

Utilização de índices físicos, químicos e biológicos para avaliação da qualidade de corpos d'água em processo de recuperação – Córrego Ibiraporã, SP.

Use of physical, chemical and biological Indices to evaluate the quality of water bodies in A recovery process - Ibiraporã Stream, SP.

Juliana Caroline de Alencar da Silva¹, Monica Ferreira do Amaral Porto¹, Ana Lúcia Brandimarte²
e José Rodolfo Sacarati Martins¹

¹ Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, São Paulo, SP, Brasil
juliana.caroline.silva@usp.br; mporto@usp.br; scarati@usp.br

² Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, São Paulo, SP, Brasil
anabrand@usp.br

Recebido: 25/09/14 - Revisado: 06/03/15 - Aceito: 21/08/15

RESUMO

Com a crescente preocupação com a preservação dos recursos hídricos, surgem diversos questionamentos a cerca do modo como gerir bacias hidrográficas em áreas urbanas e de como recuperar os corpos d'água nelas presentes. Para tanto é necessário o monitoramento da qualidade da água destes corpos d'água, o que torna o processo um desafio ainda maior. Por muito tempo a utilização de indicadores físicos e químicos foi à maneira mais comum de avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos, no entanto com a crescente integração entre as ciências exatas e biológicas a utilização de indicadores biológicos vem se popularizando e já faz parte dos programas de monitoramento da qualidade da água, agregando informações ao monitoramento que antes eram ignoradas. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do programa "Córrego Limpo" na remoção da DBO do Córrego Ibiraporã, localizado na Zona Oeste do município de São Paulo, e comparar as classificações obtidas para a qualidade do corpo d'água com a aplicação de três indicadores: o baseado na DBO, o IQA e o Índice Biótico de Famílias de Hilsenboff. Obteve-se com a aplicação dos índices diferentes resultados, o primeiro baseado na DBO classificou o corpo d'água em condições boas a naturais, o segundo com base no IQA em condições boas a ótimas, enquanto o terceiro com base no IBFH em condições moderadamente pobre a pobre. Os resultados revelaram uma grande discrepância, uma vez que com base nos indicadores físico-químicos o corpo d'água mostrou-se em boas condições, enquanto que pelo indicador biológico o corpo d'água foi classificado em más condições, mostrando que apesar de ter havido melhoria na qualidade da água, a comunidade aquática ainda está em processo de recuperação. Tal resultado mostra o quão importante é o uso de diferentes indicadores, que considerem as variáveis físicas, químicas e biológicas em programas de monitoramento de qualidade da água.

Palavras Chave: Controle da poluição hídrica. Córregos urbanos. Indicadores de qualidade da água.

ABSTRACT

With the growing concern for the preservation of water resources, there are many questions about how to manage urban basins and how to recover the water bodies. Therefore, water quality monitoring of these water bodies is required, which makes the process even more challenging. For a long time the use of physical and chemical indicators was the most common way to evaluate the quality of aquatic environments, but with the growing integration between the exact and biological sciences the use of biological indicators has become more popular and is already part of the water quality monitoring programs, adding to the monitoring information that was formerly ignored. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the "Córrego Limpo" program for BOD removal in Ibiraporã Stream and compare the results obtained by applying three indicators: the one based on BOD, the Water Quality Index and the Biotic Hilsenboff Families Index. Different results were obtained applying them, the first based on BOD classifying the water body as in good and natural condition, the second based on the WQI as in good condition, while the third based on BHFH classified it as in moderately poor. The results revealed a large discrepancy, since on the basis of the physico-chemical indicators the water body proved to be in good condition, while the biological indicator reported that the water body was in a bad conditions, showing that despite improvement in water quality, the aquatic community is still in a recovery process. This result shows the importance of using different indicators, which take into account the physical, chemical and biological variables in water quality monitoring programs.

Keywords: Control of water pollution. Urban stream. Water quality.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade da água na forma líquida é um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas, e a qualidade da mesma depende da sua capacidade de diluir e transportar substâncias benéficas e malélicas à vida. A alteração da qualidade da água agrava o problema da escassez desse recurso, já que apesar de abundante, sua distribuição se dá de forma irregular no planeta, além disso, outro problema a ser considerado é o das doenças de veiculação hídrica, responsável por 25 milhões de mortes por ano no mundo segundo a Organização Mundial de Saúde (BRAGA et al., 2002).

O monitoramento da qualidade da água é uma importante ferramenta de gestão dos recursos hídricos, uma vez que permite determinar seus usos possíveis, sendo, portanto, imprescindível para o enquadramento dos corpos d'água. Além disso, considerando a conservação dos recursos hídricos, o monitoramento da qualidade da água auxilia no controle da degradação hídrica, uma vez que serve como suporte à tomada de decisão para o manejo de corpos d'água (BARRETO et al., 2014).

A avaliação da qualidade da água pode ser realizada através do monitoramento de diversos elementos que compõe o ecossistema, sendo esses elementos divididos em variáveis físicas, químicas, microbiológicas, hidrobiológicas e ecotoxicológicas (ESTEVES, 2011). Podemos assim dividir a avaliação das águas de um corpo d'água em dois blocos, o primeiro com base nas variáveis físico-químicas e o segundo nas variáveis biológicas, que apesar da divisão teórica estão intimamente relacionadas.

Segundo Mendes e Oliveira (2004) durante muito tempo a avaliação físico-química de um corpo d'água era a maneira mais rotineira de detecção de poluição, mas hoje com o avanço das técnicas para emprego de indicadores biológicos, houve uma mudança no padrão de monitoramento da qualidade da água, havendo uma integração maior entre as ciências exatas e biológicas no processo. A avaliação biológica de um corpo d'água é indispensável, uma vez que o ecossistema consegue detectar e apresentar respostas mesmo sob influência de pequenas concentrações de poluentes. A avaliação físico-química se limita a um retrato da qualidade da água no ponto de amostragem e no instante da amostragem, enquanto a avaliação biológica faz um filme da situação do corpo d'água, já que a comunidade aquática é capaz de refletir no presente as alterações geradas em momentos anteriores, bem como acumular resposta de diversas alterações (CORTES et al., 2002).

Há diversas metodologias para determinar a qualidade de um ecossistema que fazem a utilização das componentes física, químicas e biológicas do meio, sendo possível a adoção de um protocolo de avaliação. Protocolos de avaliação são métodos rápidos, cuja finalidade é caracterizar o corpo d'água através de parâmetros sedimentológicos, físico-químicos e biológicos, permitindo a contextualização do corpo d'água com o uso do solo na bacia (PIMENTA; PEÑA; GOMES, 2009).

Dentre os diversos protocolos existentes, destacam-se os PARs (Protocolos de Avaliação Rápida de Rios) devido à sua facilidade de aplicação. O método baseia-se na avaliação qualitativa através da atribuição de valores numéricos às variáveis,

possibilitando a classificação dos corpos d'água em: natural, alterado ou impactado. Com o uso desse protocolo, através de uma inspeção visual da área em estudo, já é possível captar as características do meio para uma avaliação da qualidade ambiental (VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012).

O emprego de tais métodos, que integram a utilização de diversos indicadores, vem se tornando cada vez mais comum, contribuindo para melhor compreensão do funcionamento dos ecossistemas aquáticos sob influência antrópica.

A utilização da avaliação físico-química da qualidade da água se dá através do uso de diferentes variáveis que são correlacionadas com as alterações, sejam elas naturais ou antrópicas, ocorridas na bacia hidrográfica, já que o corpo d'água é reflexo dos processos ocorridos nela (DONADIO; GALBIATTI; DE PAULA, 2005).

Costumeiramente os monitoramentos de qualidade da água, através da avaliação físico-química, são feitos com base nas seguintes variáveis: pH, turbidez, temperatura, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), oxigênio dissolvido, SDT (sólidos dissolvidos totais), presença de metais, óleos e graxas e COV (compostos orgânicos voláteis). O uso de índices de qualidade da água que relacionam essas variáveis com a integridade ambiental, pode proporcionar um valor global para a qualidade da água (KONIG et al., 2008).

A avaliação biológica parte do princípio de que qualquer ecossistema tende a manter-se em equilíbrio através de relações ecológicas complexas, e de que tal equilíbrio não é estático, podendo ser deslocado devido à ocorrência de mudanças nas características do meio, sejam elas causadas por agentes naturais ou pela ação antrópica. Quando tal equilíbrio é perturbado, o resultado é um reajuste na comunidade a fim de atingir um novo equilíbrio, tal ajuste gera uma mudança na dinâmica populacional, ou seja, há o beneficiamento dos organismos mais aptos à nova condição que se sobrepõe em número aos organismos menos aptos, podendo haver a extinção local de algumas espécies. Tal mudança populacional no decorrer do tempo pode ser medida e utilizada como indicador biológico dessas alterações (BRANCO, 1986).

Os ecossistemas aquáticos são grandes receptores de diversas cargas poluentes provenientes da bacia hidrográfica, assim a avaliação dos efeitos destas cargas sobre estes ecossistemas, através do uso de bioindicadores, permite identificar a toxicidade de um poluente (FERREIRA et al., 2010).

Corpos d'água poluídos apresentam como característica, no que se refere à comunidade bentônica, uma baixa diversidade de espécies e uma elevada densidade populacional de organismos tolerantes, aqueles organismos que são resistentes a elevados níveis de poluição. Portanto, estes organismos resistentes são importantes indicadores da saúde do corpo d'água, pois sua ocorrência em abundância é indicador imediato de que o ambiente está degradado (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001).

Para Rosenberg e Resh (1993), um bom bioindicador deve: ser sensível às alterações ambientais de maneira gradual e conseguir expressar de maneiras detectáveis diferentes níveis de intensidade e magnitude deste impacto; ser facilmente encontrado, facilmente identificado e existir em quantidade suficiente para viabilizar coletas; apresentar baixo custo de processamento;

possuir ciclo de vida longo e responder espaço-temporalmente às alterações ambientais e; ser passível de uso em estudos ecotoxicológicos.

A adoção de uma única espécie como indicador biológico não é eficaz, já que a identificação no nível de espécie demanda tempo e a utilização de uma mesma espécie em duas áreas distintas nem sempre é possível, o que dificulta a comparação entre os dados obtidos. Deste modo torna-se mais vantajoso à aplicação de índices que avaliem a comunidade como um todo ou grupos de interesse (MAZZINI, 2007).

Para monitoramento de ecossistemas aquáticos vem sendo difundido o uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores (MORENO et al., 2009), já que sendo a grande maioria filtradores ou predadores de filtradores, são eficientes no diagnóstico de alterações na qualidade da água, pois utilizam como recurso as partículas presentes nela. Além disso, estes organismos podem representar impactos ao longo de toda cadeia alimentar, uma vez que são a principal fonte de alimento para a maior parte dos organismos do ecossistema aquático.

Os índices bióticos são utilizados para agregar informações sobre a biota aquática na avaliação da qualidade da água, sendo amplamente utilizados índices multimétricos em todo o mundo, baseados na estrutura e composição da comunidade (RODRIGUES; ALVES, 2012). Para tanto, estes índices usam conceitos ecológicos, como: diversidade, a variedade de espécies presentes em uma comunidade ou região; riqueza, a abundância numérica de espécies de uma determinada comunidade ou região; equidade, o padrão de distribuição das espécies presentes em uma comunidade ou região; e dominância, ocorrência da dominância numérica de uma espécie em uma comunidade (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 2007).

Silva et al. (2007) avaliou o desempenho de dois indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água do Córrego Vargem limpa em Bauru-SP, o Biological Monitoring Working

Party, BMWP e o Sequential Comparison Index, SCI, obtendo como resultado a maior eficácia do SCI em detectar diferenças sutis entre diferentes pontos de amostragem. O estudo revelou que além da preocupação com a escolha das variáveis utilizadas, é necessária atenção com a escolha do índice aplicado, já que a eficiência da aplicação de cada um deles varia em função das características da área em estudo.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do programa “Córrego Limpo” na remoção da DBO no corpo d'água em questão e as diferenças obtidas na classificação da qualidade de um corpo d'água em processo de recuperação utilizando indicadores físicos, químicos e biológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudos

Para atender o objetivo deste estudo foi utilizada como área de estudo o Córrego Ibiraporã, pertencente à bacia do Pirajussara, localizado na subprefeitura do Butantã no município de São Paulo, que tem como principais pontos de acesso as Avenidas Eliseu de Almeida e Francisco Morato. Sua bacia de drenagem conta com uma população tipicamente residencial, com cerca de 9 mil habitantes (CÓRREGO LIMPO, s/d). A Figura 1 mostra a bacia de contribuição do Córrego Ibiraporã, o ponto de amostragem da DBO_{5,20} realizada pela SABESP e os pontos onde foram realizadas as coletas deste estudo.

O corpo d'água passou por um processo de despoluição efetuado pelo programa “Córrego Limpo”, que atua na

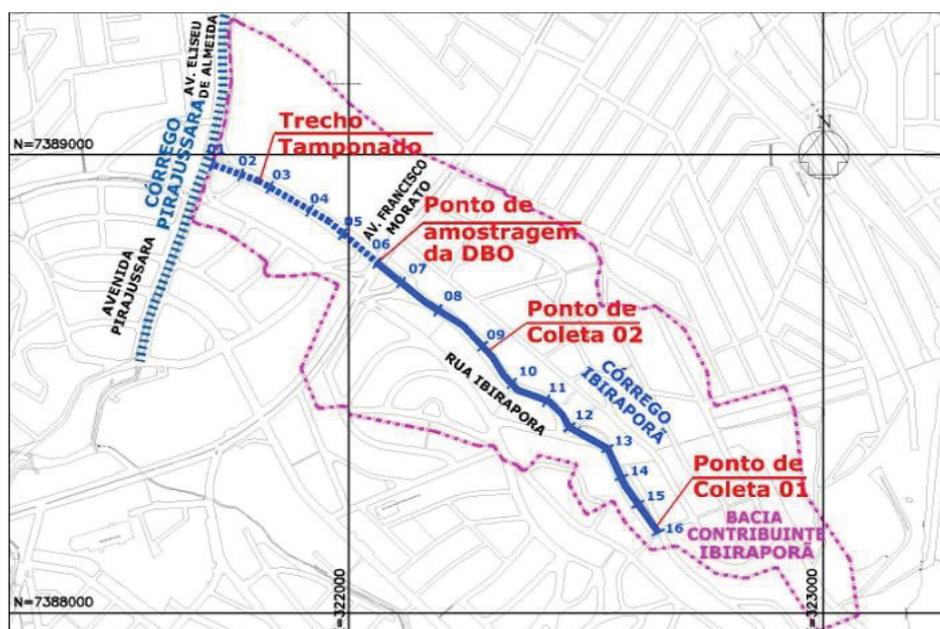


Figura 1 - Bacia do Córrego Ibiraporã e seus pontos de estudo

recuperação de córregos urbanos no município de São Paulo, através da remoção de cargas pontuais. A Figura 2, mostra a condição das águas do corpo d’água em dois períodos. A Foto A de 12/02/2009, mostra as águas do corpo d’água com coloração acinzentada, que segundo Bregunze et al. (2011) é evidência clara da presença de matéria orgânica em decomposição, o que é condizente já que o canal estava sob forte influência de cargas pontuais neste período anterior às intervenções do programa. Já a Foto B de 09/10/2012, obtida no período pós intervenção, mostra suas águas sem a característica coloração acinzentada.

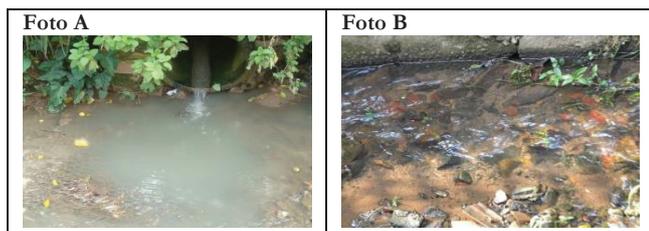


Figura 2 - Córrego Ibiraporã: qualidade da água antes (12/02/2009) e depois (09/10/2012) das intervenções do programa. Fonte: Foto A - Cortesia de Andréia Sandrini – Coordenadora das ações do programa “Córrego Limpo” na Zona Oeste e Foto B – Foto dos autores

O programa “Córrego Limpo” é resultado da parceria entre a Prefeitura do Município de São Paulo e a SABESP e consiste na recuperação de córregos através da ampliação das redes coletoras de esgoto e da promoção do tratamento dos esgotos coletados, além disso, também atua na eliminação de ligações clandestinas e de lançamentos de esgotos em galerias pluviais. A SABESP é responsável pela execução das obras relativas ao sistema de esgotamento sanitário e a PMSB pela remoção e reassentamento das famílias que vivem nas áreas de risco no entorno do canal, pela implantação de parques lineares e pela fiscalização das ligações de esgotos (CÓRREGO LIMPO, s/d).

Dentre os programas de despoluição, o programa se destaca, por agir na otimização dos sistemas de esgotamento sanitário que devido às ligações clandestinas no sistema de drenagem urbana e nos corpos d’água, acaba perdendo parte da vazão que deveria ser conduzida pelo sistema ao tratamento.

Na bacia do Córrego Ibiraporã, além das intervenções típicas do programa, houve a implantação de um programa de governança colaborativa, que envolveu a população no processo de recuperação. A estratégia de governança colaborativa faz uso do “Modelo dos Níveis de Ação Colaborativa” (MNAC), proposto pelo professor Mark Imperial, da Universidade da Carolina do Norte. O MNAC foi testado em bacias norte-americanas, que apesar de maiores, apresentavam os mesmos desafios, abordando a questão da colaboração em três níveis: operacional (que trata de intervenções como a implantação de infraestrutura, processos educativos, monitoramento e avaliação, portanto envolve, serviços governamentais), formulação de políticas (que tem caráter orientador, incrementando a comunicação, coordenando ações e integrando políticas para

alavancar os objetivos coletivos) e institucional (atividades que influenciam, restringem, incrementam e promovem as ações no nível operacional e político) (GUARNIERI; MESQUITA; RODRIGUES, 2010).

Graças ao programa de governança colaborativa a população residente na bacia auxilia no processo de recuperação gerindo melhor seus resíduos e também na fiscalização de eventuais anomalias no canal ocasionadas por lançamentos clandestinos ou despejo de resíduos sólidos nas proximidades que porventura possam ser carregados pelo escoamento superficial para o canal, resultando na alteração imediata do aspecto visual de suas águas. O programa cria uma via de comunicação direta com a população da bacia, o que facilita as ações do programa e encoraja a população a participar do processo.

Desta forma, para avaliar a eficiência do programa na redução da DBO do corpo d’água em questão, foi estudado o histórico da DBO antes e depois das ações do Programa “Córrego Limpo”. Já para avaliar as diferenças obtidas na classificação da qualidade do corpo d’água, será avaliada a classificação com base na DBO, no Índice de qualidade das águas (IQA) da CETESB e no Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBFH). Tais avaliações serão detalhadas nos itens seguintes.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

O programa “Córrego Limpo” realiza o monitoramento mensal da DBO, cuja análise é realizada nos laboratórios da SABESP e os resultados obtidos são repassados para suas respectivas unidades de negócio. O estudo do histórico do monitoramento da DBO fornecido pela SABESP permitiu avaliar a efetividade das ações do programa na remoção da DBO do córrego em questão.

O programa “Córrego Limpo” utiliza a DBO como indicador de qualidade da água nos corpos d’água pertencentes ao programa, desta forma eles são classificados de “condições naturais” a “poluídos” conforme a DBO apresentada. A Tabela 1 apresenta a caracterização utilizada pelo programa “Córrego Limpo”, para classificar estes corpos d’água.

Tabela 1 - Caracterização dos Córregos em função da DBO
Fonte: Adaptado de Córrego Limpo (s/d)

Caracterização dos Córregos em função da DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio	
0 a 5 mg/L	Condições naturais, permite o contato primário e a rega de hortaliças.
5 a 10 mg/L	Condições boas. Não recomendada para contato primário e rega de hortaliças. Possibilita a existência de peixes e o uso após tratamento convencional.
10 a 30 mg/L	Condições boas, aspecto estético bom, permite a existência de peixes, não exala odores. Uso após tratamento convencional.
30 a 70 mg/L	Condição estética ainda boa. Manutenção paisagística. Uso após tratamento avançado.
> 70 mg/L	Poluído.

Índice de qualidade das águas (IQA)

Existem diversas maneiras de avaliar as mudanças ocorridas em um corpo d'água, onde se destacam as técnicas de determinação de índices de qualidade da água (STRIEDER et al., 2006).

Para avaliação da qualidade da água através de variáveis físico-químicas é possível utilizar o Índice de qualidade da água (IQA) adaptado pela CETESB, que é calculado pelo produto ponderado das notas obtidas por nove variáveis de qualidade da água, sendo elas: temperatura, pH, OD, DBO, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez (PIMENTA; PEÑA; GOMES, 2009). O Índice pode ser aplicado através do uso da equação a seguir.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

onde: IQA: Índice de qualidade das águas, variando de 0 a 100; q_i : qualidade do iésima variável, obtida através da curva de variação média; w_i : peso do iésima variável.

A Tabela 2, a seguir, mostra os pesos de cada parâmetro determinados pela CETESB e a classificação da qualidade da água segundo o IQA.

Tabela 2 - Pesos relativos para as variáveis e Classificação do IQA

Pesos relativos			
1 OD	0,17	6 Temperatura	0,10
2 Coliformes fecais	0,15	7 N total	0,10
3 pH	0,12	8 Turbidez	0,08
4 DBO	0,10	9 STD	0,08
5 Ph total	0,10		
Classificação			
80-100	Ótima		
52-79	Boa		
37-51	Aceitável		
20-36	Ruim		
0-19	Péssima		

Fonte: Adaptado de Pimenta, Peña e Gomes (2009)

Para aplicação do índice foram realizadas duas coletas, a primeira coleta em 11/09/2012 (período seco) e a segunda em 30/01/2013 (período chuvoso) e em dois pontos do canal, próximo à estaca 9 e à estaca 16 (Figura 1). As análises das amostras coletadas foram realizadas pelo laboratório "Operator Meio Ambiente". Os laudos emitidos pelo laboratório foram utilizados para embasamento dos estudos apresentados nos itens seguintes. Todas as análises foram realizadas dentro dos prazos de validade da amostra, conforme indicado nas normas: SMEWW 21 st Ed.; EPA; NBR; ASTM; CETESB; INEA e nas normas técnicas vigentes e descritas nas instruções operacionais padrão de Coleta e Preservação de Amostras do laboratório "Operator Meio Ambiente".

Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBFH)

Para avaliação biológica foi utilizado um índice baseado na comunidade bentônica, para estudo das diferenças apresentadas na sua composição no período seco e no período chuvoso.

Sabendo que no período seco há a redução da vazão e do potencial de diluição dos corpos d'água e que no período chuvoso há o aumento do aporte de resíduos sólidos, espera-se encontrar diferenças na estrutura da comunidade bentônica nos dois períodos.

Para tanto foram realizadas, juntamente com a coleta das amostras para avaliação das variáveis físicas e químicas (em 11/09/2012, período seco, e em 30/01/2013, período chuvoso), a coleta da comunidade bentônica com auxílio do amostrador Surber com abertura de malha de 250 micrômetros. Em cada ponto (estacas 9 e 16) foram realizadas 8 amostragens, gerando um total de 32 amostras (16 coletadas no período seco e outras 16 no período chuvoso).

Tais amostras foram identificadas com os seguintes prefixos conforme seu local e período de coleta: AxPyTz, onde "A" se refere a amostra, "x" ao número da amostra (1 a 32), "P" ao ponto de coleta, "y" ao número do ponto de coleta (1 ou 2), "T" a período de coleta, "z" ao tipo de tempo ("S" para seco e "C" para chuvoso). Exemplo: A1P1TS = Amostra de número 1, coletada no ponto 1 e durante o período seco.

Realizada a amostragem, foi feita a fixação dos organismos através do uso de formol a 4%. Os organismos coletados foram identificados até o nível taxonômico mais relevante para cada grupo, utilizando-se a chave de identificação de Fernández e Domínguez (2001) e outras disponíveis. A identificação dos organismos permitiu sua quantificação e a aplicação do Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBFH).

Tabela 3 - Tolerância à poluição orgânica segundo o IBFH

Grupo Taxonômico	Tolerância (0-10)	Grupo Taxonômico	Tolerância (0-10)
Platyhelminthes:	4	Insecta: Coleoptera	4
Turbellaria			
Nematoda	10	Insecta: Megaloptera	2
Annelida:	8	Insecta: Tanytarsus	6
Annelida: Hirudinea	10	Insecta: Psychodidae	6
Mollusca	7	Insecta: Tipulidae	3
Chelicerata:	4	Insecta: Chaoboridae	6
Crustacea: Cladocera	5	Insecta: Simuliidae	6
Crustacea:	5	Insecta:	6
Ostracoda		Ceratopogonidae	
Crustacea: Copepoda	3	Insecta: Chironomus	8
Insecta:	4	Insecta:	6
Ephemeroptera		GoeldChironomus	
Insecta: Plecoptera	1	Insecta: Tanypodinae	8
Insecta: Trichoptera	3	Insecta: Orthocladiinae	8
Insecta: Odonata	5	Insecta: Brachycera	6

Fonte: Adaptado de Ferreira (2007)

O IBFH consiste em atribuir pesos de 0 a 10 de tolerância à poluição orgânica a cada grupo taxonômico (tabela 3), sendo atribuído 0 aos menos tolerantes e 10 aos mais tolerantes, e em seguida multiplicar estes pesos pelo número de indivíduos de cada táxon encontrado, os produtos resultantes então devem ser somados e divididos pelo número total de organismos na amostra (FERREIRO, 2007). A expressão a seguir resume a metodologia de cálculo.

$$IBF = \frac{\sum n_i a_i}{N} \quad (2)$$

onde: n_i : número de indivíduos do grupo taxonômico i ; a_i : valor de tolerância do grupo taxonômico i ; e N : número total de indivíduos.

O IBFH foi desenvolvido para rios da América do Norte, no entanto devido à simplicidade de seu cálculo tem sido amplamente utilizado em outras regiões. Valores de IBFH podem variar de 0 a 10, onde valores próximos de 10 indicam comunidades dominadas por organismos tolerantes à poluição orgânica e valores próximos de 0 indicam comunidades onde organismos intolerantes a poluição predominam, ou seja, quanto mais próxima de 0, melhor a qualidade ambiental do corpo d'água. A Tabela 4 mostra a classificação do IBFH.

Tabela 4 - Qualidade da água segundo o IBFH

Índice biótico	Qualidade da água	Grau de poluição orgânica
0,00-3,50	Excelente	Sem poluição orgânica aparente
3,51-4,50	Muito boa	Possível poluição orgânica leve
4,51-5,50	Boa	Alguma poluição orgânica
5,51-6,50	Razoável	Poluição orgânica razoável
6,51-7,50	Moderadamente pobre	Poluição orgânica significativa
7,51-8,50	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
8,51-10,00	Muito pobre	Poluição orgânica severa

Fonte: Adaptado de Ferreiro (2007)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência do Programa “Córrego Limpo”

O Córrego Ibiraporã, graças ao programa de governança colaborativa, tem seu processo de despoluição bem consolidado, uma vez que o potencial poluidor da bacia encontra-se minimizado pela implementação das ações do programa.

O Gráfico 1 mostra a evolução da DBO no Córrego Ibiraporã, e pode-se observar a redução significativa desta variável e a estabilidade no monitoramento da mesma. A série apresenta um outlier (valor discrepante ou atípico, ou seja, uma observação que apresenta um grande afastamento dos demais valores obtidos na série) em julho de 2011 que, segundo informações da SABESP, é resultado de um vazamento de esgotos sanitários durante a execução de intervenções na área.

Conclui-se, portanto, pela análise do histórico da DBO do Córrego Ibiraporã, que as ações do programa possuem grande eficiência na redução da DBO, uma vez que a DBO média do corpo d'água antes das intervenções, no ano de 2009, foi de 86,5 mg/L e após as intervenções, no ano de 2011, passou para 21,2 mg/L. Considerado ainda a média aparada (importante no caso do Córrego Ibiraporã devido à discrepância apresentada no mês de julho, já que elimina outliers) tem-se para o ano de 2011 a DBO média de 14mg/L.

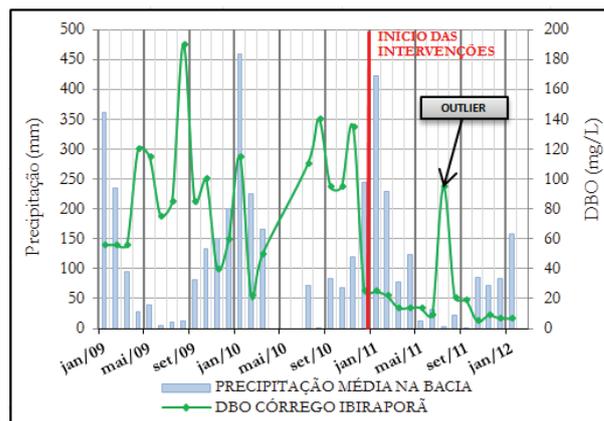


Gráfico 1 - Precipitação média mensal (mm) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20) no Córrego Ibiraporã - De 01/01/2007 a 01/01/2012

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Córrego Limpo (s/d) e SAISP (2012)

Índice de qualidade das águas (IQA)

Com o monitoramento realizado obteve-se os seguintes resultados para os parâmetros necessários à aplicação do IQA, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Monitoramento das variáveis físicas e químicas para aplicação do IQA

Variáveis	Ponto 1: Seco 11/09/2012	Ponto 2: Seco 11/09/2012	Ponto 1: Chuvoso 30/01/2013	Ponto 2: Chuvoso 30/01/2013
OD (mg/L)	5,19	2,32	4,80	3,90
Coliformes (mL)	1110,00	1300,00	1000,00	1250,00
pH	7,42	7,57	7,30	7,47
DBO (mg/L)	4,00	5,00	15,00	9,00
Ph Total (mg/L)	0,18	0,32	0,00	0,00
Temperatura °C	21,90	22,70	23,10	24,40
N (mg/L)	5,81	0,78	1,78	1,75
Turbidez	1,54	1,07	9,43	10,80
SDT (mg/L)	209,00	218,00	43,00	214,00

No período chuvoso houve o aumento na concentração de algumas variáveis, como por exemplo a turbidez e a DBO, que segundo Donadio, Galbiatti e De Paula (2005), pode ser consequência do aumento do aporte de sedimentos e cargas poluentes de origem difusa ocasionado pelas chuvas.

A aplicação do IQA nos dados obtidos, para cada ponto e seu respectivo período de monitoramento, resultou nas classificações apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - DBO Córregos Ibiraporã – Antes e depois das intervenções.

IQA	Ponto 1: Seco 11/09/2012	Ponto 2: Seco 11/09/2012	Ponto 1: Chuvoso 30/01/2013	Ponto 2: Chuvoso 30/01/2013
		79,179	79,176	73,465
	Boa	Boa	Boa	Boa

Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBFH)

A Tabela 8 mostra o resumo dos organismos encontrados nas amostras nos dois pontos de coleta no período seco e chuvoso respectivamente. Pode-se observar uma maior diversidade e densidade de organismos no Ponto 1 do que no Ponto 2, em ambos períodos, o que pode ser atribuído à condição deste trecho do canal, que é mais arborizado e que apresenta suas margens com tratamento mais natural (solo natural tratado com manta geotêxtil), enquanto o Ponto 2 é menos arborizado e apresenta tratamento das margens em Gabião. Segundo Callisto, Moretti e Goulart (2001), riachos com mata ciliar desenvolvida apresentam maior diversidade de habitats, favorecendo a colonização por macroinvertebrados bentônicos.

Observou-se nas amostras uma grande predomi-nân-

cia de dípteros da família Chironomidae, que correspondeu a 82% dos organismos amostrados no período seco e 65% no período chuvoso. Segundo Strixino e Strixino (2005), a família Chironomidae é amplamente diversificada e possui espécies com adaptações que as confere elevada resistência a diversos poluentes e a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Portanto sua presença esta associada a ambientes degradados.

A redução da vazão do canal no período seco, resulta em uma menor lâmina d'água e menores velocidades, tal mudança de regime no escoamento resulta por sua vez em menor tensão de arraste no fundo do canal, modificando a composição do sedimento no período (AZEVEDO NETTO; VILLELA, 1998). Velocidades menores implicam em maior depósito de nutrientes e matéria orgânica no sedimento e maior capacidade de fixação dos organismos no substrato (ESTEVES, 2011). Tal processo explica a maior abundância de organismos no período seco (26796 organismos) se comparada ao chuvoso (4829 organismos).

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do Índice Biótico de Família de Hilsenhoff.

Tabela 7 - Resultados obtidos - Índice Biótico de Família de Hilsenhoff: Córrego Ibiraporã

Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBF)	Ponto 1: Seco 11/09/2012	Ponto 2: Seco 11/09/2012	Ponto 1: Chuvoso 30/01/201	Ponto 2: Chuvoso 30/01/201
		8,01	8,11	8,02
	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre

Tabela 8 - Resumo dos organismos encontrados nas amostras

Filo	Classe	Taxon mais específico	Comunidade Bentônica: Seco 11/09/2012																	
			Ponto 01 - Rua Joaquim Maciel nº80									Ponto 02 - Rua Ibiraporã Nº 272								
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Σ	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	Σ
Nematoda	Nematoda	Gordíidae	97	313	41	257	43	31	387	278	1169	183	152	70	63	87	105	40	50	750
Annelida	Oligochaeta	Naididae	75	321	37	172	27	17	371	311	1020	27	27	68	41	50	87	5	3	308
Annelida	Hirudinea	Hirudinea	1	1	0	1	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Hirudinea	Hirudinea	3	1	1	0	0	0	2	0	7	2	4	10	10	1	1	6	7	41
Mollusca	Gastropoda	Amnicola	180	283	20	99	28	18	87	57	715	7	15	30	40	8	11	10	13	134
Mollusca	Bivalvia	Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	50	10	1	0	4	5	76
Arthropoda	Arachnida	Acarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Arachnida	Oribatida	8	0	1	13	1	0	0	1	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Arachnida	Halacarina	5	13	1	7	2	1	8	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Ostracoda	Ostracoda	65	111	5	48	15	7	45	61	296	0	2	0	0	2	4	1	3	12
Arthropoda	Copepoda	Copepoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Amelitidae	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Zygotera	5	9	0	2	0	0	1	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Psephenidae	1	3	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Elmidae	8	21	1	11	2	0	17	9	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Psychodidae	3	7	1	0	0	0	4	1	15	0	1	2	3	0	0	1	3	10
Arthropoda	Insecta	Ceratopogonidae	8	15	2	7	0	1	5	7	38	1	0	2	4	0	3	0	0	55
Arthropoda	Insecta	Tipulidae	1	5	1	0	2	0	7	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Chironomidae	2446	5496	990	2455	727	401	3919	4317	16434	114	102	982	243	1105	1269	891	840	5546
		Σ	2907	6599	1101	3078	847	476	4855	5051	19863	336	308	1214	414	1254	1480	958	924	6933

continua...

Tabela 8 - Resumo dos organismos encontrados nas amostras. (continuação)

Filo	Classe	Taxon mais específico	Comunidade Bentônica: Chuvoso 30/01/2013																		
			Ponto 01 - Rua Joaquim Maciel nº80									Ponto 02 - Em Frente Nº 272									
			A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	Σ	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	Σ	
Nematoda	Nematoda	Gordiidae	51	38	52	59	48	40	35	79	402	47	38	41	37	49	45	51	48	356	
Annelida	Oligochaeta	Naididae	42	29	47	76	39	37	39	51	360	11	9	13	15	17	8	9	17	99	
Annelida	Hirudinea	Hirudinea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Annelida	Hirudinea	Hirudinea	13	17	8	9	10	7	14	13	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mollusca	Gastropoda	Amnicola	19	22	27	15	33	10	25	37	188	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Mollusca	Bivalvia	Sphaeriidae	1	0	2	4	0	0	1	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Arachnida	Acarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Arachnida	Oribatida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Arachnida	Halacarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Ostracoda	Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Copepoda	Copepoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Arthropoda	Insecta	Amelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Insecta	Zygotera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Insecta	Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Insecta	Elmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arthropoda	Insecta	Psychodidae	5	1	3	0	4	5	10	7	35	0	0	0	1	0	1	0	0	2	
Arthropoda	Insecta	Ceratopogonidae	0	0	1	0	0	2	0	0	58	0	2	0	0	3	1	0	0	64	
Arthropoda	Insecta	Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	
Arthropoda	Insecta	Chironomidae	275	245	214	197	170	242	224	273	1840	116	107	155	131	173	181	215	242	1320	
Σ			406	352	354	360	304	343	348	462	2984	175	157	209	184	242	237	276	307	1845	

Os valores obtidos com a aplicação do IBFH variaram de 8,01 a 8,11, o que classifica o corpo d'água como "Pobre" em todos os pontos e períodos do monitoramento, indicando que ainda há forte influência de poluição orgânica no corpo d'água.

Tal resultado é condizente com o esperado, uma vez que os organismos presentes no corpo d'água são capazes de acumular respostas referentes a impactos provocados em momentos anteriores ao da coleta e estando o corpo d'água em um instante anterior sobre forte influência de lançamentos de efluentes, mesmo que estes lançamentos tenham sido subtraídos os organismos ainda refletem o evento.

A recuperação de um corpo d'água demanda ações de mitigação complexas que devem envolver todos os componentes que foram afetados no corpo d'água. Em áreas urbanas os rios sofrem intervenções que fazem com que haja o comprometimento de suas relações biológicas, nestes casos é pouco viável restabelecer a biota aquática original do corpo d'água, no entanto a adoção de medidas que visem o controle das cargas poluidoras e de outras que propiciem o estabelecimento das espécies, como por exemplo o uso de materiais para revestimento de margens e fundo que permitam que os organismos se abriguem, propiciando micro habitats e de estruturas que reduzam a velocidade do escoamento, podem propiciar o aumento da saúde do ecossistema.

A experiência internacional mostra que a implantação destas medidas faz com que em pouco tempo haja um grande ganho na saúde do ecossistema (BINDER, 2002). Desta forma, as ações do programa "Córrego Limpo" devem ser aliadas a outras que visem a recomposição do ecossistema aquático para que haja um maior ganho ambiental.

Avaliação físico-química x biológica

Obteve-se com a aplicação da classificação segundo a DBO, realizada pelo programa "Córrego Limpo" (tabela 1), que o corpo d'água ficou entre a classificação "Condições Boas" e "Condições Naturais". Já com a classificação segundo o Índice de Qualidade da Água da CETESB, a qualidade do corpo d'água foi classificada nas quatro situações como "Boa". Por fim, segundo o Índice de Família de Hilsenhoff, os pontos analisados foram classificados como "Pobre". As Gráficos 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos com a aplicação dos métodos.

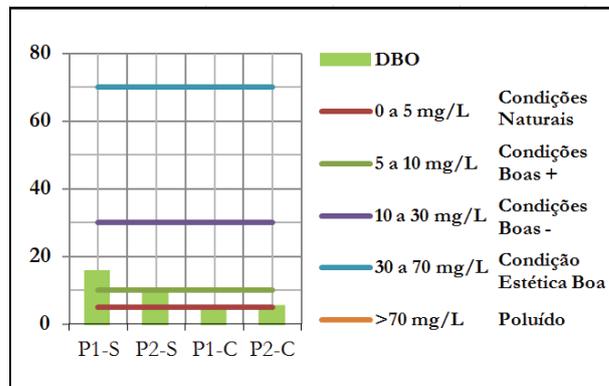


Gráfico 2 - Classificação segundo a DBO do Programa "Córrego Limpo"

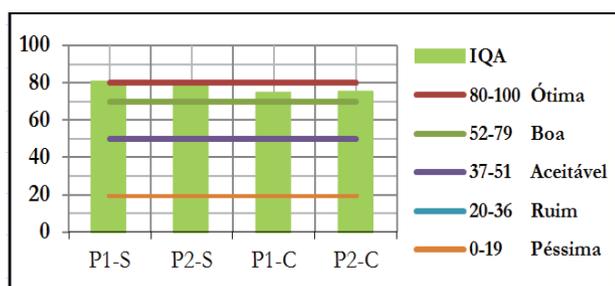


Gráfico 3 - Classificação segundo Índice de Qualidade da Água da CETESB

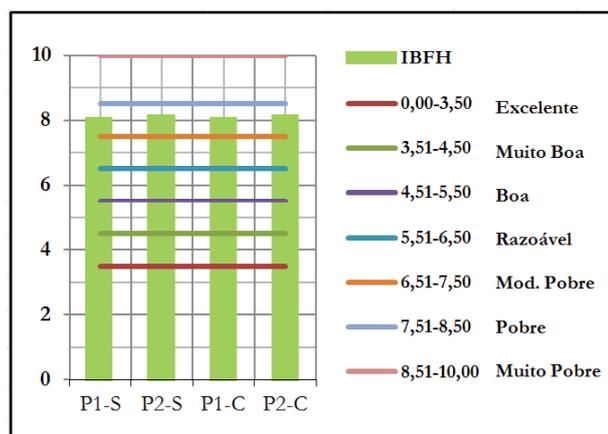


Gráfico 4 - Classificação segundo Índice Biótico de Família de Hilsenhoff

Strieder et al. (2006), aplicou diversos índices, físico-químicos e biológicos (IQA, índice de diversidade de Shannon-Wiener, IBFH e BMWP), na avaliação da qualidade da água na bacia do rio dos Sinos, obtendo alta correlação entre os valores obtidos com os diferentes índices nos pontos estudados, no entanto, apesar dessa correlação, os índices físico-químicos também indicaram uma melhor condição do corpo d'água se comparado aos índices biológicos.

Na avaliação da qualidade da água de riachos da região norte do Rio Grande do Sul, utilizando o IQA e o BMWP, König et al. (2008), também obtiveram resultados semelhantes, a aplicação do IQA classificou a qualidade da água em satisfatória, enquanto o BMWP foi mais rigoroso na classificação, classificando os ambientes em maior grau de degradação. O estudo apontou ainda maiores diferenças nas classificações obtidas com os dois índices, nas áreas mais degradadas, mostrando que o biomonitoramento apresenta uma resposta mais ampla.

CONCLUSÃO

A análise do histórico do monitoramento da DBO, realizada pela SABESP, do Córrego Ibiraporã mostrou que há efeito considerável das intervenções do programa sobre redução de sua DBO. Portanto, pode-se concluir que o programa possui grande efetividade na remoção da carga orgânica oriunda de cargas pontuais, havendo grande redução da DBO no período

pós intervenções.

Aplicando o índice BFH (Biótico de Família de Hilsenhoff), para a avaliação biológica, obteve-se valores entre 8,01 e 8,11 para todos os conjuntos amostrais estudados, classificando o corpo d'água como "Pobre", o que indica que ainda há forte influência de poluição orgânica no corpo d'água. Já com a aplicação da classificação pela DBO utilizada pelo programa "Córrego Limpo" e do Índice de qualidade das águas IQA da CETESB, o corpo d'água foi classificado respectivamente em condições Boas/Naturais e Boas.

Tal resultado é condizente com o esperado, uma vez que os organismos presentes no corpo d'água são capazes de acumular respostas referentes a impactos provocados em momentos anteriores ao da coleta e estando o corpo d'água em um instante anterior sobre forte influência de lançamentos de efluentes, mesmo que estes lançamentos tenham sido subtraídos do corpo d'água, os organismos ainda refletem o evento.

A diferença observada nas classificações para a qualidade do corpo d'água através da utilização dos três métodos corrobora a afirmação de que indicadores físicos e químicos apresentam resposta instantânea, enquanto os indicadores biológicos tem resposta cumulativa. Portanto, fica clara a importância do uso conjunto destes indicadores como ferramenta de avaliação da qualidade de corpos d'água.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETTO, J. M. D.; VILLELA, S. M. *Manual de hidráulica*. 8ª ed. Edgard Blucher, 1998.
- BARRETO, L. V.; FRAGA, M. D. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. D. S.; CARVALHO, S. R. D.; SILVA, D. P. D. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. *Revista Ambiente & Água, An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 9, n. 1, p. 118-129, 2014.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. *Ecologia - de Indivíduos a Ecosistemas*. 4ª ed. Editora Artmed, 2007.
- BINDER, W. *Rios e Córregos, Preservar, Conservar, Renaturalizar*. a recuperação de rios, possibilidades e limites da engenharia ambiental. 4ª ed. Rio de Janeiro: SEMADS, 2002.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G.; BARROS, M. T. L. D.; VERAS JUNIOR, M. S.; PORTO, M. F.; EIGER, S. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Pince Hall, 2002.
- BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 3ª ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- BREGUNCE, D. T.; JORDAN, E. N.; DZIEDZIC, M.; MARANHO, L. T.; CUBAS, S. A. Avaliação da Qualidade da Água do Ribeirão dos Müller, Curitiba-PR - RBRH — *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.16 n. 3, p. 39-47, jul/set. 2011.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M.

- Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). *Variáveis de qualidade das águas*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas>. Acesso em: 14 out. 2012.
- CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.
- CÓRREGO LIMPO. *Informações, mapas, planilhas e fotos obtidas junto à coordenação do programa "Córrego Limpo" durante a elaboração da pesquisa e outras informações disponíveis em: <http://www.corregolimpo.com.br>*.
- CORTES, R.; PINTO, P.; FERREIRA, M. T.; MOREIRA, I. *Qualidade biológica dos ecossistemas fluviais - Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos*. Instituto da Água, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 2002.
- DONADIO, N.M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência., 2011.
- FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. *Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Tucumán - Argentina*. Universidad Nacional de Tucumán/Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, 2001.
- FERREIRA, G. R. A. M.; LUZ, L. D., NASCIMENTO, I. A., REBELO, M. F. Avaliação Ecotoxicológica em Corpos D'Água: Um Estudo de Caso do Açude do Polo Petroquímico de Camaçari, Bahia. *RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 15 n.3, p. 33-44, jul/set. 2010.
- FERREIRO, N. R. B. *Caracterização da Qualidade Ecológica do Rio Tua*. 2007. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Zoologia e Antropologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto - Portugal, Porto, 2007.
- GUARNIERI, F.; MESQUITA, L.; RODRIGUES, M. *Relatório Analítico: "Prestação de serviços técnicos especializados para capacitação dos técnicos da m para a implementação das estratégias de governança colaborativa"*. Centro Brasileiro de Análise e Planejamento - CEBRAP, São Paulo, maio. 2010.
- KÖNIG, R.; SUZIN, C. R.; RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 3, n. 1, p. 84-93, 2008.
- MAZZINI, F. *Efeitos da resolução taxonômica de invertebrados bentônicos no diagnóstico da qualidade de ecossistemas lóticos*. 2007. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, Piracicaba, 2007.
- MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. *Qualidade da água para consumo humano*. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas, Lda, 2004.
- MORENO, P.; FRANÇA, J.S.; FERREIRA, W.R.; PAZ, A.D.; MONTEIRO, I.; CALLISTO, M. Use of the beast model for biomonitoring water quality in a Neotropical basin. *Hydrobiologia*, v. 630, n. 1, p. 225-250, 2009.
- PIMENTA, S.M.; PEÑA, A.P.; GOMES, P.S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio São Tomás, Município de Rio Verde. Goiás. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 393-412, dez. 2009.
- RODRIGUES, D. N.; ALVES, C.B.M. Biomonitoramento de Longo Prazo da Bacia do Rio das Velhas Através de um Índice Multimétrico Bentônico. *RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n.3, 253-259p, jul/set., 2012.
- ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. *Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. In: ROSENBERG, D.M., RESH, V.H., eds. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall, 1993.
- SAISP. Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo - *Histórico de precipitação para Zona Oeste no período de janeiro de 2007 a março de 2012* - FCTH - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.
- SILVA, F. L.; MOREIRA, D. C.; BOCHINI, G. L.; RUIZ, S. S. Desempenho de dois índices biológicos na avaliação da qualidade das águas do Córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, através de macroinvertebrados bentônicos. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v.2, n. 3, p. 231-234, 2007.
- STRIEDER, M. N.; RONCHI, L. H.; STENERT, C.; SCHERER, R. T.; NEISS, U. G. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 28, n. 1, p. 17-24, 2006.
- STRIXINO, S. T.; STRIXINO, G. Chironomidae (Diptera) do Rio Ribeira (divisa dos Estados de São Paulo e Paraná) numa avaliação ambiental faunística - Entomol. *Vectores*, v. 12, n. 2, p. 243-253, 2005.
- VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na Caracterização da Qualidade Ambiental de Duas Microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. *RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 1, p. 161-168, jan/mar. 2012.

Contribuição para os autores

Juliana Caroline de Alencar da Silva: Realização das coletas, organização dos dados, aplicação dos índices, interpretação dos resultados e fechamento do texto.

Monica Ferreira do Amaral Porto: Organização da metodologia do trabalho, interpretação dos resultados e fechamento do texto.

Ana Lúcia Brandimarte: Elaboração da metodologia de aplicação dos índices biológicos, da metodologia de campo, interpretação dos resultados e fechamento do texto.

José Rodolfo Sacarati Martins: Elaboração da metodologia de aplicação dos índices físico-químicos, interpretação dos resultados e fechamento do texto.