

Panorama do uso, distribuição e contaminação das águas superficiais no Arroio Pampa na bacia do Rio dos Sinos

Overview of use, distribution and pollution of surface water in Arroio Pampa in Rio dos Sinos Basin

Carlos Augusto do Nascimento

Professor do ICET – FEEVALE
RS 239, 2755 – Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93352-000
nascimento@feevale.br

Roberto Naime

Professor do ICET – FEEVALE
RS 239, 2755 – Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93352-000
rnaime@feevale.br

Resumo

A intervenção antrópica nos mananciais hídricos superficiais é intensa e decisiva. Em função da própria urbanização, com a produção de efluentes domésticos em grande quantidade, com elevada carga orgânica de poluentes e devido as atividades de industrialização, que produzem efluentes industriais com grande quantidade de metais pesados, o padrão de qualidade dos recursos hídricos superficiais se reduz drasticamente. O resultado é uma redução da qualidade de vida das populações nestas bacias hidrográficas, que ficam extremamente expostas a aquisição de doenças infecto-contagiosas e à exposição a agentes carcinogênicos e teratogênicos representados pelos metais pesados. Arroios que passam por centros urbanos, via de regra, carregam em suas águas esgoto doméstico e efluentes industriais. Embora a legislação ambiental brasileira determine o monitoramento, e a classificação destes corpos hídricos, com posterior publicação dos resultados obtidos, na maioria dos casos isto efetivamente não ocorre. O arroio Pampa com a maior parte do seu território no município de Novo Hamburgo – RS – Brasil, passa por bairros densamente habitados, tem todo o esgoto doméstico destes bairros escoado por suas águas, é corpo receptor de efluentes industriais, e apesar de ter sua

Abstract

The human intervention in surface water fountains is intense and decisive. In light of the urbanization, with the production of household waste in large quantities with high organic load of pollutants and because the activities of industrialization, which produce industrial effluents with high quantity of heavy metals, the standard of quality of the water surface is reduced drastically. The result is a reduction in quality of life in these basins, which are highly exposed to acquisition of infectious diseases and exposure to carcinogenic agents and teratogenics represented by heavy metals. Rivers which pass through urban centres, a rule, carry in their waters domestic sewage and industrial effluents. Although the Brazilian environmental law determines the tracking, and classification of these water bodies, with subsequent publication of the results, in most cases this does not occur effectively. The Arroio Pampa with most of its territory in the municipality of Novo Hamburgo - RS - Brazil, passing through densely populated neighborhoods, has every domestic sewage disposed of these neighborhoods by its waters, is receiving corps of industrial effluents, and despite having his mouth to approximately 1.5 km from the point of water for consumption of more than 250,000 people, it is typical example of this situation. This paper discusses the panorama of uses, distribution and contamination of surface waters from the focus on studies in Arroio Pampa,

foz a aproximadamente 1,5 km do ponto de captação de água para o consumo de mais de 250.000 pessoas, é exemplo típico desta situação. Este trabalho discute o panorama dos usos, distribuições e contaminações das águas superficiais a partir do enfoque em estudos no arroio Pampa, situado na bacia do Rio dos Sinos na região metropolitana de Porto Alegre.

located in the basin of Rio dos Sinos in the metropolitan area of Porto Alegre.

Palavras-chave: águas superficiais, recursos hídricos, poluição.

Key words: surface water, water resources, pollution.

1. Introdução

A água é um bem natural considerada renovável, mas necessita de uso responsável e otimizado, que garanta a continuidade do ciclo hidrológico. A escassez dos recursos hídricos projetado frente ao aumento da população e a crescente poluição doméstica ou industrial determinam a necessidade de monitoramento da qualidade das águas, com a finalidade de propor medidas que auxiliem na melhoria dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos.

Centros urbanos densamente povoados, geralmente identificados com a ocupação desordenada, impulsionada pela migração populacional da zona rural, geram conflitos com a gestão hídrica, que resulta em interesse cada vez maior pela abordagem sistêmica do gerenciamento da qualidade da água (Cunha *et al.*, 2005).

Este trabalho faz um levantamento bibliográfico das condições de uso, distribuição e contaminação das águas superficiais em geral, buscando contextualizar a situação em função de estudos específicos realizados na bacia do Arroio Pampa que é um afluente do Rio dos Sinos.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho realiza uma resenha a partir de um conjunto de levantamentos bibliográficos dos usos e distribuição da água no mundo e estabelece um panorama das águas superficiais no mundo, com uma contextualização a partir do Arroio Pampa, integrante da bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Foram utilizadas pesquisas bibliográficas, o sistema COMUT das bibliotecas, acessos a Internet em artigos, relatórios e dados de publicações e legislações pertinentes aos recursos hídricos superficiais em vigência no território brasileiro.

3. Distribuição e usos das águas

A água cobre mais de 2/3 da superfície terrestre, enquanto oceanos representam 97,5% deste total, e suas águas classificadas como salinas, portanto imprópria para consumo humano, insumo industrial ou uso agrícola *in natura*. A dessalinização é operação de alto custo financeiro, tornando momentaneamente inviável sua utilização em grande escala, embora alguns países do oriente médio a façam (Barlow e Clarke, 2003; Noronha *et al.*, 2006; Tucci *et al.*, 1997).

Apesar de ser pequena a parcela de ocorrência de água doce superficial, é nela que vive 41% de todas as espécies de peixes (Barlow e Clarke, 2003), o que demonstra a importância da preservação da qualidade da água superficial, não só pela preservação da espécie humana, mas para a sobrevivência de muitas formas de vida. A distribuição da água no planeta, conforme suas características e o espaço onde está armazenada é apresentada na Figura 1.

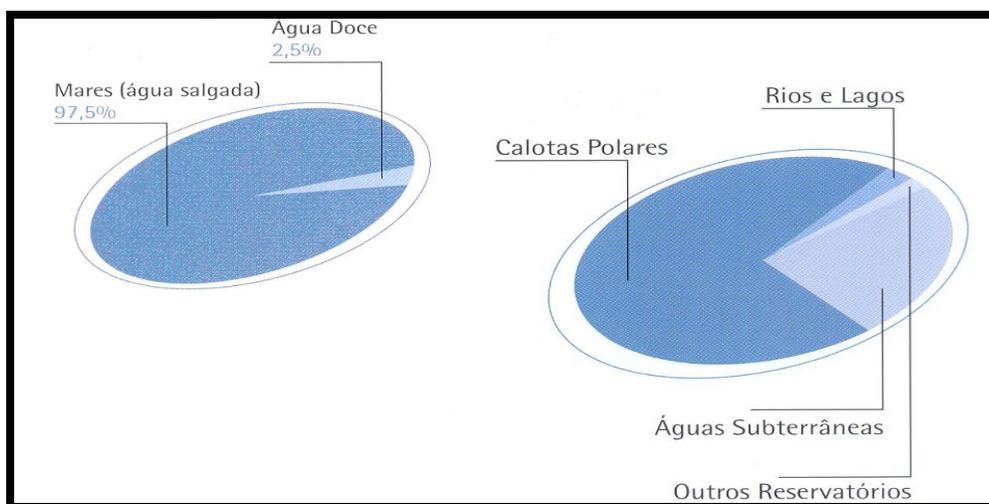


Figura 1: Distribuição da água no mundo por características e sua localização no espaço.
Fonte: Noronha *et al.* (2006).

A quantidade de água superficial e de fácil acesso é de 0,27%, e está distribuída entre rios, charcos, pântano e arroios. A água doce é ainda encontrada nas geleiras e lençóis polares, assim como na atmosfera (Noronha *et al.*, 2006; Tucci *et al.*, 1997; Braga *et al.*, 2006).

Os elementos químicos encontrados no meio ambiente sofrem constantes modificações envolvendo atividades biológicas, químicas e fenômenos geológicos, denominados ciclos biogeoquímicos, entre eles está a água e seu ciclo (Branco e Murgel, 1997).

A água na forma gasosa, quando em grande quantidade na atmosfera, ao sofrer resfriamento condensa-se, formando nuvens e conseqüentemente a precipitação na forma de chuvas. Este sistema propicia grande mobilidade, fazendo com que uma nuvem formada em determinada região, em função dos ventos, pode precipitar na forma de chuva em local distante.

Estas propriedades não garantem disponibilidade de água em todas as regiões do planeta, pois sua ocorrência é irregular temporal e espacialmente, sofrendo muita influência de ciclos climáticos. A circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, ocorre em dois sentidos, no sentido superfície atmosfera, fundamentalmente na forma de vapor, e no sentido atmosfera superfície, fundamentalmente na forma de chuva e neve (Tucci *et al.*, 1997).

O ciclo hidrológico representado na Figura 2 é o fenômeno da mudança de estado físico da água entre a superfície terrestre e a atmosfera em ciclo fechado a nível global, tendo o sol como fonte de energia, associado à gravidade e a rotação terrestre (Tucci *et al.*, 1997).

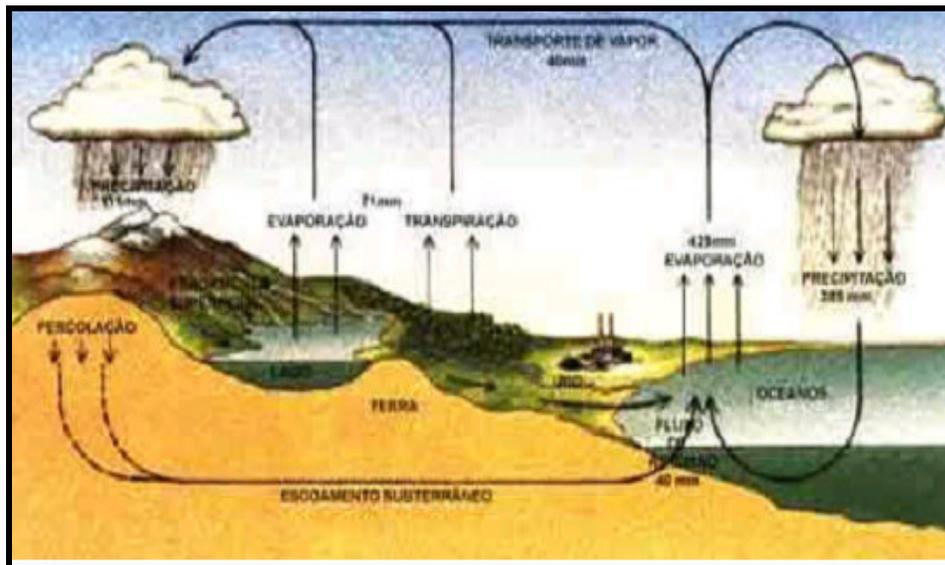


Figura 2: Representação do ciclo hidrológico.

Fonte: Universidade da Água (2007).

Os oceanos por constituírem a maior porção de água, propiciam a maior parte da evaporação da água para a atmosfera. Rios, lagos e solos também contribuem para este processo, assim como os vegetais, que através da transpiração de suas folhas, que com área muito superior a do solo, desempenha importante papel neste ciclo. A soma destes fenômenos denomina-se evapotranspiração (Pinto *et al.*, 2003).

Segundo Barlow e Clarke (2003), na península Árabe a retirada de água do subsolo é quase três vezes maior que o reabastecimento. Na China, um declínio abrupto inesperado no suprimento de água para a agricultura, pode levar à escassez de grãos, porque a água que antes era usada na produção de alimentos está sendo transferida do uso agrícola para suprir as necessidades de abastecimento dos centros urbanos e das indústrias. Isto ocorre porque com a mesma quantidade de água usada, a indústria gera 60 vezes mais recursos financeiros.

O Brasil, país privilegiado em recursos hídricos, apresenta o maior fluxo interno de recursos hídricos do mundo com $177.900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e possui 12% da água doce disponível no planeta (Noronha *et al.*, 2006). Na Figura 3, é apresentada a disponibilidade hídrica por habitante no território brasileiro.

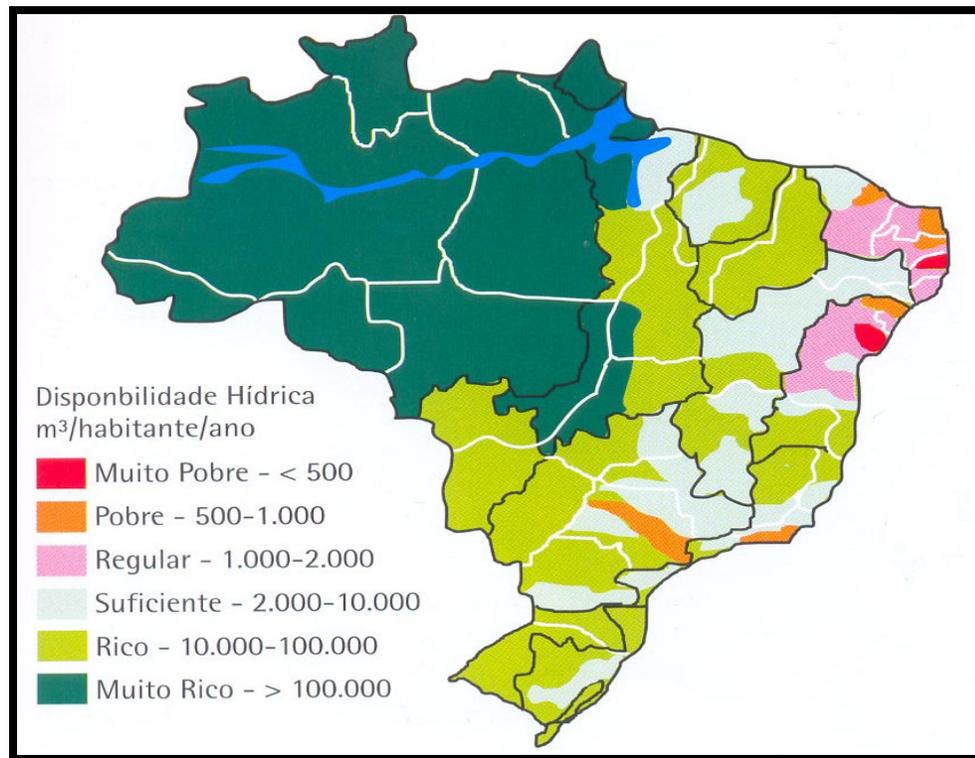


Figura 3: Disponibilidade hídrica no Brasil m³/habitante/ano.

Fonte: Noronha et al. (2006).

Para que se possa quantificar o uso, de acordo com tendência mundial, dividi-se os usuários da água por grupos ou setores, que fundamentalmente são três: agrícola, industrial e doméstico. O consumo médio nos continentes por setor está representado na Figura 4.

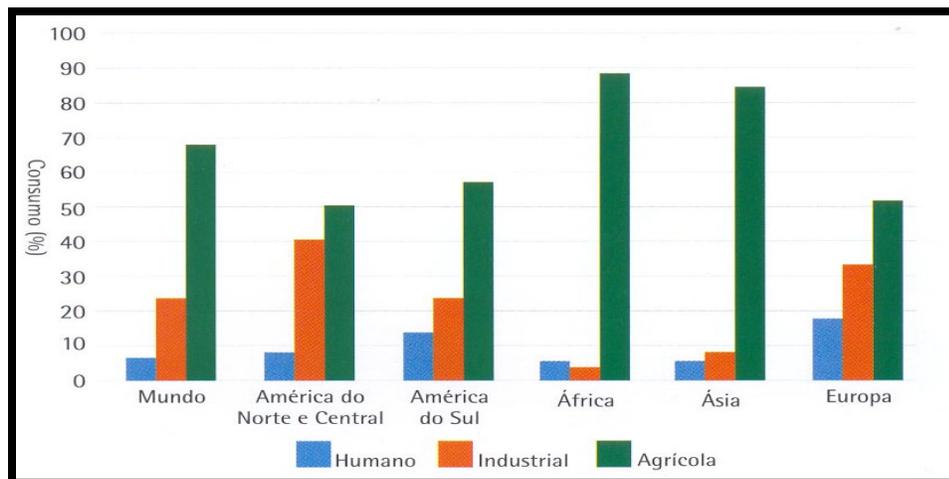


Figura 4: Consumo média de água por tipo de usuário no mundo e nos continentes.

Fonte: Noronha et al. (2006).

De acordo com esta representação, os números variam de continente para continente em função de avanços tecnológicos dos setores envolvidos.

4. Poluição dos recursos hídricos

O conceito de poluição hídrica antrópica é abrangente, e pode ser entendido como a mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica da água, causada diretamente pelo homem ou por suas atividades, e que pode ser prejudicial ao uso presente, futuro ou potencial deste recurso natural.

As fontes de poluição dos recursos hídricos, causadas por atividades desenvolvidas pelo homem são as mais variadas possíveis, elas vão de lançamentos de esgoto doméstico a complexos resíduos industriais.

A Tabela 1 apresenta as principais fontes de poluição hídrica antrópica.

Tabela 1: Tipos de poluentes de origem antrópica e suas principais fontes.

TIPO DE POLUENTE	FONTES PONTUAIS		FONTES DIFUSAS	
	Esgoto Doméstico	Esgoto Industrial	Escoamento Agrícola	Escoamento Urbano
Material Orgânico	X	X	X	X
Nutrientes	X	X	X	X
Organismos Patogênicos	X	X	X	X
Sólidos Suspensos	X	X	X	X
Sais		X	X	X
Metais Tóxicos		X		X
Materiais Orgânicos Tóxicos		X	X	
Temperatura		X		

Fonte: Bárbara (2006).

O crescimento industrial desordenado gera a liberação de compostos indesejáveis ao meio ambiente, causando danos à flora e a fauna (Cotta *et al.*, 2006). Na América do Norte animais que têm a água como seu *habitat* têm cinco vezes mais probabilidade de serem extintos, do que animais que vivem na Terra (Barlow e Clarke, 2003).

O mal de Minamata na década de 50 provocou a morte de um grande número de pessoas por envenenamento severo causado por resíduos de mercúrio associados ao efluente de uma indústria produtora de Acetaldeído e PVC (Poli cloreto de vinila), e que lançava seus efluentes na Baía de Minamata no Japão (Braga *et al.*, 2006; Bidone *et al.*, 2000).

No ano de 1988, um derramamento de 380 mil litros de fezes de porcos liquidificadas em um rio de Minnesota nos Estados Unidos da América, matou aproximadamente 700 mil peixes (Barlow e Clarke, 2003).

No estado de Minas Gerais no mês de março de 2006, um vazamento de 400 milhões de litros de resíduos de tratamento de bauxita atingiram o rio Muriaé, provocando a suspensão do abastecimento de água no município de Lage do Muriaé. Em 10 de janeiro de 2007 a mesma barragem rompeu novamente, um dia após este acidente, a turbidez da água do rio Muriaé teve 71.000 Unidade de Turbidez (UNT), sendo que o padrão máximo do CONAMA para rios como o Muriaé é de 100 UNT.

Somente cinco dias após o acidente, quando a turbidez estava em 779 UNT o tratamento da água para consumo humano e o abastecimento público de água pode ser normalizado (Folha de São Paulo, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, um incêndio ocorrido no dia 13 de junho de 2006 na empresa distribuidora de Produtos Químicos MBN, no município de Cachoeirinha resultou na queima de 60 mil litros

de produtos químicos dentre eles ácido fórmico e xilol, além de alguns tipos de plastificantes. Estes resíduos chegaram ao arroio Passinhos e por este ao rio Gravataí, causando mortandade de peixes, contaminação do solo e do subsolo na área da MBN, poluição atmosférica pelos gases tóxicos gerados na queima de produtos estocados e volatilização dos produtos vazados, levando a evacuação de moradores vizinhos à empresa (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2007).

A constatação de que o produto químico que havia vazado estava próximo a Estação de Bombeamento de Água (EBA) da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) no rio Gravataí, levou a suspensão do bombeamento de água bruta. O município de Gravataí passou então a ser abastecido, parcialmente, através da Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Cachoeirinha, que capta água bruta a montante do local do acidente e da ETA localizado no município de Canoas, com água bruta proveniente do Arroio das Garças. Apesar do sistema ser integrado, possibilitando esta manobra, não tem capacidade para suprir toda a demanda por água destes municípios (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2007).

Acidentes como estes, expõem não só a vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento público, que sem plano de segurança da água, não têm opção, se não a de suspenderem o abastecimento das cidades, mas a fragilidade do sistema de gerenciamento hídrico como um todo. Na bacia hidrográfica dos Sinos, a poluição das águas do rio homônimo e a multiplicidade de usos da água gera conflitos entre seus usuários.

Na questão quantidade, a discussão fica concentrada entre o usuário agrícola e companhias de abastecimento de água para consumo humano, o que fica evidente com edição da resolução 030/06 de 19 de outubro de 2006 pelo Conselho de Recursos Hídricos do Estado (CRH - RS) (Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, 2006). Esta resolução prevê a suspensão da captação de água para irrigação de lavouras de arroz, quando o nível do rio dos Sinos estiver com 50 centímetros acima do crivo da bomba de captação de água para consumo humano na cidade de São Leopoldo.

Quanto à qualidade, o lançamento de esgoto doméstico sem prévio tratamento, diretamente no Rio dos Sinos ou em seus afluentes, fez com que a FEPAM, editasse a portaria de número 087/06 em 11 de outubro de 2006, estipulando prazo de 180 dias para que todos os municípios inseridos nesta bacia hidrográfica apresentem proposta de plano de redução de lançamentos de esgoto doméstico sem tratamento.

Estes atos são reflexos diretos da morte de aproximadamente 85 toneladas de peixes ocorrida entre os dias 6 e 8 de outubro de 2006 no rio dos Sinos (Figura 5), formalmente admitidos na redação tanto da portaria da FEPAM, quanto na Resolução do CRH.

Acontecimentos como este no Rio dos Sinos não são acidentes como os relatados anteriormente, mas sim uma situação gerada por anos de descaso com o gerenciamento do sistema hídrico local, que recebe praticamente todo o esgoto doméstico gerado nas cidades que compõem sua bacia hidrográfica, sem tratamento prévio.

Na sub-bacia do arroio Pampa o uso principal do curso de água é a diluição e o transporte de efluentes, tanto domésticos, quanto industriais. Embora o uso da água do arroio Pampa seja restrito, existe

uma parte da população da micro-bacia que capta água para consumo em poços ou cacimbas (Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN), 2002).



Figura 5: Mortandade de peixes no rio dos Sinos em outubro de 2006.

Fonte: *Jornal JA* (2006).

Estas medidas não evitaram nova mortandade de peixes no Rio dos Sinos, já que no dia 16 de dezembro do mesmo ano (15 toneladas) e no dia 04 de janeiro de 2007 (1 tonelada), novos episódios, porém em menor escala, voltaram a ocorrer.

4.1. Poluição Orgânica

A matéria orgânica existe naturalmente nos cursos de água e tem como origem, por exemplo, a decomposição de massa vegetal. O meio em busca do equilíbrio se em condições aeróbicas a oxida, sendo este fenômeno chamado de autodepuração. No entanto existe uma limitação para a quantidade possível de ser degradada, quantidade esta que é determinada pelas características do corpo hídrico (Braga *et al.*, 2006).

Um forte componente no aumento da poluição orgânica em cursos de água localizados em grandes centros urbanos é a contaminação de suas águas por esgoto doméstico (Cunha *et al.*, 2005). A matéria orgânica presente em águas que passam por regiões densamente habitadas é fundamentalmente de origem antrópica, fazendo deste tipo de esgoto doméstico a principal fonte de poluição com esta característica.

O lançamento de esgoto doméstico sem tratamento ou com tratamento ineficiente promove não só a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido presente na água, mas principalmente produz efeitos danosos à saúde (Jordão *et al.*, 2005).

Soma-se à matéria orgânica de origem doméstica, a gerada pela indústria, que diferente da proveniente do esgoto doméstico tem atenção especial dos órgãos governamentais quando do início da geração e do descarte final. Para tanto existem mecanismos de controle e fiscalização gerenciados pelo Estado. Toda indústria que produza efluentes sejam estes classificados pela legislação como de origem orgânica ou química, deve obrigatoriamente ser licenciada para operação, bem como seguir a legislação em vigor.

Enquanto praticamente toda a destinação final do esgoto doméstico é o descarte em cursos de água sem nenhum tratamento, transformando arroios em tubulações de esgotamento sanitário, a indústria é obrigada antes do descarte de seus efluentes a tratá-los adequadamente.

A Portaria 05/89 – SSMA, que aprova a norma técnica número 01/89 de 16 de novembro de 1989 (Secretaria da Saúde e Meio Ambiente, 1989), modificada pela Resolução CONSEMA 128/2006, é a fonte legal onde está determinado o teor máximo de matéria orgânica para lançamentos dos efluentes industriais conforme o enquadramento nas respectivas faixas de vazão de lançamento. Estas informações estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Teores máximos de DBO₅ e DQO para descarte de efluentes industriais em corpo receptor, no Estado do Rio Grande do Sul, segundo Resolução CONSEMA 128/2006.

Vazão (m ³ /dia)			DBO ₅ (20 °C) (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)
20	Q <	20	≤ 180	≤ 400
100	≤ Q <	100	≤ 150	≤ 360
500	≤ Q <	500	≤ 110	≤ 330
1.000	≤ Q <	1.000	≤ 80	≤ 300
3.000	≤ Q <	3.000	≤ 70	≤ 260
7.000	≤ Q <	7.000	≤ 60	≤ 200
10.000	≤ Q	10.000	≤ 50	≤ 180
			≤ 40	≤ 150

Fonte: Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (2007).

O Estado do Rio Grande do Sul, segundo pesquisa nacional de saneamento básico, está entre os cinco estados brasileiros com as menores taxas de volume de esgoto tratado, tendo aproximadamente 22% do esgoto doméstico tratado de forma adequada (FIERGS, 2006).

A contribuição de matéria orgânica nos esgotos, de acordo com a NBR 12.209 de 1992 é de 54 gramas/dia habitante. Como a população da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos é de 2.005.649 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2007), e tendo como base o índice de coleta e tratamento de esgoto do Estado, que é de 22%, para toda a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, temos: 2.005.649 habitantes x 78% esgoto não tratado x 54 g/dia habitante.

Como resultado tem-se aproximadamente 84.478 kg/dia de matéria orgânica de origem doméstica lançada no Rio dos Sinos ou escoado pelo solo da bacia.

As empresas devidamente licenciadas pela FEPAM ao lançarem seus efluentes em corpos receptores que pertencem à bacia hidrográfica do Sinos despejam diariamente 4.381 kg de matéria orgânica (FIERGS, 2006). Isto representa aproximadamente 5% de toda a matéria orgânica lançada diariamente em corpos de água pertencentes a esta bacia hidrográfica. Os 95% restantes são aqueles oriundos do esgoto doméstico.

Usando o mesmo critério, porém agora para a micro-bacia do arroio Pampa, mas desprezando o índice de 22% de esgoto tratado, pela inexistência de sistemas de tratamento de esgoto nesta micro-bacia, e sabendo-se que a população estimada para a micro-bacia do arroio Pampa é de 74.246 habitantes, temos: 74.246 habitantes x 54 g/dia habitante.

Gerando então aproximadamente 4.009 kg/dia de matéria orgânica. Isto representa aproximadamente 4,7% de toda a matéria orgânica gerada por esgoto doméstico na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, o que é por este critério um percentual consideravelmente maior do que o gerado individualmente por 81% dos municípios pertencentes a esta bacia hidrográfica.

Em Novo Hamburgo existiam 506 empresas com potencial poluidor hídrico, 2130 com potencial poluidor de resíduos sólidos e 252 com potencial poluidor atmosférico (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, 1997).

Com base no relatório gerado pela pesquisa realizada pelo COMITESINOS no projeto Monitoramento de Alterações Ambientais em Arroios (MONALISA) (COMITESINOS, 2006), com dados fornecidos pela FEPAM, atestam que na micro-bacia do Pampa estão instaladas algumas destas indústrias, cujas atividades são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Tipo de Indústria instalada na micro-bacia do Pampa, identificação da atividade, corpo receptor de efluente e vazão máxima diária licenciada.

Tipo de indústria	Bairro de Localização	Corpo Receptor	Vazão máxima dia (m ³)
Coureira	São José	Arroio Pampa	220
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	499
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	120
Plástico	Canudos	Rede Pública	8

Fonte: COMITESINOS (2006).

Considerando os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, a carga orgânica lançada pela indústria neste arroio é de aproximadamente 100 kg dia de matéria orgânica, o que significa aproximadamente 2,8 % de toda a carga orgânica lançada no arroio Pampa.

Para que se possam saber quais os poluentes a serem monitorados em trabalhos de gerenciamento da bacia, bem como para implementação de sistemas de instrumentos de cobrança pelo uso da água, um dos desafios é a alocação dos custos de despoluição (Silva e Ribeiro, 2006). Para tanto o conhecimento da atividade que gerou a poluição é de fundamental importância.

4.2. Poluição Química

No Brasil são geradas anualmente 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos, destas apenas 850 mil são tratados adequadamente, sendo o restante depositada indevidamente em lixões ou descartadas em cursos de água sem qualquer tipo de tratamento (Jimenez *et al.*, 2004).

Os metais pesados são um problema sério por causa dos riscos associados com sua acumulação no meio ambiente, podendo ser transferido para a cadeia trófica, são bioacumulativos e sua distribuição é progressivamente alternada pela atividade econômica que os libera em concentrações pontuais (Bidone *et al.*, 2000).

A contaminação da água por resíduos químicos pode causar sérios danos a saúde dos usuários destas águas, não somente através do consumo de alimentos produzidos com elas, mas também pelo uso destas na higiene pessoal (Mirlian *et al.*, 2005). Mesmo após tratamento a água para consumo humano pode conter metais pesados, visto que uma estação de tratamento de água convencional, não elimina estes metais, se presentes na água bruta (Machado *et al.*, 2005).

A região pesquisada é forte produtora de bens para exportação, e como nas atuais leis de mercado o capital externo fixa normas de qualidade do produto mais do que a própria legislação ambiental, com a exigência das normas ISO (*International Organization Standardization*) (Mosca, 2003), o esperado para esta região é de adequação a legislação e conseqüentemente baixo impacto ambiental resultantes da produção.

Os resultados apresentados no ano de 2002, por pesquisa realizada nos sedimentos do arroio Pampa, caracterizaram esta drenagem como uma das mais impactadas na região com metais pesados, com valores elevados de zinco, cobre, chumbo e principalmente por cromo (Robaina *et al.*, 2002), indicando possíveis falhas nos mecanismos de controle e tratamento de efluentes.

Outro inconveniente causado por algumas substâncias químicas se presentes no esgoto doméstico, é a inibição ao tratamento biológico, visto que os microorganismos responsáveis pelo processamento da matéria orgânica destes esgotos são sensíveis a estas substâncias (Nuvolari, 2003). Neste caso, o uso de separador absoluto, evita estes inconveniente, tornando compreensível sua utilização. A Tabela 4 apresenta valores máximos tolerados de alguns poluentes no processo de lodos ativados.

Tabela 4: Limite para poluentes causadores de inibição de microorganismos no processo de tratamento de esgotos em sistema de lodos ativados.

POLUENTES	Concentração Limite em mg L ⁻¹	
	Na remoção carbonácea	No processo de nitrificação
Cádmio	10 – 100	---
Cromo trivalente	50	---
Cromo hexavalente	1 – 10	0,25
Merúrio	0,1 – 5,0	---
Níquel	1,0 – 2,5	0,25

Fonte: Nuvolari (2003).

O cromo, como é de amplo conhecimento público, está presente na indústria curtumeira, como principal curtente mineral. O cromo é metal encontrado na natureza em diversas formas, porém nunca em estado livre, e segundo Faria e Morandi (2002) existe no meio aquático em dois estados de oxidação, trivalente com baixa toxicidade e hexavalente altamente tóxico.

O cromo exerce efeito prejudicial sobre processos biológicos, atuando sobre enzimas catalisadoras da síntese de proteínas. Microorganismos podem suportar concentrações de apenas alguns miligramas por litro (Naime e Fagundes, 2005).

Segundo Claas e Maia (1994) o cromo é largamente usado na indústria do couro, e as características de efluentes para este tipo de indústria, vão de 15 mg L⁻¹ de cromo em indústrias com sistema de reciclagem a 94 mg L⁻¹ em indústrias sem este sistema. O mesmo autor não detecta a presença de chumbo e níquel em efluente destas indústrias, mas na caracterização do lodo gerado após tratamento, estes metais estão presentes, com concentrações médias de 120 mg L⁻¹ de chumbo e 15 mg L⁻¹ de níquel em seu lodo, em empresas que usam cromo no processo produtivo.

O níquel é metal característico da indústria metalúrgica, onde em razão das suas características físicas e de qualidade, está presente na manufatura de aço inoxidável e em outras ligas metálicas com metais não ferrosos. O níquel é também usado em recobrimentos metálicos em galvanoplastia. Também é metal constituinte de pilhas e baterias, além de ser usado como catalisador na indústria química, farmacêutica e de alimentos (Faria e Morandi 2002; Corbi *et al.*, 2006). O chumbo está presente em insumos usados na indústria gráfica, e assim como cromo e o níquel, é metal bioacumulativo. A presença de chumbo no meio aquático está ligado a poluição antrópica (Cotta *et al.*, 2006).

Águas com valores de pH próximo a 6,5 e com alcalinidade superior a 30 mg CaCO₃ podem conter concentrações de chumbo que vão de 0,04 à 0,10 mg L⁻¹, sendo a vida aquática perturbada a partir de 0,10 mg L⁻¹ e efeitos tóxicos em peixes aparecem a partir de 1,00 mg L⁻¹, podendo variar dependendo da espécie (Faria e Lersch, 2001).

A presença de metais pesados em cursos de água, oriundos de poluição antrópica não são raros. Segundo Corbi *et al.* (2006) o córrego Cafundó, o ribeirão Anhumas e a represa Billings, todos no estado de São Paulo, tem a presença de cádmio e cromo em seus sedimentos. O arroio Portão no município homônimo no estado do Rio Grande do Sul apresentou concentrações em destaque para o metal cromo em suas águas em monitoramento realizado no ano de 2004 (Naime e Fagundes, 2005).

Em reportagem veiculada no Jornal NH em 2 de agosto de 1988 (*Jornal NH*, 1988), o Arroio Pampa na época era considerado o mais poluído da cidade, quando por suas águas escoavam, efluentes industriais de sete curtumes, além de indústrias gráficas, de galvanoplastia entre outras.

Tendo como base informações da FEPAM (COMITESINOS, 2006), (Tabela 5) e considerando a Norma Técnica - SSMA nº 01/89, modificada pela Resolução CONSEMA 128/2006, que determina padrão máximo de lançamentos para efluentes industriais apresentados na Tabela 6, podemos calcular o valor em kg dos metais presentes no efluente final das indústrias instaladas na micro-bacia do Pampa quando lançados no arroio Pampa.

Tabela 5: Tipo de Indústrias instaladas na micro-bacia do Pampa que possuem cromo como constituinte de seus efluentes.

Tipo de indústria	Bairro de Localização	Corpo Receptor	Vazão máxima dia (m ³)
Coureira	São José	Arroio Pampa	220
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	499
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	120

Fonte: COMITESINOS (2006).

Tabela 6: Valor máximo permitido em lançamentos de efluentes industriais para os parâmetros de cromo total, chumbo e níquel.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (mg L ⁻¹)
Cromo Total	0,5
Chumbo	0,2
Níquel Total	1,0

Fonte: Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (2007).

A contaminação das águas do arroio Pampa por cromo, também pode ter como contribuinte o resíduo sólido oriundo da indústria calçadista muitas vezes lançado em suas margens como pode ser visto na Figura 6.



Figura 6: Escoamento urbano contribuinte do Arroio Pampa.

Fonte: COMUSA (2007).

Considerando estes dados, as empresas do setor coureiro presentes na micro-bacia do arroio Pampa, podem lançar uma carga máxima diária de 839 m³ de efluentes no arroio Pampa. Como o teor máximo de cromo permitido pela Norma Técnica SSMA nº 01/89 é de 0,5 mg L⁻¹, isto representa teoricamente uma carga máxima de aproximadamente 0,42 kg de cromo total por dia.

Na micro-bacia do arroio Pampa, existem apenas indústrias coureiras e de plásticos instaladas, que têm o arroio Pampa como corpo receptor de seus efluentes (COMITESINOS, 2006). Porém em determinações realizadas em sedimento do arroio Pampa foi encontrado além de cromo a presença de zinco, chumbo e cobre (Robaina *et al.*, 2002), metais característicos de indústrias de outras atividades não licenciadas pela FEPAM na bacia do Pampa, o que pode indicar descarte destes metais, por atividade industrial sem licenciamento, se não atual, mas que já tenha ocorrido.

As indústrias de processamento de couros licenciadas para operar plantas industriais na micro-bacia do arroio Pampa têm o cromo como metal constituinte principal de seus efluentes, que dependendo do grau de medidas alternativas aos processos convencionais de curtimento e da capacidade e eficiência de suas instalações de tratamento, gera quantidades diferentes de cromo em seus efluentes (Claas e Maia, 1994).

A temperatura afeta as características físico-químicas da água, bem como a flotação e a locomoção dos microorganismos (Naime e Fagundes, 2005), a temperatura está também intimamente ligada a saturação de oxigênio no meio líquido.

A temperatura é de grande importância para a sobrevivência das espécies aquáticas, e está relacionada com a toxicidade das substâncias, que aumentam com o aumento da temperatura da água, o que pode ocasionar significativa mortalidade de peixes no verão, que não ocorreriam nos meses de inverno (Ciaccio *in* Naime e Fagundes, 2005).

Importante também é o volume de água presente no corpo hídrico por causa do fator diluição, então espera-se que quanto maior for a vazão maior será este efeito sobre as substâncias presentes na água.

5. Aspectos legais

As águas superficiais são fontes vitais de água potável, por isso a qualidade destas águas tem recebido proteção através de legislação ambiental (Rissato *et al.*, 2004).

Por sua importância a água tem seus usos e classificação de acordo com sua qualidade senso regulamentada por lei e definida como bem da União no segundo capítulo do artigo 20 da Constituição Federal. Porém no capítulo 26, a Constituição Federativa do Brasil (Brasil, 1988) inclui como bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União. Tornando assim, dois os níveis jurisdicionais aplicados ao gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil e que segundo Martins (2002), a divisão municipal no território dos Estados, faz com que um terceiro nível jurisdicional seja criado, porém a constituição Federal delimitou em dois níveis mais amplos, Federal e Estadual, a atuação no sistema nacional de recursos hídricos.

O modelo francês, segundo Martins (2002) foi o grande inspirador do sistema legal para os recursos hídricos no Brasil, com limitação devido ao sistema de governo francês ser uma república central, diferentemente do Brasil que é uma república federativa, exigindo adaptação complexa, principalmente para introduzir articulações necessárias entre os dois âmbitos jurisdicionais a União e o Estado.

A Política Nacional de Recursos Hídricos constituída pela lei federal número 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997) cria o sistema nacional de gerenciamento hídrico no país, fundamentada na determinação que a água é um bem de domínio público, dotado de valor econômico. Em situações de escassez, seu uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais. E ainda, que a sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo das águas, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

As regulamentações relacionadas com a qualidade da água vêm se tornando cada vez mais restritivas, em função da constatação da vulnerabilidade deste recurso natural (Tiburtius *et al.*, 2004) sendo dinâmicas as mudanças na legislação. A Resolução CONAMA de número 357 (Brasil, 2005) regulamenta o artigo 10º da lei federal 9.433 (Brasil, 1997), classificando as águas superficiais, buscando com este ato o estabelecimento dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, conforme determina a lei.

O parâmetro microbiológico tem como referência a resolução CONAMA 274/2000 (Brasil, 2000) que estabelece parâmetros de uso das águas para fins de recreação e contato primário. As classes de classificação das águas representam o conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

A Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) define como cinco as classes possíveis para águas doces superficiais, tendo como critério para esta classificação parâmetros máximos permitidos para cada classe. Na Tabela 7 está apresentada a classificação e usos possíveis.

Tabela 7: Classes e seus usos preponderantes segundo Resolução CONAMA 357/2005.

Classificação	Usos
I – classe especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral.
II - classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III - classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.
IV - classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento

V - classe 4	convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais. Navegação; harmonia paisagística.
--------------	--

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005).

As Agências das regiões hidrográficas são a instância adequada para gerenciar recursos aplicáveis na preservação da qualidade de mananciais utilizados como fonte para captação de água para consumo (Nieto *et al.*, 2005).

6. Conclusão

Possíveis medidas para a diminuição da carga orgânica antes da chegada a uma estação de tratamento, como por exemplo, que as edificações novas tenham fossa séptica compatível com a área construída (numero de usuários) além de filtro biológico. Nas edificações já existentes e que não tenham estes sistemas, que estas sejam incentivados a implantá-los pelo governo municipal, e nos que já possuam, que a limpeza e manutenção destas construções sejam realizadas dentro do período recomendado.

O licenciamento das empresas que usam o arroio Pampa como corpo receptor de seus efluentes, por si só, não resolve o problema, é necessária gestão total sobre este licenciamento, o que significa eficiente e sistematizado sistema de controle de poluição, incluindo os aspectos hídricos. Portanto se faz necessária uma fiscalização efetiva na micro-bacia em busca das indústrias que usam o arroio Pampa como corpo receptor para seus efluentes para a garantia do cumprimento da legislação.

O arroio Pampa é um corpo hídrico fortemente impactado pelos metais cromo e níquel, por esta razão o calendário de coletas para determinações destes metais no ponto de captação de água para o consumo humano do município de Novo Hamburgo, deve não só observar a legislação vigente, mas deve especialmente preservar a saúde pública, para isso as determinações para estes metais devem ser realizadas com menor freqüência do que a estabelecida em lei.

Pela mesma razão deve-se incluir nas determinações dos parâmetros para água tratada do município de Novo Hamburgo o metal níquel, mesmo que este não seja exigido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. O governo municipal deve incentivar a integração entre os diversos setores da Prefeitura Municipal, interagindo com a comunidade local, planejando e definindo metas de médio e longo prazos para a recuperação das águas da micro-bacia monitorada neste trabalho.

7. AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário FEEVALE pelas excelentes condições de trabalho do programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental. A UNISINOS pelo auxílio na medição de vazão no Arroio Pampa.

REFERÊNCIAS

- BÁRBARA, V. F. 2006. *Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (AMAZÔNIA)*. Goiânia, GO. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 174 p.
- BARLOW, M.; CLARKE, T. 2003. *Ouro azul*. São Paulo, M.Books, 331 p.
- BIDONE, E.D.; CASTILHOS, Z.C.; GUERRA, T. 2000. Integração dos estudos através de uma abordagem (Sócio) Econômico-ambiental. In: INSTITUTO DE ECOLOGIA - UFRGS (org.), *Carvão e Meio Ambiente*. Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, vol. 10, p. 271-399.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. 2006. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo, Prentice Hall, 305 p.
- BRANCO, S.M.; MURGEL, E. 1997. *Poluição do ar*. 6ª ed., São Paulo, Moderna, 87 p.
- BRASIL. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. DOU em 05 de outubro de 1988. Acessado em 14/12/2006, disponível em <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>.
- BRASIL. 1997. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Recursos Hídricos: Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 1-8.
- BRASIL. 2000. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. Acessado em: 21/11/2006, disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/res274/00>.
- BRASIL. 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução 357, de 17 de março de 2005. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 1-23. Acessado em: 21/11/2006, disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705>.
- CLAAS, I.C.; MAIA, R.A.M. 1994. *Manual Básico de Resíduos Industriais de Curtume*. Porto Alegre, SENAI-RS, 664 p.
- COMITESINOS. 2006. Identificação dos pontos de impacto na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – retirada e devolução de água. PROJETO MONALISA, dezembro/2006. DVD.
- COMUSA. 2007. *Projeto Arroio Pampa. Centro de Excelência na Gestão de Saneamento (CEGS)*. Folheto Informativo. Novo Hamburgo – RS, 1 p.
- CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - CRH. 2006. R2006. Resolução nº 030/2006. Acessado em 01/04/2007, disponível em: <http://www.rs.gov.br/>.
- CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - CRH. 2007. Resolução nº 0128/2006. Acessado em 01/04/2007, disponível em: <http://www.rs.gov.br/>.
- CORBI, J.J.; STRIXINO, S.T.; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. 2006. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo – Brasil). *Quim. Nova*, **29**(1):61-65.

- COTTA, J.A.O.; REZENDE, M.A.O.; PIOVANI, M.R. 2006. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – Petar, São Paulo, Brasil. *Quím. Nova*, **29**(1):40-45.
- CUNHA, A.C.; CUNHA, H.F.A.; SOUZA, J. de A.; NAZARÉ, A.S. 2005. Monitoramento de águas superficiais em rios estuarinos do estado do Amapá sob poluição microbiológica. *Ciências Naturais*, **1**(1):191-199.
- FARIA, C.M.; LERSCH, E.C. 2001. Monitoramento das águas do delta e foz dos rios formadores do Guaíba. *Pesquisa Ecos.*, **2**(5):61.
- FARIA, C.M.; MORANDI, I.C. 2002. A difícil recuperação de arroios em áreas urbanas. *Pesquisa Ecos.*, **3**(6):22.
- FIERGS. 2006. Comunicado técnico CODEMA. A Carga Orgânica Despejada na Bacia do Rio Dos Sinos. Edição 10.
- FOLHA DE SÃO PAULO. 2007. Acessado em: 18/01/2007, disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano>.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL – METROPLAN. Estudo de caracterização urbano-ambiental realizado na sub-bacia hidrográfica do arroio Pampa, situada nos municípios de Novo Hamburgo, Campo Bom e Dois Irmãos. Relatório Técnico. Porto Alegre - RS, 190 p.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (RS) - FEPAM. 1997. Efluentes líquidos industriais: cargas poluidoras lançadas nos corpos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul - 1997. Porto Alegre, FEPAM, 145 p.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2007. Acessado em: 18/01/2007, disponível em: <http://www.rs.gov.br/index.php?inc=noticias/noticias>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2007. Acessado em: 21/09/2007, disponível em: <http://www.ibge.com.br>.
- JIMENEZ, R.S.; DAL BOSCO, S.M.; CARVALHO, W.A. 2004. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolecita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. *Quim. Nova*, **27**(5):734-738.
- JORDÃO, C.P.; PEREIRA, M. de G.; MATOS, A.T.; PEREIRA, J.L. 2005. Influence of domestic and industrial waste discharges on water quality at Minas Gerais State, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc*, **16**(2):241-250.
- JORNAL JA. 2006. Acessado em: 02/04/2006, disponível em <http://www.jornalja.com.br>.
- JORNAL NH. 1988. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. Reportagem do dia 02/08/1988.
- MACHADO, T.T.V.; GADELHA, L.M.; JUNIOR, W.R. da S.; DINIZ, F.E.G.; COLARES, D.A.; NEVES, A.F.J.F. 2005. Avaliação preliminar da presença de chumbo e cromo em mananciais do Estado da Paraíba, utilizados em sistemas urbano de abastecimento de água. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) 2005. *Anais...* Campo Grande. Acessado em 22/08/2006, disponível em

<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=37775&indexSearch=ID>.

- MARTINS, P.M.B. 2002. *Agência nacional de águas e a regulação dos recursos hídricos*. Canoas, RS. Monografia para obtenção do título de especialista em Gerenciamento Ambiental. Universidade Luterana do Brasil, 106 p.
- MIRLIAN, N.; MACHADO, M.I.; OSINALDI, G.M.; DEMOLINER, A.; BAISCH, P. 2005. O impacto industrial na composição química das águas subterrâneas com enfoque de consumo humano (Rio Grande, RS). *Quim. Nova*, **28**(3):788-791.
- MOSCA, A. A. de O. 2003. Caracterização hidrológica de duas bacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura do Estado de São Paulo, 120 p.
- NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. 2005. *Controle da qualidade da água do Arroio Portão, RS*. Pesquisa em Geociências, **32**(1):27-35.
- NIETO, P.; CUSTODIO, E.; MANZANO M. 2005. Baseline groundwater quality: A European approach. *Environmental Science & Policy*, **8**:399-409.
- NORONHA, L.C.; GRASSI, L.A.T.; CALLEGARO, V.L.; FILHO, O.L.B.; FISCHER, L.A. 2006. *Tempo das águas*. Porto Alegre, Laser Press Comunicação, 120 p.
- NUVOLARI, A. 2003. O lançamento *in natura* e seus impactos. In: A. NUVOLARI (coord.), *Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. São Paulo, FATEC-SP, 520 p.
- PINTO, N.L. de S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. 2003. Hidrologia básica. 1ª ed., São Paulo, Edgard Blücher, 278 p.
- RISSATO, S.R.; LIBÂNIO, M.; GIAFFERIS, G.P.; GERENUTTI, M. 2004. Determinação de pesticidas e organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). *Quím. Nova*, **27**(5):739-743.
- ROBAINA, L.E.; FORMOSO, M.L.L.; PIRES, C.A da F. 2002. Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental – Vale dos Sinos RS. *Revista do Instituto Geológico*, **23**(2):35-47.
- SECRETARIA DA SAÚDE E MEIO AMBIENTE. 1989. Portaria nº 05/89 de 16 de março de 1989 -. Aprova a Norma Técnica SSMA nº 01/89. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Acessado em 21/11/2006, disponível em www.mundoambiente.eng.br/legislacao/leiAmbientaIRS/P05_89.pdf.
- SILVA, S.C. da.; RIBEIRO, M.M.R. 2006. Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama – PE. *Eng. sanit. ambient.*, **11**(4):371-379.
- TIBURTIUS, E.R.L.; ZAMORA. P.P. 2004. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. *Quim. Nova.*, **27**(3):441-446.
- TUCCI, C.E.M.; SILVEIRA, A.L.L. da; BENETTI, A.; LANNA, A.E.L.; BIDONE, F.R.A. 1997. *Hidrologia*. 2ª ed., Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS, ABRH - Nacional, 943 p.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. Acessado em 31/08/2007, disponível em: <http://www.uniagua.org.br/>.

Submissão: 25/02/2008
Aceite: 30/03/2009