

I-042 - A CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS RETIDOS EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: SUBSÍDIO PARA O GERENCIAMENTO ADEQUADO

Marco Aurélio Soares de Castro⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas

Arnaldo Florenzano Neto⁽²⁾

Tecnólogo em Controle Ambiental pela Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas

Matheus da Silva Marques⁽³⁾

Graduando em Tecnologia em Controle Ambiental pela Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade Estadual de Campinas

Endereço^(1,2,3): R. Pascoal Marmo, 1888 - Jd. Nova Itália - Limeira - SP - CEP: 13484-332 - Brasil - Tel: (19)2113-3430 - e-mail: marcocastro@ft.unicamp.br

RESUMO

Processos de urbanização, quando não adequadamente planejados ou executados, intensificam a impermeabilização de grandes áreas e geração de sedimentos e resíduos sólidos. Estes, por ocasião das chuvas, são carreados pelos escoamentos superficiais até as redes de drenagem urbana, diminuindo sua capacidade de escoamento, e podendo comprometer a qualidade da água e propagar doenças. Embora prevista em lei, a disposição em aterro sanitário implica consumo de combustíveis e emissão de particulados e CO₂ durante o transporte; assim, é fundamental considerar outras destinações, a partir do diagnóstico dos resíduos em questão.

Nesse sentido, o presente estudo objetivou caracterizar resíduos sólidos retidos em redes de microdrenagem urbana, para identificar alternativas de gerenciamento. Após uma revisão bibliográfica focada na interface resíduos sólidos / drenagem urbana, seguiu-se a coleta de resíduos em pontos da rede de drenagem de duas áreas de uma mesma microbacia. As massas de resíduos foram caracterizadas segundo o material predominante, obtendo-se as respectivas frações em cada área, bem como uma média geral.

Houve predominância da fração orgânica mais sedimentos em ambas as áreas, indício de que estes resíduos possam ser aproveitados via compostagem ou vermicompostagem. Deve-se investigar mais detalhadamente a utilização destas e outras alternativas, comparando-se diferentes cenários de gerenciamento.

A disposição adequada de resíduos pela população, aliada à adoção de dispositivos de limpeza dos sistemas, contribuiriam para evitar ou reduzir assoreamentos e obstrução das galerias. Em linhas gerais, ressalta-se a importância de integrar o gerenciamento de resíduos sólidos à gestão das águas pluviais urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Resíduos de Limpeza Urbana, Drenagem Urbana, Caracterização, Gerenciamento.

INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização observados no país têm ocorrido frequentemente sem planejamento ou execução adequada, o que contribui para intensificar efeitos como a impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal, canalização e outras intervenções em rios e córregos, além da intensificação na geração de sedimentos e resíduos sólidos. Quanto a este último aspecto, os serviços de limpeza urbana, que incluem atividades como poda, capina e varrição, geram resíduos compostos por grama, galhos e vegetação em geral, além de embalagens diversas, papéis, plásticos e outros, que atingem quantidades significativas em massa e volume. Via de regra, após gerados estes resíduos são reunidos em montes, conforme ilustrado na Figura 1; posteriormente são coletados para receber a destinação adequada, que é frequentemente o aterro sanitário.



Figura 1 - resíduos de limpeza urbana reunidos em montes para posterior coleta

No entanto, a ocorrência de chuvas ou a simples lavagem de superfícies urbanas entre a geração/reunião e a coleta propriamente dita faz com que esses resíduos, além daqueles que foram inadequadamente dispostos nas vias públicas, sejam carregados pelos escoamentos superficiais, atingindo eventualmente as redes de drenagem de águas pluviais. Em razão de sua composição heterogênea, podem então impactar o meio ambiente de diferentes formas: as frações orgânicas (degradáveis) podem comprometer a qualidade da água e colocar em risco a fauna aquática e a saúde humana; as frações inorgânicas, por seu volume ou peso, podem causar assoreamento ou entupimento de dutos, comprometendo a drenagem e contribuindo para agravar alagamentos ou acumular água, servindo de criadouro para diversos vetores de doenças. Operações de limpeza e desobstrução de sistemas de águas pluviais tornam-se assim necessários, representando um custo adicional para a remoção dessa massa de resíduos que também tem como destinação final os aterros sanitários.

Ainda que prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos, a disposição final ambientalmente adequada deve ser adotada apenas para os rejeitos, resíduos para os quais não se identifica no momento nenhuma possibilidade de tratamento ou recuperação; além disto, a disposição em aterro implica impactos associados ao consumo de combustíveis e à emissão de gases como CO₂ nas etapas de coleta e transporte, além de contribuir para a diminuição da capacidade dos aterros sanitários.

Uma vez que o gerenciamento de resíduos sólidos em geral deve seguir as disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos, há que se considerar alternativas como reutilização, reciclagem e tratamento. A caracterização dos resíduos retidos em sistemas de drenagem é portanto essencial para subsidiar a definição de estratégias que privilegiem a recuperação de materiais ou de conteúdo energético em lugar da simples disposição em aterro sanitário – e é neste contexto que a pesquisa aqui relatada se insere.

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo principal a caracterização de resíduos sólidos retidos em redes de microdrenagem urbana. Mais especificamente, objetivou-se avaliar duas redes de drenagem de uma mesma microbacia urbana, determinar as composições gravimétricas dos resíduos coletados em pontos dessas redes, de modo a se chegar a um valor médio, e, por fim, propor medidas de gestão e gerenciamento dos resíduos a partir da caracterização realizada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi conduzida uma revisão bibliográfica sobre os temas 'resíduos sólidos' e 'drenagem urbana', de modo a verificar as interfaces entre estes dois aspectos do Saneamento Básico; a seguir, foi conduzido um estudo de caso em pontos distintos de uma bacia hidrográfica urbana, mais especificamente em dois *campi* universitários: 'Área 1', de menor extensão, mais densamente ocupada e com vegetação de maior porte, e 'Área 2', maior, de ocupação mais recente e menos intensa e com vegetação de menor porte.

Após visitas às áreas e a análise das plantas das respectivas redes de drenagem, foram definidos pontos para coleta de resíduos em cada sistema, destacados nas Figuras 2 e 3.



Figura 2 - vista aérea da Área 1, com os pontos de coleta destacados.



Figura 3 - vista aérea da Área 2, com os pontos de coleta destacados.

Caixas de plástico PEAD foram utilizadas como dispositivos de coleta, pois suas formas permitiam encaixe adequado nas tubulações. As coletas foram programadas para ocorrer após cada evento pluviométrico; no período do estudo, as primeiras chuvas ocorreram exatamente trinta dias após a instalação dos dispositivos. Ao todo, foram realizadas três coletas; após cada campanha, os resíduos foram triados manualmente, sendo consideradas as frações de material orgânico (folhas e galhos), mais os sedimentos a ele aderidos; recicláveis (plástico, metal, vidro, papel e borracha); Resíduos de Construção Civil; materiais diversos, como penas de aves, bitucas de cigarro e tecidos, que apareceram em quase todos os pontos, foram reunidos na categoria 'outros'. Não foi necessário realizar o quarteamento das amostras, pois todas as massas coletadas se mostraram analisáveis na sua totalidade.

As frações orgânicas mais sedimentos foram pesadas em balança de plataforma com capacidade máxima de 15 kg e precisão de 5g, enquanto que as frações menores foram pesadas em balança de bancada com capacidade máxima de 6200 g e precisão de 0,01 g.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das coletas nos pontos da Área 1 são apresentados no Quadro 1; observa-se a predominância de resíduos orgânicos e sedimentos, possivelmente por se tratar de uma área bastante arborizada.

Quadro 1: Caracterização dos resíduos coletados nos pontos da Área 1, em kg.

Resíduos	Coletas (Ponto 1)			Coletas (Ponto 2)			Coletas (Ponto 3)			Total
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Orgânico + sedimentos	22,930	9,675	1,010	7,590	2,970	0,135	2,980	1,865	0,820	49,975
Plástico	0,057	0,046	0,010	0,035	0,038	0,003	0,054	0,015	0,003	0,261
Metal	0,312	0,095	-	0,221	0,039	-	0,022	-	0,014	0,703
Vidro	-	-	-	-	-	-	-	0,008	-	0,008
Papel	0,006	-	-	0,033	-	-	0,007	-	-	0,046
Borracha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
RCC	1,637	1,984	-	0,163	0,078	-	0,071	0,032	-	3,965
Outros	0,025	0,355	0,009	0,042	0,044	0,035	-	0,003	0,005	0,518
Total	24,967	12,155	1,029	8,084	3,169	0,173	3,134	1,923	0,842	55,476

Apenas no ponto 1 foram coletadas quantidades mais significativas de resíduos recicláveis, pelo fato de ser uma área próxima à única cantina da área; a grande concentração de pessoas, somada a práticas inadequadas de descarte, pode ser a causa desse resultado. O ponto 3 apresentou as menores quantidades totais de cada coleta; além da menor geração de resíduos no entorno deste ponto, esses dados podem se dever à retenção dos resíduos nos pontos a montante.

Os resíduos coletados nos pontos da Área 2 também apresentaram predominância da fração orgânica e de sedimentos, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Caracterização dos resíduos coletados nos pontos da Área 2, em kg.

Resíduos	Coletas (Ponto 1)			Coletas (Ponto 2)			Coletas (Ponto 3)			Total
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Orgânico + sedimentos	2,300	5,155	1,200	0,463	0,575	0,580	0,178	0,295	0,570	11,316
Plástico	0,105	0,266	0,003	0,006	0,018	0,006	0,008	0,020	0,002	0,434
Metal	0,007	0,347	0,002	-	-	0,005	0,005	-	-	0,366
Vidro	0,040	-	-	-	-	-	-	-	0,006	0,046
Papel	-	-	0,011	-	0,041	0,013	0,008	0,022	-	0,095
Borracha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004	0,004
RCC	0,680	-	-	-	0,035	-	-	-	-	0,715
Outros	-	0,217	-	0,005	-	0,022	-	-	0,001	0,245
Total	3,132	5,985	1,216	0,474	0,669	0,626	0,199	0,337	0,583	13,221

Apesar de possuir área maior que a da Área 1, as quantidades de resíduos coletadas na Área 2 foram sempre menores, tanto em números totais como quanto aos tipos de resíduos. Mesmo os resíduos orgânicos estavam presentes em quantidades menores, o que pode se dever à vegetação do local, predominantemente rasteira, com menos árvores de maior estatura que a Área 1.

Em ambas os casos, a diminuição nas massas coletadas ao longo das campanhas foi considerável; isto pode se dever ao *'first flush effect'*, já que antes da primeira coleta ser realizada, o município passou por um longo período sem a ocorrência de chuvas, o que pode ter favorecido a aglomeração de resíduos nas áreas dos *campi*. Quando as chuvas voltaram a ocorrer, carregaram os resíduos depositados sobre as áreas para os sistemas de drenagem. Após esse período, as chuvas ficaram mais constantes, e a quantidade de resíduos encaminhada para o sistema de drenagem foi reduzida.

A Tabela 1 apresenta o resultado da caracterização gravimétrica dos resíduos coletados nas redes analisadas, bem como os valores médios de cada fração.

Tabela 1 - Caracterização gravimétrica global dos resíduos coletados nas áreas.

Material	Frações (área 1)	Frações (área 2)	Valores médios
Orgânico + sedimentos	90,08%	85,59%	87,84%
RCC	7,15%	5,41%	6,28%
Metal	1,24%	2,77%	2,01%
Plástico	0,47%	3,28%	1,88%
Outros	0,93%	1,85%	1,39%
Papel	0,08%	0,72%	0,40%
Vidro	0,01%	0,35%	0,18%
Borracha	0,00%	0,03%	0,02%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%

A fração orgânica, portanto, foi a mais significativa, representando quase 90% dos resíduos coletados, seguida pelos Resíduos da Construção Civil e pelos resíduos recicláveis. Ressalta-se ainda que no momento da triagem observou-se a presença de minhocas vivas e a germinação de sementes por entre a massa de resíduos orgânicos e sedimentos, conforme a Figura 4.



Figura 4 – Minhocas e germinação de sementes entre os resíduos orgânicos.

CONCLUSÕES

Os resíduos retidos em ambos os sistemas de drenagem caracterizaram-se pelo predomínio da fração orgânica e de sedimentos, ainda que se tratassem áreas diferentes quanto ao tamanho, nível de ocupação, tipo e porte de vegetação. Portanto, o aproveitamento de tais resíduos via vermicompostagem ou mesmo biometanização mostra-se promissor, e uma das recomendações deste trabalho é exatamente a avaliação de tais alternativas para o gerenciamento destes resíduos. Salienta-se que todas elas atendem às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos e são mais desejáveis que a disposição em aterro sanitário, estratégia atualmente adotada.

Em uma perspectiva mais ampla, outro ponto que merece investigação é a avaliação comparativa de diferentes cenários de gerenciamento destes resíduos quanto ao desempenho ambiental, podendo-se considerar o cenário atual como referência. Metodologias como a Avaliação de Ciclo de Vida tem ainda vasto potencial de aplicação em trabalhos desta natureza.

Ao mesmo tempo, é fundamental adotar medidas que promovam o melhor gerenciamento dos sistemas de drenagem urbana, por meio da limpeza das redes, como também evitar assoreamentos e obstrução das galerias. Ressalta-se mais uma vez a necessidade de integração entre os serviços essenciais de manejo de resíduos sólidos e gestão das águas pluviais urbanas, conforme disposições da Política Nacional de Saneamento Básico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 21 p. 2004
2. BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 02 de agosto de 2010.
3. CORDOBA, R. E.; CASTRO, M.A.S.; MARTINS, L.G.B.; SCHALCH, V. Avaliação dos impactos de resíduos sólidos em sistemas de micro drenagem urbana – estudo de caso em campus universitário. 27^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia-GO, 15 a 19 de setembro de 2013.
4. MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade. 1^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
5. NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba. Anais do XV SBRH. Curitiba: ABRH, 2003, v. 1, p. 1 - 16.