

# **AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS VEICULADOS EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA**

**Ana Paula Brites, Maria do Carmo Gastaldini, Joaquin B. Garcia, Renato Geller, Marcelo Jorge e**

**Sabrina Hagemann**

*Universidade Federal de Santa Maria*

*Centro de Tecnologia*

*Departamento de Hidráulica e Saneamento*

*Santa Maria, RS – Brasil*

*e-mail: abrites@mail.ufsm.br*

## **RESUMO**

Os resíduos sólidos, veiculados pelas redes de drenagem urbana, têm contribuindo para a degradação dos corpos d'água, tornando necessário a quantificação destas cargas na avaliação do impacto produzido. O objetivo deste trabalho é quantificar e qualificar os resíduos sólidos lançados na rede de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. Os resultados são comparados entre si, obtendo-se um prognóstico quanto aos fatores intervenientes na produção. Nas campanhas analisadas, a bacia hidrográfica Alto da Colina, de características urbanas, apresentou, em média, 20% de matéria orgânica e 80% de matéria inorgânica. A bacia Sítio do Tio Pedro, que é uma bacia de encosta, com cobertura vegetal dominante de mata nativa, os resíduos retidos classificaram-se em 73% matéria orgânica e 27% matéria inorgânica. Os resultados obtidos comprovam a influência da contribuição de resíduos sólidos com relação ao uso e ocupação da área, características da precipitação e período de tempo seco antecedente ao evento.

## **ABSTRACT**

The solid residues vehicle by urban drainage system have contributing to the degradation of water bodies, turning necessary the quantification of these loads in the evaluation of impact produced. The objective of this work is to quantify and qualify the solid residues thrown in the drainage system of two urban catchments. The results are compared amongst themselves, being obtained a prognostic as for the intervening factors in the production. The Alto da Colina catchment, characterizing an urbanized area, presented, on average, 20% organic and 80% inorganic matter. The Sítio do Tio Pedro catchment, characterizing a hillside basin, with dominant vegetable cover of native forest, the residues are classified in 73% organic and 27% inorganic matter. The obtained results prove the influence of the contribution of solid residues regarding the use and occupation of the area, characteristics of the precipitation and period of antecedent dry time to the event.

## **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento urbano acelerado e desordenado e a considerável desorganização da infra-estrutura dos Recursos Hídricos têm produzido grandes preocupações, no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos, tornando cada vez mais necessário à identificação dos fatores que influenciam na qualidade do meio ambiente. Entre estes fatores estão os resíduos sólidos veiculados pelas redes de drenagem urbana, que contribuem, substancialmente, para a degradação dos corpos d'água.

Apesar da dependência existente entre industrialização, produção de alimentos e poluição, e o aumento da população, o comprometimento do meio ambiente por substâncias tóxicas não constitui nenhum problema recente. Desde os primórdios da história formaram-se, pela ação do homem, vários produtos de despejos e resíduos que, levados aos rios ou ao ar atmosférico, mostraram-se tóxicos ou pelo menos incômodos (FELLENBERG, 1980).

Juntamente com o processo de urbanização ocorre o aumento na produção de resíduos sólidos, estes por sua vez causam danos ao meio ambiente, pois há deficiência nos serviços de saneamento e a população não possui consciência sobre o problema.

As redes de drenagem urbana são as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras, constituindo-se em um importante fator de degradação de rios, lagos e estuários (PORTO, 1995). Esta poluição difusa é gerada pelo escoamento superficial em áreas urbanas, proveniente da deposição de poluentes, de maneira esparsa, sobre a área contribuinte da bacia hidrográfica.

Uma característica marcante da poluição difusa é a variabilidade na concentração de poluentes lançados nos corpos d'água, tornando-se difícil o estabelecimento de diferenças na produção de cargas poluentes, pois as concentrações variam em termos de magnitude entre bacias hidrográficas, com diferentes eventos de precipitação, ao longo de um mesmo evento e ainda quanto ao tipo de área urbana, como por exemplo, residencial, industrial ou comercial (PORTO, 1995).

A identificação das fontes geradora da poluição difusa torna-se de relevante importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas. As principais fontes geradoras de cargas difusas são: deposição atmosférica, desgaste da pavimentação, veículos, restos de vegetação, lixo e poeira, restos e dejetos de animais, derramamentos e erosão, USEPA citado por PORTO (1995).

O estudo referente à quantidade de resíduos sólidos que são transportados pela drenagem tem se mostrado de fundamental importância quando se refere à poluição dos recursos hídricos, pois nas últimas décadas a produção de lixo tem aumentado significativamente, em contraposição a falta de apropriado tratamento e destinação final.

Como consequência deste problema, as comunidades vêm enfrentando grandes desafios para encontrar soluções ambientalmente seguras para os problemas decorrentes desta produção. Um outro desafio é encontrar soluções para a relação água/resíduo, pois o consumo de água no Brasil dobrou nos últimos 20 anos podendo haver problema de disponibilidade de água potável e com elevados custos de distribuição e tratamento, um exemplo deste problema é o fato de que os riachos e córregos que cortam as cidades brasileiras já se encontram poluídos, evidenciando a necessidade da adoção de uma solução para a questão do resíduo sólido, vindo a somar-se aos esforços desenvolvidos em várias localidades, no sentido de preservar a qualidade de seus recursos hídricos (D'ALMEIDA E VILHENA, 2000).

Ainda nesse enfoque TUCCI (2002) cita que os resíduos são conduzidos até a rede de drenagem em consequência de diversos fatores, entre eles destaca-se: frequência e cobertura da coleta de lixo, frequência da limpeza das ruas, forma de disposição do lixo pela população e frequência de precipitação.

Como consequências ambientais resultantes deste aumento de sedimentos e material sólido, TUCCI (2002) aponta o assoreamento das seções canalizadas da rede, reduzindo a capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, e ainda cita o transporte de poluente agregado a esse material, contaminando as águas pluviais.

NEVES & TUCCI (2003), ressaltam a problemática dos resíduos sólidos despejados inadequadamente na superfície, atingindo as redes de drenagem urbana, onde esses se apresentam acumulados nas vizinhanças de shopping centers, estacionamento, saídas de fast foods, estações rodoviárias e ferroviárias, estradas, escolas, parques públicos e jardins,

contêineres, locais de aterros e depósitos de reciclagem. Eles constituem-se principalmente de materiais manufaturados como garrafas, latas, envelopes de papel e plástico, jornais, sacolas de compras, embalagens de cigarro, mas também partes de carros, restos de construção e colchões velhos, segundo ARMITAGE e ROOSEBOOM (2000a) e ARMITAGE et al (1998) citado por NEVES & TUCCI (2003).

Os resíduos após alcançarem a rede de drenagem, são transportados através dos condutos, arroios, rios, lagos e estuários até eventualmente alcançarem o mar, nas cidades litorâneas. Frequentemente, podem permanecer fixos na vegetação ao longo das margens dos arroios, rios ou lagos, ou espalhados ao longo das praias. Muito deste material pode ser soterrado por sedimentos de rios, lagos ou praia, conforme HALL apud ARMITAGE e ROOSEBOOM (2000a) e ARMITAGE et al (1998) comentados por NEVES & TUCCI, (2003).

O objetivo deste trabalho é avaliar os resíduos sólidos veiculados pela rede de drenagem urbana. Serão estudadas duas bacias hidrográficas urbanas, localizadas na cidade de Santa Maria, onde os resultados encontrados serão comparados entre si, obtendo-se um prognóstico quanto aos fatores intervenientes, alterando características como: uso do solo, nível sócio-econômico da população, condições climáticas, além de variáveis quantitativas.

A quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle, tornando-se indispensável nas análises de alternativas para o gerenciamento dos recursos hídricos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a quantificação do material lançado no sistema de drenagem foram instaladas redes transversais ao eixo dos rios, como pode ser visualizado na Figura 1, possibilitando a retenção e análise da maioria dos resíduos sólidos transportados.



Figura 1 - Foto representativa da rede coletora, com resíduos sólidos, na bacia hidrográfica Alto da Colina.

As instalações das redes possuem o mesmo princípio da utilização de dispositivos instalados nas saídas dos condutos de drenagem, utilizados por ARNOLD e RYAN (1999), citados por NEVES e TUCCI (2003), na região metropolitana de Cape Town, cidade localizada na África do Sul. Os dispositivos eram monitorados diariamente num período de 5 a 22 dias. Os resultados indicaram que as cargas variam em função do uso e ocupação do solo, e chegou-se a estimativa de que a região metropolitana de Cape Town lança 4,4 milhões de itens para os corpos d'água diariamente, resultando em um total de 2,4 toneladas/dia. Esta carga, estatisticamente, inclui aproximadamente, 2 milhões de pedaços de plásticos, 290.000 pedaços de cigarros e 260.000 pedaços de papel.

## 2.1. Áreas Estudadas

A bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro, está localizada nas margens do reservatório de abastecimento, Figura 2. É uma pequena bacia hidrográfica de encosta, em fase de urbanização com área de 0,53 km<sup>2</sup>, apresenta elevada densidade populacional residencial com ruas pavimentadas, urbanização desordenada e sem sistema de coleta de esgotos. A cobertura vegetal dominante é de mata nativa e área em urbanização.

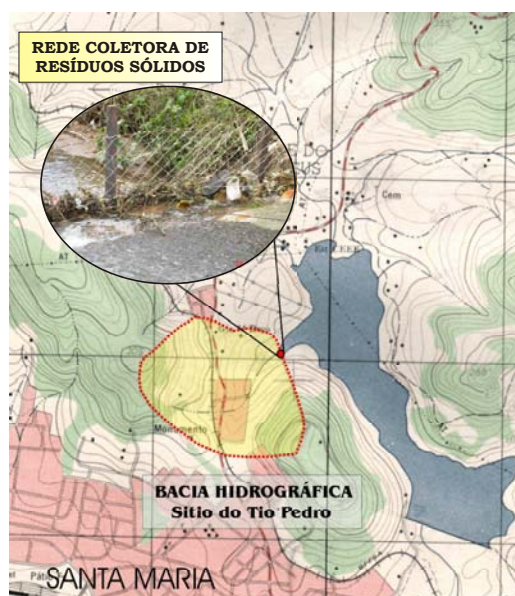


Figura 2 - Bacia Hidrográfica Sítio do Tio Pedro, figura adaptada, BELLINASO (2002).

A Bacia Hidrográfica Alto da Colina tem área de 1,81 km<sup>2</sup>, 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), apresentada na Figura 3. A área urbanizada apresenta sistema de esgotamento de águas pluviais e residuárias do tipo combinado, a malha viária é de alvenaria poliédrica e chão batido.



Figura 3 - Bacia Hidrográfica Alto da Colina, figura adaptada, MELLER (2003).

## 2.2. Quantificação das Cargas

As coletas foram realizadas, após cada evento de precipitação, onde o resíduo retido foi quantificado em volume, peso e classificado em função da composição química: matéria

orgânica (restos de alimentos, folhas, galhos e cascas) e matéria inorgânica (vidro, papel, plásticos, metais, pilhas, lâmpadas e entulho).

### 2.3. Dispositivos utilizados na quantificação

Para a obtenção do peso do material retido foi utilizada uma balança com capacidade de 31 kg, e para o volume é utilizada uma caixa com capacidade de 100 L, apresentadas na Figura 4.



Figura 4 - Balança e caixa utilizadas na quantificação do material retido.

## 3. RESULTADOS

Neste item apresentam-se os resultados de algumas das coletas já realizadas, nas bacias analisadas, no entanto a pesquisa ainda encontra-se em fase inicial.

Os valores obtidos, na bacia hidrográfica Alto da Colina, mostram-se, em sua grande maioria, pertencentes à classe dos materiais inorgânicos, como pode-se visualizar na tabela 1.

Table 1. Resultados da quantificação de resíduos sólidos veiculados pela rede de drenagem na Bacia Hidrográfica Alto da Colina

Data da Coleta	Data do Evento	Precipitação (mm)	Intensidade de Máx. (mm/min)	Volume (L)	Peso Total (kg)	Material Orgânico (%)	Material Inorgânico (%)		
							Plástico	Metal	Outros
14/08/03	05/08/03	11,65	0,25	300,0	21,75	17,24	55,86	19,31	7,59
22/08/03	14/08/03	0,18	0,06	150,0	13,50	21,11	56,67	11,11	11,11
26/08/03	23/08/03	58,06	1,19	150,0	11,10	21,17	62,16	0,00	16,67
20/09/03	28/08/03	7,31	0,4	130,0	14,50	25,52	58,62	8,28	7,59
	07/09/03	25,17	0,19						
	20/09/03	5,70	0,35						
23/09/03	21/09/03	16,24	0,64	80,0	12,40	22,58	61,29	6,45	9,68
26/10/03	23/09/03	3,38	0,14	410,0	71,90	76,50	10,99	4,87	7,65
	02/10/03	5,94	0,33						
	05/10/03	25,87	2,04						
	08/10/03	37,70	0,66						
	19/10/03	16,25	0,37						

As campanhas realizadas dias 20/09/03 e 26/10/03, o resíduo sólido acumulado foi quantificado após a ocorrência de mais de um evento de precipitação, resultando em uma maior quantidade de material retido, principalmente no dia 26/10/03, onde foram registrados

5 eventos, totalizando em 71,90 Kg de resíduo acumulado (tabela 1).

Na bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro, os resultados obtidos encontram-se dentro da classe dos materiais orgânicos, com exceção do evento do dia 24/08/03 que apresentou aproximadamente 82% de material inorgânico, como é mostrado na tabela 2.

Table 2. Resultados da quantificação de resíduos sólidos veiculados pela rede de drenagem na Bacia Hidrográfica Sítio do Tio Pedro

Data da Coleta	Data do Evento	Precipitação (mm)	Intensidade de Máx. (mm/min)	Volume (L)	Peso Total (kg)	Material Orgânico (%)	Material Inorgânico (%)		
							Plástico	Metal	Outros
25/08/03	24/08/03	62,57	1,38	100,0	19,30	18,65	54,40	10,88	16,06
22/09/03	28/08/03	6,16	0,28	300,0	34,30	67,93	16,03	7,872	8,16
	07/09/03	31,87	0,28						
	21/09/03	30,81	0,98						
26/10/03	23/09/03	4,78	0,37	700,0	124,2	68,68	9,58	7,407	14,33
	05/10/03	30,56	1,70						
	08/10/03	41,22	0,79						
	19/10/03	23,28	0,19						
	25/10/03	127,87	1,28						
07/11/03	31/10/03	42,65	1,91	90,0	9,40	73,40	15,96	5,319	5,32
26/11/03	12/11/03	41,54	0,66	150,0	24,10	66,80	7,054	1,660	24,48
	16/11/03	71,79	0,74						
	18/11/03	39,14	1,37						
	24/11/03	28,60	0,85						
14/12/03	26/11/03	17,08	0,53	680,0	221,1	86,79	5,11	1,131	6,96
	04/12/03	12,53	0,34						
	08/12/03	41,38	1,01						
	11/12/03	87,87	1,57						

Na bacia Sítio do Tio Pedro, as campanhas realizadas nos dias 22/09/03, 26/10/03, 26/11/03 e 14/12/03, o material não foi quantificado após cada evento de chuva, ficando o resíduo acumulado no decorrer do período antecedente as coletas, o que resultou em uma maior quantidade de material retido (tabela 2).

#### 4. DISCUSSÕES

Através de uma análise dos resultados obtidos podem-se observar diferenças marcantes entre o tipo de material lançado no sistema de drenagem nas duas áreas estudadas.

A bacia hidrográfica Alto da Colina apresentou em sua fração de resíduos sólidos uma média de 20% de matéria orgânica e 80% de matéria inorgânica, caracterizando uma região urbanizada, onde o material mais abundante é o plástico (garrafas e sacolas plásticas), representado, em média, 60% em volume, seguido de metais e outros. A contribuição, de resíduo sólido, média na bacia foi de 280,85 L/km<sup>2</sup>.mês ou 33,42 kg/km<sup>2</sup>.mês.

Na bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro, a fração de resíduos sólidos retidos na rede foi, aproximadamente, 73% matéria orgânica e 27% matéria inorgânica, estes resultados são

claramente justificados pelas características da área, onde a mesma representa uma bacia de encosta, com altas declividades e com cobertura vegetal dominante de mata nativa, sendo a maior parte do material contribuinte galhos, folhas e cascas. A contribuição, de resíduo sólido, média na bacia foi de 1465,9 L/km<sup>2</sup>.mês ou 313,8 kg/km<sup>2</sup>.mês.

Os resultados obtidos nas duas bacias comprovam a profunda influência da contribuição de resíduos sólidos com relação ao uso e ocupação da área. Outra relação de possível visualização é a influência da característica da precipitação na veiculação de materiais para o sistema de drenagem, havendo uma relação de proporcionalidade entre os mesmos, pois quanto maior a precipitação e a intensidade maior é a quantidade de material transportado para a rede. Um outro fator de relevante influência é o período de tempo seco antecedente ao evento, pois durante este período o material vai sendo depositado na superfície e levado para o sistema no decorrer do evento.

## **5. CONCLUSÕES**

As redes de drenagem veiculam elevadas cargas de poluentes causando irreparáveis danos ao meio ambiente, daí surge à importância de quantificar estas cargas, obtendo-se, então, medidas de controle adequadas para corrigir este problema.

Apesar de ser do conhecimento de todos a existência e os problemas causados pelo lançamento indevido de resíduos sólidos no sistema de drenagem, existem poucos trabalhos que quantifiquem este lançamento, que além de causarem assoreamento nas seções canalizadas, resultando nos transtornos causados pelas conhecidas inundações, ainda carregam agregados a si elevadas concentrações de poluentes causando a contaminação das águas pluviais.

Foram estudadas duas bacias hidrográficas urbanas, localizadas na cidade de Santa Maria, onde foram instaladas redes transversais ao eixo dos rios, para a retenção e análise dos resíduos sólidos transportados.

Os resultados obtidos, nas duas bacias, comprovam a profunda influência do uso e ocupação da área na quantidade e tipo de resíduos sólidos veiculados. Observou-se dependência direta da intensidade da precipitação e do período de tempo seco antecedente ao evento na quantidade de resíduos sólidos transportados.

A bacia hidrográfica Alto da Colina apresentou uma porcentagem maior de matéria inorgânica, 80% do material retido, caracterizando uma região urbanizada. Esta bacia apresentou uma contribuição média de resíduos na ordem de 280,85 L/km<sup>2</sup>.mês ou 33,42 kg/km<sup>2</sup>.mês.

A bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro, mostrou maior abundância em matéria orgânica, 73% dos sólidos retidos, caracterizando uma região de encosta com predominância de mata nativa. A contribuição média de resíduo sólido na bacia foi de 1465,9 L/km<sup>2</sup>.mês ou 313,8 kg/km<sup>2</sup>.mês.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CT-HIDRO pelo financiamento à pesquisa e ao Técnico Alcides Sartori pelo auxílio nos trabalhos de campo.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BELLINASSO, T.B. Monitoramento Hidrossedimentométrico e Avaliação da Produção de Sedimentos em Eventos Chuvosos em Uma Pequena Bacia Hidrográfica Urbana de Encosta. 2002 . 43p . Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo. IPT/CEMPRE, 2000. 370p.
- FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo. EPU: Springer: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.
- MELLER, A.; PAIVA, E.C.D., Modelagem de Sistemas de Microdrenagem Utilizando o Software MOUSE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15.,2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.
- NEVES, M.G.F.P; TUCCI, C.E.M. G., Gerenciamento Integrado em Drenagem Urbana: Quantificação e Controle de Resíduos Sólidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15.,2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.
- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21.,2001, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. CD-ROM.
- PORTO, M.F.A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387-414.
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos** – Vol.7, n.1 – Porto Alegre / RS: ABRH, 2002. p 5-27.
- \_\_\_\_\_. Inundações Urbanas In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.15-31.