

# GERENCIAMENTO INTEGRADO EM DRENAGEM URBANA: QUANTIFICAÇÃO E CONTROLE DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves<sup>1</sup> & Carlos E. M. Tucci<sup>2</sup>

**Resumo** - Neste artigo é discutida a necessidade de implantação da quantificação e do controle contínuos dos resíduos sólidos que atingem a drenagem urbana, mostrando exemplos de monitoramentos realizados em alguns países e os tipos de medidas estruturais e não estruturais adotados, tais como estruturas de retenção autolimpantes e alternativas mais simples como a colocação de bolsas para captura de resíduos nas saídas de condutos. Resultados destes programas de controle e redução de cargas são mostrados, evidenciando a importância deste tipo de informação.

**Abstract** - This paper discuss about the necessity to implant a continual account and control of litter that reaches the drainage network, showing examples of the monitoring realized in some countries and the kind of the measures used, sctructurals and non-sctructurals, so that self-cleaning screens and net outfalls. Results of these programmes to control and to reduce the loads are displayed, evidencing the importance of this kind of the information.

**Palavras-chave** - drenagem urbana, controle de resíduos sólidos, quantificação de resíduos sólidos, gerenciamento integrado

## INTRODUÇÃO

Dentre os diversos efeitos da urbanização, dois podem ser destacados, aumento da produção de resíduos sólidos e o aumento da impermeabilização das superfícies. Estes, por sua vez, podem provocar danos no meio ambiente urbano se não gerenciados de maneira adequada. No caso dos resíduos sólidos, o aumento da produção não significaria prejuízo ambiental se não fosse as

---

<sup>1</sup> Doutorando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Av. Bento Gonçalves, 9500. Agronomia. Caixa Postal 15029. CEP 91501-970. (51) 3316-7511 marllus@ppgiph.ufrgs.br. Fax: 3316-7292 (secretaria da pós-graduação).

<sup>2</sup> Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Av. Bento Gonçalves, 9500. Agronomia. Caixa. Postal 15029. CEP 91501-970. (51) 3316-6408 tucci@iph.ufrgs.br. Fax: 3316-7292 (secretaria da pós-graduação).

questões relativas às deficiências nos serviços e má conscientização da população. No caso da impermeabilização, o problema surge quando não se propõe medidas que compensem o aumento do escoamento superficial.

Problemas como estes, cada vez mais comuns nas cidades brasileiras, parecem dissociados. Contudo, estas cidades se mostram como um sistema complexo, com o crescimento mais acelerado em suas periferias do que nas suas regiões centrais, sem a infra-estrutura adequada (Tucci, 2002), de modo que ações inapropriadas em áreas como a de saneamento são refletidas quase que imediatamente nas demais atividades e sistemas que compõe o meio urbano, como as redes de drenagem urbana.

Isto se deve ao fato de que grande parte dos problemas urbanos está relacionada com a forma setorial como os mesmos são tratados (Tucci, 2002). O espaço urbano não é tratado de maneira integrada. Como afirma Pompêo (2000), o planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve estar integrado ao próprio planejamento urbano, integrando a gestão de recursos hídricos e o saneamento ambiental.

## **GERENCIAMENTO INTEGRADO**

Há uma diferença na política de controle da poluição difusa urbana, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Segundo MAKSIMOVIC (2001), nos países desenvolvidos, densamente povoados, a drenagem urbana consome uma alta proporção dos investimentos em infra-estrutura urbana. As razões para isto estão na óbvia necessidade de uma abordagem integrada no gerenciamento das águas urbanas, e na conscientização pública desenvolvida sobre a poluição causada por efluentes urbanos, os quais afetam as próprias áreas urbanas e os corpos d'água que recebem estes efluentes.

A prática da drenagem urbana nos países em desenvolvimento ainda encontra problemas mais sérios, porque o desenvolvimento urbano ocorre sob condições sócio-econômicas, tecnológicas e climáticas mais difíceis (SILVEIRA, 2001). Na drenagem urbana, enquanto nos países desenvolvidos se pratica a fase ambientalista da drenagem, nos países em desenvolvimento ainda se pratica a fase sanitária.

Segundo MAKSIMOVIC (2001), os sistemas integrados de drenagem urbana tem como papel, além da cobertura urbana de proteção contra inundações, cuidar do melhoramento da qualidade de vida pela produção de feições aquáticas, criando amenidade urbana na cidade. Isto pode ser traduzido também como ação sob a perspectiva de sustentabilidade ambiental, introduzindo uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade (Pompêo, 2000).

## **Resíduos sólidos**

Dentro do contexto apresentado, está a problemática do despejo dos resíduos sólidos inadequadamente na superfície, atingindo as redes de drenagem urbana. Eles se acumulam na vizinhança de shopping centers, estacionamentos, saídas de fast foods, estações rodoviárias e ferroviárias, estradas, escolas, parques públicos e jardins, contêineres, locais de aterros e depósitos de reciclagem. Nestes locais, permanecem até serem ou removidos pela autoridade local, ou serem transportados pelo vento e/ou escoamento superficial, atingindo o sistema de drenagem. Eles se consistem 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 (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al., 1998).

Uma vez no sistema de drenagem, os resíduos sólidos podem ser transportados nos condutos, arroios, rios, lagos e estuários até eventualmente alcançarem o mar, nas cidades litorâneas. Ao longo do caminho, entretanto, freqüentemente são emaranhados na vegetação ao longo das margens dos arroios, rios ou lagos, ou espalhados ao longo das praias. A maioria provavelmente é enterrada pelos sedimentos dos rios, lagos ou praias (HALL apud ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al., 1998).

O problema dos resíduos sólidos nas redes de drenagem urbana pode ser observado, sobretudo nas maiores cidades brasileiras. Os resíduos são depositados nos cursos d'água urbanos diretamente, ou através das entradas das redes enterradas, atingindo cursos d'água maiores como lagos, praias e mares, além de prejudicarem a eficiência hidráulica de estruturas como bacias de retenção, poços de bombas, etc. Além disso tudo, trazem consigo poluentes e provocam um aspecto antiestético.

Apesar da constante freqüência nos meios de comunicação do Brasil, faltam valores mais precisos. Estima-se, por exemplo, que pelo menos 5% ou 600 toneladas de lixo produzido por mês, em Cuiabá, caem no solo e, sem ser coletado, quase sempre acaba escoando para o rio Cuiabá (Gazeta Digital, MT apud SANEAMENTO BASICOa, 2002), os canais, lagoas e rios que cortam a região da Barra da Tijuca, Japarepaguá e Recreio dos Bandeirantes obstruem-se freqüentemente com a ocorrência de chuvas (JB online, RJ apud SANEAMENTO BASICO b, 2002). O rio Capibaribe, em Recife, recebe carga de resíduos de uma população estimada de 430.000 habitantes em seu entorno (FIGUEIREDO, E. C. et al., 2002).

As fotos da figura 1 são do arroio Dilúvio em Porto Alegre, em um dia típico de inverno, em 2001. As fotos da figura 2 mostram um terreno atrás do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), em dezembro de 2002. Neste terreno, o arroio recebe a contribuição de uma pequena bacia, que é vertente do arroio Dilúvio, de aproximadamente 1 km<sup>2</sup>. Há características bastante representativas

de ocupação do solo irregular, com despejo de águas de esgoto cloacal, resíduos sólidos e sedimentos, criação de animais, etc.



**Figura 1.** Resíduos sólidos no arroio Dilúvio

(Fotos de câmara digital: Marllus Gustavo F. P. das Neves e Omar Barbosa da Silva Júnior, 2001).



**Figura 2.** Resíduos sólidos em uma vertente do arroio Dilúvio

(Fotos: Marllus Gustavo F. P. das Neves, 2002)

Na figura 3a, pode ser observado o mal acondicionamento dos resíduos nas sacolas utilizadas, e a colocação em local inapropriado, sujeito ao despejo no arroio que passa ao lado. Na figura 3b, o resíduo já se encontra no canal. Estas fotos foram obtidas durante visita de campo para o reconhecimento da rede de drenagem do arroio Capivara, em Porto Alegre, na ocasião da segunda etapa do Plano Diretor de Drenagem Urbana.



(a)



(b)

**Figura 3.** Resíduos sólidos no arroio Capivara (Fotos: DEP-IPH, 2002).

### QUANTIFICAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE

As questões colocadas enfocam a importância de se medir as cargas de resíduos com o objetivo de reduzi-las. A redução, por sua vez, pode ser feita através de dois tipos de medidas (ALLISON et al., 1997): medidas estruturais, com a colocação de estruturas na entrada de bocas-de-lobo, sarjetas ou instaladas dentro dos canais de drenagem para separar e conter os poluentes grosseiros; e medidas não estruturais, envolvendo mudanças de atitude e ações da comunidade (incluindo o comércio, a indústrias e os residentes).

As medidas estruturais vêm sendo utilizadas na em maior quantidade na África do Sul, e em menor escala na Austrália e Nova Zelândia. Pesquisas foram realizadas com as estruturas autolimpantes (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998 e ARMITAGE et al., 1998). Apesar de atingirem as conseqüências, ainda sim são importantes, pois fornecem dados para a conscientização ambiental e a busca das fontes de lançamento irregular.

Um exemplo da utilização de medidas estruturais ocorrem em Auckland, na Nova Zelândia, onde um estudo foi realizado em 1994 (CORNELIUS et al., 1994), e outro em 1996 (ICNZZ, 1996). Procurou-se saber se as informações à população e as melhorias nos serviços diminuiriam as cargas. As estratégias de redução foram consideradas eficazes. A maior redução foi dos grânulos de plástico virgem e fragmentos de plásticos cortados em máquinas. Houve também substancial redução de papel, cigarros e madeiras, e uma razoável redução de bolsas/peças de plásticos, plástico rígido e itens de alumínio.

A tabela 1 mostra os graus de redução dos itens, após a retenção dos resíduos, a triagem e a utilização das informações obtidas para a exposição à comunidade. A alta carga e alta redução dos grânulos ocorreu devido a um acidente que despejou muito material na área industrial. O problema foi resolvido, promovendo a Redução Muito Grande.

**Tabela 1.** Graus de redução dos componentes do lixo coletado (Fonte: ICNZZT, 1996).

Graus	Porcentagem	Itens
Redução Pequena	≥ 25%	Alumínio
Redução Moderada	≥ 33%	Plásticos/pedaços de plásticos e fibras
Redução Grande	> 50%	Papel e madeira
Redução Muito Grande	≥ 75%	Grânulos de plástico virgem e fragmentos de plásticos cortados em máquinas
Redução insignificante	Menos de 10 itens	Plástico rígido, espuma de plástico e cigarros
Aumento ou patamares similares	-	Aço, vidro, borracha, material de fast food, material de confeitarias e docerias

Semelhante trabalho foi realizado em Cape Town (ARNOLD e RYAN, 1999). A amostragem foi realizada no inverno, período de maiores chuvas (junho e agosto), com redes colocadas nas saídas de condutos de drenagem, sendo monitoradas diariamente por períodos de 5 a 22 dias. Para complementar os estudos de descarga de resíduos nos condutos, foi realizada uma pesquisa com os resíduos nas ruas por 2 semanas, após a remoção das redes dos condutos.

Foram escolhidas três áreas. A área residencial é um subúrbio de classe média alta, cujos serviços de limpeza urbana têm uma frequência que varia entre 1 ou 2 vezes por semana. A área comercial é composta de 20% de uma mescla de centros de compras e 80% de residências consideradas de alto nível. A área industrial é um arranjo de indústrias leves e venda por atacado.

As cargas médias de resíduos sólidos variaram bastante com o uso do solo. Estima-se que na região metropolitana de Cape Town 4,4 milhões de itens de resíduos vão para os corpos d'água costeiros diariamente (ARNOLD e RYAN, 1999). A massa seria de 2,4 toneladas/dia. As áreas utilizadas na amostragem possuíam um serviço de coleta regular. O plástico compôs de 40 a 85% dos itens e de 15 a 57% em massa, predominando nas áreas comerciais e industriais. A contribuição de entulhos de veículos foi grande, em massa, na área residencial. Algumas estatísticas diárias incluem quase 2 milhões de pedaços de plásticos, 290.000 pedaços de cigarros e 260.000 pedaços de papel.

Nos encontros promovidos pela equipe responsável com a comunidade, os responsáveis pelos despejos culpavam-se pelo problema, refletindo carências de comunicação, entendimento do problema e efetiva negociação entre os grupos (ARNOLD e RYAN, 1999).

Diversos trabalhos de quantificação foram realizados nestes países citados. Um resumo dos resultados de monitoramento de cargas de resíduos sólidos pode ser visto na tabela 2. As cidades de Cape Town, Johannesburg e Springs estão na África do Sul, as cidades de Auckland e Melbourne estão na Nova Zelândia e Austrália, respectivamente.

Em Melbourne, a maior parte da carga é de material orgânico. A parte não orgânica, em relação às cidades da África do Sul, é muito menor, sendo o mesmo afirmado para Auckland.

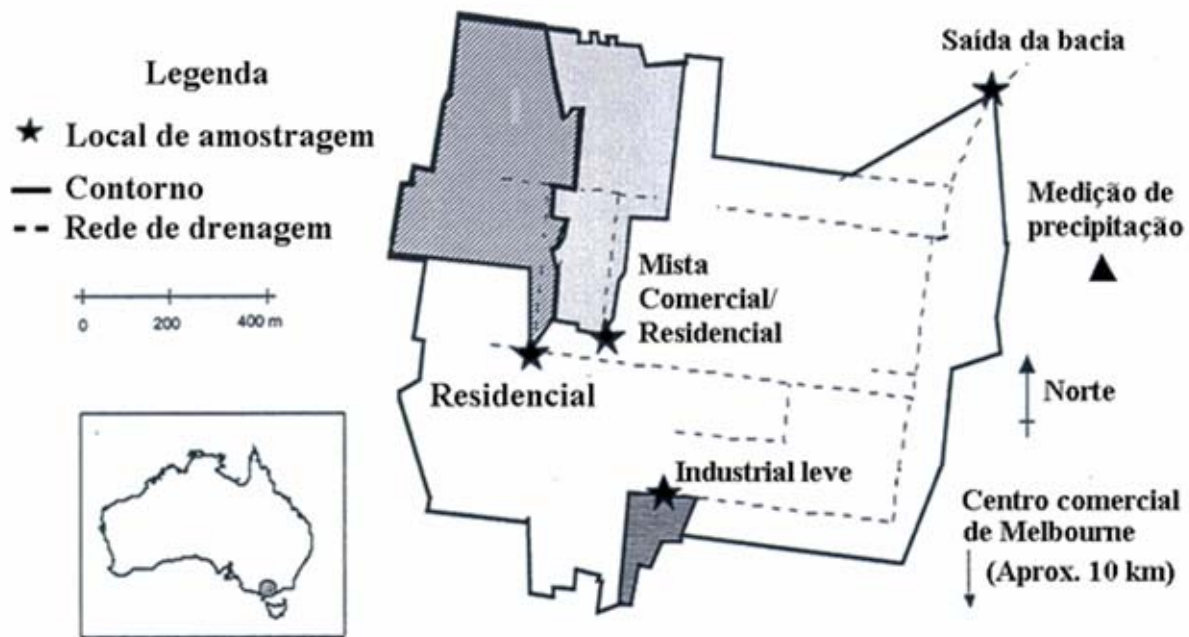
**Tabela 2.** Resumo da quantificação de resíduos na drenagem urbana.

Local	Carga (kg/ha/ano)	Vol (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Malha (mm)	Eficiência do dispositivo
Springs	82	0,86	-	72%
Johannesburg	48	0,5	20	70%
Auckland	2,76	0,029	19	-
Cape Town	18	0,189	6	-
Melbourne (sem a parte orgânica)	6	0,08	5	Praticamente 100%

Em geral, os trabalhos de quantificação de cargas de resíduos sólidos na drenagem urbana dizem respeito a acompanhamentos contínuos (vários meses). Contudo, estudos foram realizados em Coburg, um subúrbio de Melbourne na Austrália, com os chamados poluentes grosseiros (com dimensões maiores ou iguais a 5 mm), que incluem resíduos sólidos, sedimentos e entulhos (vegetação) (ALLISON et al., 1998). Os objetivos do programa de monitoramento foram os seguintes:

- estabelecer cargas de poluentes grosseiros que atingem os sistemas de drenagem urbana durante eventos de chuva;
- identificar fatores que influenciam as cargas de poluentes grosseiros;
- investigar a variação temporal das cargas de poluentes grosseiros durante eventos de chuva;
- investigar os tipos de material que se origina de diferentes tipos de uso do solo.

Na figura 4, estão as áreas de monitoramento. A área total da bacia é de 150 ha. O monitoramento foi realizado na saída da bacia e das sub-bacias representativas de cada uso do solo, sendo o residencial com 20 ha, industrial leve com 2,5 ha, e uma área mista entre comercial e residencial de 16 ha. A varrição é feita diariamente na grande área comercial e quinzenalmente nas áreas residenciais. A equipe responsável pela limpeza das bocas-de-lobo fazem uma rotação de 6 meses para todas as bocas-de-lobo da região.



**Figura 4.** Bacia estudada em Coburg (fonte: adaptado de Allison et al., 1998)

Após 12 meses de monitoramento (outubro de 1994 a outubro de 1995) 2 eventos foram completamente monitorados, levando em conta todos os 4 locais conjuntamente, e 6 eventos para a área mista comercial/residencial. Os resultados de massa seca, em conjunção com os dados de descarga, permitiram a estimativa de concentração de poluentes durante eventos.

No dia 27/01/1995 observou-se que tormentas subsequentes, durante o mesmo dia, apresentaram concentrações e cargas similares àquelas apresentadas no início do dia, sugerindo que as cargas na bacia não são completamente lavadas por um simples evento. Entretanto, em cada evento o pico das concentrações ocorreram antes do pico dos hidrogramas (na subida destes) e o tempo no qual a maior parte da carga é transportada ocorre durante as descargas mais altas. Isto sugere que o volume da chuva e do escoamento superficial exerce um importante papel na determinação das cargas de poluentes grosseiros.

As cargas em função do uso do solo são mostradas nas tabelas 3 e 4. Os resultados estão apresentados para cada uso do solo em massa seca por hectare de bacia. O material orgânico foi o componente de maior presença coletado em todos os locais (65 a 85% em massa), exceto a sub-bacia com indústrias leves, no primeiro evento (27/01/1995), quando um grande objeto de papel foi capturado, distorcendo os resultados. A composição do material restante foi principalmente de plástico e papel (figura 5).

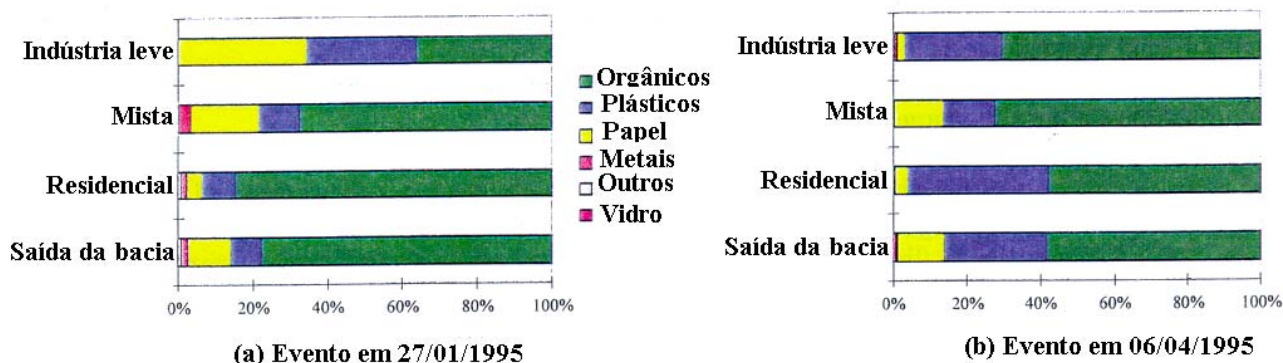


**Tabela 3.** Resultados do monitoramento do dia 27/01/1995 (fonte: ALLISON et al., 1998).

Local	Área (ha)	Chuva (mm)	Escoamento superficial (mm)	Lixo (g/ha) seco	Material orgânico (g/ha) Seco	Carga total (g/ha) Seco
Área mista (residencial/comercial)	15,8	7,0	3,4	116	254	371
Residencial	20,2	7,0	2,0	43	248	292
Industrial leve	2,5	7,0	1,3	162	79	242
Saída da bacia	150,0	7,0	2,2	77	276	353

**Tabela 4.** Resultados do monitoramento do dia 06/04/1995 (fonte: ALLISON et al., 1998).

Local	Área (ha)	Chuva (mm)	Escoamento superficial (mm)	Lixo (g/ha) seco	Material orgânico (g/ha) Seco	Carga total (g/ha) Seco
Área mista (residencial/comercial)	15,8	12,0	8,3	410	162	572
Residencial	20,2	12,0	4,6	127	181	303
Industrial leve	2,5	12,0	2,3	20	44	63
Saída da bacia	150,0	12,0	7,3	163	245	407



**Figura 5.** Componentes dos resíduos sólidos capturados em dois eventos em Coburg (fonte: adaptado de ALLISON et al., 1998).

O monitoramento em Coburg sugeriu que (ALLISON et al., 1998):

- ✓ material orgânico contribui com pelo menos dois terços das cargas de poluentes grosseiros em todas as áreas, exceto as áreas cujo uso do solo é feito por indústrias leves, onde isto se figura inconclusivo;
- ✓ há grandes quantidades de resíduos (papel e plásticos) transportados mais nas áreas comerciais que nas de indústrias leves e residenciais;
- ✓ a composição dos poluentes grosseiros durante eventos parece permanecer relativamente constante em relação às flutuações de concentração e carga;

- ✓ as concentrações de poluentes grosseiros são geralmente mais altas nos primeiros estágios do escoamento superficial, mais a maior carga é transportada durante a ocorrência das maiores descargas.

### **Medidas estruturais**

No estudo de medidas estruturais, o objetivo preferencial é atingir uma configuração autolimpante. Estas estruturas têm que ser concebidas de uma maneira que, para serem efetivas, deveriam declinar um segregador em direção ao fluxo (este cai na direção predominante) e estarem continuamente sujeitas a uma lâmina d'água de alta velocidade para maximizar o gradiente de velocidade e dessa forma promover um cisalhamento na superfície do segregador. Isto vem do fato que há as forças agindo mostradas na figura 6. Estas forças produzem arraste, sustentação e rotação (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998, ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000b e ARMITAGE et al., 1998).

Em outras palavras, as estruturas autolimpantes são pensadas com a função de utilizar a força da água para empurrar o resíduo, limpando o segregador (tela ou grade), e desviando-o ou não para um local de acumulação, onde a frequência de limpeza possa ser menor, agindo com mínima perda de carga. Os defletores variam podendo ser dispostos com um determinado ângulo em relação ao escoamento, suspensos ou não, em geral compostos de um gradeamento. Algumas estruturas foram testadas em escala real e em locais com problemas de resíduos sólidos nos cursos d'água urbanos.

Um exemplo de estrutura autolimpante simples e razoavelmente eficiente é a SCS (Stormwater Cleaning Systems), utilizada em Springs, África do Sul. Neste estudo, a função da estrutura era forçar o escoamento sobre o vertedor e através de um gradeamento inclinado em aproximadamente 45º na, interceptando o resíduo pelo gradeamento e forçando-o a cair em um compartimento, onde seria removido. Foram consideradas duas alternativas de disposição da estrutura: com o vertedor diretamente colocado na trajetória de fluxos pequenos vindos, por exemplo, de um conduto; com o vertedor colocado na lateral, para altos fluxos em canais (Figura 7).

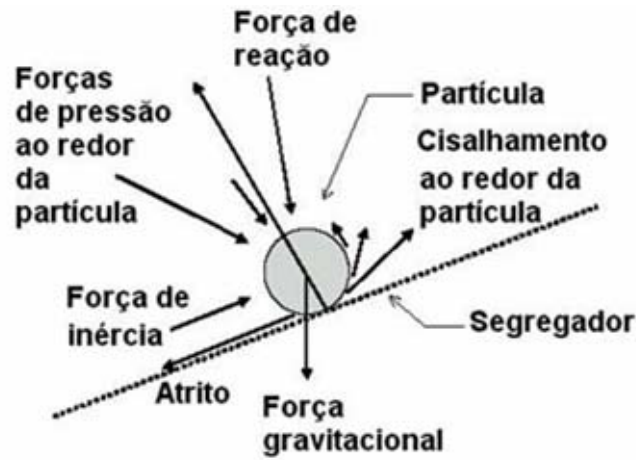
Como vantagens, tem-se que (ARMITAGE et al., 1998):

- ✓ Pode suportar relativamente altos fluxos (até 80 m<sup>3</sup>/s ou mais se necessário) com facilidade;
- ✓ Manutenção desprezível;
- ✓ Fácil de limpar;
- ✓ Baixo risco de fermentação tóxica;
- ✓ relativamente segura para o público e trabalhadores.

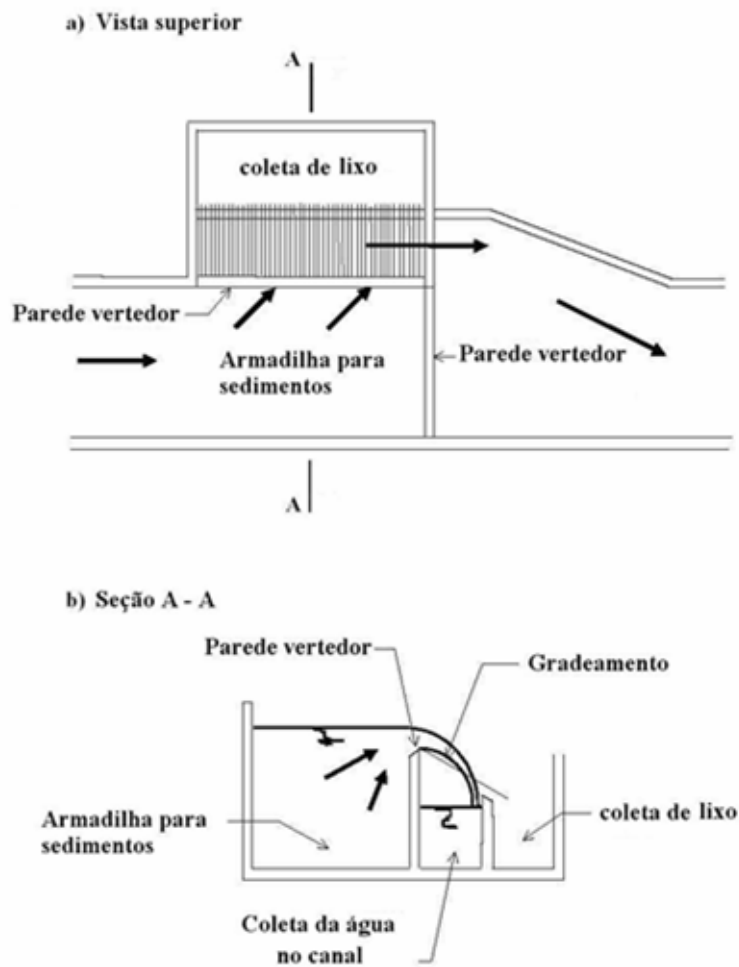
Como desvantagens, (ARMITAGE et al., 1998):

- ✓ requer alta carga;

✓ em geral requer que uma grande área do terreno seja cercada para evitar o contato do público com o resíduo capturado.



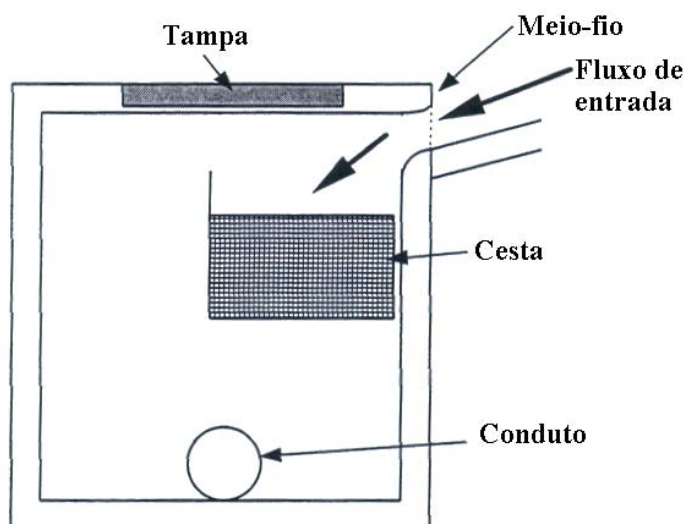
**Figura 6.** Forças que agem na partícula sobre o segregador (Fonte: adaptado de ARMITAGE et al., 1998).



**Figura 7.** Estrutura SCS: primeira configuração (Fonte: adaptado de ARMITAGE et al., 1998).

Outra estrutura, que não é do tipo autolimpante, mas que pode ser útil no processo de monitoramento e gerenciamento integrado resíduos sólidos-drenagem urbana é a chamada SEPT (Side-Entry Pit Trap), utilizada em Melbourne, Austrália e ilustrada na figura 8.

Segundo ALLISON et al. (1998), estas estruturas são cestas acopladas à entrada de bocas-de-lobo. A água pluvial passa através da cesta e o material maior que o tamanho da malha (5-20 mm) é retido. O material permanece na cesta até a equipe de manutenção remover o material manualmente ou usando um sugador de grande diâmetro. Planeja-se a limpeza das cestas a cada 4 ou 6 semanas.



**Figura 8.** Estrutura SEPT (Fonte: adaptado de ARMITAGE et al., 1998).

As armadilhas são colocadas na parte de trás do poço para proporcionar uma trajetória para altos fluxos. Nestes casos, os poros são bloqueados; a água é descarregada sobre a parte traseira da cesta e os materiais mais finos que o tamanho dos poros podem ser retidos também. Uma vez bloqueados os poros, a água se acomoda na cesta e verte sobre a parte posterior da cesta. Neste caso, a eficiência diminui significativamente. Como vantagens, poderiam ser citados (Melbourne Water Waterways and Drainage Group, 1995 apud ARMITAGE et al., 1998):

- ✓ rápido e fácil de limpar;
- ✓ a coleta é facilmente integrada no programa de manutenção das captações de água pluvial;
- ✓ evita a transferência de resíduos no meio-fio para os condutos;
- ✓ pode-se remover facilmente a cesta para manutenção;
- ✓ pode ser útil na identificação das principais fontes como parte de um programa de gerenciamento da bacia.

As desvantagens são (Melbourne Water Waterways and Drainage Group, 1995 apud ARMITAGE et al., 1998):

- ✓ aquisição de um aspirador especial de alto custo;

- ✓ as tampas das captações são pesadas e precisam ser removidas com uma sustentação segura;
- ✓ um grande número de unidades são requeridas nas áreas propensas.

O uso é atrativo do ponto de vista de custo-efetividade em locais com alta produção de resíduos, sendo necessário o uso de dispositivos adicionais a jusante para capturar o material que passa. É mais efetiva quando utilizada em conjunção com um programa de gerenciamento da bacia (ARMITAGE et al., 1998).

Um estudo mais detalhado a respeito da eficiência destas cestas foi realizado na Austrália (Allison et al., 1998). A bacia utilizada tem uma área de 50 ha, com os usos do solo residencial, comercial e industrial leve. Para testar a eficiência, foram colocadas cestas em todas as entradas da rede de drenagem, resultando em um total de 192 pontos de coleta. O resíduo que passava, em geral quando a cesta era preenchida totalmente, foi retido por uma outra estrutura no final da bacia.

A tabela 3 mostra a eficiência na captura dos resíduos. Uma análise foi realizada, para cada dia de limpeza, observando a porcentagem acumulada de carga retida em relação à porcentagem acumulada de número de cestas, assumindo que elas são colocadas em locais onde há as maiores cargas. Os autores concluíram que, embora não possa remover todos os poluentes grosseiros da rede de drenagem, o monitoramento indicou que as cestas podem capturar até 85% da carga de resíduos sólidos secos e até 75% da carga total (resíduos secos mais matéria orgânica). Os resultados indicaram que é possível colocar este tipo de estrutura em cerca da metade das entradas de estradas e ruas e capturar cerca de dois terços de resíduos sólidos secos e metade dos resíduos totais.

**Tabela 5.** Eficiência das estruturas SEPTs (fonte: adaptado de Allison et al., 1998).

Dias entre limpezas	chuva	Esc. superficial	Massa seca total	% capturada pelas SEPTs		
	mm	mm	kg	inorgânicos	orgânicos	Carga total
27	57	18	111	78	59	66
32	60	24	366	83	72	75
15	15	7	206	85	69	71
31	31	17	285	73	59	62

Neste estudo, a área comercial foi a que mais contribuiu para a rede de drenagem, devido ao alto nível de atividade na bacia. O material orgânico teve carga relativamente uniforme para todos os usos do solo, devido à cobertura vegetal uniforme. A análise do tipo de entrada na rede mostrou que as bocas de lobo sem a grade contribuíram com cerca do dobro das cargas nas entradas com grades.

As redes utilizadas na Nova Zelândia em 1994 eram de feitas de telas de arame para diâmetros de 0,3 m a 0,85 m e comprimento de pelo menos 3 vezes o diâmetro (CORNELIUS et al., 1994). Em 1996, as redes foram feitas de polipropileno (ICNZT, 1996), consideradas mais duráveis e resistentes que as utilizadas em 1994, com 1,9 m de diâmetro e 1,6 m de comprimento, com a malha

de 6 mm. Houve problemas nas redes quando da presença de folhas, bem como grandes quantidades de detritos. As redes foram presas aos condutos na saliência destes através de tiras de aço galvanizado de 50 mm de espessura.

As redes utilizadas em Cape Town, em 1999, eram de nylon, com as mesmas dimensões das utilizadas em 1996 em Auckland. Neste caso, eram presas aos condutos com anéis de aço galvanizado de 500 mm de diâmetro e 10 mm de espessura, presos com cadeados para evitar roubos, o que não intimidou os infratores, de maneira que o aço foi substituído por plástico (ARNOLD e RYAN, 1999). A figura 9 mostra diversas fotos do monitoramento realizado em Cape Town. O material coletado (figura 7b) era secado e pesado.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 9.** Monitoramento realizado em Cape Town (fonte: ARNOLD e RYAN, 1999).

## CONCLUSÃO

Este artigo procurou mostrar alguns trabalhos já desenvolvidos, objetivando a quantificação e o controle dos resíduos sólidos na drenagem urbana. É urgente que se iniciem pesquisas no sentido de elaborar programas de monitoramento de resíduos sólidos nas redes de drenagem.

Em Porto Alegre, o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) e o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) estão firmando as bases de uma parceria para que uma bacia urbana de Porto Alegre seja monitorada. Além disso, o IPH está iniciando uma pesquisa em um dos afluentes da barragem do campus do vale da UFRGS, com o propósito de se estudar a produção de sedimentos, a qualidade de água e o controle de resíduos sólidos.

Pesquisas com qualidade da água em drenagem urbana devem ter uma ênfase cada vez maior, pois a realidade brasileira mostra que começa a haver uma salutar preocupação com o controle da vazão gerada com a impermeabilização da superfície, sobretudo utilizando reservatórios de detenção. Contudo, não está havendo um efetivo controle da eficiência destas estruturas, que devem ser bastante prejudicadas com a presença dos poluentes, sobretudo os ditos grosseiros como os sedimentos e os resíduos sólidos.

Em Porto Alegre, o DEP está implantando os reservatórios, mas ainda não montou uma equipe de manutenção e limpeza. Isto decorre também da falta de diálogo efetivo e constante com os demais departamentos da Prefeitura como o DMLU (Departamento Municipal de Limpeza Urbana), o Departamento Municipal de Água e Esgoto e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente. A população diante disto não sabe a quem recorrer e não é atingida de maneira correta nas campanhas de conscientização.

Quanto às cargas, vê-se que as mesmas são muito maiores na África do Sul do que na Austrália ou na Nova Zelândia. Como a variabilidade de uso do solo, conscientização e eficiência dos serviços no Brasil é grande, faz-se necessário medir as cargas. Visualmente, observa-se que mesmo em uma cidade como Porto Alegre, pode haver cargas tão grandes quanto pequenas, dependendo da região da cidade.

## REFERÊNCIAS

- ALLISON, R.A., WALKER, T.A., CHIEW, F.H.S., O'NEILL, I.C. & MCMAHON, T.A. 1998 FROM ROADS TO RIVERS - *Gross pollutant removal from urban waterways*, Research Report for the Co-operative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, 98 pp.
- ARNOLD, G. e RYAN, P. 1999. Marine Litter originating form Cape Town's residential, commercial and industrial areas: *the connection between street litter and storm-water debris. A co-operative community approach*. Island Care New Zealand Trust, C/-

Department of Geography, The University of Auckland, New Zealand. Percy FitzPatrick Institute, University of Cape Town.

- CORNELIUS, M.; CLAYTON, T.; LEWIS, G. ARNOLD, G. e CRAIG, J. 1994. *Litter associated with stormwater discharge in Auckland city New Zealand*. Auckland: Island Care New Zealand Trust.
- FIGUEIREDO, E. C. de; COSTA, J. V. V. da; LUCENA, F. R. de; PEDROSA, E. da Cunha; LUCENA, J. A. de; NASCIMENTO, K. C. do; OLIVEIRA, H. S. e LIMA, A. O. de (2002). Limpeza do rio Capibaribe no município do Recife. *VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos: R.S.U. especiais*. Gramado: ABES.
- ISLAND CARE NEW ZEALAND TRUST. 1996. Reducing the incidence of stormwater debris and street litter in the marine environment: *a co-operative community approach*. Auckland: Island Care New Zealand Trust.
- MAKSIMOVIC, Cedo. 2001. General overview of urban drainage principles na pratica. In: TUCCI, Carlos E. M. Urban drainage specific climates:urban drainage in humid tropics. Paris: UNESCO. IHP-V. Technical Documents in Hydrology. No 40. v.I. cap.0, p1-23.
- DEP-IPH, 2002. *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, 2ª etapa*, Departamento de Esgotos Pluviais, Prefeitura Municipal de Porto Alegre; Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- POMPÊO, 2000. *Drenagem Urbana Sustentável*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 5, n.1. ABRH.
- SANEAMENTOBASICO.COM.BR. 2002a. *MT: 600 t de lixo não coletadas vão direto para mananciais*.Disponívelem:[www.saneamentobasico.com.br/noticias/imprimir.asp?Id\\_Noticia\\_s=11958](http://www.saneamentobasico.com.br/noticias/imprimir.asp?Id_Noticia_s=11958). Acesso em 22 de agosto de 2002.
- SANEAMENTOBASICO.COM.BR. 2002b. *Rio: lixo e esgoto ameaçam a Barra da Tijuca*. Disponível em: [www.saneamentobasico.com.br/noticias/imprimir.asp?Id\\_Noticia\\_s=11703](http://www.saneamentobasico.com.br/noticias/imprimir.asp?Id_Noticia_s=11703). Acesso em 22 de agosto de 2002.
- SILVEIRA, A. L. L. 2001. Problems of urban drainage in developing countries. In: *International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage*, 1, 2001, Lyon. Novatech, p. 143-150.
- TUCCI, 2002. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n.1. ABRH.