.

Quanto à Abundância de indivíduos (N), Riqueza (S), Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J), conforme apresentado na Tabela 6, P2 foi o local com maior número de indivíduos registrados (a maioria de táxons resistentes às perturbações ambientais), Porém, P1 se apresentou como o ponto mais diverso em termos de riqueza de táxons, especialmente devido à presença de animais como poliquetos (*Nereidae e Spionidae*) e tanaidáceos (*Tanaidomorpha e Apseudomorpha*). Essa maior diversidade pode ser explicada pela posição do ponto 1, mais próximo ao mar, e que pode reunir tanto organismos dulcícolas como marinhos. Embora o ponto 1 tenha apresentado maior riqueza, o ponto 3 apresentou um maior índice de equitabilidade e de diversidade, o que sugere uma maior uniformidade na distribuição dos indivíduos contabilizados entre os táxons e indicam a possibilidade de um ambiente mais equilibrado.

Em P2 foi observado maior presença de quironomideos (*Diptera*) e oligoquetos, organismos já discutidos anteriormente como resistentes. Uma diferença dos resultados dos índices entre P2 e os demais pontos pode ser atribuída pela presença destes organismos conforme apresentado na seção 3.3.

A observação de maior relevância em P3 foi a menor abundância de dípteros em relação aos demais pontos. Os dados de abundancia dos três pontos são apresentados na figura 2.

Figura 2. Dados de abundância de indivíduos por grupos (ordem e classe) de macroinvertebrados. A abundância da ordem *Diptera*, foi representada principalmente por quironomídeos.



Fonte: Autor

3.3 Resultados da qualidade de água por meio dos índices BMWP e ICB_{RIO}

Na utilização do índice BMWP foi possível verificar que todos os pontos apresentaram *scores* baixos, classificando os três pontos como corpo d'água de qualidade péssima (Tabela 7). Porém, conforme apresentado na seção 3.2, entre os pontos amostrados existem diferenças de abundância, riqueza, diversidade, equitabilidade e presença de animais resistentes tolerantes e sensíveis, que não podem ser desconsideradas. A maior abundância de organismos resistentes e tolerantes encontrados em P2, como *Chironomus sp.* (*Chironomidae-Chironomini*) e *Tubificidae* e *Naididae* (*Oligochaeta*), e a ausência de táxons sensíveis (*Ephemeroptera*, *Trichoptera* e *Plecoptera*, por exemplo), parecem fatores mais significativo quando se utiliza o índice ICB_{RIO}. Nesse caso, esses parâmetros rebaixaram a classificação da qualidade da água de P2 em relação aos outros pontos (Tabela 7).

Tabela 7. Classificações dos pontos 1, 2 e 3 após aplicação dos índices BMWP e ICB_{RIO}.

Índice BMWP				Índice Comunidade Bentônica para Rios	
Local	**Índices**	**Pontuação**	**Classificação**	**ICB_{RIO}**	**Classificação**
P1	BMWP	14	Péssima - Classe V	2,5	BOA
P2	BMWP	24	Péssima - Classe V	3	REGULAR
P3	BMWP	25	Péssima - Classe V	2,5	BOA

Fonte: Autor

Com base nos resultados, foi possível verificar que existe uma limitação na aplicação do índice BMWP no ambiente estudado. Esse é um índice biótico, que considera apenas a presença ou ausência de famílias e nenhum outro parâmetro. Já o índice ICB_{RIO} considera os parâmetros de diversidade, espécies tolerantes e sensíveis conforme já mencionado (Tabela 2). Um outro ponto que pode ser considerada uma limitação para o índice BMWP é que que nesse índice os indivíduos representantes dos táxons *Decapoda*, *Tanaidacea*, *Polychaeta*, *Hydracarina*, *Gastropoda* e *Tanypodinae* (*Diptera*), não são considerados no score (ALFENAS; 2009; BUSS, 2003; JUNQUEIRA *et al*., 2000; MONTEIRO, *et al.,* 2008; PAOLETTI, 2019). Por se tratar de um índice multimétrico, construído para rios e reservatórios no território do estado de São Paulo pela Cetesb (2012), o ICB_{RIO} se apresentou mais bem adaptado para ser aplicado como ferramenta de biomonitoramento do rio Juqueriquerê.

Nos resultados apresentados na tabela 7, P2 foi classificado pelo índice ICB_{RIO} como um ponto com qualidade regular, provavelmente devido à ausência de organismos sensíveis e ao maior número de quironomídeos (animais resistentes) em relação aos outros pontos.

4. CONCLUSÃO

No estudo foi possível obter diferentes táxons pertencentes à comunidade de macroinvertebrados nos três pontos amostrados, totalizando 22 táxons (21 famílias e 1 subordem) totalizando 2.491 indivíduos coletados.

Comparando a aplicação dos índices BMWP e ICB_{RIO}, foi possível verificar uma maior acurácia do índice ICB_{RIO} quando aplicado na avaliação da qualidade do rio Juqueriquerê, utilizando como base o levantamento de macroinvertebrados. O índice demonstrou sensibilidade à presença ou ausência de táxons tolerantes e sensíveis nas amostras obtidas nos três pontos de coleta.

Foi possível verificar que o ponto 2 foi o que apresentou menor qualidade ambiental, sendo classificado como "Regular" pelo índice ICB_{RIO}. Isso pode ser explicado pela intensidade de atividades que contribuem para a perturbação do meio, como o lançamento de resíduos provenientes das diversas atividades antrópicas desenvolvidas no local, além da supressão da vegetação ciliar.

Devido à coleta ter ocorrido somente em três pontos amostrais, por um curto período de tempo, e dentro de um determinado trecho do rio, se faz necessária a continuidade dos estudos, aumentando os pontos de coleta e o período de amostragens, buscando ampliar a avaliação para toda a extensão do rio.

No ponto 1, mais próximo da foz do rio, foi observada a presença de táxons como *Tanaidaceos* e *Polychaeta*, que são comuns dos ambientes marinhos. Assim, estudos futuros devem avaliar se é válida a aplicação do índice na comparação entre o ambiente do rio e o estuário, uma vez que esse último pode apresentar naturalmente uma maior riqueza de táxons, por constituir um ambiente de transição.

Estudos futuros devem também avaliar a interferência da amplitude de maré na aplicação do índice, pois os regimes de maré podem alterar a dinâmica dos rios, com alteração de vazão, assim como se deve avaliar as interferências que podem ser provocadas pela pluviosidade.

REFERÊNCIAS

ADAMI, F. A. C. *et al.* **Diagnóstico Qualitativo de Macroinvertebrados Bentônicos no Rio Caramborê - Reserva Sustentável da Barra do Una – Peruíbe – SP.** In: Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação, 2017. [Anais]. ENPG – VI, v.1, 2017. Universidade Santa Cecília - PPG-ECOMAR. Santos, SP. Disponível em: <periodicos.unisanta.br/index.php/ENPG/article/view/1086>. Acesso em: 04 mar. 2019.

ANA (Brasil). COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – **Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, ANA 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gpv.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2019

ALFENAS, G. F. M. **Variação espacial e temporal da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema aquático preservado de mata atlântica.** Dissertação – Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ecologia). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. mar. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/2653>. Acesso em: 31 set. 2019.

AMARAL, A.C.Z.; NONATO, E.F. 1996. Chave para identificação dos Anelídeos Poliquetas da costa brasileira; revista e ampliada. 2ª. ed. Campinas: Editora da UNICAMP. v. 1, p. 90.

AMBIENS – SOLUÇÕES AMBIENTAIS. Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Juqueriquerê. Estância Balnearia de Caraguatatuba, Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Pesca. **P5 – Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Juqueriquerê.** Fevereiro, 2020. Acesso b,

S. W.; TEIXEIRA, F. T. V. **Bioindicadores de Qualidade de Água (Macroinvertebrados Bentônicos) como Subsídios para Atividades de Educação Ambiental**. Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas. Minas Gerais, Brasil. n. 14, ano VII. p. 35, 2018. Disponível em: <www.ufvjm.edu.br/vozes>. Acesso em: 25 mar. 2019

ARAUJO, S. W.; TEIXEIRA, F. T. V. **Bioindicadores de Qualidade de Água (Macroinvertebrados Bentônicos) como Subsídios para Atividades de Educação Ambiental**. Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas. Minas Gerais, Brasil. n. 14, ano VII. p. 35, 2018. Disponível em: <www.ufvjm.edu.br/vozes>. Acesso em: 25 mar. 2019

BENETII, C. J. *et al.* **Chaves de identificação para famílias de coleópteros aquáticos ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil**. Neotropical Biology and Conservation. v.1 n.1 p. 24-28. Mai/Ago. 2006. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/neotropical/article/view/6195>. Acesso em: 07 Jan 2020

BIS, B.; KOSMALA, G. **Chave de Identificação para Macroinvertebrados Bentônicos de Água Doce**. [Polônia]. 2005. Disponível em: <http://www.nhmc.uoc.gr/confresh>. Acesso em: 14 jan. 2019.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L. 2003 **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios** Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p:465-473, Mar/Abr. 2003. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9143/e82

3dc76f6b812f962dfdfcb8af0a0c4ed4c.pdf> Acesso em: 04 mar. 2019

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama n° 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2018

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG. v. 6 n.1 p. 71-82. Jan/Mar 2001. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/callisto.et.al.2001.RBRH.pdf> Acesso em: 12 set. 2018

CALLISTO, M.; REGINA, D.; GOMES, V. **Macroinvertebrados Bentônicos Bioindicadores de Qualidade de água:** subsídios para a vazão ecológica no baixo rio São Francisco. XXVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG. p. 18. 2009. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/329de21f2a7f192618688fbd624af9a6_5b58a08b19927cc562682fc9977ce8c7.pdf>. Acesso em: 20 mar 2020

CALOR, A.R. 2007. Trichoptera. In: **Guia on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico>. Acesso em: 04 mar. 2020.

CARAGUATATUBA [São Paulo]. **Lei 2.473 de 15 de abril de 2019**. Disponível em: <https://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/wp-content/uploads/2021/11/Plano-Municipal-de-Saneamento-Basico.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2023

CARAGUATATUBA [São Paulo]. **Decreto n° 34 de 24 de fevereiro de 2014**. Disponível em: <http://www.legislacaocompilada.com.br/caraguatatuba/Arquivo/Documents/legislacao/html/D342014..htm>. Acesso em: 09 fev. 2023

CASTRO, L. A. S. **Diversidade de Ácaros límnicos (ACARI: PARASITENGONIA: HYDRACARINA) do baixo rio Ribeira de Iguapé, Brasil**. Dissertação - (Mestrado). Universidade de São Paulo – Instituto de Biociências - Dep. Zoologia. SP. 2013. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41133/tde-08102013-111707/pt-br.php>. Acesso em: 07 set. 2021

CIOFI, F. G. *et al*. **A Influência do tipo de sedimento e substrato na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.** IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 3, p. 150-161, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19800827932013610 >. Acesso em: 28 set. 2021

CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL) 2012. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo.** Mônica Luisa Kuhlmann ... [et al.]. São Paulo: CETESB, 2012. 113 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35publicacoes-/-relatorios>. Acesso em: 11 jun. 2018

CORBI, J. J.; BEATRICE, C.; JOIA, A. **Macroinvertebrados aquáticos do Córrego Pinheirinho, Parque do Basalto, Araraquara-SP:** Subsídios para estratégias de conservação local. REVISTA UNIARA, v. 12, n.2, dez. 2009. Disponível em:

<https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/154>. Acesso em: 08 mai 2019

CORBI, J.J. (org.). **Indicadores biológicos de qualidade em ambientes aquáticos continentais: métricas e recortes para análises**. *E-book*. Belém. Editora RFB, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46898/rfb.9786558891321>. Acesso em: 11 out 2021

CUEZZO, M. G. Cap. 19: Mollusca Gastropoda. *In*: E. Domínguez y H. R. Fernández (Eds). **Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos**. **Sistemática y biologia**. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 2009, p. 595-629. Disponível em: <https://www.academia.edu/1640954/Mollusca_Gastropoda>. Acesso em: 04 jan 2019

DANZE, A. P.; VERCELLINO, I. L**. Uso de Bioindicadores no monitoramento da qualidade da água**. Revinter. v. 11, n. 1, p. 100-115. Fev. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol11ed1.353>. Acesso em: 25 mar. 2019

DUARTE, A. A. L. S.; VIEIRA, J. M. P. **Caracterização dos ambientes estuarinos, mistura em estuários**. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Braga, Portugal, n. 6, p. 41-55, 1997. Acesso em: 06 nov. 2021

QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 3.4.4. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 20 fev. 2019

HAMMER, Ø; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. **Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. Versão 3.20. 2001. Palaeontologia Electronica. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past>. Acesso em: 10 mai. 2018

HOLTHIUS, L. B. **The recent genera of the Caridean and Stenopodidean shrimps (Crustacea, Decapoda): with an appendix on the order Amphionidacea**. Leiden, National Natuurhistorisch Museum, 1993. 2°ed. Disponível em: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.152891>. Acesso em: 06 ago. 2021

INAG, I. P. **Manual para a avaliação biológica da qualidade da agua em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Agua:** Protocolo de amostragem e analise para os macroinvertebrados bentônicos. Instituto da Agua, I.P. 2008. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território de Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://apambiente.pt/dqa/assets/01-protocolo-de-amostragem-e-an%C3%A1lise-para-os-macroinvertebrados-bent%C3%B3nicos.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2018

JUNQUEIRA, M. V. et al**. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 12, p. 73-87, 2000. Disponível em: <https://www.ablimno.org.br/publiActa.php?issue=v12n1> Acesso em: 28 abr. 2018

MONTEIRO, T. R. et. al. **Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do Rio Meia Ponte-GO.** Oecologia Brasiliensis. v. 12, n. 3, p. 553-563. 2008. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882921.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2018

MOSER, A. S.; KATAOKA, A. M.; AFFONSO, A. L. S. **Guia prático para estudos de macroinvertebrados aquáticos da região de Guarapuava-PR**. Laboratório de Ecologia de Bentos –

Unicentro. Norbert Heinz. p. 74. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/346008599 Guia pratico para estudos de macroinvertebrados aquaticos da regiao de Guarapuava-PR>. Acesso em: 07 jul. 2021

MILLIGAN, M.R. **Identification manual for the aquatic Oligochaeta of Florida. Vol. I. Freshwater oligochaetes**. Tallahassee, Department of Environmental Protection.187p. 1997. Disponível em: <http://publicfiles.dep.state.fl.us/dear/labs/biology/biokeys/oligofw.pdf>. Acesso em:

PAOLETTI, M. **Revisão metodológica dos índices bióticos BMWP' e ASPT para corpos d'água da região oeste do Paraná.** Dissertação – Mestrado (Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais). Universidade estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Cascavel, PR. Jun. 2019. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/4489/5/Melissa%20 Paoletti_2019.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2022

PAULA, D. S.; CARVALHO, F. R. F. **Determinação e análise de Áreas de Proteção Permanente: um estudo de caso do rio Juqueriquerê, em Caraguatatuba/SP**. INPE – Ministério da Ciência e Tecnologia. [S. I.]. Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:danielle fernanda-trabalhogeoprocessamento-miguel.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019

PÉREZ, G. R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.** Bogotá, Colombia. FEN COLOMBIA. 1996. Disponível em: <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf> Acesso em: 22 set. 2018

PETROBRAS. **Estudo de Usos Socioeconômicos das Áreas de Manguezal – APAMLN.** Plano de Trabalho PBS08R01. Revisão 02 06/2016. p. 181. Disponível em: <https://www.comunicabaciadesantos.com.br/sites/default/files/Plano de Trabalho Manguezais.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2019.

PINHO, L.C. 2008. Diptera. In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em: 14 out. 2019

QUEIROZ, J. F.; MOURA e SILVA, M. S. G. STRIXINO, S. T. (ed.) **Organismos Bentônicos: biomonitoramento de qualidade de aguas.** 1ª Edição. Jaguariúna, SP. Embrapa. 2008. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBentonicos.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019

ROBAYO, H. M. S. et. al. **Avaliação da agua usando o método BMWP em três córregos com diferentes estágios de conservação**. *In*: SIMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21. 2015, Brasília. Segurança hídrica e Desenvolvimento Sustentável: desafios do conhecimento e da gestão. Brasília/DF. p. 1-8. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/download-2015-UEFQMDIwNTU1LnBkZg==>. Acesso em: 28 abr. 2018

SAHM, L. H. **Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores em Córregos urbanos do município de Bocaina-SP.** 2016. Dissertação – (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara. Araquara, SP. Disponível em: <https://www.uniara.com.br/arquivos/.../lucas-henrique-sahm.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

SEGURA, M.O., VALENTE-NETO, F. & FONSECA-GESSNER, A.A. 2011. **Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil**. Biota Neotrop. v.11. n. 1. p. 393-412. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn02711012011>. Acesso em: 05 Jan 2022

SILVA, C. L. A.; **Taxonomia e aspectos ecológicos de Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) da plataforma continental e bancos oceânicos do nordeste do Brasil, coletados durante o Programa Revizze-NE**. Dissertação – Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Recife. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/8432>. Acesso em: 21 out. 2018

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios.** Documento 36. Jaguariúna, SP. Embrapa. 2004. ISSN 1516-4691. Disponível em: <https://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_36.pdf> Acesso em: 15 jun. 2019

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos**. Comunicado Técnico 19. Jaguariúna, SP. Ed. Embrapa. 2004. ISSN 1516-8638. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/14553>. Acesso em: 15 jun. 2018

SIMONETII, A. F. R. **Mapeamento e avaliação da dinâmica da poluição na enseada do Juqueriquerê, município de Caraguatatuba-SP**. 2014. Relatório final do projeto de iniciação cientifica - Ministério da ciência e tecnologia; Instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE). 18pgs. Disponível em: http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP5W34M/3GSPAQ2. Acesso em: 27 ago. 2018

SOUZA, L.O.I.; COSTA, J. M. & OLDRINI, B. B. **Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. 2007. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online>. Acesso em: 01 jan. 2020

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae. Guia de identificação.** Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Hidrobiologia. Laboratório de Entomologia Aquática. São Carlos. 2011

WATANABE, H. M. **Bases para aplicação de índices biológicos no biomonitoramento de ambiente lóticos – comunidades bentônicas.** Tese – Doutorado (Ciências, Departamento de Ecologia). Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2017. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20122007-144107/pt-br.php>. Acesso em: 23 jan. 201

9.