

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

IX-011 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA BACIA ALTO DA COLINA

Marcio Ferreira Paz(1)

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestrando do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFSM.

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini(2)

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre e Doutora em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Professora Adjunto do Departamento de Hidráulica e Saneamento da UFSM.

Marcelo Pereira Jorge(3)

Aluno do Curso de Engenharia Civil da UFSM. Bolsista de iniciação científica do programa CNPq-PIBIC.

Endereço(1): Rua Appel, 655/303 – Santa Maria – RS - CEP: 97015-030 - Brasil - Tel: +55 (55) 220-8423 – Fax: +55 (55) 220-8030



: mariadocarmo@smail.ufsm.br.

RESUMO

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano, industrial e rural, promove profundas alterações no meio ambiente, as quais refletem-se principalmente na deterioração da qualidade da água dos recursos hídricos disponíveis. As cargas poluentes de origem difusa originadas no escoamento superficial e lançadas nos sistemas de drenagem, geram preocupações crescentes no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos. A quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle. Este trabalho avalia a influência do escoamento superficial na qualidade das águas em uma bacia hidrográfica com características rurais e urbanas. Os estudos foram realizados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina, no município de Santa Maria, RS. As amostras de qualidade da água foram coletadas em tempo seco, ausência de chuva, e em tempo úmido, ocorrência de chuva, em duas seções de amostragem (bacia hidrográfica de características rurais e bacia de características urbanas). Realizaram-se cinco campanhas de coleta de água. Os parâmetros analisados foram turbidez, condutividade, pH, temperatura, DBO₅, OD e coliformes totais e fecais.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento superficial, redes de drenagem, cargas difusas, qualidade da água

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano, industrial e rural, promove profundas alterações no meio ambiente, as quais refletem-se principalmente na deterioração da qualidade da água dos recursos hídricos disponíveis.

Atualmente, o processo de ocupação é realizado sem a devida implantação de infra-estrutura básica, o crescimento é desordenado, sem considerar as características naturais do meio. As conseqüências desse processo inadequado de crescimento são: falta de condições sanitárias em muitas áreas; ocupação de áreas inadequadas; destruição de recursos de valor ecológico; poluição do meio ambiente; habitações em condições precárias. Todos esses aspectos refletem-se na qualidade de vida urbana, repercutindo diretamente na saúde das pessoas (Mota, 1999).

Assim como a urbanização desordenada acarreta prejuízos à qualidade d'água dos corpos receptores, o desenvolvimento de atividades agropecuárias em zonas rurais tem implicações diretas na qualidade dos corpos d'água. A aplicação de pesticidas e herbicidas às lavouras como forma de controle de pragas pode atingir os corpos receptores devido ao escoamento superficial afetando a qualidade de suas águas.

O uso e ocupação do solo de forma desordenada em áreas urbanas e rurais associado ao escoamento superficial podem gerar cargas poluidoras (cargas difusas) de grande magnitude, que são lançadas nos sistemas de drenagem, gerando preocupações crescentes no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos.

A poluição pelo escoamento superficial tem origem no ciclo hidrológico, uma vez que os eventos de precipitação promovem a lavagem dos poluentes atmosféricos, e o escoamento superficial gerado será o responsável pelo transporte dos poluentes dispostos sobre as superfícies. Os principais poluentes carreados para os corpos receptores são sedimentos, matéria orgânica, bactérias, metais como cobre, zinco, manganês, ferro e chumbo, hidrocarbonetos provenientes do petróleo, tóxicos, como os pesticidas, e os poluentes do ar, que se depositam sobre as superfícies, Porto (1998).

Vários trabalhos têm quantificado esta carga difusa e comprovado que a primeira parte do escoamento superficial é a mais poluída, fenômeno conhecido como "carga de lavagem do escoamento superficial" (Deletic, A. (1998), Wu, J.S. et al (1998), Matos, J.S. et al (1998), Porto (2001)).

Esta poluição difusa tem sido estudada e quantificada, sendo propostas medidas de controle principalmente em cidades americanas e européias. No Brasil a poluição devido a cargas difusas tem sido pouco estudada, uma vez que os lançamentos orgânicos de esgotos domésticos ainda não foram suficientemente solucionados.

Esta poluição difusa, entretanto, veicula concentrações de poluentes algumas vezes superiores as do esgoto doméstico. A quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle.

A previsão dos impactos na qualidade da água e os seus respectivos controles/tratamento encontram barreiras, devido a variabilidade temporal e espacial nas concentrações dos poluentes carreados para o sistema de drenagem da bacia hidrográfica considerada. As concentrações dos poluentes variam com o tipo de área (residencial, industrial, comercial, rural), com eventos de precipitação e ao longo do mesmo evento.

Este trabalho objetiva avaliar o impacto do escoamento superficial sobre a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina (Santa Maria – RS).

ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram realizados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina, situada nos bairros Camobi, São José e Pains, do município de Santa Maria, RS.

A Bacia Hidrográfica Alto da Colina tem área de 1,81 km², constituída por: 19,7% de área urbanizada, 12,3% de mata de eucaliptos, 55,4% de pastagens, e 12,6% de cultivo (soja, milho e feijão). O monitoramento da Bacia Hidrográfica Alto da Colina foi realizado através de duas estações fluviométricas instaladas, a estação fluviométrica Alto da Colina I (AC-I) com características urbanas e a estação fluviométrica Alto da Colina II (AC-II) com características rurais.

Na área urbanizada, a Bacia Hidrográfica Alto da Colina apresenta sistema de esgotamento de águas pluviais e residuárias do tipo combinado, a malha viária é de alvenaria poliédrica e chão batido. Os serviços públicos como luz, água e telefone estão disponíveis. Na figura 2 é mostrada a localização dos elementos e áreas de drenagem que compõe a rede de microdrenagem da área de estudo.

A bacia hidrográfica Alto da Colina possui uma estação pluviográfica provida de pluviógrafo eletrônico com data-logger, que registra continuamente a intensidade de precipitação. A estação fluviométrica Alto da Colina I opera com um registrador eletrônico de nível com data-logger, que possibilita avaliação da vazão. A figura 1 mostra a localização das estações fluviométricas e pluviográfica monitoradas na bacia hidrográfica Alto da Colina.



Figura 1: Estações de monitoramento da bacia hidrográfica Alto da Colina (adaptado de Rampelotto (2001))

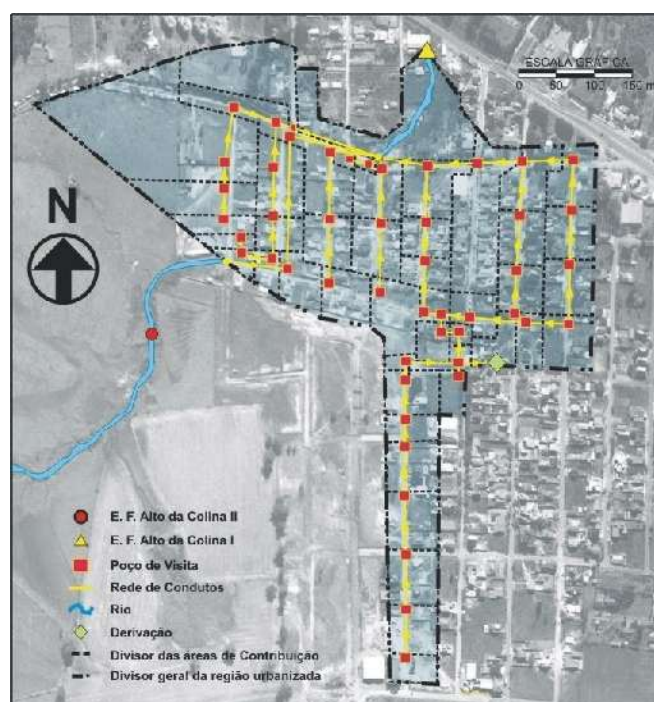


Figura 2: Localização dos elementos que compõe a rede na área em estudo (Fonte: Meller & Paiva (2003)).

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina foi realizada através da análise de amostras coletadas nas estações fluviométrica AC-I (características urbanas) e AC-II, cuja bacia contribuinte tem características rurais.

As coletas ocorreram em tempo seco, ausência de chuva, e em tempo úmido, ocorrência de chuva, nas duas seções de amostragem. Para o monitoramento em tempo úmido foram construídos amostradores de nível ascendente (Umezawa, 1979, citado por Paiva (2001)), que possibilitam monitorar a variação da qualidade da água na subida do hidrograma de cheia.

Na estação AC-I o amostrador ANA foi instalado com 7 garrafas, da cota 0,53 m a cota 1,51 m, na estação AC-II foram instaladas também 7 garrafas, da cota 0,25 m a cota 1,10 m. A opção pelo uso dos amostradores ANAs (Amostrador de Nível Ascendente) justifica-se pela necessidade de obter-se resultados durante eventos noturnos, que são difíceis de monitorar, e também por permitir a amostragem simultânea nas duas seções. A figura 2 mostra os amostradores de nível ascendente instalados na estação AC-I e AC-II respectivamente.

Os parâmetros de qualidade da água avaliados foram: turbidez, condutividade, pH, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), OD (oxigênio dissolvido), temperatura, coliformes totais e fecais.

Os parâmetros analisados em laboratório: pH, condutividade e oxigênio dissolvido e temperatura foram determinados utilizando-se um terminal multiparâmetro InoLab. O parâmetro turbidez foi determinado pelo turbidímetro SL 2K.

As concentrações de oxigênio dissolvido e temperaturas em campo foram determinadas através do oxímetro YSI. Na determinação da concentração de oxigênio dissolvido para avaliação da DBO₅ utilizou-se o método de Winkler.



Figura 3: Amostradores de nível ascendente instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Análise bacteriológica, para as concentrações de coliformes fecais e totais, utilizou-se o Colilerte 24h, capaz de detecção simultânea, confirmação e enumeração destes em 24 horas, os testes utilizam tecnologia do substrato definido, usando um indicador de nutrientes específico para coliformes e *Escherichia Coli*.

-

RESULTADOS

Amostragem de tempo seco:

Neste item são apresentados os resultados das campanhas de amostragem realizadas em tempo seco. As tabelas 1, 2 e 3 mostram os resultados das campanhas realizadas nos dias 13/05/2003, 02/06/2003 e 03/07/2003 respectivamente e posteriormente comentados.

Tabela 1: Parâmetros analisados nas estações AC-I e AC-II no dia 13/05/2003.

Parâmetro	AC-I	AC-II
OD campo (mg/L)	2,94	7,65
Temperatura (°C)	17,7	16,3
pH	6,99	6,98
Turbidez (UT)	22,41	19,63
Condutividade (µS/cm)	167,2	90,8
DBO ₅ (mg/L)	11,5	2,0
Colif. Totais (NMP/100mL)	26,90x10 ⁵	52,00x10 ²
E. Coli (NMP/100mL)	5,20x10 ⁵	1,00x10 ²
Vazão (m ³ /s)	0,014	0,007
Horário da Coleta (hora:minuto)	10:00	10:30

Tabela 2: Parâmetros analisados nas estações AC-I e AC-II no dia 02/06/2003.

Parâmetro	AC-I	AC-II
OD campo (mg/L)	3,79	4,74
Temperatura (°C)	22,1	20,9
pH	7,1	6,9
Turbidez (UT)	58,73	50,67
Condutividade (µS/cm)	143,4	61,7
DBO ₅ (mg/L)	11,0	2,2
Colif. Totais (NMP/100mL)	9,80x10 ⁵	387,30x10 ²
E. Coli (NMP/100mL)	1,00x10 ⁵	24,90x10 ²
Vazão (m ³ /s)	0,014	0,007
Horário da Coleta (hora:minuto)	10:00	10:30

Tabela 3: Parâmetros analisados nas estações AC-I e AC-II no dia 03/07/2003.

Parâmetro	AC-I	AC-II
OD campo (mg/L)	3,6	7,6
Temperatura (°C)	16,7	15,5
pH	7,01	7,02
Turbidez (UT)	18,35	17,26
Condutividade (µS/cm)	151,4	138,7
DBO ₅ (mg/L)	3,5	0,5
Colif. Totais (NMP/100mL)	1,00x10 ⁶	1,00x10 ²
E. Coli (NMP/100mL)	1,40x10 ⁵	0,0
Vazão (m ³ /s)	0,014	0,007
Horário da Coleta (hora:minuto)	10:00	10:20

Durante estas campanhas observou-se uma baixa concentração de OD na estação AC-I quando comparado à estação AC-II, com exceção do dia 02/06/2003, onde as duas estações apresentaram valores baixos de OD. A baixa concentração de oxigênio dissolvido na estação AC-I deve-se principalmente ao lançamento de resíduos sólidos, notadamente sacolas de lixo doméstico jogadas pelos moradores que ocupam as margens do córrego na área urbanizada.

Quanto ao pH as duas estações apresentaram valores semelhantes nas 3 campanhas de coleta. Os valores de turbidez quando comparadas por campanha apresentaram valores semelhantes. A condutividade elétrica caracterizou-se por ser mais alta na estação AC-I.

Analisando-se os valores de DBO₅ e coliformes (fecais e totais) nota-se uma visível variação entre as duas estações. Esta variação é atribuída a contribuição das descargas do esgoto doméstico do loteamento Alto da Colina na estação AC-I.

Amostragem durante ocorrência de chuva:

No dia 22/05/2003 realizou-se uma campanha de amostragem durante ocorrência de chuva. A tabela 4 apresenta o nível e a vazão correspondente a cada coleta realizada durante a amostragem nas duas estações. As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados obtidos nas estações AC-I e AC-II respectivamente para esta campanha.

Tabela 4: Relação nível/coleta.

Coleta	AC-I		AC-II	
	Nível (m)	Vazão (m ³ /s)	Nível (m)	Vazão (m ³ /s)
1	0,21	0,047	0,30	0,220
2	0,30	0,169	0,42	0,369
3	0,30	0,169	0,55	0,564
4	0,32	0,204	0,69	0,799
5	0,44	0,472	0,80	0,913

Tabela 5: Parâmetros analisados na estação AC-I no dia 22/05/2003.

Horário	OD (mg/L)	Temp (°C)	DBO ₅ (mg/L)	Turb. (uT)	pH	Cond. (μ S/cm)	Concentração (NMP/100mL)	
							Colif. Totais	Colif. Fecais
14:25	2,5	21,0	14,8	204,85	7,001	261,0	658,60x10 ⁵	70,80x10 ⁵
14:40	3,7	21,0	18,1	232,76	6,986	187,3	260,20x10 ⁵	50,40x10 ⁵
14:50	6,0	20,8	17,9	248,39	6,997	117,0	90,90x10 ⁵	21,10x10 ⁵
15:00	6,6	20,6	17,8	321,97	6,984	114,4	68,90x10 ⁵	24,60x10 ⁵
15:10	6,6	20,2	17,9	389,66	6,872	87,2	142,10x10 ⁵	44,10x10 ⁵

Observando-se a tabela 5 nota-se um aumento da turbidez e da concentração de oxigênio dissolvido com a subida do nível. Os valores de pH mantiveram-se próximos. A condutividade apresentou declínio com a subida do nível d'água. Nota-se também uma maior concentração de coliformes tanto fecais como totais no início do evento, reduzindo-se com o aumento do nível d'água até as 15:00h e voltando a subir às 15:10h. Os valores de DBO₅ aumentaram com a subida do nível mantendo-se constantes durante as últimas três amostras coletadas. Nesta coleta era evidente a presença de sólidos típicos de sistemas de esgotos combinados na água, os quais conferiam a esta uma cor escura. Atenção deve ser dada as concentrações do início do evento, neste ponto as águas da estação AC-I apresentam baixos níveis de oxigênio dissolvido e altas concentrações de coliformes sugerindo uma lavagem do sistema de esgoto combinado do Loteamento Alto da Colina devido ao escoamento das águas pluviais.

Tabela 6: Parâmetros analisados na estação AC-II no dia 22/05/2003.

Horário	OD (mg/L)	Temp (°C)	DBO ₅ (mg/L)	Turb. (uT)	PH	Cond. (μ S/cm)	Concentração (NMP/100mL)	
							Colif. Totais	Colif. Fecais
15:40	7,7	19,1	7,0	377,58	7,233	80,7	>2419,20x10 ²	214,20x10 ²
15:45	7,3	19,1	-	319,51	-	-	-	-
15:48	7,4	19,0	3,2	317,32	6,618	66,5	2419,17x10 ²	204,60x10 ²
15:54	7,3	19,1	2,1	349,85	6,646	70,4	1986,28x10 ²	307,60x10 ²
16:05	7,5	19,1	8,1	399,82	6,568	70,2	>2419,20x10 ²	>2419,20x10 ²

Observando-se os dados da tabela 6 percebe-se um aumento da turbidez com a subida do nível associado ao aumento do transporte de sedimentos. A condutividade apresentou um decaimento com a subida do nível e valores inferiores se comparados aos da estação AC-I. Os valores de oxigênio dissolvido mantiveram-se próximos. As concentrações de coliformes superaram por duas vezes o valor máximo do equipamento de determinação, sugerindo assim uma maior diluição nos eventos chuvosos. Nota-se também um decréscimo nos valores de DBO₅ e um subsequente aumento com o passar do tempo, comportamento semelhante aos valores de coliformes durante o mesmo evento. A presença de um maior conteúdo orgânico no nível mais alto amostrado parece estar ligado principalmente a lavagem do solo pelo escoamento superficial. Contribuindo para este aumento pode destacar-se dois fatores: o carreamento para o sistema de drenagem dos excrementos das atividades de pecuária desenvolvidas na área e a pequena contribuição urbana à montante da bacia.

Amostragem durante evento noturno:

No dia 03/06/2003 foram recolhidas seis amostras pelo amostrador de nível ascendente instalado na estação AC-II durante a subida do nível por ocasião de um evento noturno, para este mesmo evento nenhuma garrafa do amostrador encheu na estação AC-I. A tabela 7 mostra a vazão correspondente ao nível em que se encontram as garrafas do amostrador ANA. Na tabela 8 são mostrados os resultados obtidos.

Tabela 7: Vazão associada ao nível de cada garrafa

Garrafa	Nível (m)	Vazão (m ³ /s)
G1	0,25	0,187
G2	0,40	0,379
G3	0,55	0,611
G4	0,70	0,869
G5	0,80	0,978
G6	0,95	1,139

Tabela 8: Amostras coletadas com o amostrador de nível ascendente da estação AC-II no dia 03/06/2003.

Garrafa	OD (mg/L)	Temp (°C)	DBO ₅ (mg/L)	Turb. (UT)	pH	Cond. (μ S/cm)	Concentração (NMP/100mL)	
							Colif. Totais	Colif. Fecais
G1	6,72	18,5	7,0	347,55	6,89	46,2	8,4x10 ⁴	4,1x10 ³
G2	7,58	18,3	6,0	258,14	6,71	41,6	1,1x10 ⁵	1,1x10 ⁴
G3	7,05	18,1	6,5	333,45	6,62	41,0	6,5x10 ⁴	7,3x10 ³
G4	7,72	17,9	8,0	546,76	6,52	34,2	3,7x10 ⁵	3,5x10 ⁴
G5	6,99	18,1	7,0	477,59	6,74	48,7	1,3x10 ⁵	5,5x10 ⁴
G6	6,85	18,7	8,0	201,85	6,69	40,8	1,6x10 ⁴	4,1x10 ³

Observando-se a tabela 7, nota-se que os valores de oxigênio dissolvido mantiveram-se muito próximos, com concentrações variando 6,72 a 7,72 mg/L. Os valores de pH e condutividade também apresentaram valores muito próximos. Os valores de turbidez e coliformes apresentaram uma sensível variação de garrafa para garrafa durante a subida do nível d'água. Os valores de DBO₅ variaram de 6,0 a 8,0 mg/L, resultando em concentrações mais altas quando comparadas às concentrações de tempo seco.

De maneira geral percebe-se que o escoamento superficial contribui: para um aumento do conteúdo orgânico, um maior transporte de sedimentos associado aos níveis de turbidez e um aumento no conteúdo bacteriológico das duas áreas. Cada área apresenta um comportamento característico, a estação AC-I demonstra níveis mais altos de poluição notadamente no início do evento e a estação AC-II com o passar do tempo.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados dados referentes a avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da

Colina correspondendo ao período de 13/5/2003 a 3/7/2003. Analisou-se dados de cinco campanhas realizadas nas estações AC-I e AC-II.

Foram coletados dados de qualidade d'água em tempo seco e ocorrência de chuva, de modo a caracterizar a influência do escoamento superficial na qualidade das águas da bacia. Os dados foram coletados em duas estações de monitoramento, as quais possuem diferenças marcantes no uso e ocupação do solo.

Os resultados mostram uma maior contaminação das águas das estações AC-I pela presença de maior conteúdo orgânico e bacteriológico resultante da descarga do sistema de esgotos combinados do loteamento Alto da Colina no corpo d'água e também pelo lançamento de resíduos sólidos no mesmo. Durante o evento de precipitação observou-se uma maior concentração de coliformes totais e fecais no início do escoamento, fato que pode ser atribuído a lavagem dos depósitos de sedimentos do sistema de esgotamento combinado do Loteamento Alto da Colina. Os valores de DBO₅ variam de 3,5 mg/L em tempo seco a 18,1 mg/L em tempo úmido.

A estação AC-II apresentou níveis baixos de poluição por matéria orgânica e bacteriológica nas campanhas de tempo seco. Estes níveis aumentaram durante o evento de precipitação devido a lavagem do solo provocado pelo escoamento superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RAMPELOTTO, G., PAIVA, E. M. C. D., MELLER, A. Monitoramento da bacia hidrográfica Alto da Colina In: I SEMINÁRIO DE DRENAGEM URBANA DO MERCOSUL, V SEMINÁRIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA, 2001, Porto Alegre. Soluções para a Drenagem Urbana em Países da América Latina. Porto Alegre: ABRH, 2001. v.1. p.161 – 166.
2. DELETIC, A. The First Flush Load of Urban Surface Runoff. Water Resource. v. 32, n. 8, p. 2462-2470, 1998.
3. MATOS, J.S.; DAVID, L.M. & PAVÃO, L. Qualidade de Escorrências Pluviais em Zonas Urbanas e Impacte em Meios Receptores. In: VIII SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. II, p. 334-348, 1998.
4. MELLER, A. & PAIVA, E.M.C.D. Modelagem de sistema de microdrenagem utilizando o software MOUSE. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba: ABRH, p.1-19, 2003.
5. MOTA, S. Urbanização e meio ambiente. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 352p., 1999.
6. PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D.; COSTAS, M.F.T. & SANTOS, F.A. Concentração de Sedimentos em Suspensão em uma Pequena Bacia Hidrográfica em Urbanização In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, 2001.
7. PORTO, M.F.A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: BRAGA, B.; TUCCI, C.E.M.; TOZZI, M. Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1998, p.387-428.
8. PORTO, M. & MASINI, L.S. Avaliação Preliminar na Carga Difusa na Bacia do Rio Cabuçu de Baixo. In: I SEMINÁRIO DE DRENAGEM URBANA DO MERCOSUL, Porto Alegre, 2001.
9. WU, J.S.; ALLAN, C.J.; SAUNDERS, W.L. et al Characterization and Pollutant Loading Estimation for Highway Runoff. Journal of Environmental Engineering. v. 124, n.7, p. 584-592, 1998.