

DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO MEIO URBANO

Carlos E. SILVA

Doutor em Engenharia Química, Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento - UFSM, Faixa Camobi Km 9 – Campus Universitário da UFSM – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – E-mail: ces@ct.ufsm.br

Diego BINOTTO

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSM, Faixa Camobi Km 9 – Campus Universitário da UFSM – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – Email: diegobinotto@zipmail.com.br

Teobaldo F. GRÄBIN

Acadêmico em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Faixa Camobi Km 9 – Campus Universitário da UFSM – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – Email: teobaldoufsm@yahoo.com.br

Eziquiel DANIELSSON

Acadêmico em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Faixa Camobi Km 9 – Campus Universitário da UFSM – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – Email: Eng.eziquiel@mail.ufsm.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é a avaliar a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Arroio Cadena na cidade de Santa Maria, RS, Brasil. A bacia hidrográfica foi dividida em diferentes setores de ocupação para verificar a influência do processo de urbanização na qualidade das águas. Amostras foram coletadas mensalmente no período de outubro de 2004 a outubro de 2005. O monitoramento realizado permitiu avaliar a situação atual da qualidade das águas frente à legislação brasileira vigente. Os resultados indicaram que a qualidade das águas variou entre ruim e regular. A carga orgânica na bacia foi estimada em 523,21 kg_{DBO}/dia, sendo o lançamento de efluentes de origem domésticas a principal causa da degradação da qualidade das águas.

Palavras-chave: qualidade da água, águas urbanas, monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento a degradação da qualidade dos corpos hídricos está diretamente relacionada à poluição orgânica. A ocupação e o uso desordenados do solo, associados à falta de implantação dos serviços de saneamento básico promovem a degradação crescente destes recursos naturais. Segundo os dados da PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002) apenas 38 % dos municípios brasileiros promovem a coleta dos esgotos domésticos e um percentual ainda menor, 10 %, realizam o tratamento dos mesmos.

Atualmente, o panorama apresentado pela maioria dos municípios brasileiros é a impossibilidade da utilização dos recursos hídricos que drenam sua área urbana para os diversos fins. Os lançamentos inadequados de esgotos sanitários e resíduos sólidos promovem a contaminação crescente das águas, transformando-se em um grande problema de saúde pública.

A avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico, no âmbito de sua área de drenagem, é de fundamental importância para traçar diretrizes que visam a sua adequação frente aos requisitos de qualidade para usos específicos definidos nos processos de enquadramento estabelecidos na Resolução CONAMA N. 357/2005 (CONAMA, 2005). Esta avaliação deve contemplar tanto os aspectos qualitativos como os quantitativos dos recursos hídricos, devido à indissociabilidade dos mesmos. Silva et al (2002) avaliaram a influência do regime de escoamento sobre a qualidade das águas dos corpos hídricos que drenam a bacia hidrográfica do campus da UFSM, observando a deteriorização da qualidade da água nos períodos de estiagem.

A necessidade de integração da sociedade nos processos de gestão ambiental exige a apresentação de informações básicas, de forma objetiva e fácil de assimilação para uma efetiva atuação nos processos decisórios (Peláez-Rodriguez et al, 2000). Neste sentido, o índice de qualidade da água (IQA) é um número simples que expressa a qualidade geral da água em certo local e tempo, baseado em vários parâmetros de qualidade da água. O objetivo de um índice é transformar os complexos dados de qualidade da água em informação que pode facilmente ser entendida e utilizada pela população. O uso de um índice para graduar a qualidade da água é motivo de controvérsia para especialistas da área, por não poder refletir uma situação real, quando da possibilidade da existência de alguma substância presente no meio e não contemplada no índice. Entretanto, um índice baseado em algumas variáveis importantes, permite a população ter uma idéia geral dos possíveis problemas com a água em determinada região.

O presente trabalho apresenta os resultados do monitoramento da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena, visando a avaliação da qualidade de suas águas e a estimativa das cargas poluidoras em diferentes setores de ocupação da bacia.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do arroio Cadena está localizada no município de Santa Maria, região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas geográficas 29° 41' 25" e 29° 46' 20" de latitude sul, 53° 46' 58" e 53° 51' 45" de longitude oeste (Figura 1). O curso de água principal possui uma extensão de 15 km, apresentando 660 m de galeria fechada em concreto armado desde a nascente. A seguir, por uma extensão de 2860 m, apresenta-se na forma de um canal aberto de alvenaria e segue até o exutório em canal aberto natural, desaguando no arroio Picadinha, afluente do rio Vacacaí. A área de drenagem da bacia é de 64,08 km² e apresenta uso e ocupação diversificada, representada pelos setores residencial, comercial, atividades agropecuárias e industriais.

Geomorfologicamente a bacia hidrográfica caracteriza-se pelas elevações da Serra Geral ao norte e Campos da Depressão Central ao sul. Litologicamente a área está assentada sobre as Formações Santa Maria, Caturrita, Botucatu, Serra Geral e terraços fluviais e sedimentos atuais. A

ampla área de planície de inundação possui uma formação com sedimentos aluviais recentes, inconsolidados e saturados de água, considerada frágil do ponto de vista geológico para ocupação.

A cobertura original da vegetal sofreu significativas alterações, sendo que uma parcela está inserida no domínio dos campos com capões e matas galerias. A área que atualmente é ocupada pelas atividades agropecuárias está representada com cobertura de gramíneas com pontos isolados de vegetação remanescente. Salienta-se que a vegetação de mata ciliar está praticamente inexistente, devido à ocupação e uso inadequados que causam alterações na vazão do escoamento pluvial, acelerando o processo erosivo das margens do Arroio Cadena e seus afluentes.



Figura 1 – Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena

As precipitações são regulares durante todo o ano, não apresenta estação seca, com índices pluviométricos anuais entre 1500 mm a 1600 mm. Conforme a caracterização de Köppen, citado por Ayoade (1986), apresenta clima subtropical, com características de invernos frios, com temperatura média do mês mais frio entre 13 e 15°C, já os verões são quentes com temperaturas médias do mês mais quente superior a 24°C.

O município de Santa Maria possui uma população total de 243.392 habitantes (IBGE, 2000), sendo a população da área de estudo estimada em 147.839 habitantes. Cerca de 60 % da população do município é atendida por rede coletora de esgoto que é destinada para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE Santa Maria), através do processo de lodo ativado por aeração prolongada. Entretanto, as áreas não atendidas por este serviço promovem o lançamento clandestino na rede de drenagem urbana, ou diretamente nos corpos hídricos.

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para avaliação da qualidade da água foi estabelecida a modulação da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena em três setores, com o objetivo de estimar as diferentes contribuições associadas ao uso e ocupação do solo. Foi implantada uma rede de monitoramento em cada setor, consistindo de postos hidrométricos para medidas de descargas e coletas de amostras de água para determinações das variáveis de qualidade e estimativa das cargas poluidoras. O monitoramento foi realizado mensalmente no período de novembro/2002 a outubro/2005.

As descargas foram realizadas através de medidas da velocidade de escoamento e a altura da lâmina d'água em seções regulares dos corpos hídricos. As coletas das amostras de água foram realizadas simultaneamente as medidas de descargas para a determinação das características físico-químicas e bacteriológicas. As metodologias analíticas adotadas são descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WPCF, 1995).

As variáveis de qualidade da água foram analisadas frente aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA N. 357 (BRASIL, 2005). Para a interpretação da qualidade da água foram determinados os índices de qualidade da água IQA (somatório e produtivo), contemplando as adaptações do COMITESINOS (1990; 1993), como apresentado pela equação 1 e equação 2.

$$IQA_s = \sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot w_i \quad (1)$$

$$IQA_p = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

onde:

q_i : nota de qualidade da variável

w_i : peso relativo da variável de qualidade

s : somatório

p : produtivo

A qualidade relativa de cada variável é estabelecida em curvas de variação que relacionam o respectivo valor da variável a uma nota (0 a 100), sendo o valor 100 para a melhor qualidade. A Tabela 1 apresenta os respectivos pesos atribuídos às variáveis de qualidade e a interpretação dos índices é estabelecida na Tabela 2, COMITESINOS (1993).

Tabela 1 – Pesos relativos das variáveis de qualidade da água

Parâmetros	Pesos Relativos (w_i)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,19
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,17
pH	0,13
DBO _{5,20} (mg/L)	0,11
Fosfato Total (mg/L)	0,11
Nitrato (mg/L)	0,11
Turbidez (NTU)	0,09
Sólidos Totais (mg/L)	0,09

Tabela 2 - Interpretação da qualidade de água

Faixas de IQA	Classificação da qualidade da água
0 - 25	Muito Ruim
26 - 50	Ruim
51 - 70	Regular
71 - 90	Bom
91 - 100	Excelente

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modulação da sub-bacia hidrográfica e a identificação dos pontos de monitoramento qualitativo são apresentados na Figura 2. Na Tabela 3 são descritas as principais características físicas dos três setores de ocupação na área de estudo. Os pontos de monitoramento são

apresentados na Figura 3 (A, B e C). O estado de degradação dos corpos hídricos é demonstrado pelo próprio aspecto físico das águas, pela presença de processos erosivos de suas margens e a grande quantidade de resíduos sólidos, em especial, no ponto de monitoramento P-B.

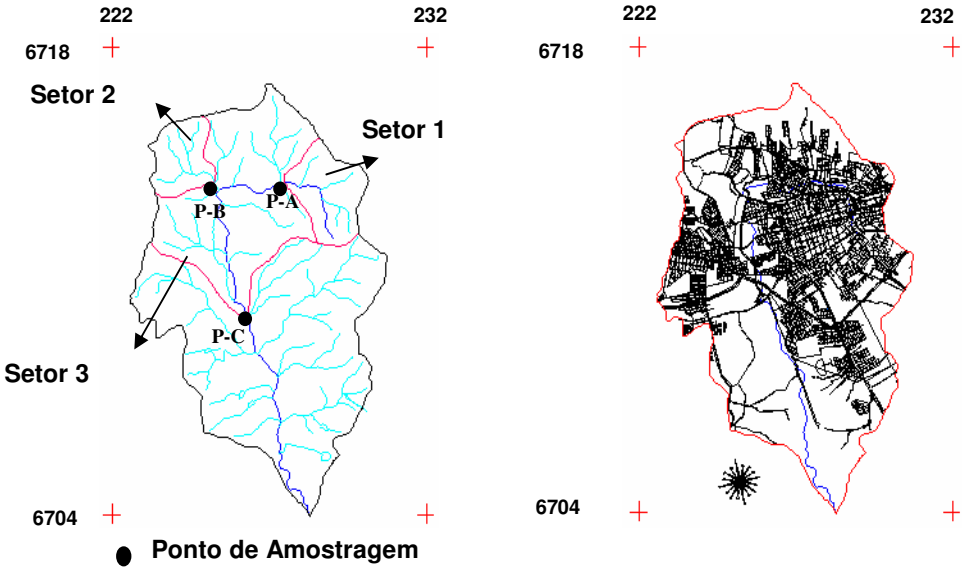


Figura 2 – Modulação da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena

Tabela 3 - Características físicas dos setores da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena

Setores	Setor 1	Setor 2	Setor 3	TOTAL
Área (Km²)	5,11	3,71	18,89	27,71
Perímetro (Km)	9,35	8,07	22,83	40,25
Comprimento da drenagem (km)	7,52	6,15	30,57	44,24

Os resultados médios das variáveis de qualidade referentes aos três pontos de amostragem são sumarizados na Tabela 4. Considerando que os corpos hídricos da área em estudo estejam enquadrados na classe 2, verifica-se que os pontos A e C apresentam as principais variáveis de qualidade (DBO, oxigênio dissolvido, coliformes fecais) em desacordo com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. O ponto B atende a maioria dos limites de enquadramento, exceto, DBO, coliformes fecais. Ressalta-se que os elevados níveis de fosfato observados em todos os pontos podem estar diretamente relacionados às características geológicas da área de estudo, sendo que os limites da Resolução CONAMA N. 357/2005 são questionáveis a nível regional.



Figura 3 – Visualização dos pontos de monitoramento na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena

Tabela 4 - Variáveis de qualidade da água e atendimento aos requisitos de qualidade da classe de enquadramento

Variável	Unidade	Valores médios			Conformidade CONAMA 357/2005		
		P-A	P-B	P-C	P-A	P-B	P-C
Temperatura do ar	(° C)	22,6	21,4	21,2	-	-	-
Temperatura da água	(° C)	20,5	19,5	20,8	-	-	-
Turbidez	(NTU)	22,6	32,6	16,8	S	S	S
pH	-	7,61	7,38	7,58	S	S	S
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	441,9	117,7	297,6	-	-	-
Oxigênio Dissolvido - OD	(mg/L)	1,88	6,04	4,94	N	S	N
OD Saturação	(%)	21,4	69,6	58,6	-	-	-
DBO	(mg/L)	43,09	5,22	13,21	N	N	N
Fósforo total	(mg/L)	2,02	1,33	1,50	N	N	N
Nitrato	(mg/L)	0,98	1,04	1,16	S	S	S
Sólidos Totais	(mg/L)	278,3	127,4	182,4	-	-	-
Sólidos Suspensos	(mg/L)	18,8	18,9	16,8	-	-	-
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	5,78E+05	4,76E+04	6,81E+04	N	N	N

Verifica-se na Figura 4 que, apesar do valor médio do oxigênio dissolvido no ponto de monitoramento P-B (6,04 mg/L) atender ao padrão CONAMA 357/2005, em 25 % das coletas os valores foram inferiores ao limite de 5,00 mg/L. No exutório da bacia, ponto P-C, em 50 % das coletas o oxigênio dissolvido apresentou valores acima do limite mínimo. No ponto de monitoramento P-A, a quase totalidade dos valores de oxigênio dissolvido foram inferiores ao limite, apresentando em algumas coletas valores quase nulos.

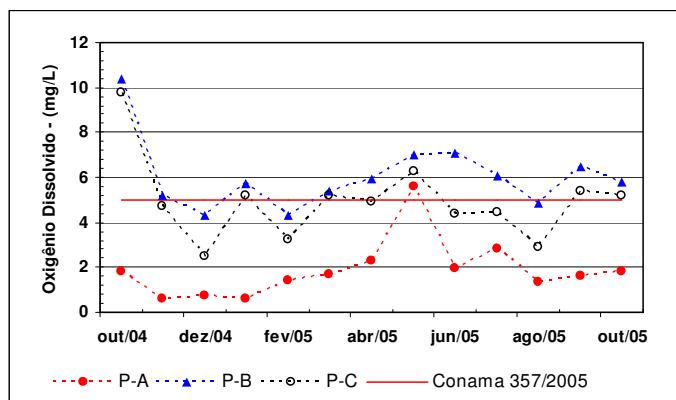


Figura 4 – Variação mensal do oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento

A variação mensal da demanda bioquímica de oxigênio é apresentada na Figura 5. Observa-se que a quase totalidade dos valores desta variável, em todos os pontos de monitoramento, estão acima do limite de 5,00 mg/L. Apenas no ponto P-B foi verificado, em determinadas coletas, valores inferiores ao limite. O perfil da contagem de coliformes fecais é apresentado na Figura 6, verifica-se que em todas as coletas, nos três pontos de monitoramento, os valores determinados estão acima do limite de 1000 NMP/100 mL.

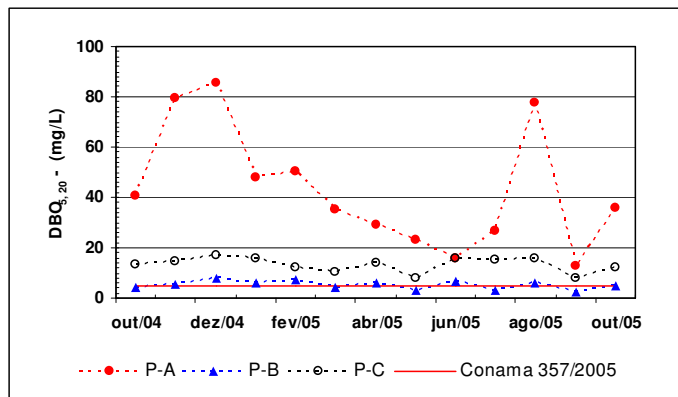


Figura 5 – Variação mensal da Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de monitoramento

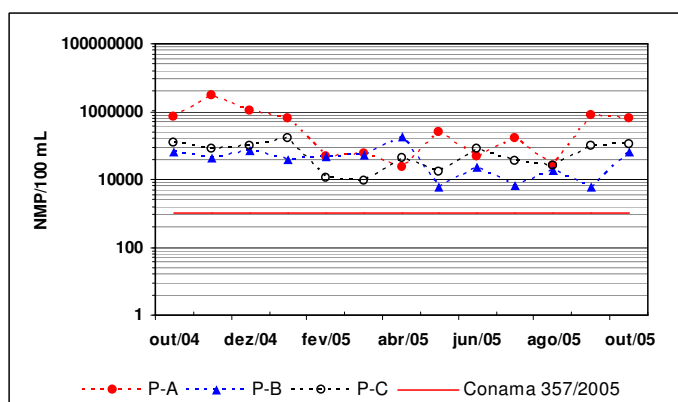


Figura 6 – Variação mensal de Coliformes Fecais nos pontos de monitoramento

A avaliação da qualidade da água adotando o IQA – Produtório foi interpretada como "muito ruim" e "ruim" para os três pontos de monitoramento e variou entre "ruim e regular" para o IQA - Somatório. O IQA - Produtório impõe um maior rigor na avaliação da qualidade da água, pois, a ocorrência de uma nota de qualidade baixa promove um menor valor do índice, devido a forma multiplicativa do mesmo. A Tabela 5 apresenta os valores médios dos IQA's no período de monitoramento e a Figura 7 e a Figura 8 apresentam a variação mensal dos índices de qualidade das águas na bacia.

Tabela 5 – Valores médios dos IQA's nos pontos de monitoramento

Qualidade	IQA-Somatório			IQA-Produtório		
	P-A	P-B	P-C	P-A	P-B	P-C
Valor	42	59	52	22	45	37
Interpretação	Ruim	Regular	Regular	Muito Ruim	Ruim	Ruim

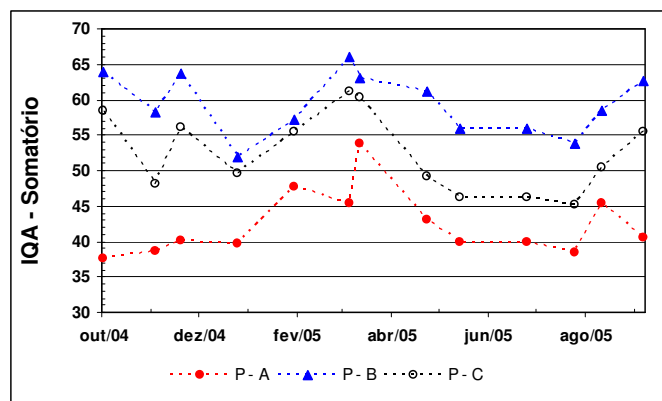


Figura 7 – Variação mensal do IQA - Somatório nos pontos de monitoramento

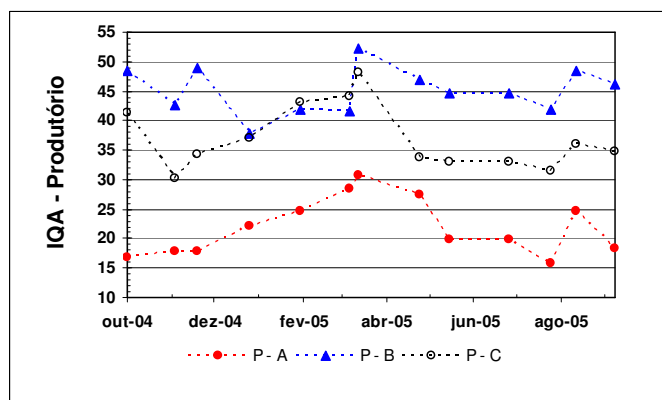


Figura 8 – Variação mensal do IQA - Produtório nos pontos de monitoramento

As medidas de descargas e as determinações das concentrações das variáveis de qualidade nos pontos de monitoramento permitiram o equacionamento das cargas poluidoras (orgânica) escoadas em cada setor da sub-bacia. A estimativa da carga orgânica do setor 3 foi realizada a partir da diferença entre a carga total da sub-bacia (P-C) e as contribuições devidas ao setor 1 (P-A) e setor 2 (P-B). Os valores médios das cargas orgânicas nos setores da bacia são sumarizados na Tabela 6. A carga orgânica total é de 523,21 kg_{DBO}/dia, sendo o maior aporte de carga orgânica proveniente do setor 3. A maior carga orgânica específica observada no setor 1 é consequência do maior percentual de urbanização do setor (acima de 90 %), associada à sua localização mais periférica, onde a abrangência da rede de esgotamento sanitário é menor. Por outro lado, a menor carga do setor 2 é devido ao menor percentual de urbanização (cerca de 15 %), apresentado uma ocupação predominantemente rural.

Tabela 6 – Carga orgânica e população equivalente nos setores da bacia

Parâmetro	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Sub-bacia
Carga orgânica média (kg _{DBO} /dia)	211,31	20,20	291,71	523,21
Carga específica (kg _{DBO} /dia. Km ²)	41,35	5,44	15,44	18,88

5. CONCLUSÃO

As principais variáveis de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena apresentam valores que não atendem aos padrões de enquadramento para classe 2. A qualidade da água foi interpretada como “Muito Ruim” e “Ruim” nos três pontos de monitoramento da sub-bacia, sendo a demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e coliformes fecais as variáveis de qualidade mais impactantes.

O principal problema de degradação da qualidade da água está associado às cargas poluidoras de origem doméstica, refletindo um descompasso entre a demanda do rápido crescimento da população e os escassos recursos financeiros disponíveis para a universalização do atendimento dos serviços de saneamento na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio recebido.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAM PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington (EUA), 19th ed., American Public Health Association.
- BROWN, R. M., McCLELLAND, N. I., DEININGER, R. A., TOZER, R. G. (1970) "A water quality index-do we dare?" Water and Sewage Works. October. pp. 339-343.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. DOU, Brasília (Brasil).
- COMITESINOS - Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos (1990). Programa Integrado de Monitoramento da Qualidade da Água do Rio dos Sinos e seus Afluentes. Aplicação de um Índice de Qualidade da Água no Rio dos Sinos. Relatório Técnico. Porto Alegre (Brasil), 33 pp.
- COMITESINOS - Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos (1993). Programa integrado de monitoramento da qualidade da água do rio dos Sinos e seus afluentes. Aplicação de um índice de qualidade da água no rio dos Sinos. Porto Alegre (Brasil), 38 pp.
- IDE, C.N., ROCHE, K.F., TROLI, A.C., GONÇALVES, J.L., IMOLENE, L.M., GAMEIRO, L.F.S., SEIXAS, M.A.C., SCHIO, R. (2000). IQA'S para Mato Grosso do Sul: Quais Refletem a Situação Real? In Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária y Ambiental, 03 a 08 de dezembro, Porto Alegre (Brasil), CD-Room.
- PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M., PERET, A.M., MATSUMURA-TUNDISI, T., ROCHA, O. (2000) Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu. Ecotoxicologia: perspectivas para o Século XXI. São Carlos (Brasil), Rima Editora, v.1. 575 pp.
- SILVA, C.E., SILVEIRA, G.L., IRION, C.A.O., CRUZ, J.C. (2002). Monitoramento Quali-Quantitativo dos Recursos Hídricos em Pequena. In Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária y Ambiental, 27 de outubro a 01 de novembro, Cancun (México), CD-Room.