



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DAS ÁGUAS DO ARROIO PAMPA EM NOVO HAMBURGO – RS.

Roberto Naime¹; Carlos Augusto Nascimento²

RESUMO

A legislação ambiental brasileira determina o monitoramento e a classificação de arroios que passam por centros urbanos, com posterior publicação dos resultados obtidos, todavia, na maioria dos casos isto efetivamente não ocorre. O objetivo deste trabalho foi monitorar o arroio Pampa e o rio dos Sinos a montante da foz do arroio, no município de Novo Hamburgo - RS. As determinações dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos incluíram: pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (P) e nitrogênio total (N). Essas análises foram realizadas pela Central Analítica do Centro Universitário FEEVALE. As águas do arroio Pampa apresentaram, para alguns parâmetros, características semelhantes a de esgoto doméstico. O impacto causado as águas do Rio dos Sinos por esse arroio é relativo a esgoto doméstico. A solução para as atuais péssimas condições químicas e microbiológicas das águas do arroio Pampa passa necessariamente pela construção e operação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico.

Palavras-chave: qualidade da água; monitoramento; Arroio Pampa.

PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL MONITORING OF THE WATER IN THE PAMPA STREAM NOVO HAMBURGO - RS.

ABSTRACT

The Brazilian environmental law determines the monitoring and classification of streams that pass through urban centers, with subsequent publication of results, however, in most cases this does not occur effectively. The objective was to monitor the Pampa stream and Bells river upstream of the mouth of the brook, in the city of Novo Hamburgo - RS. The determination of the physical-chemical and microbiological tests included: pH, temperature, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total phosphorus (P) and total nitrogen (N). These tests were performed by the Analytical Center at the University Feevale. The waters of the Pampa stream had, for some parameters, similar to domestic sewage. The impact caused the waters of the Rio dos Sinos by the stream is related to domestic sewage. The solution to the current bad conditions chemical and microbiological water from the stream Pampa inevitably the construction and operation of systems for treatment of domestic sewage.

Key-words: water quality; monitoring; Pampa Stream.

Trabalho recebido em 22/04/2009 e aceito para publicação em 20/05/2009.

¹ Professor do programa de pós-graduação em qualidade ambiental do Centro Universitário Feevale. RS 239, 2755, Novo Hamburgo, RS, CEP 93352 000. e-mail: rnaime@feevale.br;

² Professor da Engenharia Industrial Química do Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Feevale. RS 239, 2755, Novo Hamburgo, RS, CEP 93352 000. e-mail: cnascimento@feevale.br;

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem natural considerado renovável, mas necessita de uso responsável e otimizado, que garanta a continuidade do ciclo hidrológico. A escassez dos recursos hídricos, projetada 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.

Embora determinado pela legislação vigente, o monitoramento das águas superficiais não é prioridade. Excluindo-se os rios principais das bacias hidrográficas, são poucos os arroios da região metropolitana de Porto Alegre que recebem ou receberam algum tipo de monitoramento físico-químico e microbiológico.

As poucas iniciativas com este propósito partiram quase que exclusivamente do meio acadêmico. A micro-bacia do arroio Kruze, no município de São Leopoldo – RS, teve seu tronco principal monitorado e apresentou resultados de rio de classe 1, para o cromo total, enquanto para nitrogênio e fósforo foi enquadrado como classe 3 e 4, respectivamente, (DINIZ, 2002). Tal resultado indica poluição com

característica doméstica, como a maior fonte poluidora deste curso de água.

O Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre (DMAE), no ano de 2002, dispensou atenção ao arroio Dilúvio, realizando monitoramento em oito estações de coletas, distribuídas nos 17 km de extensão do arroio. Este monitoramento teve como proposta avaliar ações de saneamento ambiental para a melhoria na qualidade das águas desse arroio, após a realização de obras de saneamento na sua micro-bacia, e concluiu que mesmo após a ampliação do sistema de esgotamento sanitário não foi possível reverter o quadro de poluição destas águas (FARIA e MORANDI, 2002). No ano de 2004, o arroio Portão teve alguns parâmetros físico-químicos de suas águas monitoradas, entre os meses de março e julho. Os resultados apresentaram grande presença de carga orgânica e altas concentrações de coliformes fecais, evidenciando como maior problema os efluentes domésticos lançados sem tratamento no arroio, apesar de suas águas serem também usadas como corpo receptor de efluentes industriais (NAIME & FAGUNDES, 2005).

São reduzidos os trabalhos de monitoramento de cursos de água existentes (RISSATO et al., 2004; NIETO & MANZANO, 2005). No município de Novo Hamburgo, a qualidade das águas do

arroio Pampa é alvo de discussão há mais de duas décadas, porém em nenhum momento seus parâmetros físico-químicos foram monitorados, ou se foram, não estão publicados.

Situado no município de Novo Hamburgo o arroio Pampa é o tronco principal da micro-bacia homônima, com aproximadamente 9 km de extensão. Corta bairros densamente habitados da cidade, e serve como corpo receptor de efluentes industriais e de esgoto doméstico, este último lançado em suas águas sem tratamento. Sua foz deságua no Rio dos Sinos e está a aproximadamente 1,5 km a montante do ponto da captação de água para consumo humano do município.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as condições do arroio Pampa através do monitoramento das condições químicas, físicas e microbiológicas das suas águas.

Especificamente buscou-se monitorar os parâmetros de qualidade de água: pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), oxigênio dissolvido (OD), fósforo total, nitrogênio total, nitratos e coliformes fecais (*Escherichia Coli*), em três pontos do arroio Pampa e em um ponto do rio dos Sinos à montante da foz do arroio. Com base nesse monitoramento, pretendeu-se classificar os corpos d'água com base nos valores de

referência da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), além de determinar a contribuição da carga poluente presente no arroio Pampa, para o ponto de captação de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo, no Rio dos Sinos. Para esse fim foram usados dados da Companhia Municipal Saneamento (COMUSA) e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM).

Dentro deste contexto, este trabalho pretende obter informações a respeito da qualidade das águas do tronco principal da micro-bacia pesquisada, utilizando critérios técnico-científicos, através de dados analíticos primários e secundários, obtidos em coletas de amostra realizadas nestes locais e assim contribuir para a gestão sistêmica desta micro-bacia hidrográfica, além de buscar fundamentações teóricas para a caracterização do problema. Para isso, utilizaram-se referenciais de Cunha et al. (2000) e Cunha (2001) e referenciais teóricos como Chapra (1998), Venter et al., (1998), Laws (1993), Lung (1993) e Velz (1984). A falta de informações dificulta o preenchimento das lacunas de conhecimento sobre o comportamento e a dinâmica da qualidade da água e seus reflexos sobre a saúde humana.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A característica das águas do arroio Pampa, nos diferentes pontos de amostragem, tem como referência os limites definidos na Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo seus usos preponderantes.

Nos casos em que a legislação estabelece limites iguais para as diferentes classes de uma mesma característica, classificou-se como a de melhor qualidade. Para a condição de esgoto doméstico foram adotados valores de mínimo e máximo do mesmo período das coletas de amostras realizadas neste trabalho, do afluente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CORSAN do município de Canoas - RS, município este integrante da bacia do rio dos Sinos e o mais próximo da micro-bacia pesquisada com caracterização de esgoto doméstico. Os valores de referência para a classificação são apresentados na Tabela 1.

Para a determinação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foram escolhidos três pontos para coleta de amostras no arroio Pampa e dois pontos de coleta no rio dos Sinos. Os pontos monitorados foram escolhidos de forma a representar estrategicamente a investigação dos parâmetros. O primeiro no começo do curso do Arroio Pampa, o segundo na parte

média do arroio, o terceiro próximo a sua foz, um ponto no Rio dos Sinos a montante da foz do arroio, além de um ponto a jusante da foz do arroio, todos no território do município de Novo Hamburgo, sendo os pontos denominados respectivamente como: P1, P2, P3, P4 e P5.

Todas as vazões do Rio dos Sinos são referentes a dados obtidos junto a ANA, na estação fluviométrica de Campo Bom, operada pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). Essa estação está situada nas coordenadas geográficas 29°41'31" S e 51°02'42" O, a montante da foz do arroio Pampa em ponto denominado PQ, sendo estes valores dados brutos correspondentes à leitura diária do nível do rio às 07:00 horas. As datas das coletas, e demais informações pertinentes são apresentados na Tabela 2. Os parâmetros de análise são apresentados na Tabela 3.

As amostras para as determinações analíticas foram coletadas em frascos de polietileno, com capacidade de cinco litros, para os parâmetros de pH. As amostras para determinação de OD foram coletadas de forma direta, em frascos adequados, preservadas no momento da coleta com 1 mL de solução de sulfato manganoso e com um 1 mL de solução de iodeto de potássio alcalino.

Tabela 1. Valores de referência para a classificação das amostras pesquisadas.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	* Esgoto	Fora de Classe	
DBO ₅	mg O ₂ L ⁻¹	3	5	10	NE	80 – 500	---	
pH	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	---	< 6 > 9	
		N	pH	N	pH	N	pH	
Nitrogênio Amoniacal Total. (Ambiente Lótico)		3,7	≤7,5	3,7	≤7,5	13,3	≤7,5	3,7
		2,0	>7,5≤8,0	2,0	>7,5≤8,0	5,6	> 7,5 ≤8,0	2,0
		1,0	>8,0≤8,5	1,0	>8,0≤8,5	2,2	>8,0≤8,5	1,0
		0,5	>8,5	0,5	>8,5	1,0	>8,5	0,5
Fósforo Total	mg L ⁻¹	0,1	0,1	0,15	NE	1,20 a 14	---	
Oxigênio Dissolvido	Mg O ₂ L ⁻¹	**6	**5	**4	**2	---	< 2	
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	200	1000	2500	NE	> 1,7x10 ⁵	---	

Obs.: Os valores apresentados são máximos permitidos para a classe. NE: Não especificado. **Não inferior.

*Valores de mínimo e máximo do afluente da ETE CORSAN do município de Canoas - RS.

Tabela 2. Estação do ano, data e período das coletas de amostras.

Estação do ano	Seqüência de Coleta	Data	Período do Dia
Outono	1	11/05/2006	Manhã
Inverno	2	06/07/2006	Manhã
Inverno	3	24/08/2006	Manhã
Primavera	4	05/10/2006	Manhã
Primavera	5	23/11/2006	Manhã
Verão	6	04/01/2007	Manhã
Verão	7	14/02/2007	Manhã
Outono	8	29/03/2007	Manhã
Outono	9	10/05/2007	Manhã

Tabela 3. Parâmetros determinados e a metodologia utilizada nos ensaios laboratoriais.

Parâmetro	Unidade	Metodologia
DBO ₅	mgO ₂ L ⁻¹	Manometria
pH	Unidades de pH	Potenciometria
Nitrogênio amoniacal Total	mg L ⁻¹	Titulometria
Fósforo Total	mg L ⁻¹	Espectroscopia UV/VIS
Oxigênio Dissolvido	mg L ⁻¹	Titulometria
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)	NMP / 100mL	Substrato Enzimático

As amostras coletadas foram acondicionadas em recipiente térmico e preservadas com gelo e transportadas até a Central Analítica do Centro Universitário Feevale, em até três horas, para então serem analisadas.

A medida da temperatura das amostras foi realizada no momento da coleta, usando termômetro comum. As determinações físico-químicas e microbiológicas para os pontos de monitoramento P1, P2 e P3 no arroio

Pampa e do ponto de monitoramento P4 no Rio dos Sinos foram realizadas em duplicata pela Central Analítica do Centro Universitário Feevale, tendo como base de referência o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21th Ed, 2005.

As determinações dos parâmetros OD, pH, DBO₅ e Coliformes fecais para o ponto de monitoramento P5 foram realizadas pelo laboratório da COMUSA. Os pontos de amostragem denominados como P1, P2, P3, P4 e P5 sua localização e as suas coordenadas geográficas são apresentados na Tabela 4.

As coordenadas foram verificadas pelo aparelho GPS (“Global Positioning Satellite”), marca Garmin modelo e Trex Summit, que no momento da obtenção destes dados apresentava precisão de 7 m.

A Figura 1 apresenta os pontos P1, P2 e P3 localizados no arroio Pampa e os Pontos P4 e P5 localizados no Rio dos Sinos, esta figura apresenta ainda o local de medida de vazão do CPRM/ANA para o rio dos Sinos (PQ).

Nos pontos P1, P2, P3 os resultados para o parâmetro OD dos dias 06/07/2006 (2^a coleta) e 5/10/2006 (4^a coleta), e coliformes fecais (*Escherichia Coli*) para todas as coletas realizadas nestes pontos, foram obtidos junto ao laboratório da COMUSA, assim como para o Ponto P4 o

valor de OD do dia 11/05/2006 (1^a coleta). No dia 23/03/2007 (8^a coleta), por problema técnico não foi possível realizar a determinação da DBO₅ no ponto P5.

Nos dias 23/11/2006 e 14/02/2007, 5^a e 7^a coletas respectivamente, não foram realizadas coletas nos pontos P3 e P4 por impedimento operacional. Os resultados obtidos para a vazão do arroio Pampa foram analisados estatisticamente para comprovação da influência desta característica nos parâmetros químicos determinados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

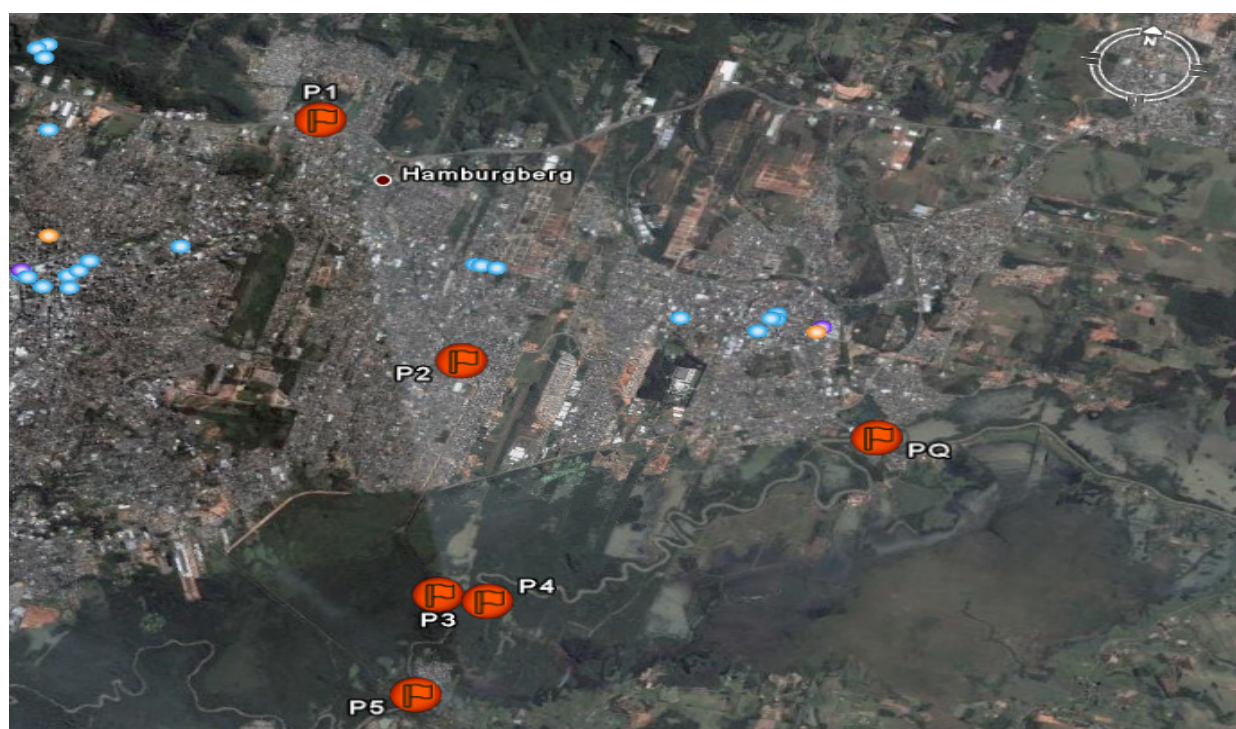
São apresentados os resultados para os parâmetros pH, temperatura da água, OD, Fósforo, Nitrogênio Total, DBO₅ e Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*).

3.1 pH

Os resultados obtidos para o parâmetro pH, nas águas do arroio Pampa, nos pontos P1, P2 e P3, e no Rio dos Sinos, nos pontos P4 e P5, durante o período monitorado, são apresentados na Figura 2. As águas do Rio dos Sinos (P4), apresentaram características de classe 1 para este parâmetro, durante todo o período monitorado, com média de 7,01 e valores de pH máximo e mínimo de 7,44 e 6,50 respectivamente.

Tabela 4. Localização geográfica dos pontos de coleta de amostras.

Ponto de Coleta	Local	Coordenadas geográficas
P1	Próximo a nascente	29° 39' 35,7" latitude Sul e 51° 06' 27,9" longitude oeste de Greenwich
P2	Parte média do curso	29° 41' 17,9" latitude Sul e 51° 05' 15,8" longitude oeste de Greenwich
P3	Foz	29° 42' 19,2" latitude Sul e 51° 05' 17,6" longitude oeste de Greenwich
P4	Rio dos Sinos a montante da foz do arroio Pampa	29° 43' 11,4" latitude Sul e 51° 05' 02,3" longitude oeste de Greenwich
P5	Rios dos Sinos a Jusante da foz do arroio Pampa	29° 43' 50" latitude Sul e 51° 05' 00" longitude oeste de Greenwich

**Figura 1.** Localização geográfica dos pontos de amostragem no arroio Pampa (P1, P2 e P3) e rio dos Sinos (P4, P5 e PQ). Fonte – Google, 2007.

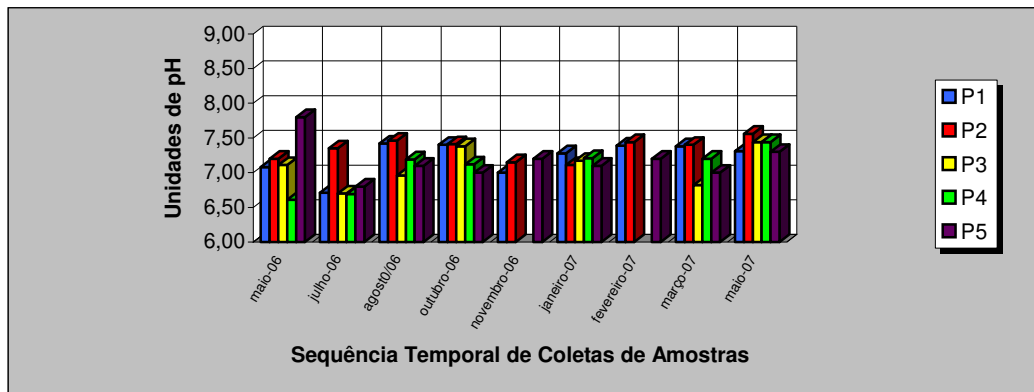


Figura 2. Valores de pH verificados durante o monitoramento das águas do arroio Pampa (P1, P2 e P3) e do Rio dos Sinos (P4 e P5).

Os resultados medidos para o parâmetro pH das águas do arroio Pampa apresentaram resultados similares, durante todo o período de monitoramento, com valores médios entre 7,12 e 7,34, e valores de mínimo e máximo de 6,70 (P3) e 7,56 (P2) respectivamente (Figura 3).

O pH é um parâmetro importante nas diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção de dureza). Valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos.

Houve pequena variação de valores entre as datas e locais de coleta, e os resultados encontrados conferem às águas do arroio Pampa, em todos os pontos de amostragem e em todas as coletas realizadas, característica de classe 1, conforme a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

3.2 Temperatura da água

Os resultados obtidos para a temperatura da água no arroio Pampa e no Rio dos Sinos, durante o período monitorado, são apresentados na Figura 4.

Como esperado, a temperatura das águas, durante o período de monitoramento, acompanharam as características das estações do ano. No arroio Pampa houve, no dia 04/01/2007, uma variação de até 5 °C (6ª coleta) entre os pontos P2 e o P3. Esta variação pode estar associada à influência de lançamentos pontuais localizados próximos ao local de coleta. As temperaturas da água afetam o crescimento dos microrganismos e são fundamentais na reprodução de espécies da ictiofauna, muito sensíveis às alterações de temperatura para a sua reprodução.

A destinação final de efluentes que não recebem adequado tratamento térmico para redução da temperatura tende a afetar a reprodução dos peixes.

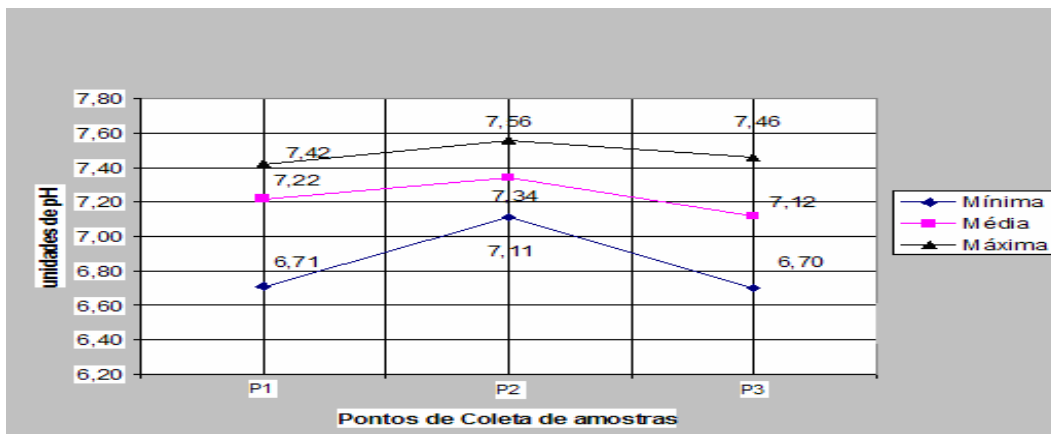


Figura 3. Valores de máximo, mínimo e média do parâmetro pH no arroio Pampa.

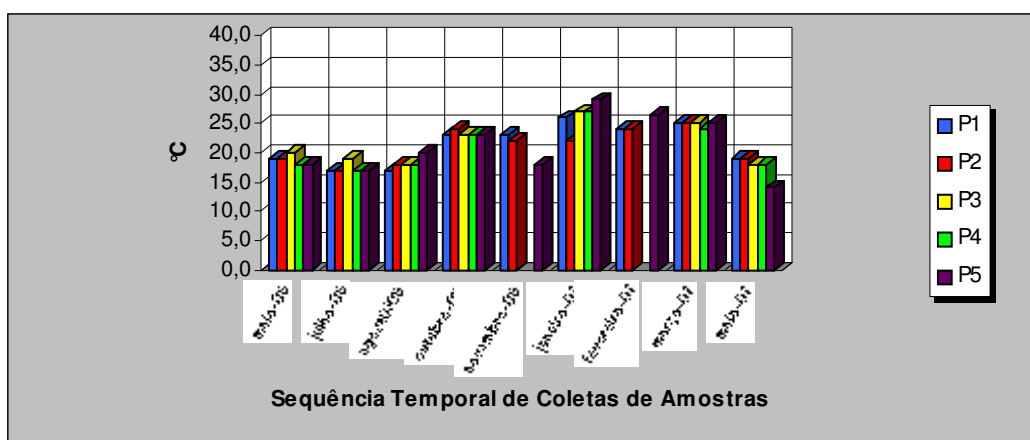


Figura 4. Resultados para a temperatura da água obtidos no monitoramento no arroio Pampa (pontos P1, P2, P3) e rio dos Sinos (P4 e P5).

A presença de grande quantidade de metalúrgicas, gráficas e curtumes na microbacia hidrográfica do Arroio Pampa afetam as temperaturas finais da água, as quais também são influenciadas pela sazonalidade.

3.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus

processos respiratórios, podendo causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com geração de maus odores e mortandade de seres aquáticos.

Nas águas naturais de superfície o índice OD varia de 0 a 19 mg L⁻¹, mas um teor de 5 a 6 mg L⁻¹ já é o suficiente para

suportar uma população variada de peixes. Em águas subterrâneas a quantidade de oxigênio dissolvido é muito baixa pelo fato de estar fora do alcance da atmosfera

Os resultados obtidos para o parâmetro OD nos pontos monitorados durante o período deste trabalho, são apresentados na Figura 5.

As águas do arroio Pampa apresentaram resultados para o parâmetro oxigênio dissolvido qualidade compatíveis com a condição “fora de classe” nos pontos de amostragem P1, P2 e P3, com base na Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), por terem apresentado resultado menor do que 2 mg L^{-1} em pelo menos uma das coletas. No ponto de amostragem P1, em aproximadamente 78 % das amostras, os valores apresentados são compatíveis com a classificação “fora de classe”, e nos pontos P2 e P3 em 67 % e 29 %, respectivamente (Figura 6).

Com exceção da coleta do dia 24/08/2006 (3ª coleta), onde o valor encontrado para o ponto P1 foi excessivamente alto, se comparado a todas as determinações de OD realizadas neste ponto, o monitoramento mostrou um aumento do nível de oxigênio dissolvido significativo entre o ponto P1 e o ponto P2, causado pela aeração natural da águas do arroio. Este acontecimento mostra que apesar de receber uma grande carga de

despejos que necessitam de oxigênio para sua oxidação, o arroio apresenta ainda capacidade de recuperação, embora insuficiente para manter o equilíbrio ambiental. Tal aumento de oxigênio nas águas aponta para capacidade de auto depuração existente entre o ponto P1 e o P2, o qual se verifica com a mesma frequência entre os pontos P2 e P3, apesar da menor declividade e do alargamento do canal, os quais diminuem a velocidade do escoamento e a incorporação de oxigênio.

Na coleta realizada no dia 06/07/2006 (2ª coleta), no ponto de amostragem P1, encontrou-se condições de anaerobiose nas águas do arroio, ou seja, ausência de oxigênio. A mesma característica (anaerobiose) voltou a ocorrer no dia 05/10/2006 (4ª coleta), no ponto P3, onde o odor séptico característico desta condição era muito forte no momento das coletas. Estes acontecimentos mostram o forte estado de degradação que se encontram as águas do arroio Pampa.

A média de oxigênio dissolvido no ponto P2 apresentou uma característica de classe 4, assim como no ponto P3 (Figura 7).

No ponto P1 apesar de ser o ponto com o maior valor medido durante o monitoramento a média é de característica “fora de classe”.

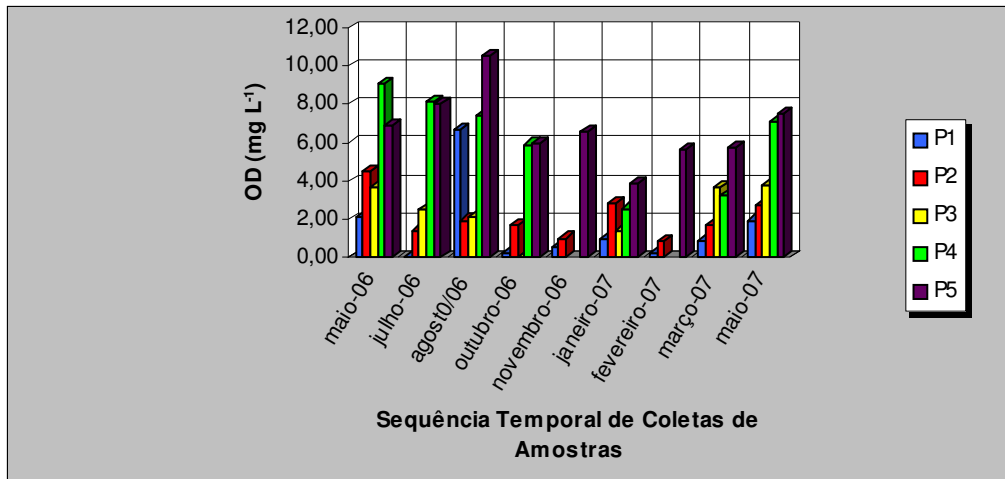


Figura 5. Resultados para OD obtidos para o arroio Pampa (pontos P1, P2, P3) e rio dos Sinos (pontos P4 e P5).

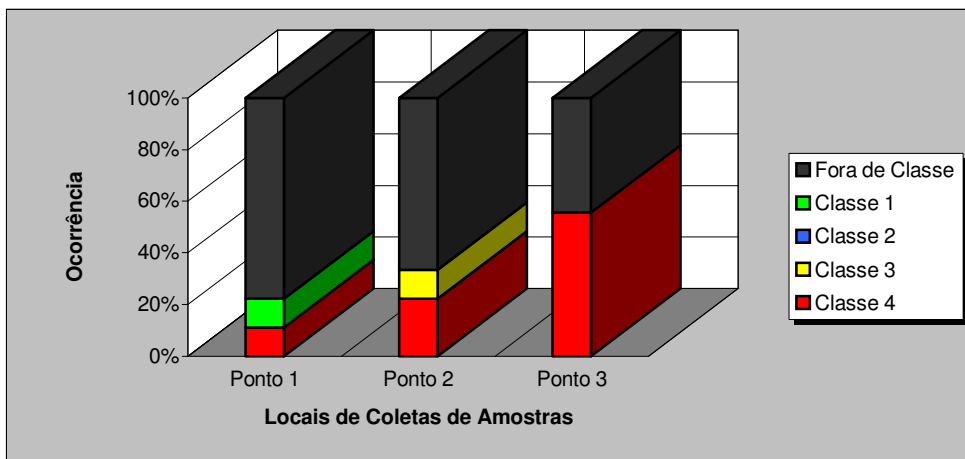


Figura 6. Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro OD no arroio Pampa.

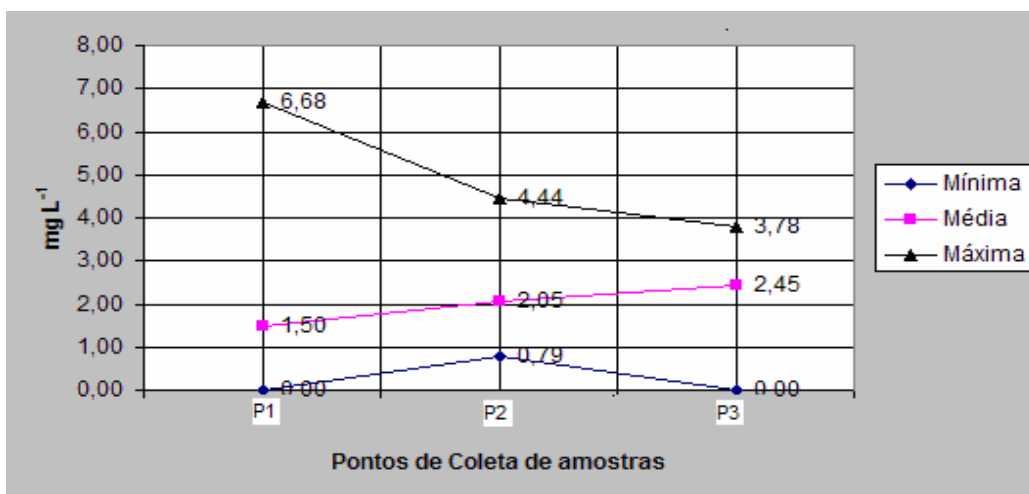


Figura 7. Valores de mínimo, média e máximo para teor de OD arroio Pampa.

Os valores máximos demonstram que, em certos momentos, o arroio atingiu os limites estabelecidos para as classes 1 e 2 da Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

O ponto P4, no Rio dos Sinos, apresentou variações significativas nos níveis de OD, cuja porcentagem de ocorrência, por classes, é apresentada na Figura 8. O oxigênio dissolvido é vital para os seres aquáticos aeróbios e é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos, principalmente associados com esgotamento doméstico e material orgânico de origem sanitária antrópica. O monitoramento deste curso de água, em geral, apresentou indícios de grande contribuição de poluição de natureza antrópica, fenômeno que tem se repetido com outros cursos de água da região, de maior ou menor porte, e que exigem uma ação efetiva e sistemática para resolver problemas estruturantes.

As estações do ano foram determinantes para os níveis de oxigênio dissolvido encontrados nas águas do rio dos Sinos. No outono, inverno e primavera, as coletas realizadas, classificaram o rio como de classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005). Já no verão, o nível de oxigênio dissolvido das águas do Rio dos Sinos apresentou valor

compatível com a classe 4 ($2,55 \text{ mg L}^{-1}$) sendo, portanto, imprópria para o uso como consumo humano, conforme a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

Os resultados por porcentagem de classes no ponto de amostragem P5, apurados pela laboratório da COMUSA estão apresentados na Figura 9.

No ponto de amostragem P5 a condição para classe 4 não ocorre, estando assim as águas do Rio dos Sinos no local de captação para consumo humano, no município de Novo Hamburgo, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), durante a totalidade do monitoramento, para este parâmetro.

3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)

Os resultados para o parâmetro DBO_5 apurados durante o monitoramento, em todos os pontos analisados, são apresentados na Figura 10.

Nos três pontos de monitoramento do arroio Pampa, o valor máximo de DBO_5 foi encontrado, durante o período de amostragens, no ponto P1, no qual se atingiu $105,0 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$. O valor médio, considerando todos os pontos de amostragem, foi de $50,3 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$.

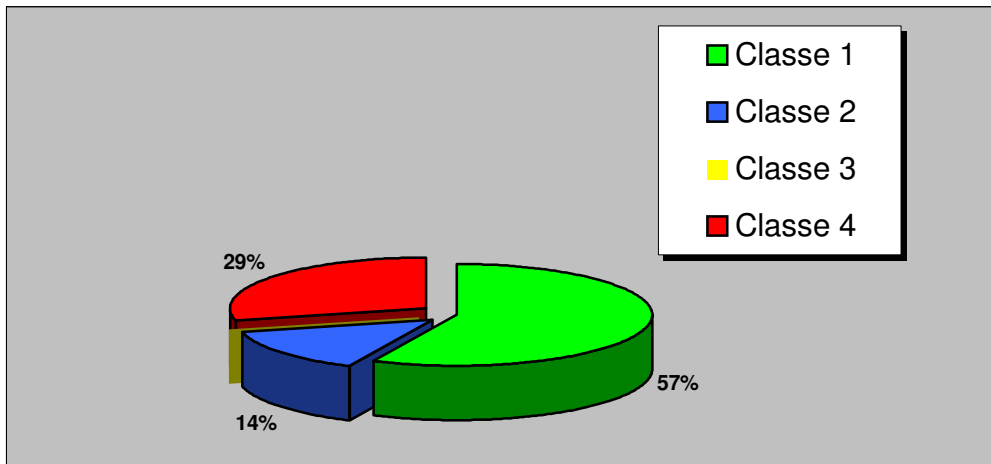


Figura 8. Porcentagem de ocorrência de classes para o OD no rio dos Sinos.

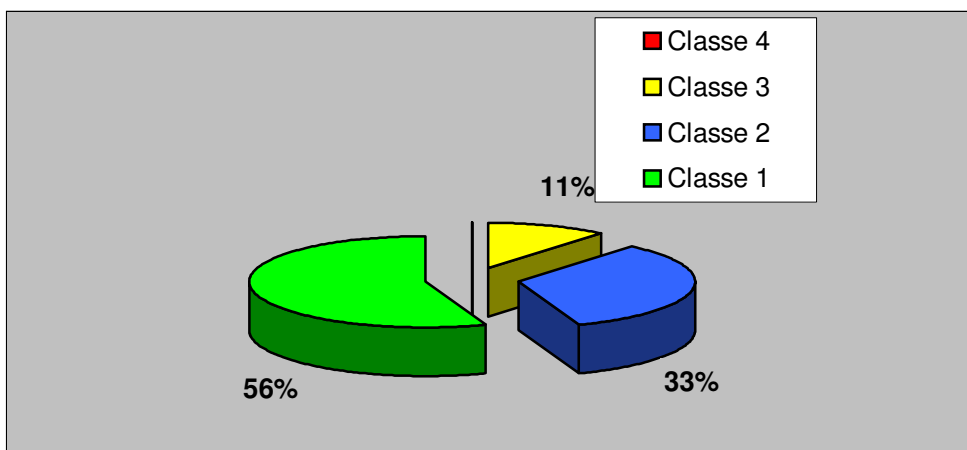


Figura 9. Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro OD no ponto da captação de água bruta, monitorado pela COMUSA (P5).

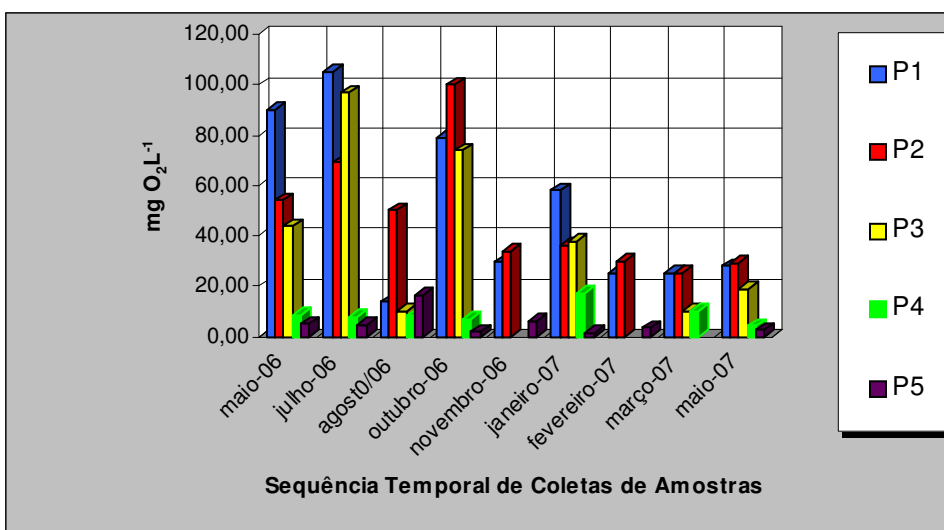


Figura 10. Resultados para DBO₅ obtidos para o arroio Pampa (P1, P2 e P3) e rio dos Sinos (P4 e P5) durante o período monitorado.

Durante o período monitorado houve uma variação significativa de valores entre os pontos. A DBO₅ do arroio Pampa manteve-se, na maioria dos pontos de coleta, com níveis de classe 4 e, em alguns momentos, foram comparáveis ao esgoto doméstico, como mostra a Figura 11.

Os resultados para a DBO₅ das águas do arroio Pampa, nos pontos monitorados, com exceção do ponto P1, não estão relacionados com a vazão deste corpo hídrico, ou seja, aumentos da vazão nos pontos P2 e P3 não necessariamente corresponderam a uma redução na DBO₅. Tal fenômeno indica que nestes pontos, durante o período monitorado, o efeito diluição não ocorre.

Para o ponto de monitoramento P5 os valores de DBO₅ analisados contemplam a totalidade das coletas realizadas, ou seja, nove. Os valores encontrados são relativamente satisfatórios, apesar de que a água da 3ª coleta apresentou característica de classe 4, sendo esta a única amostra com resultado superior ao ponto P4. Esses resultados, por porcentagem de ocorrência, são apresentados na Figura 12.

No monitoramento da DBO₅ no Rio dos Sinos, os resultados medidos a jusante da foz do arroio Pampa (P5) apresentaram, em média, uma melhor qualidade em relação aquele verificado a montante do arroio (P4). Na 3ª coleta, realizada no dia

24/08/2006, no ponto de captação de água bruta da COMUSA (P5), o resultado encontrado para o parâmetro DBO₅ apresentou característica de classe 4, portanto imprópria para o consumo humano.

3.5. Fósforo Total

Os resultados para fósforo total no arroio Pampa (pontos P1, P2 e P3) e no Rio dos Sinos (ponto P4), durante o período de monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 13.

No arroio Pampa o valor médio de fósforo total foi de 3,4 mg L⁻¹, com um máximo de 31,714 mg L⁻¹ e um mínimo de 0,038 mg L⁻¹, ambos no ponto de amostragem P1, apresentando acentuada variação de teores de P em todos os locais monitorados desse corpo d'água.

Para o fósforo total, em 80% das amostragens, considerando todos os pontos monitorados, os valores encontrados no arroio Pampa são semelhantes ao do esgoto doméstico (Figura 14), e equivalentes as concentrações medidas no afluente da estação de tratamento de esgotos da CORSAN de Canoas – RS, conforme a metodologia proposta neste trabalho.

Na 7ª coleta, nos dois pontos monitorados no arroio Pampa, os valores determinados foram os mais elevados em todo o período monitorado.

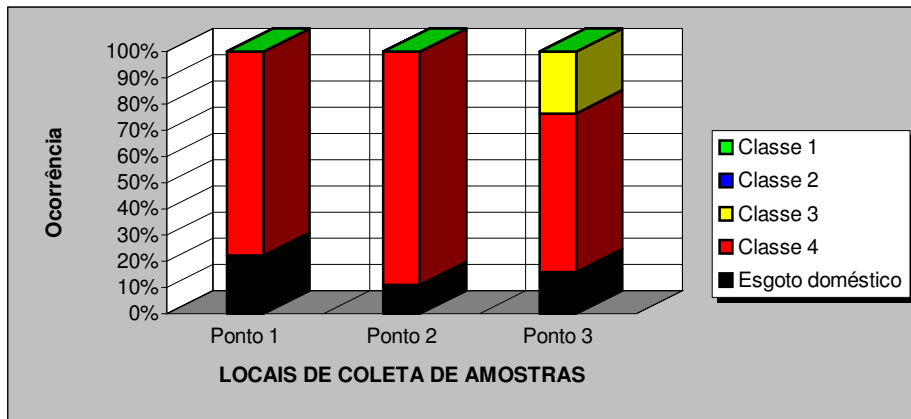


Figura 11. Percentagem de ocorrência de classes para DBO₅ nos pontos de monitoramento P1, P2 e P3.

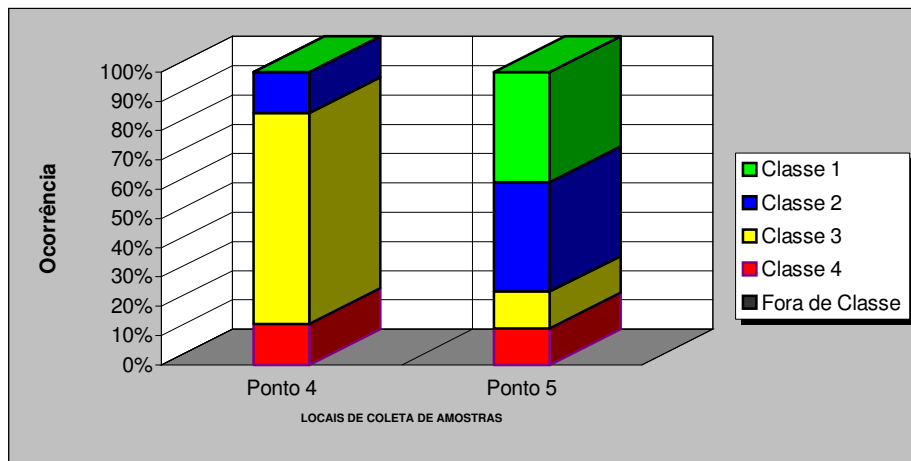


Figura 12. Percentagem de ocorrência de classes para o parâmetro DBO₅ no rio dos Sinos.

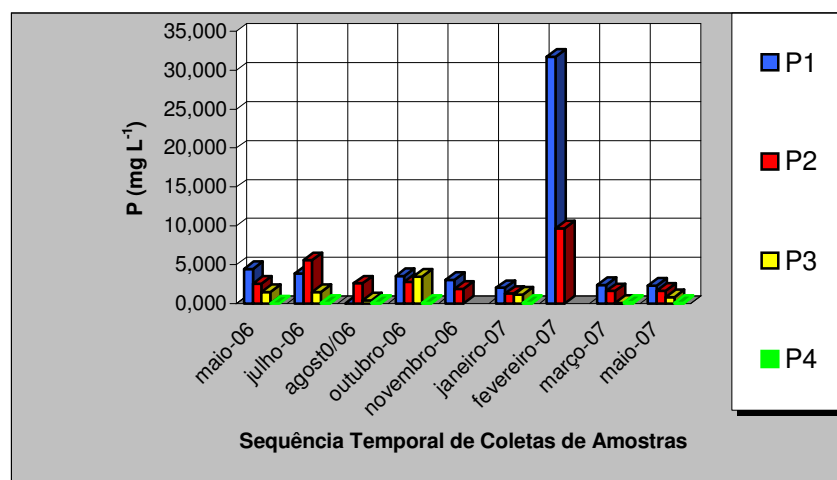


Figura 13. Resultados para o fósforo total, obtidos durante o monitoramento, no arroio Pampa (P1, P2 e P3) e rio dos Sinos (P4).

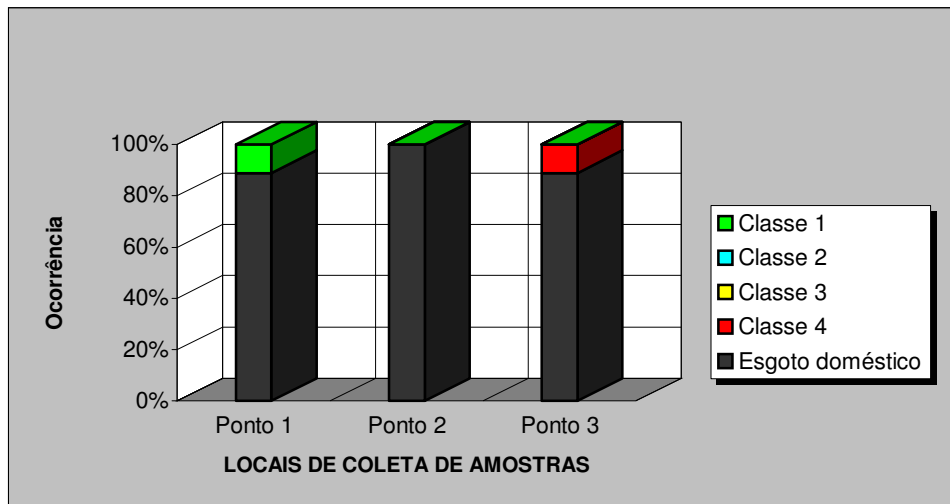


Figura 14. Porcentagem de ocorrência por classes para fósforo total nos pontos de coleta P1, P2 e P3.

O ponto P1 apresentou mais de 31,71 mg L⁻¹, o qual é 2 vezes superior ao valor máximo para o afluente da ETE Canoas.

Fica evidente pelos resultados encontrados para este parâmetro o forte impacto da ocupação humana na área da micro-bacia do arroio Pampa.

O Rio dos Sinos apresentou valores médios de fósforo total de 0,09 mg L⁻¹, com um máximo de 0,134 mg L⁻¹, em duas coletas (4^a e 8^a) respectivamente 05/10/2006 e 29/03/2007. A classificação correspondeu a classe 3, conforme a Resolução CONAMA 357, e nas demais coletas os valores são compatíveis com a classe 1. A Figura 15 apresenta a porcentagem por ocorrência de classes deste nutriente no ponto monitorado no Rio dos Sinos (P4).

3.6. Nitrogênio Total

O valor médio para o nitrogênio total manteve-se entre 16,7, no ponto P3, e 30,85 mg L⁻¹, no ponto P1, e o valor máximo encontrado no monitoramento foi na 1^a coleta (11/05/2006), o qual correspondeu a 43,7 mg L⁻¹, justificado pela menor vazão deste curso de água e, portanto, pela menor diluição.

Os resultados para o parâmetro nitrogênio total no arroio Pampa (P1, P2 e P3) e no Rio dos Sinos (P4), durante o período do monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 15. A concentração de nitrogênio total no arroio Pampa, quando comparado com os valores do afluente da estação de tratamento de esgotos da CORSAN de Canoas – RS, são semelhantes a este em 89%, 78% e 58% das amostras do ponto P1, P2 e P3, respectivamente (Figura 16).

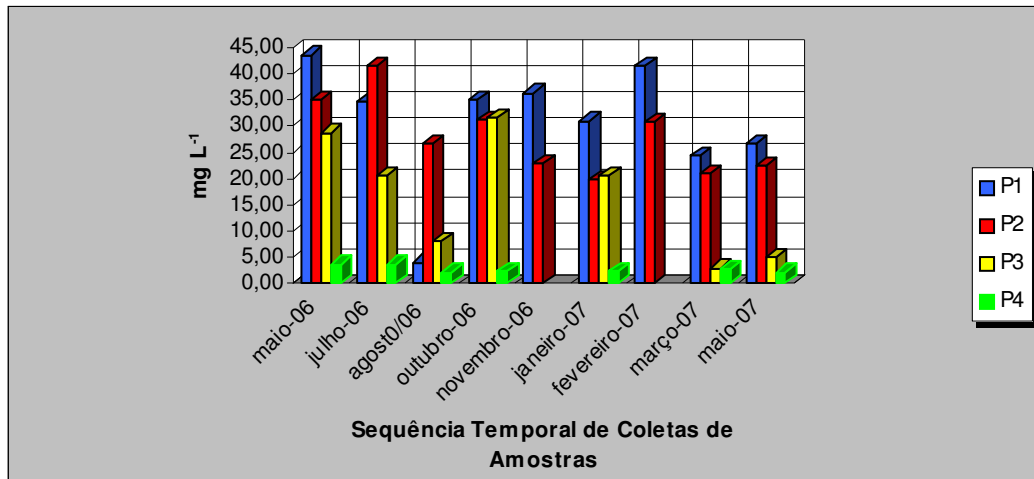


Figura 15. Resultados para nitrogênio total obtidos durante o monitoramento no arroio Pampa (P1, P2 e P3) e rio dos Sinos (P4).

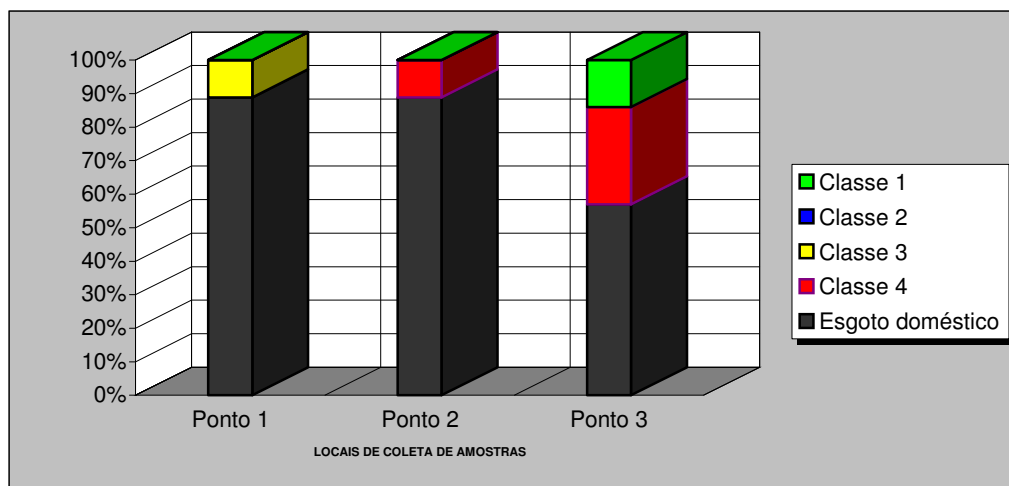


Figura 16. Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro nitrogênio total no arroio Pampa.

Assim como o parâmetro fósforo total, o nitrogênio total está fortemente relacionado com a atividade humana, e como não existem áreas de agricultura significativas na micro-bacia do arroio Pampa, a origem mais provável é a do esgoto doméstico.

Portanto os resultados para os parâmetros analisados até aqui mostram o

forte impacto causado nas águas do arroio pelo lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, que sem a atenção do poder público transformou o arroio em canal de esgoto a céu aberto.

Para o ponto de amostragem P4 (Rio dos Sinos), os resultados apresentaram para este nutriente características de classe 1, conforme a Resolução CONAMA 357

(BRASIL, 2005), durante todo o período monitorado.

3.5 Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*)

Este parâmetro está diretamente ligado a poluição por esgotos domésticos, sendo de grande importância a sua análise. Os resultados para o parâmetro coliformes fecais (*Escherichia Coli*), obtidos durante o monitoramento deste trabalho para o arroio Pampa, são apresentados na Figura 17.

Para o parâmetro coliforme fecais (*Escherichia Coli*) as águas do arroio Pampa apresentaram resultados semelhantes ao esgoto doméstico, em aproximadamente 45% do período monitorado no ponto P1. Este fato corrobora todas as indicações de que a contribuição antrópica é um dos fatores fundamentais na influência sobre a qualidade de água do arroio monitorado.

Para o ponto de monitoramento P2 (ponto médio), a ocorrência da característica de esgoto doméstico teve valor igual ao do ponto P1, ou seja, em 45% das amostras monitoradas. No ponto P3 este comportamento foi encontrado em aproximadamente 35% do período monitorado. Estes resultados mostram o arroio Pampa como um canal de afastamento de esgoto doméstico que tem

como destino final as águas do Rio dos Sinos.

No restante do período todos os pontos apresentaram característica de classe 4, segundo a metodologia proposta neste trabalho, pois para este parâmetro a Resolução CONAMA não determina um valor máximo para essa classe. A Figura 18 apresenta resultados pelo percentual de ocorrência para os pontos de monitoramento no arroio Pampa.

As diferenças na quantidade de microorganismos presentes no ponto P3, quando comparados ao ponto P2, podem estar relacionadas ao decaimento bacteriano natural, ou ao lançamento de esgoto doméstico localizados. Os resultados para coliformes fecais (*Escherichia Coli*) no Rio dos Sinos (P4 e P5), durante o período do monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 18. Já para o Rio dos Sinos, a montante da foz do arroio, os resultados por porcentagem de ocorrência de classe são apresentados na Figura 19. Estes resultados, quando comparados com os do ponto P5, mostram que em mais de 80% das coletas realizadas, uma maior contaminação microbiológica em relação a P4.

As Figuras 20 e 21 apresentam a incidência por classes para os pontos P4 e P5 respectivamente.

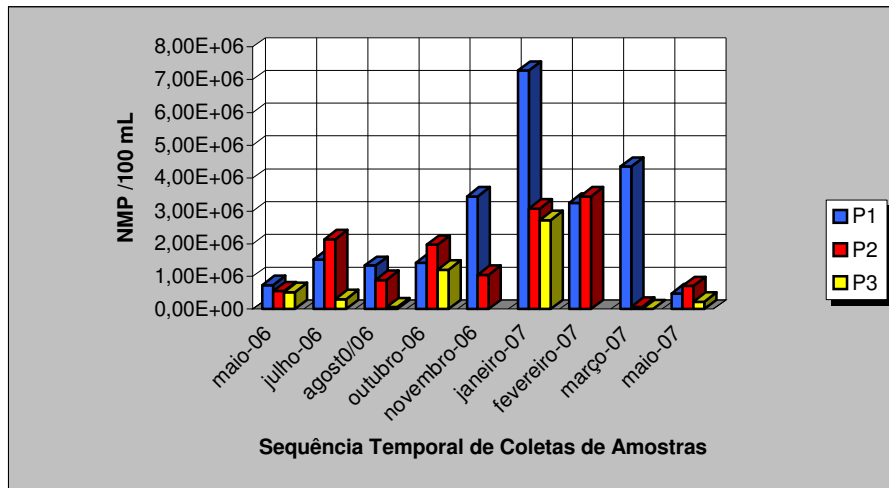


Figura 17. Resultados para coliformes fecais (*Escherichia Coli*) obtidos durante o monitoramento arroio Pampa.

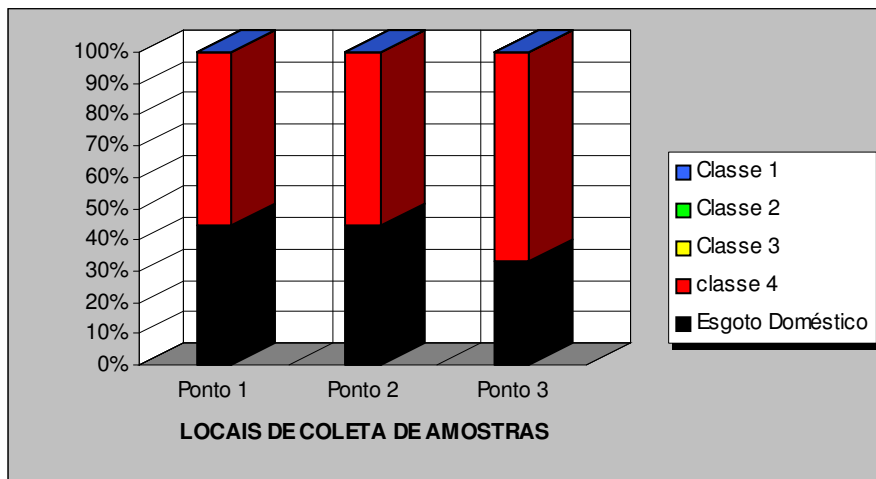


Figura 18. Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais (*Escherichia Coli*) nos pontos monitorados no arroio Pampa.

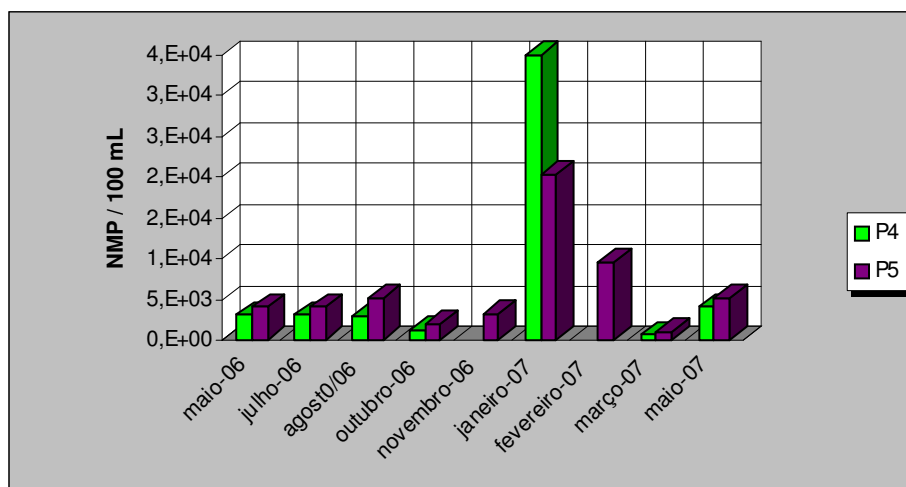


Figura 19. Resultados para o parâmetro coliformes fecais para os pontos P1, P2 e P3.

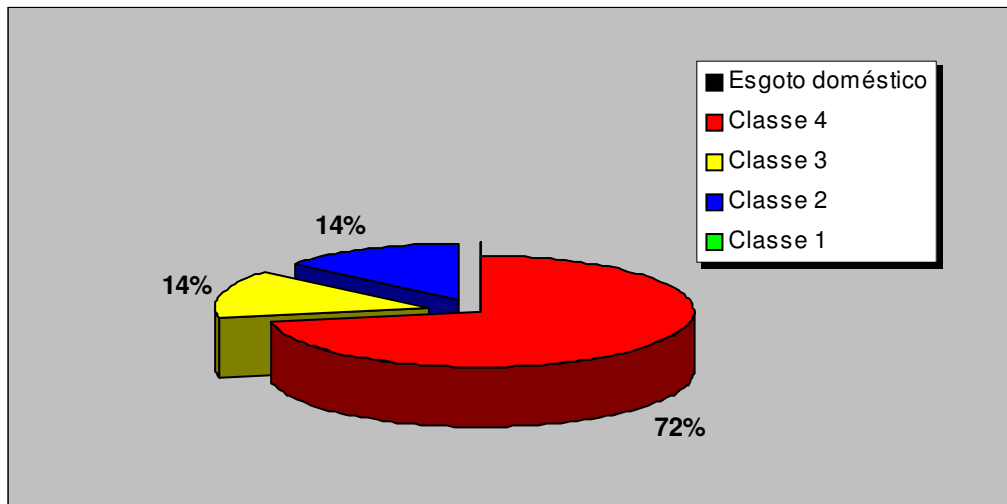


Figura 20. Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais no rio dos Sinos (ponto P4).

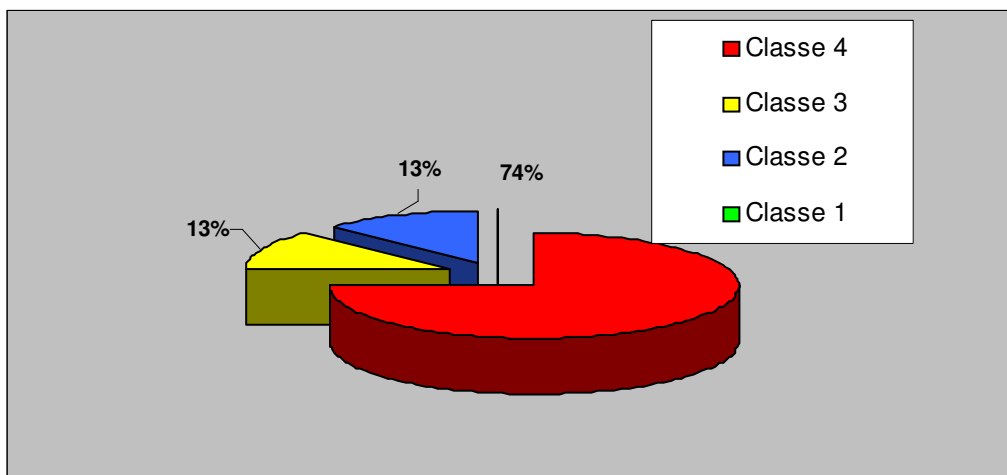


Figura 21. Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais no rio dos Sinos (ponto P5).

Este resultado demonstra que para este parâmetro as águas do arroio Pampa causam forte influencia nas águas do rio dos Sinos.

A Figura 22 apresenta os resultados por porcentagem de ocorrência de classes para os parâmetros analisados no rio dos Sinos até aqui, como forma de comparação entre os pontos de monitoramento P4

localizado, a montante da foz do arroio Pampa e o ponto P5, localizado a jusante da foz do arroio.

Observa-se que deste conjunto de parâmetros os coliformes fecais (*Escherichia Coli*) no ponto P5 apresentam uma contaminação superior aquela determinada no ponto P4, em aproximadamente 86% das coletas.

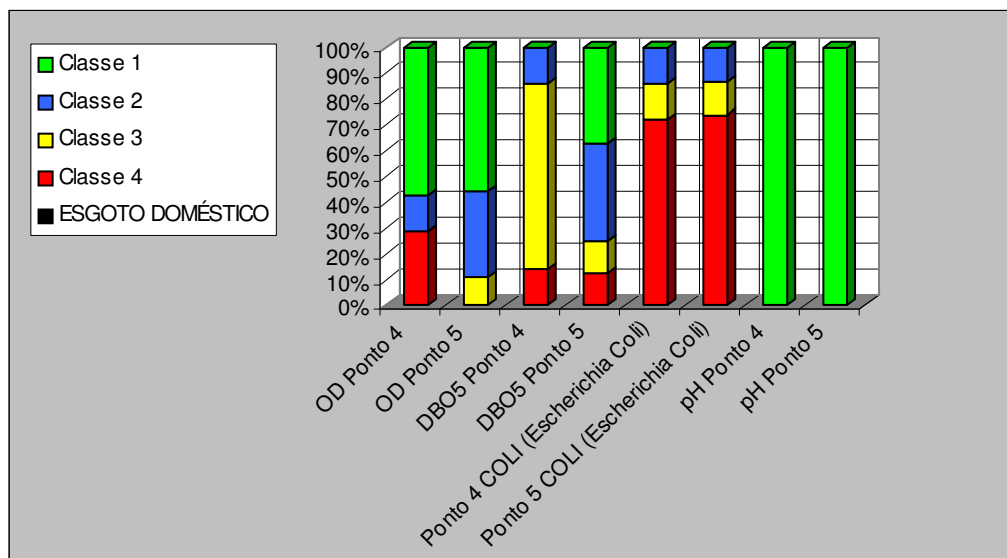


Figura 22. Porcentagem de ocorrência de classes para os parâmetros OD, DBO₅, coliformes fecais (*Escherichia Coli*) e pH nos pontos de monitorado P4 (Rio dos Sinos a montante da foz do arroio Pampa) e no ponto P5 (local da captação de água bruta da COMUSA, a jusante da foz do arroio Pampa).

O meio encontrado no Rio dos Sinos é propício a este acontecimento, devido aos níveis de oxigênio da presença de fósforo total e nitrogênio total.

Para o parâmetro DBO₅, na 3ª coleta, o resultado para o Ponto P5 é superior ao do ponto P4. Para o parâmetro OD, nos dias 11/05/2006 e 06/07/2006 (1ª e 2ª coletas) o ponto P5 apresenta valor menor ao ponto P4, isto representa aproximadamente 28,5% de ocorrência para o OD e 14% para DBO₅. A influência nas características das águas do rio dos Sinos no ponto (P5), causadas pelas águas do arroio Pampa, é representativa do ponto de vista microbiológico, corroborando para a afirmativa que a poluição por efluentes domésticos é relevante.

Cabe salientar que o impacto de despejos de esgoto doméstico em corpos hídricos ocorre em função da diminuição do oxigênio dissolvido disponível na água e não pela presença de substâncias tóxicas (BRAGA et al., 2006).

Apesar dos parâmetros da qualidade da água variarem naturalmente nos corpos de água, devido aos efeitos naturais, a grande quantidade de coliformes fecais é indicativo inequívoco da grande contribuição de poluição antrópica neste curso de água. Além disso, as diferenças entre dois pontos próximos são fortes indicadores de poluição decorrentes de hábitos de lançamentos de resíduos, devido às características das populações locais.

A perda da qualidade da água em termos microbiológicos é explicada devido ao processo de urbanização que sem planejamento, conduz para o arroio Pampa o esgoto doméstico gerado nesta micro-bacia.

4. CONCLUSÃO

A abordagem se reportou a um método objetivo para selecionar áreas e épocas para a incorporação de programas de monitoramento hidro-químico e microbiológico em áreas específicas do Arroio Pampa, um dos principais afluentes do Rio dos Sinos, o qual está tristemente conhecido como um curso de água que tem protagonizado grandes mortandades de peixes. O método pode ser facilmente adaptado para outras circunstâncias, locais ou parâmetros, uma vez que os usos cruciais da água e do solo e seus impactos podem ser identificados e quantificados de forma global ou para cada corpo de água individualmente. Esse procedimento pode e deve ser utilizado para identificar zonas sob impacto ambiental ou sob riscos à saúde pública.

O arroio Pampa apresenta, em toda a sua extensão, altos níveis de poluição doméstica, muitas vezes, com valores que são comparáveis à do esgoto doméstico bruto. Neste cenário, medidas alternativas de remediação terão pouca eficácia ou

serão pouco eficientes na alteração dos parâmetros indicativos da qualidade deste manancial hídrico. A solução para uma melhora significativa da poluição orgânica passa necessariamente pela construção de Estação de Tratamento de Esgoto para a micro-bacia do Pampa, medida fundamental para a despoluição deste curso de água.

Pela quantidade de habitantes da micro-bacia do Pampa, agravada pela previsão de crescimento populacional, e comprovado pelo monitoramento do parâmetro DBO₅, o arroio Pampa não tem vazão suficiente para ser o corpo receptor de efluente de estação de tratamento, mesmo que esta trabalhe com eficiência de 90%.

A constatação de aumento do parâmetro DBO₅, assim como da quantidade de Coliformes fecais, no ponto de monitoramento P5 quando comparado com o ponto P4, demonstra que a poluição por esgoto doméstico existente no arroio Pampa é a que mais impacto causa nas águas do Rio dos Sinos. A fragilidade do arroio Pampa em razão do elevado nível de poluição doméstica torna difícil sua recuperação.

Somente o efetivo aporte de recursos que contemple na totalidade a infraestrutura urbana necessária para suprir as necessidades de saneamento ambiental da

população pode levar o sistema desta região hídrica ao equilíbrio.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário FEEVALE pelas análises físico-químicas e microbiológicas e pelas excelentes condições de trabalho no mestrado em Qualidade Ambiental.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, SP: Prentice Hall. 305 p. 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: **Resolução 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 1- 23. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conam/res/res05/res35705>, acesso em: 21 de nov 2006.
- CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modeling**. Texas, McGraw-Hill, 844 p. 1997.
- CUNHA, A. C. **Monitoramento, Parâmetros e Modelos de Qualidade da Água**. Macapá: Secretaria de Estado do Meio Ambiente-AP, 83 p. 2000.
- CUNHA, A. C. **Monitoramento de parâmetros físico-químicos e hidráulicos para a avaliação da qualidade da água em escoamentos naturais – desenvolvimento do distrito industrial/AP na Bacia do Rio Matapi**. Relatório Anual. Macapá: CNPq/IEPA/Gercó, set., 58 p. 2001.
- DINIZ, E. D. P. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Cruze**. Universidade Luterana do Brasil – Programa de Pós-Graduação em engenharia, energia, ambiente e materiais. Canoas - RS, 2002.
- FARIA, C. M.; MORANDI, I. C.; A Dificil Recuperação de Arroios em Áreas Urbanas. **Pesquisa Ecos**. Revista. Departamento municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre. Ano 3. nº 6. Maio/2002.
- LAWS, E. Pathogens in Natural Waters. In: **Aquatic pollution: an introductory Text**. Washington, John Wiley & Sons ed., p. 157-178. 1993.
- LUNG, S-W. **Water quality modeling: Application to Estuaries**. v. 3. Washington, CRC Press, 194 p. 1993.
- NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. **Controle da qualidade da água do Arroio Portão, RS**. Instituto de Geociências, UFRGS, Pesquisa em Geociências, 32. Porto Alegre – Brasil, 2005.
- NIETO P.; CUSTODIO E.; MANZANO M. Baseline groundwater quality: a European approach. **Environmental Science & Policy**, 8, 399–409, Spain, 2005.
- RISSATO, S. R.; LIBÂNIO M.; GIAFFERIS G. P.; GERENUTTI, M. Determinação de Pesticidas e Organoclorados em Água de Manancial, Água Potável e Solo na Região de Bauru (SP). **Quím. Nova**, Vol 27, nº 5, 739-743, 2004.
- VELZ, C. J. **Applied stream sanitation**. A Wiley-Interscience Publication. 2 ed., Michigan, 799 p. 1984.
- VENTER, S. N.; KÜHN, A.L.; HARRIS, J. A method for the prioritization of areas experiencing microbial pollution of surface water. **Wat. Sci. & Technol.**, v. 38, n. 12, p. 23-28. 1998.