

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM REGIÕES DE NASCENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

Tatiane Benvenuti^{1} & Maria Angélica Kieling-Rubio² & Cláudia Regina Klauck³ &
Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁴*

Resumo – A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS) está localizada na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (29°20’-30°10’S e 50°15’-51°20’W), envolvendo duas regiões geomorfológicas, o Planalto Sul e a Depressão Central. Esta bacia faz parte da Bacia do Guaíba e tem uma área de aproximadamente 800 km², atingindo 32 municípios. A BHRS fornece água de abastecimento para cerca de 1,6 milhões de habitantes e para um dos mais importantes centros industriais do Brasil. São apresentados os primeiros resultados do BAISINOS – Gestão da Qualidade e Quantidade da Água de Quatro Microbacias Hidrográficas – desenvolvido pela Universidade Feevale como parte do Projeto ANINQAS – Monitoramento de Bacias Urbanas e Rurais: Análise Integrada da Qualidade da Água e Aspectos Sócio-econômicos – que envolve ainda universidades do Paraná e Maranhão, coordenadas pelo Instituto Internacional de Ecologia. Foram determinados diferentes índices de qualidade de água (IQA) para as regiões de nascente de três importantes sub-bacias pertencentes à BHRS: arroios Pampa, Estância Velha/Portão e Schmidt. Os resultados obtidos convergem para um cenário preocupante que indica que, desde os pontos iniciais de formação das sub-bacias do Rio dos Sinos, já ocorrem problemas na qualidade de água.

Palavras-chave - Índices de Qualidade de Água, monitoramento, arroios.

EVALUATION OF WATER QUALITY FOR SOURCES OF THE SINOS RIVER WATERSHED, SOUTHERN BRAZIL

Abstract - The Sinos River Watershed (SRW) is located Northeast of the state of Rio Grande do Sul (29° 20’ to 30° 10’ S and 50° 15’ to 51° 20’ W), Southern Brazil, covering two geomorphologic provinces: the Southern plateau and central depression. It is part of the Guaíba basin and has an area of approximately 800 km², encompassing 32 municipalities. The basin provides drinking water for 1.6 million inhabitants and for one of the most important industrial centers in Brazil. This article shows the first results obtained by BAISINOS, a work developed by Feevale University, as a part of ANINQAS – Urban and Rural Basins Monitoring: Integrated Evaluation describes the determination of different Water Quality Indices (WQI) for sources of three important sub-basins in the SRW: Pampa, Estância Velha/Portão and Schmidt streams. The results indices indicate the mean quality for the water in the streams sources. The results converge to a worrying scenario in which the formation sites of the sub-basins evaluated have already quality problems.

Keywords: Water Quality Index, monitoring, streams.

^{1*} Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais PPG3M- LACOR – UFRGS. tati.eng.biobio@gmail.com

² Laboratório de Botânica, Universidade FEEVALE. angelrubio@ig.com.br

³ Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental PPGQA- Universidade FEEVALE. claudiark@feevale.br

⁴ Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental PPGQA- Universidade FEEVALE. marcor@feevale.br

1. INTRODUÇÃO

Alterações na quantidade, na distribuição e na qualidade dos recursos hídricos comprometem a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, já que o desenvolvimento econômico e social dos países está fundamentado na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção (Tundisi, 2003).

As bacias hidrográficas no Brasil têm sido degradadas em função do crescimento desordenado das cidades e da superpopulação, além de diversas atividades antrópicas potencialmente impactantes que se instalam, de forma não planejada, ao longo das bacias.

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS) está localizada na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (29° 20' a 30° 10' S e 50° 15' a 51° 20' W), envolvendo duas regiões geomorfológicas, o Planalto Sul e a Depressão Central (Fig. 1). Esta bacia faz parte da Bacia do Guaíba e tem uma área de aproximadamente 800 km², banhando 32 municípios (SEMA, 2010). A BHRS é um exemplo de um curso d'água impactado, de onde é retirada água de abastecimento para 1,6 milhões de habitantes e para um dos mais importantes centros industriais do Brasil (Petry e Schulz, 2006). A bacia banha uma região urbana densamente povoada e tem uma produção industrial diversificada: indústria do couro e calçados, metalmeccânica, alimentos, petroquímica, madeira e móveis, turismo e hotelaria. O trecho inferior da bacia sofre grande efeito antropogênico uma vez que o maior parque industrial do Estado está situado nesta região (FEPAM, 2009; Blume *et al.*, 2010). As principais fontes de degradação dos afluentes do Rio dos Sinos são: a poluição pelo esgoto doméstico e pelos efluentes industriais em áreas urbanas, e a eutrofização, a erosão, e a eliminação da mata ciliar nas áreas agrícolas (Weber *et al.*, 2013). Os impactos ambientais na BHRS estão relacionados ao uso de grandes volumes de água, ao descarte de poluentes no solo, água e ar, à aplicação de pesticidas e fertilizantes, ao descarte de resíduos animais na água e à redução/eliminação da flora e fauna nativas (Macedo, 2009).

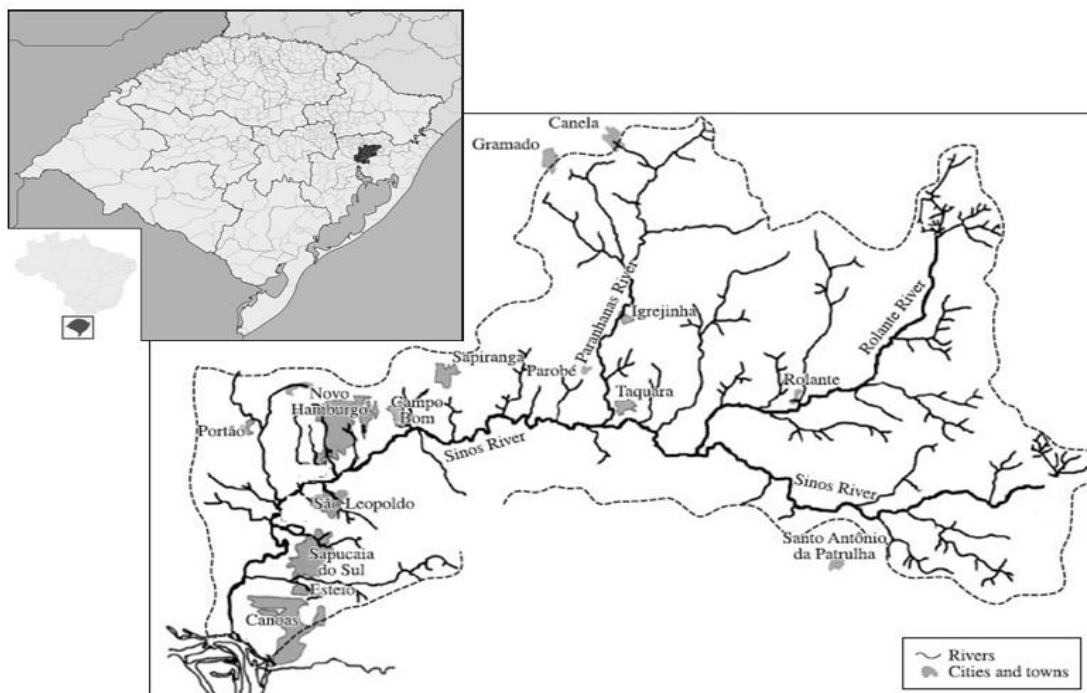


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (SEMA, 2010).

O monitoramento de corpos d'água fornece informações importantes para o gerenciamento da bacia hidrográfica, permitindo o diagnóstico e previsões de cenário a fim de promover o desenvolvimento sustentável da região. O monitoramento efetivo deve envolver análises químicas, físicas e bacteriológicas, que permitem diagnosticar a qualidade da água em cada ponto avaliado. O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópica ou natural. Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico.

A qualidade da água é um critério importante nas avaliações de demanda e abastecimento de água. Garantir qualidade de água adequada para as necessidades humanas e ecológicas é um aspecto importante da gestão ambiental integrada e do desenvolvimento sustentável (Srebotnjak *et al.*, 2012).

O índice de qualidade de água (IQA) é um instrumento matemático utilizado para transformar uma grande quantidade de dados de qualidade de água em um número simples, capaz de representar um nível de qualidade de água, resumindo dados em termos como “bom” ou “ruim”, etc, a fim de apresentar a informação aos gestores e ao público em geral de maneira simples e consistente (Ott, 1978). Por consequência, um IQA atua como uma ferramenta de comunicação (Nasirian, 2007).

Uma comparação entre rios pode ser feita através do IQA, permitindo uma análise geral da qualidade de água em diferentes níveis, proporcionando uma análise sobre a tendência em termos de qualidade ao longo do tempo (Ott, 1978; Chowdhury *et al.*, 2012). Horton (1965) sugeriu que vários dados de qualidade de água podem ser integrados em um índice global. Um IQA genérico foi desenvolvido por Brown *et al.* (1970) e melhorado por Deininger para a Fundação Nacional de Saneamento (National Sanitation Foundation) em 1975 – originando o IQA-NSF.

Dinius (1972) trabalhou em uma tentativa de criar um sistema de contabilidade social rudimentar para mensurar os custos e o impacto dos esforços no controle da poluição e aplicou este índice em uma base ilustrativa de dados sobre vários rios e arroios no Alabama, EUA. O esforço pioneiro de Horton foi seguido por vários pesquisadores a fim de formular vários IQAs e seu uso tem sido fortemente defendido pelos órgãos responsáveis pelo abastecimento de água e controle da poluição da água (Bharti e Katyal, 2001).

Ao longo dos anos foram calculados vários índices, cada um com sua própria finalidade (Štambuk-Giljanović, 1999; Bharti e Katyal, 2001; Nasirian, 2007; Srebotnjak *et al.*, 2012). As diferenças básicas entre esses índices são a maneira com que seus subíndices foram desenvolvidos. Apesar da atenção que IQAs recebem na literatura científica e dos profissionais da área, não há um método único amplamente aceito e, além disso, todos os índices utilizados atualmente são restritos em sua aplicabilidade e abrangência, pois cada autor adota diferentes indicadores, pesos e subíndices (Srebotnjak *et al.*, 2012).

Os índices de qualidade utilizados neste estudo foram: NSF somatório (IQA-NSFa), NSF produtivo (IQA-NSFm), Índice de Horton (IH) e Índice de Dinius (ID), fornecendo uma comparação entre as ações humanas no âmbito dos recursos hídricos, obtendo uma visão geral da qualidade da água das regiões de nascente de três importantes arroios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. O resultado geral obtido para os índices foram comparados para identificar qual a melhor representação para a situação real dos locais de amostragem, além disso, os índices permitiram

identificar os parâmetros críticos que podem prejudicar a qualidade da água nos arroios Pampa, Estância Velha/Portão e Schmidt.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Região de estudo

As coletas foram realizadas próximo às nascentes, sendo: Ponto 1 – Arroio Pampa (29°38'28,5"S e 51°06'39,51"W, 153 m alt.); Ponto 2 – Arroio Schmidt (29°39'6,64"S e 51°4'51,23"W, 52 m alt.) e Ponto 3 – Arroio Estância Velha/Portão (29°38'17,06"S e 51°9'17,09"W, 67 m alt.).

2.2. Análises Físicas, Químicas e Biológicas

Amostras foram coletadas em cada ponto durante o inverno e a primavera de 2012. Para cada ponto de coleta foram monitorados, *in situ*, utilizando uma sonda multiparamétrica (YSI ADV6600 A2, SonTek): pH, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica. Amostras de água foram coletadas em frascos estéreis e armazenadas a 5°C para completar a avaliação na Central Analítica de Universidade Feevale.

Utilizando as metodologias determinadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Franson, 1998), foram avaliadas: a) a alcalinidade total (método titulométrico), b) fósforo total (método colorimétrico), c) indicadores microbiológicos de poluição por esgoto – coliformes totais e fecais e *Escherichia coli* (Escherichi, 1885) – pelo método de substrato enzimático, d) cloretos por titulometria, e) nitrato pelo método colorimétrico, f) cor, g) turbidez pelo método nefelométrico, h) sólidos totais (método gravimétrico), i) dureza (titulometria), j) DQO (Demanda Química de Oxigênio) pelo método titulométrico e k) DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) pelo método manométrico.

2.3. Índices de Qualidade de Água (IQAs)

A avaliação da qualidade da água pode ser definida como a análise de características físicas, químicas e biológicas da água. Neste estudo, os índices de Horton (IH) (Horton, 1965), Dinius (ID) (Dinius, 1972) e da NSF (IQA somatório e produtório) (Brown *et al.*, 1970) foram determinados de acordo com a Tabela 1, utilizando os dados físico-químicos e microbiológicos obtidos nas análises das águas de cada ponto avaliado. Estes IQAs são números adimensionais 0-100, onde “zero” indica o pior estado e 100, a mais alta qualidade. Os índices calculados, apresentados na Tabela 2, permitem comparar a qualidade da água nos pontos de amostragem avaliados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como era esperado, de acordo com a avaliação visual preliminar e os dados obtidos com as medições da sonda *in loco*, a água da região de nascente do Arroio Pampa apresentou as melhores condições de qualidade, enquanto que os demais arroios apresentaram valores numéricos inferiores para os índices avaliados.

Tabela 1 – Índices de Qualidade de Água: indicadores, fórmulas matemáticas e classificação.

Índice	Indicadores	Equação	Faixa/Classificação
Índice de Dinius (*) (Dinius, 1972)	OD%, Coliformes totais e fecais, DQO, Cloretos, Condutividade, Alcalinidade, pH, Dureza, Cor, Temperatura	$ID = \frac{1}{21} \sum_{i=1} w_i I_i$	0-49% - Inaceitável 50-59% - Duvidoso 60-80% - Necessidade de tratamento mais eficiente 81-90% - Exige purificação 91-100% - Purificação não mais necessária
Índice de Horton (Horton, 1965)	OD%, Coliformes Totais, Tratamento de esgoto (% população servida), Cloretos, Condutividade, Alcalinidade, pH, Sólidos Sedimentáveis, Temperatura	$IH = \frac{\sum_{i=1}^n w_i I_i}{\sum w_i} \cdot M_1 \cdot M_2$ w _i =peso I _i =subíndice M ₁ = fator temperatura M ₂ =fator solid. Sedim.	0-25 – Muito ruim 26-50 – Ruim 51-70 – Médio
IQA – NSF somatório	OD, Coliformes Fecais, DBO ₅ , Nitrato, Fosfato, pH, Turbidez, Sólidos Totais, Temperatura	$IQA - NSF_s = \sum_{i=1}^n w_i \cdot I_i$	71-90 – Bom
IQA – NSF produtivo (Brown <i>et al.</i> , 1970)		$IQA - NSF_p = \prod_{i=1}^n I_i^{w_i}$	91-100 –Excelente

* Sistema de contabilidade social (Dinius, 1972) – avaliação do índice considerando a qualidade de água necessária para abastecimento público.

Tabela 2 – Índices de qualidade de água determinados a partir dos valores médios obtidos para as amostras coletadas nas regiões de nascente.

Arroios	IQA/ Classificação			
	IH	ID*	IQA - NSF _s	IQA- NSF _p
Arroio Pampa	64,71 - Média	54,20 - Duvidosa	81,68 - Boa	85,21- Boa
Arroio Schmidt	60,00 - Média	50,45 - Duvidosa	67,59 - Média	62,66 - Média
Arroio Estância Velha/ Portão	64,71 - Média	50,18 - Duvidosa	83,18 - Boa	86,22 - Boa

* Os valores para o índice de Dinius foram classificados de acordo com a faixa definida para água destinada ao abastecimento público (Dinius, 1972).

Os valores calculados para o IQA – NSF somatório e produtivo são diferentes, porém mantiveram-se na mesma escala de classificação, para todos os arroios avaliados. Ambas as formas são calculadas, de acordo com Landwehr e Deininger (1976), com o objetivo de evitar problemas de resultados mascarados, que podem ocorrer quando um subíndice apresenta valores muito baixos de qualidade de água. A média geométrica é mais sensível que a aritmética para as mudanças em variáveis individuais (Bharti e Katyal, 2001). A classificação, de acordo com o IQA-NSF, indicou água de boa qualidade nos Arroios Pampa e Estância Velha/Portão, enquanto as amostras do Arroio Schmidt apresentaram qualidade média.

Para o índice de Horton (IH), todos os arroios apresentaram valores similares, e as amostras das regiões de nascente permitiram classificar as águas como de “média qualidade”. O índice de Horton é consistente com os índices da NSF, de acordo com os parâmetros adotados na sua determinação. O índice de Dinius (ID) apresentou uma avaliação diferenciada quando comparado aos demais índices, sugerindo que este seja mais acurado, por avaliar parâmetros que possam ser mais críticos que os utilizados na determinação do IH e IQA-NSF, além de considerar um maior número de indicadores (11). Por considerar a faixa correspondente a águas para abastecimento público (Dinius, 1972), visto que estão sendo avaliados os trechos iniciais de cada arroio, os três pontos de coleta apresentaram água de qualidade duvidosa.

A menor qualidade de água foi observada no Arroio Schmidt para os índices avaliados pode ser justificada pela localização do ponto de coleta. De acordo com moradores locais, o arroio Schmidt inicia vários metros acima do ponto selecionado, e há moradias nesta região, não atendidas pelo tratamento de esgotos, o que contribui para os parâmetros relacionados à carga orgânica e presença de coliformes, parâmetros considerados no cálculo de todos os índices avaliados. Diferentemente, os pontos selecionados no arroio Estância Velha/Portão e Pampa encontram-se em terrenos íngremes, de difícil acesso, onde o relevo e a vegetação nativa atuam favoravelmente, preservando a qualidade da água.

Um parâmetro que merece destaque, no cálculo do índice de Horton é o tratamento de esgoto, que considera o percentual de população atendida pelo serviço. Nas cidades envolvidas pelo estudo (Novo Hamburgo, Estância Velha, Portão e Campo Bom), o subíndice relativo ao tratamento de esgoto tem valor zero, visto que, em nenhuma delas, o tratamento, quando existente, atende o percentual mínimo de 10% da população.

Os índices da NSF consideram parâmetros importantes relacionados à eutrofização dos corpos hídricos, o nitrato e o fósforo (Dodds, 2006), estes, em áreas rurais, são afetados principalmente

pela prática agropecuária, enquanto, na área urbana, a maior contribuição é decorrente dos esgotos domésticos e industriais de ramos específicos, como as indústrias do couro, de alimentos e químicas.

O comportamento observado para os parâmetros de qualidade de água nas subbacias avaliadas revela um elevado grau de deterioração nas regiões próximas à nascente dos arroios que constituem importantes afluentes do Rio dos Sinos, principalmente devido ao grande efeito antrópico nestas áreas. Os IQAs indicaram baixa qualidade da água nos pontos analisados, situação associada à poluição causada pelo esgoto doméstico, onde a presença de coliformes fecais indica um sério déficit no saneamento básico, em especial tratamento de esgoto doméstico, no trecho inferior da BHRS, onde a concentração populacional é mais expressiva e desordenada.

4. CONCLUSÃO

Uma avaliação geral dos índices calculados apresenta uma tendência a águas de média qualidade desde os pontos iniciais de formação de três importantes subbacias do Rio dos Sinos. Embora sejam determinados diferentes índices, vale lembrar que não há um método isolado amplamente aceito, pois todos os índices existentes são restritos em sua aplicação, visto que cada autor adota diferentes indicadores e determina diferentes pesos e subíndices.

Os resultados dos índices revelam um cenário preocupante em que os trechos iniciais de formação dos arroios avaliados já apresentam problemas de qualidade de água, mesmo em diferentes municípios da região. A aplicação destes índices para avaliação dos arroios em toda a sua extensão, até a foz, no Rio dos Sinos, associada à determinação de outros índices, bem como o desenvolvimento de um índice específico para a Bacia do Rio dos Sinos poderá contribuir para o emprego de ferramentas de gerenciamento, a fim de melhorar as condições de qualidade da água nos arroios estudados e em todos os corpos hídricos da Bacia.

De um modo geral, a área da região das nascentes está sofrendo o efeito das atividades humanas e necessitam de melhor gerenciamento, implementação de projetos que envolvam conscientização ambiental nas comunidades do entorno, intensificando a preocupação com a preservação, além de um acompanhamento eficaz por parte das autoridades e a execução de projetos e políticas públicas que privilegiem a questão do saneamento básico.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem à FINEP, FAPERGS, CNPq e CAPES pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

BLUME, K.K.; MACEDO, J.C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L.B.; QUEVEDO, D.M.; RODRIGUES, M.A.S. (2010). Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil, *Brazilian Journal of Biology* 70, pp. 1185-1193.

BHARTI, N.; KATYAL, D. (2001). Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. *International Journal of Environmental Sciences* 2(1), pp. 154-173.

- BRASIL (2005). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 03/2005. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2012.
- BROWN, R.M.; McCLELLAND, N.I.; DEININGER, R.A.; TOZER, R.G. (1970). A water quality index: do we dare? *Water and Sewage Works* 117, pp. 339-343.
- CHOWDHURY, R.M.; MUNTASIR, S.Y.; HOSSAIN, M.M. (2012). Water Quality Index of water bodies along Faridpur-Barisal Road in Bangladesh. *Global Engineers & Technologists Review* 2(3), pp. 1-8.
- DINIUS, S.H. (1972). Social Accounting System for Evaluating Water Resources. *Water Resources Research* 8(5), pp. 1159-1177.
- DODDS, W.K. (2006). Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnology and Oceanography* 51(1,2), pp. 671-680
- FEPAM (2009) Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em dez.2012.
- FRANSON, M.A.H. (Manag) (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition.
- HORTON, R.K. (1965). An index-number system for rating water quality. *Journal Water Pollution Control Federation* 37(3), pp. 300-306.
- LANDWEHR, J.M.; DEININGER, R.A. (1976). A comparison of several water quality indexes, *Journal of Water Pollution Control Federation* 48(5), pp. 954-958.
- MACEDO, J.C. (2009). *Monitoramento da qualidade das Águas do Rio dos Sinos*. Novo Hamburgo: Centro Universitário Feevale, 184 p. [Dissertação de Mestrado].
- NASIRIAN, M. (2007). A New Water Quality Index for Environmental Contamination Contributed by Mineral Processing: A Case Study of Amang (Tin Tailing) Processing Activity. *Journal of Applied Sciences* 7, pp. 2977-2987.
- OTT, W.R. (1978). *Water Quality Indices: A Survey of Indices Used in the United States*. U.S. Environmental Protection Agency *Office of Research and Development*, Washington, D.C.
- PETRY, A.C.; SCHULZ, U.H. (2006). Longitudinal changes and indicator species of the fish fauna in the subtropical Sinos River, Brazil. *Journal of Fish Biology* 69, pp. 272-290
- SEMA, 2010. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Portal do Meio Ambiente RS. Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=56&cod_conteudo=5865>. Acesso em jan.2013.
- SREBOTNJAK, T.; CARR, G.; SHERBININ, A.; RICKWOOD, C. (2012). A global Water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. *Ecological Indicators* 17, pp. 108-119.
- ŠTAMBUK-GILJANOVIĆ, N. (1999). Water quality evaluation by index in Dalmatia. *Water Research* 33(16), pp. 3423-3440.
- TUNDISI, J.G. (2003). Recursos hídricos. *MultiCiência* 1, pp. 1-15.
- WEBER, P.; BEHR, E.R.; KNORR, C.L.; VENDRUSCOLO, D.S.; FLORES, E.M.M.; DRESSLER, V.L.; BALDISSEROTTO, B. (2013). Metals in the water, sediment, and tissues of two fish species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river. *Microchemical Journal* 106, pp. 61-66.