

Contaminação de Metais Pesados em Sedimentos de Escoamento Superficial Urbano na Cidade do Rio de Janeiro – RJ.

Michelle Nunes¹; Marcio Martins¹; José Antonio Baptista Neto^{2,1}; Bernard J. Smith³; John J. McAlister³

¹Dept. Geologia/LAGEMAR, UFF

²Dept. Geografia, FFP/UERJ, jneto@igeo.uff.br

³School of Geography – Queen’s University, Belfast-RU

Resumo

Neste estudo, as concentrações dos metais pesados Fe, Zn, Cu, Pb, Ni e Cr foram determinados a partir de 27 amostras de sedimentos coletados ao longo de rodovias na cidade do Rio de Janeiro. As concentrações indicam que os sedimentos apresentam níveis anômalos de metais pesados, bem superiores às concentrações de background, e aplicando-se a classificação de toxicidade, estes apresentaram toxicidade alta.

Palavras-chaves: metais pesados, poluição, escoamento superficial urbano.

Abstract

In this study, the concentrations of heavy metals Fe, Zn, Cu, Pb, Ni and Cr were determined from 27 samples of sediments collected along roads of an urban environment in the city of Rio de Janeiro. The concentrations indicated that the sediments present anomalous levels of heavy metals, higher than the natural background concentrations, and when the toxicity classifications was applied, the sediments shows high toxicity.

Key-words: heavy metals, pollution, urban runoff.

Introdução

A preocupação tradicional sobre o escoamento de água de chuva em ambiente urbano, se concentrava na prevenção e alocação de enchentes (Ellis, 1989); mais recentemente essa preocupação passou a ser direcionada à substancial capacidade de transporte de poluentes pelas águas de escoamento superficial das cidades. O escoamento constitui parte do ciclo hidrológico, que após chuva (precipitação), a água que não foi evaporada ou infiltrada, escoado do continente para os corpos de águas receptoras (Bartlett, 1981). O escoamento superficial urbano é o principal mecanismo de transporte que introduz substâncias tóxicas nas águas receptoras (rios, lagos e estuários), principalmente durante eventos de precipitação. O escoamento superficial urbano causa numerosos problemas, que inclui a sobrecarga nas estações de tratamento de esgoto e águas pluviais, prejudica ainda as funções do sistema de esgoto e da bacia de drenagem e direciona a poluição para as águas receptoras (Harrop, 1983). É importante também devido ao choque provocado pela sobrecarga que ocorre durante os eventos de tempestade (quando ocorre a introdução em águas receptoras de altas concentrações de materiais tóxicos). O escoamento das águas de tempestade em áreas urbanas

tem aumentado significativamente e se tornando um problema, devido a natureza impermeável do ambiente urbano e a capacidade reduzida de infiltração, o que leva à uma diminuição dos mecanismos do terreno de auto-limpeza. Isto gera uma grande carga para os mecanismos de renovação para o ambiente aquático, uma vez que sua capacidade é diminuída devido a pobre qualidade do escoamento que entra nos rios e ambientes costeiros (Weeks, 1981). O termo “sedimento de escoamento superficial urbano” engloba uma grande diversidade de componentes. Este termo pode ser utilizado para todas as partículas que vão se acumulando nas superfícies de áreas urbanizadas. Portanto, a composição destas partículas varia desde substâncias inorgânicas e orgânicas de origem natural, como fragmentos de rocha, grãos de areia, fragmentos de vegetação, até materiais de origem antrópica, como o vidro, plástico, partículas provindas do desgaste dos automóveis, além de diversas outras (Baptista et al, 2008).

O município do Rio de Janeiro é um exemplo típico de progressão do uso da terra: da floresta primitiva, ao cultivo e pastagem, a floresta secundária, e finalmente ao processo de urbanização. O processo de urbanização é a mais recente influência humana no processo de erosão e produção de sedimentos. Jansson (1982) sugere que a expansão urbana esta relacionada a construção de estradas, moradias e à pavimentação de extensas áreas. Quando este processo é mal planejado, pode causar sérios problemas de erosão e produção de sedimentos. Existem vários estudos realizados em cidades de clima temperado (Ellis, 1986; Hamilton *et al.*, 1985; Harrison *et al.*, 1981; Harrop, 1983; Douglas, 1983), todos relacionados ao impacto da urbanização na produção e qualidade de sedimentos. Contudo, estes estudos não refletem as condições particulares pertinentes nas zonas tropicais. Essas áreas apresentam solos mais profundos, vastas reservas potenciais de sedimentos em forma de regolitos, e um regime climático dominado por concentrações espaciais e temporais de chuvas de alta intensidade. Além de fatores ambientais específicos, poucas cidades "temperadas" ocidentais experimentam um desmatamento tão intenso, e total falta de planejamento na ocupação dessas encostas através do assentamento de favelas, por exemplo (Baptista Neto et al., 1999).

Este estudo tem como principal objetivo analisar as concentrações de metais pesados nos sedimentos de escoamento urbano na cidade do Rio de Janeiro, demonstrando as implicações ambientais para a qualidade de vida das pessoas que circulam na cidade e como fonte de poluição para os rios e Baía de Guanabara.

Metodologia

O principal objetivo deste trabalho é analisar os níveis de concentração de metais pesados na cidade do Rio de Janeiro. Portanto, a escolha das estações de coleta teve como preocupação obter amostras ao longo de toda a cidade associando estas áreas aos diferentes usos da terra (Figura 1).

As coletas das amostras foram realizadas o mais próximo possível da linha de costa da cidade do Rio de Janeiro, em canaletas de ruas próximas a bueiros. As coletas da amostram foram realizadas sempre respeitando o período mínimo de cinco dias de estiagem antes da coleta, para que fosse possível a acumulação de sedimentos no local. Foram utilizados uma pá de plástico, um pincel e sacos plásticos devidamente etiquetados. Foi utilizado um aparelho GPS (Garmim, Plus II) para obtermos o posicionamento dos pontos de amostragens.

Análise de Matéria Orgânica

Os teores de matéria orgânica foram obtidos através do processo de calcinação do carbono orgânico na mufla. Onde as amostras são secadas, pesadas e colocadas em cadinhos cujos pesos já são conhecidos. Os cadinhos são colocados na mufla, a uma temperatura de 500°C num período de 4 horas. Após este processo os cadinhos são retirados da mufla e resfriados em dessecador para que não absorvam umidade. Depois de resfriados os cadinhos são novamente pesados, e as diferenças entre os pesos inicial e final da amostra, revelam o teor da matéria orgânica na amostra.

Análise Geoquímica

As análises geoquímicas foram realizados com o objetivo de identificar e quantificar os metais pesados (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, e Cr) existentes nos sedimentos. Os metais pesados foram determinados na fração pelítica (<0,062 mm). Foram pesados cerca de 0.1 g. da amostra, que após ter sido colocada em uma bomba de teflon, sofreu adição de 1 cm³ de água régia e 6 cm³ de ácido fluorídrico. A bomba de teflon foi vedada e posteriormente aquecida durante 2 horas a uma temperatura de 110 °C. Após o aquecimento, foram adicionados 3ml de ácido bórico e 1 ml de ácido nítrico. A solução foi submetida à evaporação, e a sobra residual da solução foi lavada em um frasco volumétrico de polietileno de 50 cm³, com água deionizada. Esta sobra foi transferida para outro recipiente de polietileno, para análises

quantitativas dos elementos Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni e Cr através do método de espectrofotometria de absorção e emissão atômica, em aparelho Perkin Elmer, modelo AAS 3100. Estas análises foram realizadas no Laboratório do Departamento de Geografia da Queen's University, Belfast.

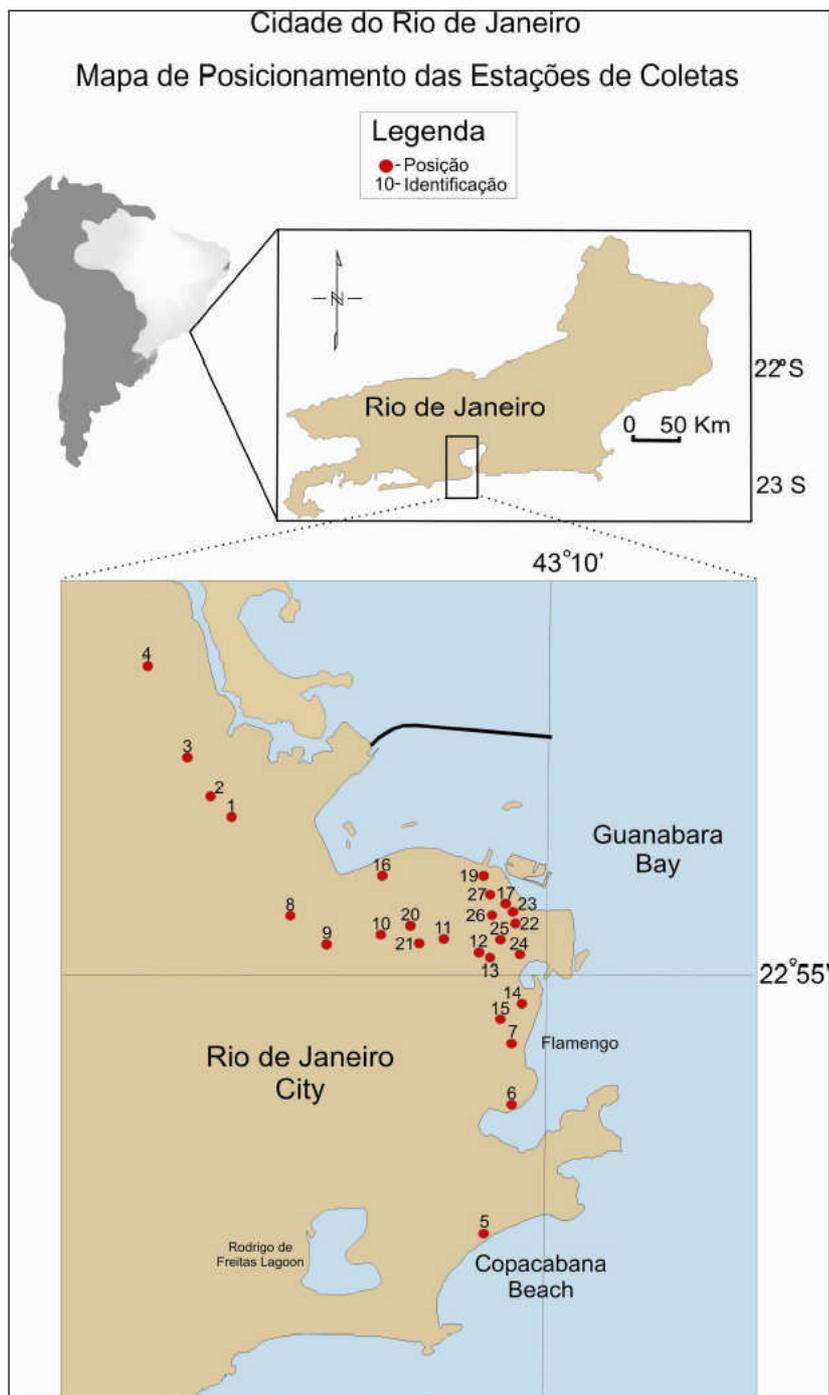


Figura 1 – Localização da área de estudo e o Posicionamento das Estações de Coletas

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos através das análises dos teores de matéria orgânica apresentaram em geral um padrão homogêneo, ou seja, tenderam a apresentar valores similares. De uma forma geral as estações próximas à região central da cidade e Zona Sul apresentaram valores médios entre 4,0 a 6,0 %, enquanto as áreas mais distantes do centro apresentaram valores inferiores, porém próximos aos encontrados nas regiões centrais.

Na análise geoquímica dos sedimentos foram estudados os elementos Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Ni, e Cr. Com exceção do Fe, os demais metais são normalmente encontrados em concentrações traço na natureza, mas podem ocorrer também como sub-produto de atividades antropogênicas (Bricker, 1993). O enriquecimento na concentração de elementos como o Zn, Mn, Pb, Cr, Cu, e Ni é geralmente indicador de desenvolvimento urbano ou atividade industrial, e sua presença nos sedimentos de escoamento superficial urbano é capaz de fornecer evidências de impactos ambientais.

O padrão de distribuição da concentração dos elementos Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, e Cr nos sedimentos de escoamento na cidade do Rio de Janeiro, é apresentado na tabela 1. Comparando-se os níveis de metais pesados encontrados da tabela com o mapa de localização das amostras, pode-se observar, que fica difícil estimar a área mais poluída, pois todas apresentam concentrações bem elevadas de metais, porém, com a identificação das estações de coletas percebemos que as maiores concentrações estão associadas às áreas de maior tráfego de automóveis. Este resultado corrobora com a afirmação de que os veículos representam a maior fonte de metais pesados para os ambientes urbanos (Morrison *et al.*, 1984; Harrison & Johnson, 1985).

As estações que apresentaram as maiores concentrações para todos os metais foram às estações nas proximidades do Centro, da Praça Mauá e Região Portuária do Rio. Essas estações são caracterizadas por um intenso fluxo de veículos de passeios e veículos pesados de transporte de carga. As estações que de modo geral apresentaram as menores concentrações de metais (mas ainda assim altos) foram as mais afastadas do centro. Estudos semelhantes realizados em outras áreas do mundo verificaram também altas concentrações de metais pesados neste tipo de sedimento (Tabela 2). E a partir desta tabela é possível observar que as concentrações de metais pesados encontrados nos sedimentos de escoamento

superficial urbano na cidade do Rio de Janeiro são semelhantes a outras cidades industrializadas do mundo.

Tabela 1 – concentração de metais pesados nos sedimentos de escoamento superficial urbano na cidade do Rio de Janeiro.

Amostras	Fe(ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)
1	30125	475	20000	92,5	117,5	17,5	275
2	22375	312,5	600	125	81,25	40	150
3	19250	250	487,5	50	53,75	17,5	66,25
4	26750	312,5	1000	125	100	35	75
5	23875	200	1000	187,5	93,75	87,5	137,5
6	26875	200	575	81,3	90	15	137,5
7	29750	212,5	500	86,25	98,75	20	125
8	32000	300	1500	162,5	136,25	50	150
9	32000	275	1500	200	126,25	50	162,5
10.	38000	312,5	1187,5	185	130	18,7	112,5
11.	24250	312,5	1125	162,5	87,5	65	87,5
12.	34875	300	687,5	260	100	33,7	337,5
13.	31625	262,5	1000	227,5	97,5	25	200
14.	22265	275	625	187,5	70	45	112,5
15.	25375	362,5	1000	150	85	47,5	137,5
16.	26125	325	1125	125	107,5	62,5	162,5
17.	21875	325	875	187,5	112,5	45	575
18.	22625	262,5	1000	200	116,25	52,5	175
19.	19000	337,5	500	187,5	63,75	60	112,5
20.	25375	262,5	625	137,5	83,75	50	150
21.	24000	425	1000	175	85	40	137,5
22.	26625	250	900	111,3	73,75	12,5	175
23.	19875	200	1000	200	72,5	47,5	70
24.	25500	300	1375	275	83,75	60	137,5
25.	14375	187,5	625	112,5	45	47,5	45
26.	27750	187,5	500	337,5	96,25	40	425
27.	19375	187,5	1000	150	62,5	45	112,5

Tabela 2: Concentração de metais pesados em sedimentos de escoamento superficial urbano encontrados neste estudo e comparados com outros da literatura. Valores médios (mínimo e máximo).

Localização	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
Neste estudo	45 – 425	487,5 - 2000	50 - 337,5	45 - 136,25	15 - 87,5
Sedimentos de escoamento superficial urbano de Niterói ¹	130 (50-475)	591 (20-1500)	268 (30-1850)	114 (70-235)	402 (187-1750)
Sedimentos de escoamento superficial urbano de Belfast ²	673,4 (70-2800)	507,3 (160-2600)	301,3 (75-1115)		
Sedimentos de escoamento superficial da região de Londres ³	1485 (111-2296)	1342,5 (119-2133)	308,2 (42,6-640)		
Sedimentos urbanos na região metropolitana de Seoul, Korea ⁴ .	245 (118-965)	296 (98-958)	101 (35-294)		
Sedimentos de escoamento superficial urbano de Honolulu, Hawaii ⁵	313		162	436	260

¹Baptista Neto *et. al.* (1999); ²Watts & Smith (1994); ³Ellis & Revitt (1982); ⁴Chon *et. al.* (1995); ⁵Sutherland & Tolosa (1999).

Pela análise dos valores encontrados neste estudo, e em outros da literatura, fica claro que pode haver grandes diferenças entre as concentrações encontradas em diferentes locais. Essas diferenças podem estar associadas a diversos fatores como a quantidade de veículos que trafegam no local, substâncias que podem ser adicionadas à gasolina e óleos, e também as características do próprio ambiente em poder remobilizar estes metais. A única semelhança entre todos os estudos (Ellis & Revitt, 1982; Watts & Smith, 1994; Chon *et. al.*, 1995; Baptista Neto *et. al.*, 1999; Sutherland & Tolosa, 1999) esta na observação de que as maiores concentrações de metais pesados se encontram nas áreas mais urbanizadas, ou ao longo de rodovias de tráfego intenso.

Tendo como base a concentração dos metais pesados no ambiente e seus conseqüentes efeitos a saúde pública, meio ambiente e qualidade de vida foram estabelecidos diversos parâmetros com o objetivo de associar os níveis de concentrações dos metais pesados com suas possíveis implicações à saúde. Dentre as inúmeras classificações propostas com essa

finalidade, foi utilizado o sistema de classificação criado pelo ministério de Meio Ambiente de Ontário em 1992, onde foram definidos três níveis de toxicidade dos metais pesados da seguinte maneira: Nível de Toxicidade Baixo (Lowest Effect Level), Nível de Toxicidade Alto (Heavily Polluted Category) e Nível de Toxicidade Severo (Severe Effect Level). Segue abaixo tabela 3, contendo os parâmetros estabelecidos pelo Ministério de Ontário e a classificação quanto a toxicidade dos metais pesados na cidade do Rio de Janeiro (Tabela 3). Pelos resultados obtidos na tabela pode-se observar o alto nível de toxicidade para a saúde pública dos metais pesados presentes nos sedimentos de escoamento superficial urbano na cidade do Rio de Janeiro.

Com base nesta classificação e nas amostras coletadas, os metais estudados se enquadram da seguinte maneira: os metais Fe e Cr apresentam em média níveis altamente tóxicos (o Cr nas amostras 8, 9, 10, 17 e 18 apresentam níveis severos de toxicidade. Estas amostras situam-se nas áreas do Centro e Região Portuária da cidade); o metal Cu apresenta em média níveis de toxicologia severa; os metais Mn e Ni são encontrados em níveis toxicológicos baixos na grande maioria das amostras (o Ni é encontrado em níveis altamente poluídos nas amostras 8, 9, 11, 16, 18, 19, 20, 24. Estas situam-se nas áreas do Centro e Região Portuária da cidade). No entanto, um dos metais pesados com maior toxicidade é o Pb, encontrado em toda a cidade, onde ocorre com toxicidade de alto a severo.

Conclusões

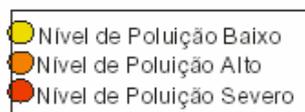
A partir das concentrações de metais pesados verificados nos sedimentos de escoamento superficial das ruas da cidade do Rio de Janeiro, pôde se constatar o alto grau de contaminação destes sedimentos. De modo geral, o teor de metais pesados encontrados em praticamente todas as estações se mostrou bastante elevado, mesmo quando comparados aos teores de metais presentes em sedimentos de escoamento superficial urbano de outras cidades do mundo.

Com relação aos teores de metais pesados em função do tipo de ocupação e uso do solo, verificou-se que as áreas mais poluídas se localizam na parte central e portuária da cidade. Este resultado já era de certo modo esperado, pois são as áreas com o maior fluxo de veículos.

Tabela 3 – Classificação dos metais pesados segundo níveis de concentração.

Fonte: Ministério de Meio Ambiente de Ontário, 1992.

Amostras	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)
1.	●	●	●	●	●	●	●
2.	●	●	●	●	●	●	●
3.	●	●	●	●	●	●	●
4.	●	●	●	●	●	●	●
5.	●	●	●	●	●	●	●
6.	●	●	●	●	●	●	●
7.	●	●	●	●	●	●	●
8.	●	●	●	●	●	●	●
9.	●	●	●	●	●	●	●
10.	●	●	●	●	●	●	●
11.	●	●	●	●	●	●	●
12.	●	●	●	●	●	●	●
13.	●	●	●	●	●	●	●
14.	●	●	●	●	●	●	●
15.	●	●	●	●	●	●	●
16.	●	●	●	●	●	●	●
17.	●	●	●	●	●	●	●
18.	●	●	●	●	●	●	●
19.	●	●	●	●	●	●	●
20.	●	●	●	●	●	●	●
21.	●	●	●	●	●	●	●
22.	●	●	●	●	●	●	●
23.	●	●	●	●	●	●	●
24.	●	●	●	●	●	●	●
25.	●	●	●	●	●	●	●
26.	●	●	●	●	●	●	●
27.	●	●	●	●	●	●	●



Em relação ao grau de toxicidade dos metais pesados, baseado na classificação do ministério de Meio Ambiente de Ontário, verifica-se que os metais pesados com o maior nível de toxicidade são os metais Zn, Cu, Cr e Pb e os menores níveis são dos de Mn e Ni. O que é extremamente preocupante uma vez que os metais pesados com os maiores índices de toxicidade são os que apresentam também graves riscos a saúde do homem.

Este estudo evidência a importância do escoamento superficial urbano como fonte e reservatório de metais pesados e demais poluentes para a cidade do Rio de Janeiro, contudo mais estudos deveriam ser realizados tendo em vista a sua competência no transporte destes sedimentos, que conforme abordado anteriormente afetam diretamente a saúde pública, a qualidade de vida da população e o meio ambiente, em especial a Baía de Guanabara.

Referências Bibliográficas.

- BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J. & MCALLISTER, J. J. (1999). Concentrações de metais pesados em sedimentos de escoamento superficial urbano: Implicações quanto à qualidade ambiental em Niterói, R.J., Brasil. *An. Acad. Bras.*71(4): 981 – 995.
- BAPTISTA NETO, J. A., PEREIRA, E., SILVA, C. G. (2008) Sedimentos de escoamento superficial urbano. In: *Poluição Marinha* ed. BAPTISTA NETO, J. A., WALLNER-KERSANACH, M., PATCHINEELAM, S. M.. Interciência, p. 400.
- BARTLETT, R.E. 1981. *Surface water sewage*. Second Edition. Applied Science Pub. Ltd. London.
- BRICKER, S. B. (1993). The history of Cu, Pb and Zn inputs of Narragansett Bay, Rhode Island as recorded by salt-marsh sediments. *Estuaries*, 16: 589-606.
- CHON, H; KIM, K & KIM, J. (1995). Metal contamination of soils and dusts in Seoul metropolitan city, Korea. *Environmental Geochemistry and Health*, 17: 139-146.
- DOUGLAS, I. 1983. *Urban Environment*. Arnold, 229 pags.
- ELLIS, J. B. & REVITT, D.M. (1982). Incidence of heavy metals in street surface sediments: solubility and grain size studies. *Water, Air and Soil Pollution*, 17: 87-100.
- ELLIS, J.B. (1986). The management and control of urban runoff quality. *Journal of the Institute of Water and Environment Management*, 32 (2): 116-124.
- HAMILTON, R.S.; REVITT, D.M.; WARREN, R.S. & DUGGAN, M.J., 1985. Resuspension of heavy metal from road surface dust. In: *Heavy metals in the Environment*, CEP Ltd., Edinburgh.
- HARRISON, R. M.; LAXEN, D. P. H. & WILSON, S. J. (1981). Chemical associations of lead, cadmium, copper and zinc in street dusts and roadside soils. *Environmental Science and Thechnology*, **15**(1): 1378-1383.
- HARRISON, R. M. & JOHNSON, W. R. (1985). Deposition fluxes of lead, cadmium, copper and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) on the verges of a major highway. *The Science of the Total Environment*, 46: 121-135.

- HARROP, O. (1983). Urban stormwater pollution research. Report 6: Stormwater pollution from highway surfaces: A review. Middlesex Polytechnic Research and Consultancy. 109 p.
- HOFFMAN, E. J.; LATIMENR, J. S.; HUNT, C. D.; MILLS, G. L. & QUINN, J. D. (1985). Stormwater runoff from highways. *Water, Air and Soil Pollution*, 25: 349-364.
- JANSSON, M. B., 1982. Land erosion by water in different climates. Department of Physical Geography, Uppsalla University. UNGI Rapport No. 57. 151p.
- MORRISSON, G. M. P.; REVITT, D. M.; ELLIS, J. B.; SVENSON, G. & PALMER, P. (1984). Variations of dissolved and suspended soli heavy metals through an urban hydrograph. *Environmental Tecnology Letter*, 7: 313 – 318.
- SUTHERLAND, R. A. & TOLOSA, C. A. (1999). Multi-element analysis of road deposited sediment in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii. *Environmental Pollution* 110: 483-495.
- WATTS, S. J. E. & SMITH, B. J. (1994). The contribution of highway run-off to river sediments and implications for the impounding of urban estuaries: a case study of Belfast. *The Science of the total Environment*, 146/147: 507-514.
- WEEKS, C.R., 1981. Pollution in urban stormwater runoff. Second International Conference on urban Storm Drainage, Urbana, Illinois. P. 39-48.