



MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA SUB-BACIA DO ARROIO MAESTRA, CAXIAS DO SUL - BRASIL

Vânia Elisabete Schneider – veschnei@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Cidade Universitária – Bloco V – Sala 206
95020-972 – Caxias do Sul - RS

Roger Vasques Marques – rogermarquesea@gmail.com

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental

Taison Anderson Bortolin – taisonbortolin@yahoo.com.br

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental

Resumo: *O crescente aumento da população mundial, pareado com o anseio por uma melhor qualidade de vida, pressiona o setor produtivo a produzir cada vez mais e melhor. Centros urbanos foram originalmente fundados próximos a nascentes e/ou rios de modo a melhor aproveitar a oferta de água, com a expansão das práticas industriais, os impactos ambientais nos corpos hídricos foram acumulando ao longo dos anos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi implantar e executar o monitoramento das águas superficiais da sub-bacia do Arroio Maestra na cidade de Caxias do Sul/RS/Brasil, utilizando o Índice de Qualidade de Água (IQA) e o Índice de Toxicidade (IT) como ferramentas para avaliação de riscos e auxílio na tomada de decisões. A área de estudo foi compreendida dentro do território da cidade de Caxias do Sul/RS, tomando como pontos de monitoramento (Ponto 1) um ponto próximo a nascente e o segundo a jusante do reservatório de abastecimento público (Ponto 2), avaliando parâmetros físicos, químicos e biológicos, além dos parâmetros toxicológicos nitrogênio amoniacal, nitrito, fenol, cianeto, chumbo, níquel e zinco durante um ano de estudo. No Ponto 1, a qualidade da água encontrada foi classificada como regular ou boa em 89% do tempo, sendo que os índices toxicológicos encontrados foram baixos em mais de 65% do período. Já no Ponto 2, a qualidade da água variou entre ruim a regular na maior parte do ano, apontando como prováveis poluentes toxicológicos, fontes domésticas, agrícolas e industriais.*

Palavras-chave: *Índice de Qualidade de Água; Índice de Toxicidade; Poluentes industriais; Urbanização; Rios Urbanos.*



SUPERFICIAL WATER MONITORING OF MAESTRA STREAM WATERSHED, CAXIAS DO SUL - BRAZIL

Abstract: *The increasing population of the world coupled with a desire for a better life quality, presses the productive sector to produce more and better. Urban centers were originally founded near springs and/or rivers in order to better take advantage of the water supply, and with the rise of the industries practices, environmental impacts of water bodies have been stacked over the years. Henceforth, the objective of this work was to implement and execute a superficial water monitoring of Maestra Stream watershed in the city of Caxias do Sul/RS/Brazil, using Water Quality Index (WQI) and Toxicity Index (TI) as tools to risk assessment and support in the decision-making. The area of study was within Caxias do Sul territory, choosing as monitoring points (Spot 1) a spot near the stream spring and a second one downstream the water public reservoir (Spot 2), assessing physical, chemical and biological indicators, and several toxicity indicators like ammoniac nitrogen, nitrite, phenol, cyanide, lead, nickel and zinc during a year of study. On Spot 1, the water quality was labeled as Regular or Good in 89% of the time, and the TI was considered as Low in more than 65% of the period. However, in Spot 2, the water quality ranged between Bad and Regular in the majority of the year, suggesting the domestic, agricultural and industrial activities as probable sources.*

Keywords: *Water Quality Index; Toxicity Index; Industrial Pollutants; Urbanization; Urban Rivers.*

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea vive um momento de alto crescimento demográfico. A população mundial deve ultrapassar 9 bilhões de habitantes no ano de 2050. Não obstante do consequente aumento da demanda por recursos naturais, a busca por qualidade de vida pressiona ainda mais os setores produtivos por uma maior diversidade de produtos e por uma maior qualidade, refletindo no consumo de energia para atividades industriais e uso doméstico (GODFRAY et al., 2010).

Tendo os problemas ambientais entrado em pauta nas reuniões dos blocos gestores somente nas últimas décadas da história, período significativamente posterior a fundação de grandes centros urbanos, é possível identificar uma proporcionalidade entre o desenvolvimento urbano e a degradação ambiental dos recursos no seu entorno. Esse problema é agravado quando são avaliadas áreas urbanas situadas próximas de nascentes, onde existe uma fragilidade ambiental passiva e um determinado perímetro de proteção deveria ter sido instalado antes da fundação das cidades.

Dessa forma, medidas de controle em cidades com importante desenvolvimento urbano, agrícola e industrial é essencial para a manutenção da qualidade ambiental e qualidade de vida da população. O município de Caxias do Sul, na serra do Estado do Rio Grande do Sul, vem buscando lugar de destaque entre os grandes municípios do Estado pelo constante anseio em aplicar políticas públicas para a conservação dos recursos naturais por intermédio de monitoramento constante dos recursos hídricos, servindo como ferramenta de apoio a tomada de decisões para manutenção da qualidade ambiental, atração de novos investimentos e apoio de seus habitantes com políticas de conscientização.

Dentre as diversas sub-bacias contidas no território de Caxias do Sul, a sub-bacia hidrográfica do Arroio Maestra tem um importante diferencial das demais pois nesse sistema está instalado o reservatório de abastecimento público Maestra, apresentando características rurais com ascendente urbanização no seu entorno. Assim, existe uma grande preocupação dos órgãos públicos em manter os parâmetros de qualidade da água e toxicidade em níveis aceitáveis, de modo a manter o abastecimento público ininterrupto.

Diferentemente de reservatórios, rios são ecossistemas complexos em constante movimento, e conseqüentemente, há uma ampla faixa de variação de seus parâmetros bióticos e abióticos. Esse movimento constante de volume de água garante aos rios um potencial único de degradação de poluentes através do fenômeno da autodepuração. No entanto, essa capacidade possui um limiar no qual precisa ser respeitado para garantir o funcionamento do rio como um sistema natural de degradação de poluentes.

Tendo em vista a complexidade da interação entre parâmetros físicos, químicos e biológicos que regem a capacidade de depuração de um corpo hídrico, diversos modelos matemáticos vêm sendo propostos a fim de proporcionar um índice global de qualidade de água que envolvam de forma significativa todas essas variáveis e que ao mesmo tempo gere uma resposta de interpretação rápida da qualidade da água naquele corpo hídrico. Dessa forma, a Fundação Nacional de Saneamento dos Estados Unidos (NSF - do inglês) estabeleceu um Índice de Qualidade de Água (IQA) para corpos hídricos, integrando nove parâmetros físico-químicos e microbiológicos, designando pesos específicos para cada parâmetro de forma a obter um coeficiente global que reflita a influência desses fatores na água.

Um outro parâmetro de controle do estado sanitário de um ambiente aquático é o Índice de Toxicidade (IT), comumente aplicado como ferramenta de gestão de recursos hídricos e avaliação de riscos de rios (CARAFA *et al.*, 2011). Sua concepção baseia-se em caracterizar a toxicidade como sendo de baixa até alta, pela comparação entre padrões de qualidade pré-definidos pelos limites definidos nas classes de enquadramento dos corpos hídricos na Deliberação Normativa Conjunta (COPAM/CERH n°01/2008), baseadas na Resolução n° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente



(CONAMA) com as concentrações de alguns agentes potencialmente tóxicos, como nitrogênio amoniacal, nitratos, fenóis, chumbo, cromo, etc. (BRASIL, 2005).

Abordados esses aspectos, o objetivo desse estudo foi implantar e executar o monitoramento das águas superficiais da sub-bacia do Arroio Maestra na cidade de Caxias do Sul/RS/Brasil, utilizando o IQA e IT como ferramentas para avaliação de riscos e auxílio na tomada de decisões.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo e pontos de monitoramento

O estudo foi realizado no município de Caxias do Sul (Latitude: 29° 10' 4'' S; Longitude: 51° 10' 46'' O; Altitude: 782m), localizado na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul com um território de 1.652,31 km² e uma população estimada de 474.853 habitantes em 2015 (IBGE, 2016). Aproximadamente 96% da população vive na área urbana e 4% na área rural. As principais atividades compreendem indústria têxtil, indústria de transformação de plásticos, polo metal mecânico, hortifrutigranjeiros, suinocultura, avicultura e pecuária.

A Figura 1 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Arroio Maestra e os pontos de coleta de amostras. O ponto 1 - P1 (Maestra 1) está localizado na nascente do Arroio Maestra a montante do reservatório de abastecimento público, em uma área de mata preservada. O ponto 2 - P2 (Maestra 2) está localizado a jusante do reservatório e recebe contribuição da rede de drenagem de diversos bairros e loteamentos do município. Os pontos foram selecionados baseados em estudos prévios durante o planejamento do monitoramento, facilidade de acesso, contraste entre um ambiente com intervenção antrópica mínima (contando, portanto, somente com possível poluição difusa) e um após percorrer uma área de concentrada urbanização.

A sub-bacia do arroio Maestra compreende uma área de 53,68 km², sendo metade da área com espalhada atividade agropastoril, 37% da área caracteriza-se como mata nativa, 12% como área urbanizada e o 1% restante é caracterizado por lâmina d'água (reservatório Maestra). O monitoramento foi realizado em campanhas mensais durante o ano de 2014.

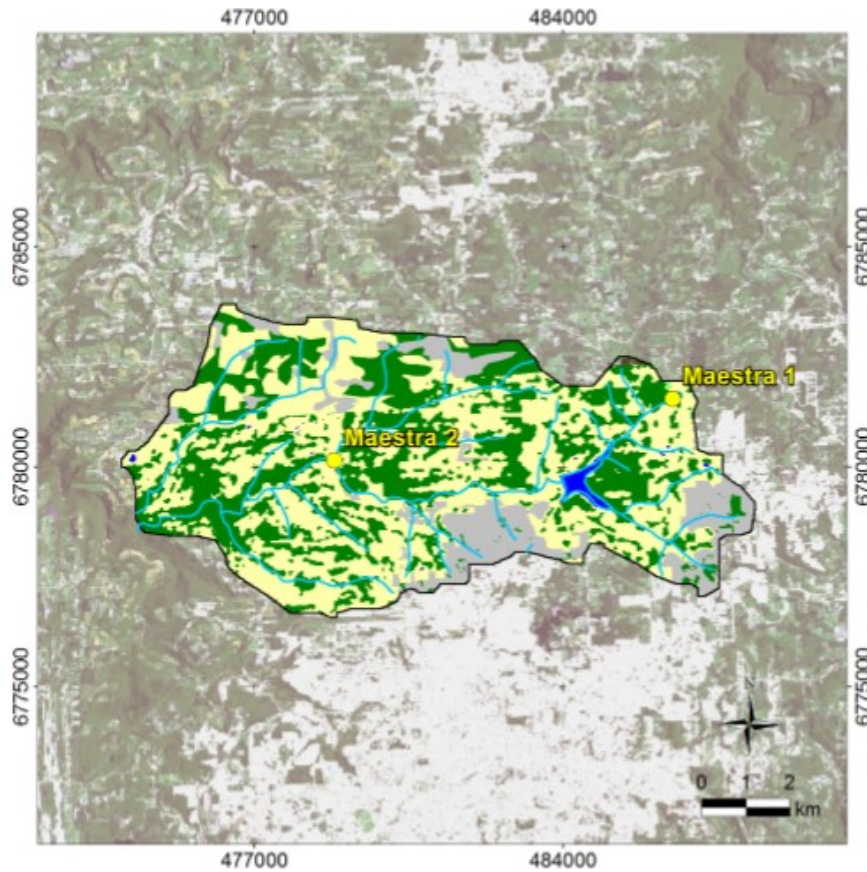
2.2. Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA foi calculado conforme Equação (1), sendo que o valor do IQA varia entre 0 e 100; “ w_i ” é o índice parcial do parâmetro “ i ”; “ q_i ” é o peso atribuído ao parâmetro “ i ” variando entre 0 e 1. Os pesos parciais de cada parâmetro seguiram a legislação brasileira vigente para cálculo do IQA de rios (SAO PAULO, 2009). De acordo com o WQI calculado, foram atribuídas cinco categorias para a qualidade das águas avaliadas, sendo consideradas “ótima” (91-100), “boa” (71-90), “regular” (51-70), “ruim” (26-50) e “péssima” (0-25).

(1)

$$IQA = \sum_{i=1}^9 q_i w_i$$

Figura 1 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da sub-bacia do Arroio Maestra e os pontos de monitoramento



Legenda:

 Mata Nativa	 Área urbana
 Estepe gramíneo lenhosa	 Lâmina d'água
 Silvicultura	 Uso agropastoril

2.3. Análises físico-químicas

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos foram avaliados em duas frentes de trabalho. Variáveis que pudessem sofrer interferência nos seus resultados por ventura da coleta, transporte e armazenamento das amostras, tiveram seus valores determinados a campo no momento da coleta por instrumentos previamente calibrados. Dessa forma, temperatura da água, temperatura do ar, oxigênio dissolvido e pH foram determinados através de sonda multiparâmetro (modelo U-50; Horiba®).

Para a determinação dos demais parâmetros, amostras foram coletadas e armazenadas em caixas térmicas com gelo e transportadas para o laboratório de análise em período inferior a três horas, conforme metodologia recomendada pela American Public and Health Association (APHA, 2012). A Tabela 1 apresenta os parâmetros analisados e as metodologias empregadas para sua determinação.



Tabela 1 - Parâmetros e metodologias de análise empregadas para determinação do IQA e IT

Parâmetro	Unidade	Metodologia
pH	-	Potenciometria
Temperatura da Água	°C	Termometria
Temperatura do Ar	°C	Termometria
Condutividade	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Eletrometria
Oxigênio Dissolvido	$\text{mg O}_2.\text{L}^{-1}$	Eletrodo de membrana
Turbidez	NTU	Nefelometria
Sólidos Totais	mg.L^{-1}	Cone Imhoff
DBO	$\text{mg O}_2.\text{L}^{-1}$	Diluição e incubação a 20°C por 5d
NTK	mg N.L^{-1}	Nesslerização com destilação prévia
Nitrogênio Amoniacal	$\text{mg NH}_3.\text{L}^{-1}$	Nesslerização com destilação prévia
Fósforo Total	mg P.L^{-1}	Colorimetria com Ác. ascórbico
Escherichia coli	NMP.100mL^{-1}	Tubos múltiplos
Nitrato	mg.L^{-1}	Ác. Fenoldissulfônico
Nitrito	mg.L^{-1}	Sulfanilamida e N-(1-Naftil) etilenodiamida
Fenol	mg.L^{-1}	Colorimetria
Cianeto	mg.L^{-1}	Titulometria
Chumbo	mg.L^{-1}	Absorção atômica de chama
Níquel	mg.L^{-1}	Absorção atômica de chama
Zinco	mg.L^{-1}	Absorção atômica de chama

2.4. Índice de Toxicidade

Para determinação do IT foram considerados os parâmetros: nitrogênio amoniacal, nitratos, fenol, cianetos, chumbo, cromo, níquel e zinco. As classificações de toxicidade foram atribuídas conforme o Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), pela deliberação normativa conjunta nº 01 de 05 de maio de 2008, partindo de baixa toxicidade com a concentração até 20% do padrão, média toxicidade quando a concentração de tóxicos se encontra entre 20% a 100% do padrão e por fim, foi considerada alta concentração de tóxicos quando as amostras apresentaram concentrações acima de 100% do normal (BRASIL, 2005; MINAS GERAIS, 2008).

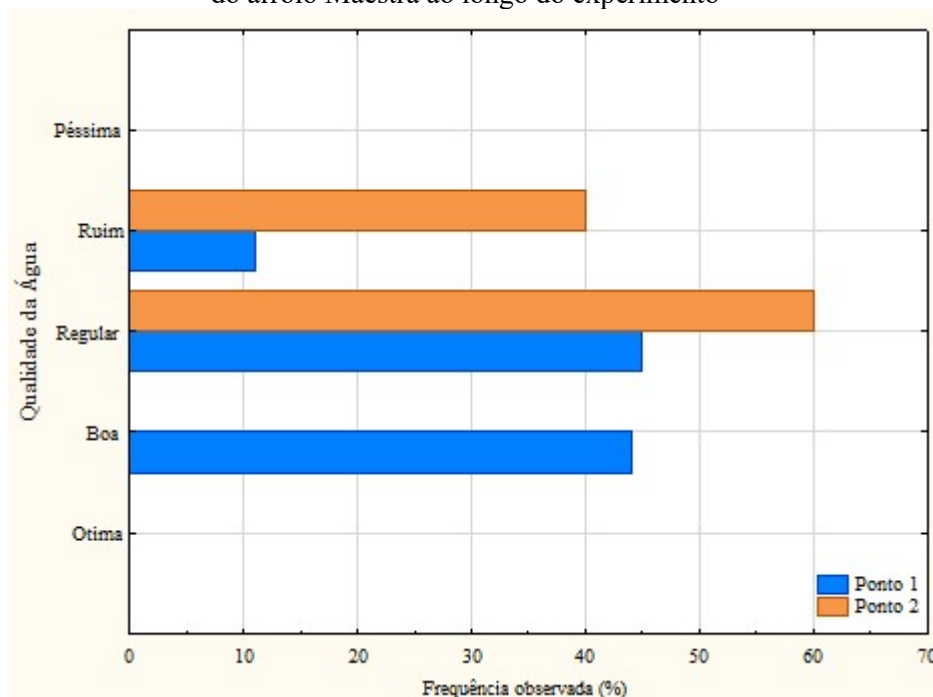
A vazão do corpo hídrico foi monitorada utilizando molinete medidor de vazão da marca Sontek®, modelo ADV Flow Tracker.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o IQA próximo a nascente do arroio Maestra (Ponto 1) e a jusante do reservatório de abastecimento urbano (Ponto 2) estão apresentados na Figura 2. A Figura 3 apresenta as vazões observadas em ambos os pontos de monitoramento ao longo do período de estudo. Através da Figura 2, é possível observar que em 89% das campanhas a qualidade da água do arroio pôde ser classificada como regular ou como boa para o P1. Em 11% das vezes foi identificado água de qualidade ruim, fato que pode ser atribuído nas altas abrupções da vazão, quando o arroio recebeu uma maior carga de compostos pela lavagem do solo e descarga de poluentes (Figura 3). Avaliando o Ponto 2, é possível observar que o IQA apresentou como qualidade majoritária a classificação “regular” (60%) sendo que em 40% do tempo a qualidade das águas pôde ser classificada como “ruim”. Os parâmetros mais críticos foram coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio total e sólidos totais, sendo a fonte mais provável a descarga de esgoto doméstico (ASTARAIE-IMANI et al., 2012).

Este fenômeno também foi encontrado por Mbuligwe & Kaseva (2005) que estudaram a capacidade de autodepuração de um rio com trechos urbano na Tanzânia, apoiando a premissa da importância em considerar os piores cenários possíveis em corpos hídricos ao trabalhar com ferramentas de gestão ambiental, de forma a evitar que o limiar de resiliência seja extrapolado ao instalar um determinado empreendimento em casos de alta descarga de poluentes como em eventos de alto índice pluviométrico.

Figura 2 - Frequência de classificação de qualidade da água observada nos pontos de monitoramento do arroio Maestra ao longo do experimento



Pareando esses resultados com o IT, apresentados na Figura 4, e avaliando conjuntamente o mapa de uso e ocupação do solo (Fig. 1) podemos atribuir como principal agente causador de poluição nessa redondeza a atividade agrícola, pois em 33% das campanhas o IT encontrado foi classificado como médio principalmente pela concentração elevada de nitrato, componente derivado de fertilizantes agrícolas que é a atividade predominante na região da nascente do arroio Maestra (SUTHAR et al., 2010).

Também foram identificadas concentrações significativas de zinco e fenol, provavelmente oriundas do polo metal mecânico da cidade, indicando que medidas de controle de emissão desses poluentes precisam ser tomadas junto as indústrias locais de modo a reduzir essas concentrações. Li *et al.* (2016) investigaram o risco de poluição de alguns poluentes industriais em águas superficiais e sedimentos da região Nordeste da China e relatam que fenóis é uma classe de composto químico que tem concentração proporcional a atividade industrial de uma determinada localidade, indicando potencial risco ecológico. A presença de zinco em águas superficiais é acentuada em rios com trechos correntes em áreas altamente urbanizadas, usualmente a fonte geradora é a construção civil, que utiliza materiais ricos em zinco, seja na forma neutra ou como sais de zinco. Além disso, o zinco pode ser proveniente de erosão de alguns tipos de solo que possuam significativa concentração desse metal (Le PAPE *et al.*, 2014).

Figura 3 - Variação da vazão nos pontos de monitoramento do arroio Maestra ao longo do período de estudo

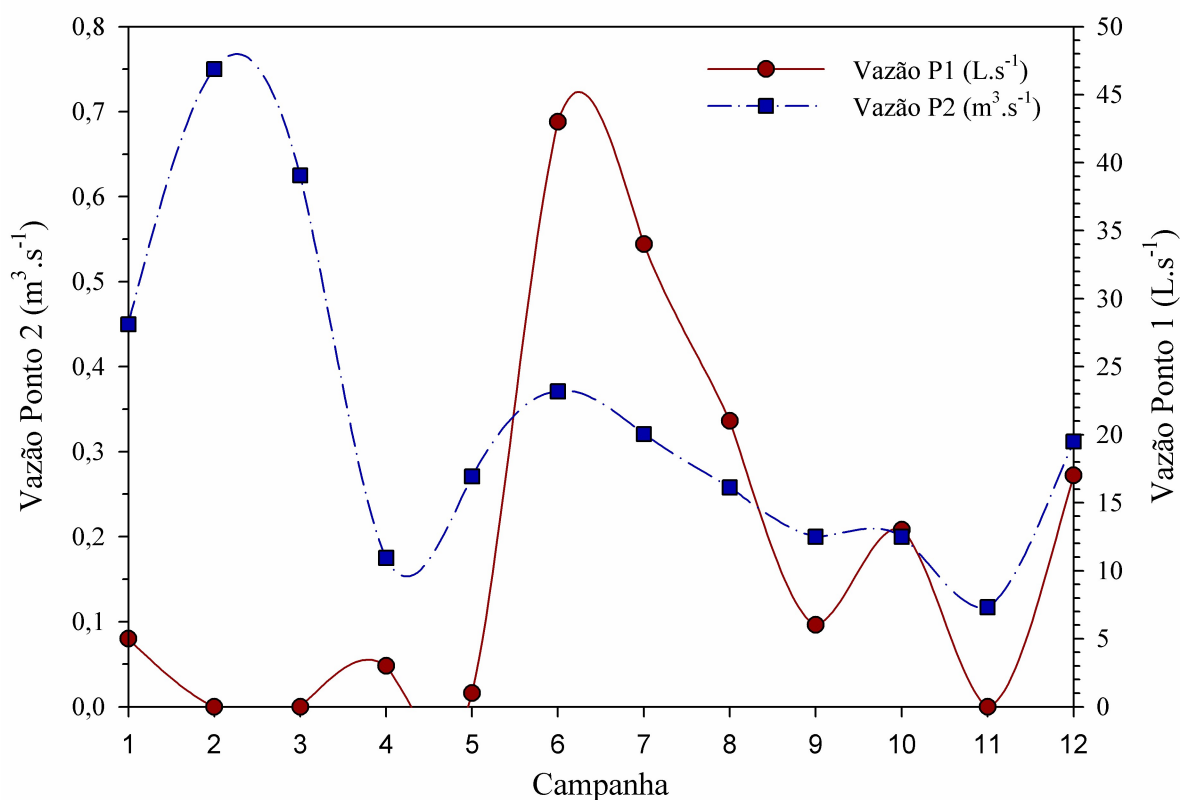
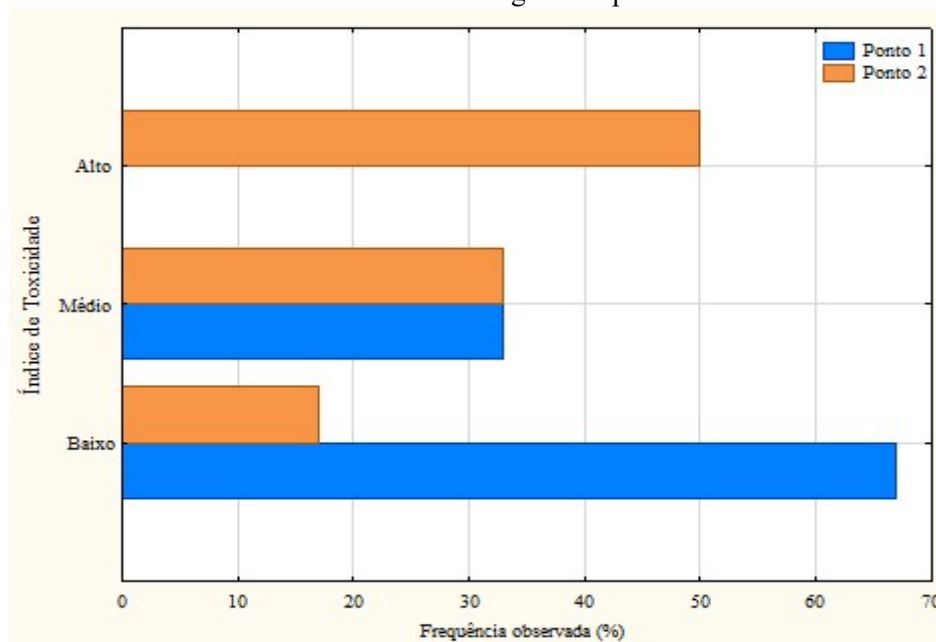


Figura 4 - Frequência de classificação do índice de toxicidade observado nos pontos de monitoramento do arroio Maestra ao longo do experimento



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos nesse trabalho é possível concluir que o monitoramento de rios, especialmente aqueles com trechos em áreas com alta densidade urbana, serviu como ferramenta importante para identificar a descarga de compostos poluentes e a qualidade do arroio Maestra em Caxias do Sul, gerando índices que sintetiza o estado real do sistema hídrico, podendo assim gerar respostas rápidas para a tomada de decisões do grupo gestor no intuito de desenvolver a região de maneira sustentável, estabelecendo áreas onde o ambiente possui capacidade de absorver impactos ambientais sem afetar a resiliência do sistema.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de pesquisa e apoio financeiro que tornaram essa pesquisa possível.

5. REFERÊNCIAS

American Public Health Association - APHA. **Standard methods for the examination of water & wastewater**. Pharmabooks, 22ª Ed, APHA, São Paulo, 2012.

ASTARAIE-IMANI, M.; KAPELAN, Z.; FU, G.; BUTLER, D. Assessing the combined effects of urbanization and climate change on the river water quality in an integrated urban wastewater system in the UK. **Journal of Environmental Management**. v.112, p.1-9, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/2005**. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília/DF. 2005.



CARAFÁ, R.; FAGGIANO, L.; REAL, M.; MUNNÉ, A.; GINEBREDA, A.; GUASH, H.; FLO, M.; TIRAPU, L.; DER OHE, P.C.V. Water toxicity assessment and spatial pollution patterns identification in a Mediterranean River Basin District. Tools for water management and risk analysis. **Science of the Total Environment**, v.409, n.20, p. 4269-4279, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Cidade-Brasil**. Disponível em: <<http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-caxias-do-sul.html>> Acesso em: 15 jul. 2016.

GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v.327, n.5967, p.81-818, 2010.

LE PAPE, P.; QUANTIN, C.; MORIN, G.; JOUVIN, D.; KIEFFER, I.; PROUX, O.; GHANBAJA, J.; AYRAULT, S. Zinc speciation in the suspended particulate matter of an urban river (Orge, France): Influence of seasonability and urbanization gradient. **Environmental Science & Technology**. v.48, n.20, p.11901-11909, 2014.

LI, B.; LIU, R.; GAO, H.; TAN, R.; ZENG, P.; SONG, Y. Spatial distribution and ecological risk assessment of phthalic acid esters and phenols in surface sediment from urban rivers in Northeast China. **Environmental Pollution**. 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.05.022

MBULIGWE, S.; KASEVA, M. Pollution and self-cleansing of an urban river in a developing country: A case study in Dar es Salaam, Tanzania. **Environmental Management**. v.36, n.2, p.328-342, 2005.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM. **Deliberação Normativa nº1 de 05 de maio de 2008**. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como padrões de lançamento de efluentes. Belo Horizonte, MG. 2008.

SAO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo**. Apêndice C. São Paulo, 2009.

SUTHAR, S.; SHARMA, J.; CHABUKDHARA, M.; NEMA, A. Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: Impact of industrial and urban wastewater. **Environmental Monitoring Assessment**. v.165, n.1, p.103-112, 2010.