

Qualidade do escoamento na rede de drenagem pluvial urbana: a situação de Brasília-DF

Nestor Aldo Campana
Ricardo Silveira Bernardes

RESUMO: O escoamento pluvial urbano transporta substâncias poluidoras que favorecem a degradação dos corpos d'água receptores desse escoamento. Em decorrência do uso e ocupação do solo em áreas urbanas, assim como das atividades desenvolvidas nesse ambiente, são geradas cargas poluidoras cujo local de origem não se consegue precisar exatamente, e que na ocorrência de chuvas são incorporadas ao escoamento superficial e transportadas nas redes de drenagem até o lançamento final nos corpos de água receptores. Em geral, a primeira parte do escoamento superficial tende ser a mais poluída, sendo este fenômeno relatado na bibliografia especializada como carga de lavagem do escoamento superficial. A quantificação desta carga apresenta grande importância na avaliação do impacto por ela produzido e na gestão integrada da drenagem urbana. Assim, este trabalho foi motivado por essa constatação, entre outras razões, e apresenta dados do monitoramento de uma bacia hidrográfica da área urbana da cidade de Brasília/DF, fornecendo novos dados a respeito da carga de poluição difusa em ambiente urbano. Distintos parâmetros de qualidade e quantidade da água foram avaliados para distinguir o nível de deterioração da água em relação à duração do escoamento pluvial e em relação ao tipo de ocupação ao longo da rede de drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água, drenagem urbana, escoamento superficial.

ABSTRACT: The urban stormwater runoff carries pollution loads that contribute to the degradation of water bodies recipients. As a result of the use and occupation of land in urban areas as well as the activities developed in this environment, are generated pollution loads whose place of origin cannot be specified accurately, and in case of rainfall are incorporated into the runoff and transported in the systems drainage until their end point into water bodies' recipients. Generally, the first part of the runoff tends to be more polluted, and this phenomenon is usually reported in the specialized literature as "first-flush". The water's resource management could be helped to predict how the environmental impact will be if these pollution loads were well known. Thus, this work was motivated by that situation, among other reasons, and presents data from the tracking of a watershed in the urban area of the city of Brasília/DF, providing new knowledge on first-flush in a urban environment. Different water's parameters of quality and quantity were evaluated to discern the water deterioration level per runoff time and also kind of occupation along the drainage network.

KEYWORDS: water quality, urban drainage, runoff.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano promove profundas alterações no meio ambiente, as quais se refletem principalmente na deterioração da qualidade dos recursos naturais, em particular dos recursos hídricos. As cargas poluentes de origem difusa, originadas na bacia hidrográfica e incorporadas ao escoamento superficial e lançadas no sistema de drenagem, geram preocupações crescentes no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos. A avaliação destas

cargas apresenta grande importância na mensuração do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais, ou não, para o seu controle.

O escoamento decorrente da precipitação lava ruas, telhados, calhas e demais superfícies, carrega os mais diversos detritos e contaminantes para os corpos receptores através da drenagem existente. Neste cenário complexo, a identificação da composição da carga poluente do escoamento superficial ao longo da sua duração, assim como a sua relação com o tipo de uso e ocupação do solo urbano tem se mostrado

uma ferramenta relevante na gestão operacional e na modernização dos sistemas de drenagem urbana.

A Figura 1 ilustra de forma esquemática, as principais vias de acesso dos poluentes aos corpos d'água e como as alterações resultantes nestes refletem-se diretamente na saúde do homem.

Campana et al. (2007) argumentam que os incrementos nas vazões do escoamento superficial decorrente das chuvas em áreas urbanas vêm sendo objeto de estudo de inúmeras pesquisas. Num primeiro momento, a quantificação dos acréscimos observados por simulação se tornou uma ferramenta de grande utilidade para a adoção de medidas que auxiliem no controle desses acréscimos evitando, assim, a ocorrência de inundações. No entanto, é de suma importância a validação dos resultados obtidos com observações *in loco*.

Outra preocupação diz respeito ao aspecto qualitativo das águas pluviais, e neste contexto se verifica que diversas pesquisas têm buscado correlacionar as principais fontes de dano à qualidade da água dos corpos receptores com o tipo de ocupação da área de drenagem. Em 2000, o inventário de qualidade da água da U.S. Environmenta Protection Agency, identificou onze categorias de fontes de poluição em áreas urbanas nos Estados Unidos (USEPA, 2005). Dentre estas fontes, o escoamento urbano e o despejo de esgoto são as categorias que contribuem em segundo, terceiro e quarto lugar para a deterioração

da qualidade da água dos estuários, lagos e rios respectivamente, conforme mostrado na tabela 1.

A tabela 2 apresenta os valores de referências internacionais identificados por Valirion e Tabuchi (1992) para as concentrações de alguns típicos poluentes encontrados no escoamento pluvial urbano. Várias pesquisas ressaltam a dificuldade da identificação de um comportamento comum nos resultados da investigação desses poluentes, nos diversos centros urbanos ao redor do mundo, devido à variabilidade do meio em questão.

Um aspecto relevante na avaliação da poluição difusa em ambientes urbanos é a quantificação das áreas impermeabilizadas. Segundo Dotto (2006), dessas áreas impermeáveis, as superfícies pavimentadas (ruas, calçadas, etc) representam uma fonte crítica de sedimentos no ambiente urbano. Estes sedimentos são transportados pelo sistema de drenagem até o corpo receptor causando os mais diversos impactos.

Desse modo, o estudo e a compreensão dos fatores que integram o processo de urbanização e a produção de sedimentos em cada centro urbano, são de grande importância, pois servem de ponto de partida para o aprimoramento dos órgãos constitutivos da drenagem urbana e ao posterior tratamento desses efluentes. Os resultados podem servir de orientação ao estudo em outras áreas urbanas com regime de precipitação semelhante e características físicas, de ocupação de solo e declividades

TABELA 1
Principais fontes de dano à qualidade da água relativa à ocupação humana

Rios e córregos	Lagos, lagoas e reservatórios	Estuários
Agricultura (48%)	Agricultura (41%)	Poluição pontual de municípios (37%)
Modificações hidrológicas (20%)	Modificações hidrológicas (18%)	Escoamento urbano e esgotos (32%)
Modificações do habitat (14%)	Escoamento urbano e esgotos (18%)	Descargas industriais (26%)
Escoamento urbano e esgotos (13%)	Miscelânea de poluição difusa (14%)	Deposição atmosférica (24%)

Os valores em parênteses representam a percentagem estimada em milhas de rios, em acres de lagos e em milhas quadradas de estuário que foram classificadas como debilitadas nos Estados Unidos, excluindo-se as categorias “desconhecidas”, as “naturais” e “outras fontes”. Fonte: USEPA (2005).

FIGURA 1. Trajeto dos poluentes relacionados ao ambiente aquático (Chapman, 1998)

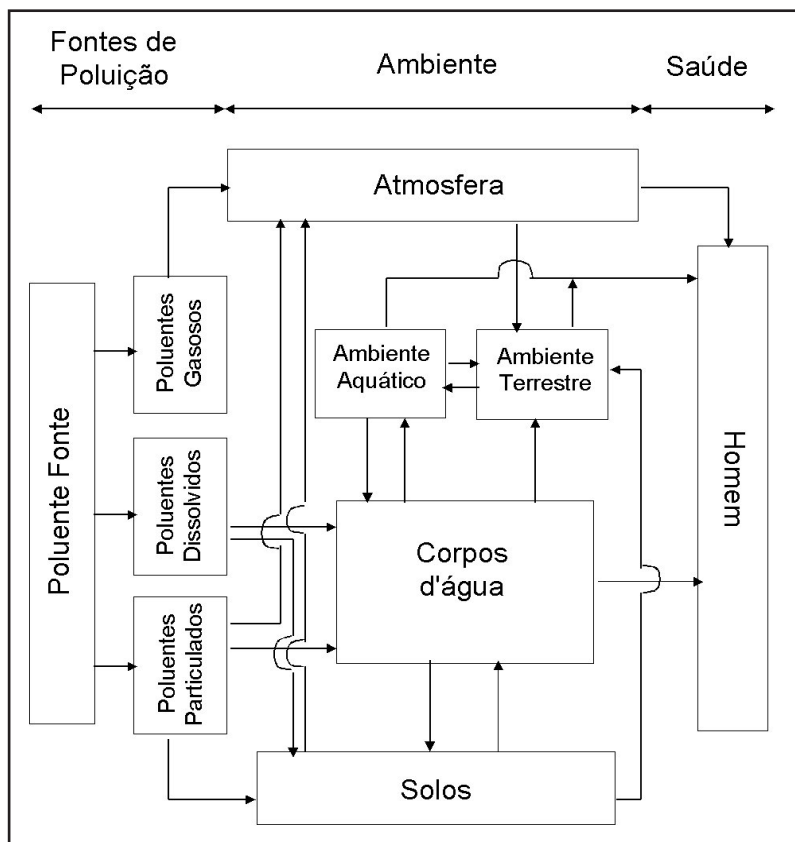


TABELA 2
Valores de referência para a concentração dos poluentes mais frequentemente encontrados no escoamento pluvial urbano

Parâmetro	Unidade	Valores			
		Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
pH	-	5,70	7,40	6,70	0,49
DQO	mg/L	0,87	84,00	22,40	21,40
Cobre	mg/L	0,03	1,83	0,24	0,24
Sulfatos	mg/L	4,40	205,00	33,90	47,30
Sódio	mg/L	0,20	42,20	7,90	10,80
Zinco	mg/L	1,00	10,10	3,70	2,30
Chumbo	mg/L	0,02	1,60	0,06	-
Fósforo	mg/kg	800	1200	1000	182,50
Óleos e graxas	mg/L	5,00	10,00	7,00	1,65
Sólidos em suspensão	mg/L	30,31	329,17	142	12,80

Fonte: dados compilados de Valiron e Taguchi (1992); Driscoll, et al. (1990) e Prodanoff (2005).

Silva (2006) relata que no Brasil, desde o início da década dos anos 90, a gestão dos recursos hídricos se depara com um novo paradigma para a drenagem urbana, o qual abandona o conceito tradicional de drenagem que consistia em retirar o excedente superficial o mais rápido possível da bacia hidrográfica, para se adotar um modelo compensatório que não permite a propagação do excedente superficial para jusante, mas, sim, a permanência deste na bacia hidrográfica, obviamente em local apropriado para não gerar interferências à população.

Diante do exposto, o presente estudo apresenta os resultados obtidos do monitoramento de uma bacia urbana, situada na cidade de Brasília – DF, tendo como objetivo caracterizar a natureza e magnitude da carga de poluentes, decorrentes da poluição difusa, presentes no escoamento veiculado pela rede de drenagem urbana a fim de gerar subsídios para a gestão integrada da drenagem pluvial. Distintos parâmetros de qualidade e quantidade da água foram avaliados para distinguir o nível de deterioração da água em relação à duração do escoamento pluvial e em relação ao tipo de ocupação ao longo da rede de drenagem.

METODOLOGIA

Os estudos e monitoramentos foram realizados na cidade de Brasília/DF, inserida no cerrado brasi-

leiro, que de forma semelhante aos grandes centros urbanos vem sofrendo as consequências da expansão urbana desordenada. De acordo com o IBGE (2000), a Região Administrativa de Brasília possui 473 km², aproximadamente 200.000 habitantes e os sistemas de distribuição água potável e coleta de esgoto atendem 92% da população.

Os dados do INMET (2008), apresentados na Figura 2, permitem constatar que há dois regimes pluviiais distintos na capital do país: o período úmido, de outubro a abril e o período seco de maio a setembro de cada ano. As temperaturas são amenas durante todo o ano e não há ocorrências de gelo e degelo por se tratar de região com características tropicais.

A bacia urbana monitorada (figura 3) abrange uma área de aproximadamente 335 ha que tem a sua cabeceira na região do autódromo da cidade e deságua no Lago Paranoá. Está localizada na região definida pelas coordenadas geográficas (15°43'41.10"S; 47°49'01.10") e (15°43'00.45"S; 47°56'34.49"), e tem como característica principal uma ocupação urbana bem definida, setorizada em áreas com tipos exclusivos de ocupação, tais como comercial, residencial, de serviços, entre outros.

A carga de poluentes detectada no sistema de drenagem de águas pluviais em ambientes urbanos tem diversas origens, os quais estão esquematicamente representados na figura 4. Da observação dessa

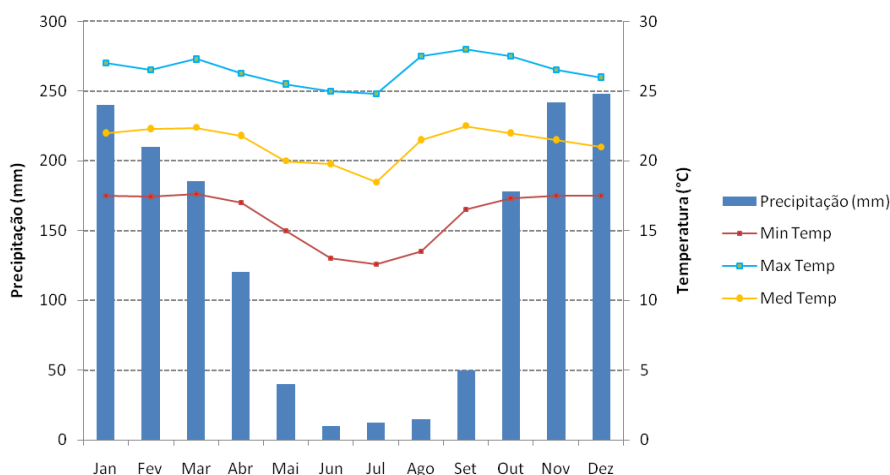


FIGURA 2. Dados climáticos médios mensais de Brasília/DF – INMET(2008)

figura pode-se concluir que para uma caracterização completa da carga total de poluentes, o processo de monitoramento das águas pluviais urbanas deve necessariamente contemplar: a) medições da vazão do escoamento superficial; b) determinação da carga de lavagem atmosférica; c) medições de acumulação superficial de contaminantes em superfícies **típicas (residencial, comercial, etc);** e d) determinação da carga de lavagem dessas superfícies.

Desta forma, na bacia hidrográfica de estudo foram selecionadas três áreas com tipos de ocupação bem definidos, isto é, uma área residencial, outra comercial, e uma terceira área ocupada por pequenas oficinas mecânicas (ver figura 5). Durante eventos chuvosos, nas bocas de lobo que captam o escoamento gerado por essas três subáreas de drenagem foi medida a vazão do escoamento superficial, e simultaneamente, coletada amostras do mesmo para posterior análise em laboratório.

Além das três áreas citadas, foram considerados, também, dois pontos de monitoramento, um na cabeceira da bacia, e outro no exutório da bacia. A finalidade do monitoramento nestes dois pontos é avaliar o comportamento (em termos de qualidade e quantidade) do escoamento superficial da bacia urbana como um todo, sem fazer distinção para tipos específicos de ocupação.

A carga de lavagem atmosférica foi caracterizada por meio dos seguintes parâmetros: pH, DQO, além das concentrações de material particulado, cobre, sulfatos, sódio, zinco e chumbo.

O acúmulo de material sólido na superfície das ruas foi classificado nas seguintes categorias: papel, madeira, plástico, metal, vidro, sedimentos, material orgânico, e outros.

Na determinação das concentrações médias das cargas de lavagem da superfície das ruas foram contem-

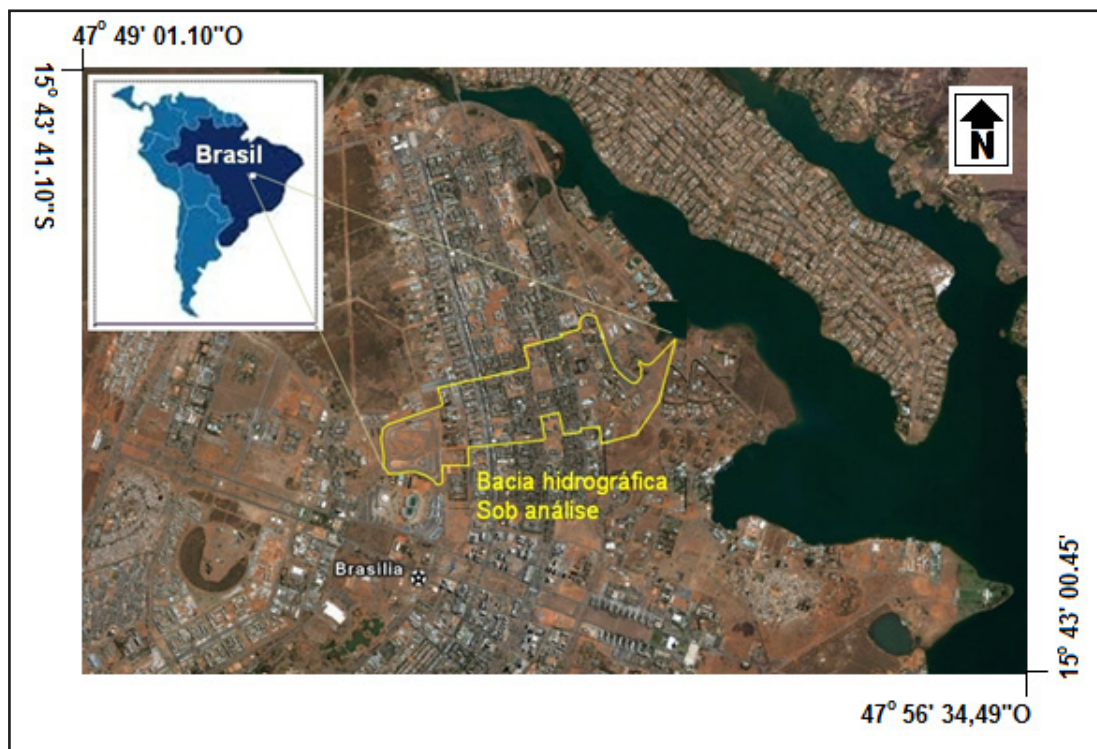


FIGURA 3. Localização bacia hidrográfica urbana na cidade de Brasília-DF

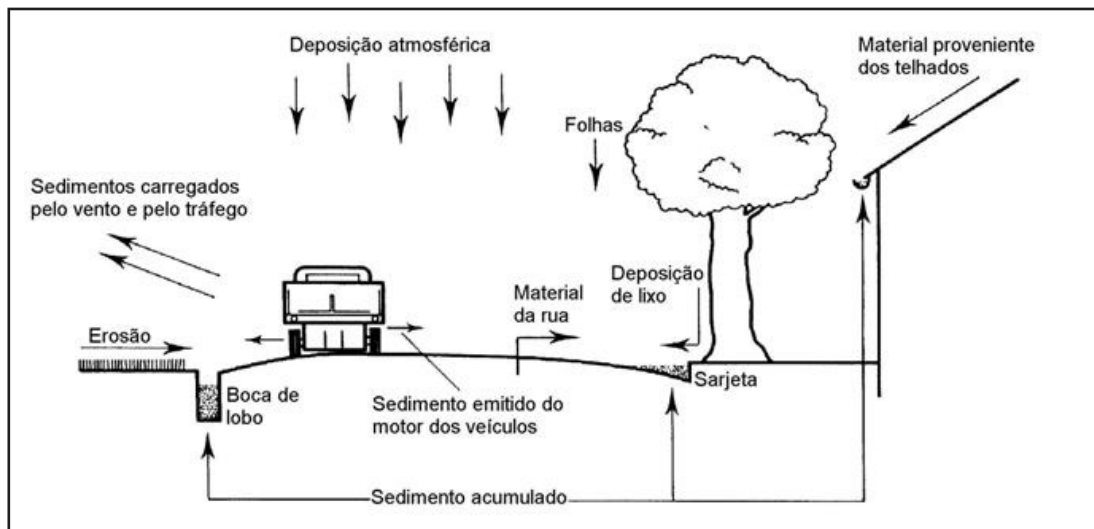


FIGURA 4. Principais fontes de contribuição de poluentes e sedimentos.
Adaptado de Butler e Clark (1995) e Campana e Silva (2008).

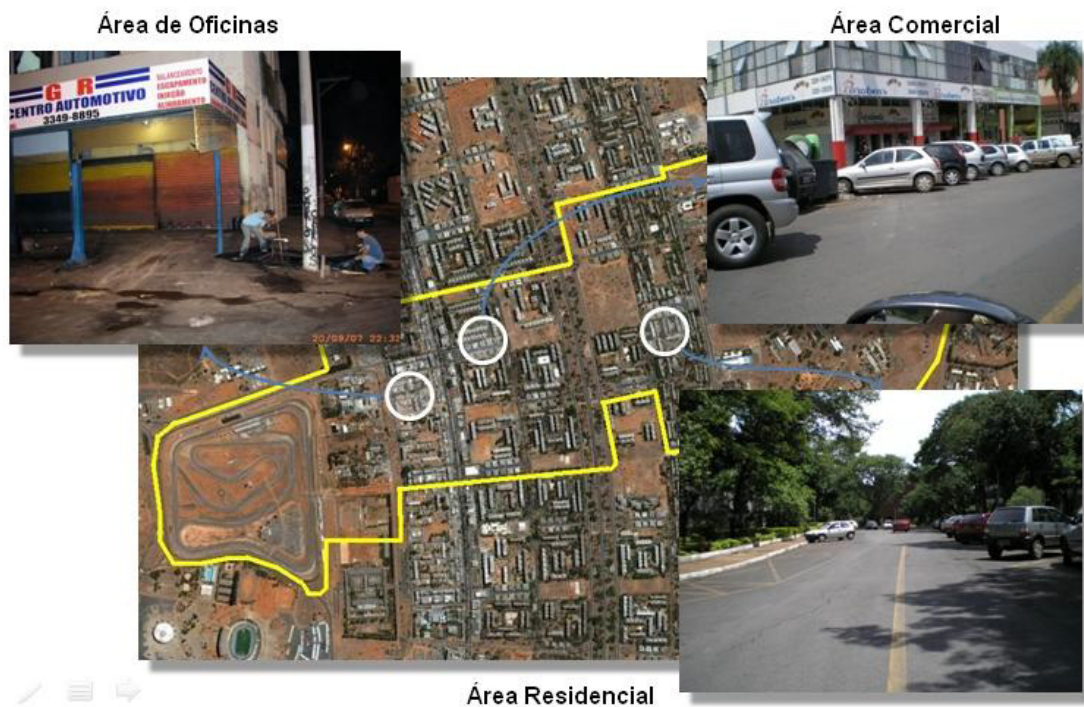


FIGURA 5. Localização das áreas de amostragem e monitoramento

plados os seguintes parâmetros: pH, DQO, sulfatos, cobre, sódio, zinco, chumbo, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, óleos e graxas, DBO, fósforo, nitrogênio amoniacal, coliformes totais e E-Coli.

Destaca-se que em função da disponibilidade limitada de equipamentos, optou-se por um método de quantificação indireta do escoamento, que consistiu em medir ao longo do evento chuvoso a lâmina de água junto ao meio-fio e logo com base nessa leitura, nas características geométricas da boca de lobo e sarjeta, foi estimada a vazão usando a equação de descarga de vertedor lateral.

Além do monitoramento do escoamento pluvial urbano propriamente dito, foram coletadas amostras da precipitação, antes desta atingir a superfície do terreno, com o intuito de estimar a carga de lavagem atmosférica. Também, foi feito o acompanhamento do processo de varrição das ruas dessas três áreas, quantificando e classificando o material coletado nessa atividade de limpeza diária que é praticada na cidade. Foram dois os períodos de monitoramento; o primeiro se estendeu do mês de dezembro de 2006 até final do mês de fevereiro de 2007; e o segundo do mês de novembro de 2008 até o mês de março de 2009. Destaca-se que o processo de monitoramento foi conduzido sempre durante a estação chuvosa da região.

RESULTADOS

Na tabela 3 são apresentados os valores das cargas de lavagem atmosférica, enquanto que na tabela 2 foram mostrados valores médios de referência encontrados na bibliografia especializada que permitem uma análise comparativa. Assim, é possível perceber que as concentrações de carga de lavagem atmosférica encontradas na cidade de Brasília são significativamente menores que os valores de referência, com exceção do pH. Uma justificativa para tanto pode estar no fato de que as atividades que prevalecem na capital do país são a administrativa, de serviços e comércio, não havendo atividade industrial expressiva.

A tabela 4 mostra a caracterização dos resíduos sólidos oriundos da varrição das ruas e vias de circulação das três áreas sob estudo. Nota-se uma composição bem diferenciada desse material sólido, conforme o tipo de uso e ocupação do solo.

As concentrações médias dos diversos parâmetros selecionados para caracterizar a carga de lavagem das ruas são apresentadas na tabela 5. Já na tabela 6 é feita uma comparação entre as concentrações média da

carga de lavagem atmosférica com as concentrações médias das cargas de lavagem das superfícies típicas.

Dessa comparação, percebe-se que para alguns parâmetros, como cobre, sulfatos e sódio, a carga de lavagem atmosférica representa aproximadamente 50% da carga total dessas substâncias transportadas pelo escoamento pluvial urbano.

No caso particular essa porcentagem é maior, chegando até 100% da carga total. Uma explicação para a significativa contribuição da carga de lavagem atmosférica pode ser atribuída ao aumento da frota de veículos em circulação em Brasília/DF, que nos últimos dez anos dobrou de tamanho.

Outro fato relevante detectado, embora já conhecido e verificado em outros estudos, é que o pico do polutograma, em geral, ocorre adiantado com relação ao pico do hidrograma de escoamento superficial. A partir dos dados coletados foi estimado inicialmente que aproximadamente entre 80 e 90% da carga poluidora total é transportada pelo volume inicial (20%) do escoamento pluvial urbano. Esta constatação pode ser utilizada para definir critérios de dimensionamento e concepção de estruturas compensatórias de controle de cheias, cuja utilização está em franca expansão no país. Para ilustrar a situação, são apresentados nas figuras 6 e 7 os hidrogramas e polutogramas correspondentes a dois parâmetros, sedimentos em suspensão e DBO, respectivamente, obtidos na área residencial.

Destaca-se aqui, que embora os resultados apresentados nas figuras 6 e 7 correspondam apenas a dois parâmetros (sedimentos em suspensão e DBO), o adiantamento no tempo do pico do polutograma verifica-se de forma geral em todos os demais parâmetros de qualidade analisados. Foi constatado, também, que esse adiantamento não é constante e sim função da quantidade de dias sem chuva antecedente.

A figura 8 mostra a variação da antecipação do tempo ao pico de polutograma (medida como a relação entre a diferença de tempo entre os picos do polutograma e hidrograma, e o tempo ao pico do hidrograma) em função da quantidade de dias sem chuva antecedente. Esses resultados não devem ser considerados como conclusivos uma vez que precisam ser confirmados com um número maior de observações e considerando outros parâmetros de qualidade das águas pluviais urbanas, mas mesmo assim é nítida a dependência entre as variáveis citadas, isto é, antecipação do pico do polutograma

TABELA 3
Carga de lavagem atmosférica

Parâmetros	Unidades	Valores			
		Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
PM ₁₀	µg/m ³	65,00	113,00	83,33	16,62
pH	-	6,30	7,40	6,78	0,40
DQO	mg/L	1,20	34,00	15,91	10,65
Cobre	mg/L	0,01	0,83	0,05	0,19
Sulfatos	mg/L	1,40	6,60	1,84	2,62
Sódio	mg/L	0,20	8,40	2,54	2,58
Zinco	mg/L	0,05	1,50	0,14	1,41
Chumbo	mg/L	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: valor não detectado.

TABELA 4
Composição do material sólido depositado em ruas e calçadas

Composição Média (%)	Área Comercial	Área Residencial	Área de Oficinas
Número de amostras	8	5	7
Quantidade (kg/km.dia)	56,0	21,0	86,0
Papel	21,6	18,4	16,8
Madeira	3,8	0,9	1,0
Plástico	20,5	25,6	21,3
Metal	0,8	0,4	7,6
Vidro	1,3	2,5	1,9
Terra (sedimentos)	17,1	9,6	21,4
Material orgânico	34,9	42,6	28,6
Não classificado	0,1	0,0	1,4

TABELA 5
Concentrações médias da carga de lavagem de superfícies típicas

Parâmetros	Unidade	Área Comercial	Área Residencial	Área de Oficinas
pH	--	7,00	6,60	6,1
DQO	mg/L	66,70	110,40	54,90
Sulfatos	mg/L	3,30	3,90	3,10
Cobre	mg/L	0,03	0,11	0,08
Sódio	mg/L	4,25	7,61	3,29
Zinco	mg/L	0,18	0,11	0,28
Chumbo	mg/L	0,03	0,04	0,13
Sólidos em suspensão	mg/L	85,00	141,00	124,50
Sólidos dissolvidos	mg/L	50,00	56,00	72,20
Óleos e graxas	mg/L	11,10	13,10	15,24
DBO	mg/L	8,10	11,00	10,3
Fósforo	mgPO ₄ /L	0,20	0,70	0,40
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,36	0,38	0,34
Coliformes totais	NMP/100ml	650000	870000	160000
E-Coli	NMP/100ml	16000	37000	23000

TABELA 6
Comparação entre cargas de lavagem atmosférica e de superfícies típicas

Parâmetros	Unidade	Carga de lavagem média			
		Atmosfera	Comercial	Residencial	Oficinas
pH	--	6,78	7,00	6,60	6,10
DQO	mg/L	15,91	66,70	110,40	54,90
Sulfatos	mg/L	1,84	3,30	3,90	3,10
Cobre	mg/L	0,05	0,03	0,11	0,08
Sódio	mg/L	2,54	4,25	7,61	3,29
Zinco	mg/L	0,14	0,18	0,11	0,28
Chumbo	mg/L	n.d.	0,03	0,04	0,13

n.d.: valor não detectados.

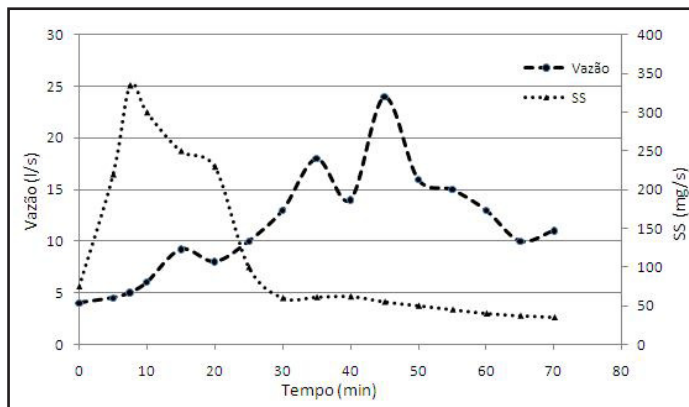


FIGURA 6. Variação temporal da vazão do escoamento superficial e da concentração de sedimentos em suspensão na área residencial.

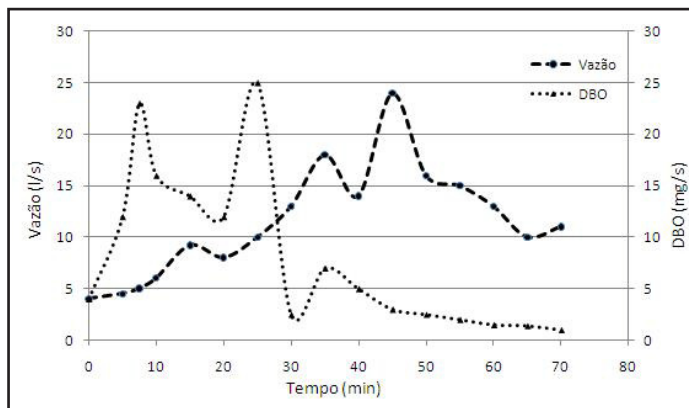


FIGURA 7. Variação temporal da vazão do escoamento superficial e da concentração de DBO na área residencial.

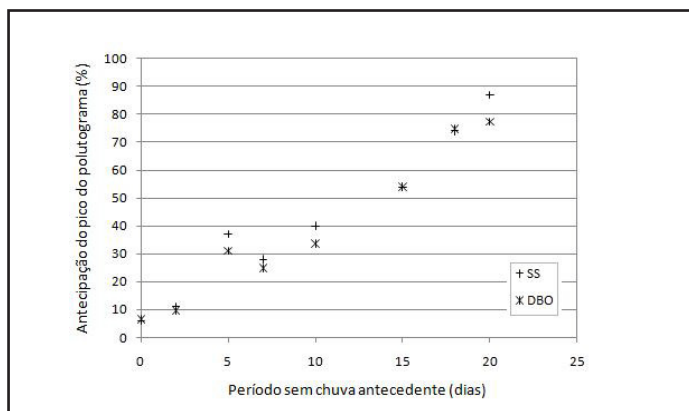


Figura 8. Antecipação do tempo ao pico do polutograma em relação ao tempo ao pico do hidrograma de escoamento superficial.

em relação ao pico do hidrograma; e período sem chuvas antecedentes.

Um aspecto importante de destacar é a particularidade da ocupação na cidade de Brasília. Por ser uma cidade planejada, a mesma está dividida em setores com ocupação específica, isto é, há áreas destinadas exclusivamente a uso residencial, ou comercial, ou industrial, entre outras ocupações. Este fato, por um lado, facilita a delimitação de áreas com usos uniformes e específicos, mas por outro, dificulta a

extrapolação dos dados e informações obtidos para outros centros urbanos, onde a ocupação ocorre de forma misturada entre os diversos tipos (residencial, comercial, industrial, etc).

Pela razão antes comentada, além do monitoramento das três áreas com ocupação específica, foi monitorada também a bacia hidrográfica como um todo. Para tanto, foram considerados dois pontos de monitoramento; um na cabeceira da bacia; e outro no exutório da bacia. Desta forma, esses resultados

TABELA 7
Qualidade do escoamento superficial para a bacia toda

Parâmetros	Cabeceira	Saída
Temperatura (° C)	19,2	25,5
pH	6,25	6,67
Condutividade (µS/cm)	25,0	87,1
DQO (mg/l)	17,0	55,6
DBO (mg/l)	2,15	16,8
Sól. Suspensão (mg/l)	13,25	96,8
Nitrato (mg/l)	0,5	1,38
Colif. Totais (NMP/100 ml)	342.000	1.836.000
Colif. Termos. (NMP/100 ml)	15.600	198.600
Ortofosfato (mg/l)	0,06	0,16
Óleos e Graxas (mg/l)	16,4	14,2

TABELA 8
Concentração dos principais metais presentes no escoamento superficial para a bacia toda

Elemento	Concentração (mg/l)		Elemento	Concentração (mg/l)	
	Saída	Cabeceira		Saída	Cabeceira
Sr	0,004	0,001	Al	5,976	1,324
La	0,004	0,022	Cr	0,005	0,017
Y	0,001	0,003	Mn	0,022	0,004
Ti	0,141	0,030	Ba	0,011	0,013
Ca	1,312	0,877	Co	0,002	0,007
V	0,005	0,021	Zn	0,078	0,044
Mg	0,360	0,074	Pb	0,118	0,436
Fe	0,555	0,105	Cd	0,003	0,026
Si	2,153	0,563	P	0,091	0,059
Ni	0,020	0,003	Mo	0,007	0,035
Zr	0,009	0,010	Cu	0,004	0,007

(apresentados nas tabelas 7 e 8) refletem o comportamento da bacia hidrográfica urbana como um todo, e não mais por tipos específicos de usos e ocupação.

Verifica-se de um modo geral, como era esperado, que a concentração dos principais parâmetros de qualidade da água aumenta da cabeceira da bacia para a saída da bacia, com exceção da concentração de óleos e graxas que diminui. Esta situação pode estar associada ao fato de que as principais fontes desses elementos (autódromo, oficinas, ruas de maior trânsito de veículos, etc) estarem localizadas na zona de cabeceira da bacia; enquanto a zona próxima à saída é pouco ocupada e com menor trânsito de veículos. Assim, a medida que aumenta a área de drenagem aumenta a vazão do escoamento superficial numa proporção maior que a concentração dessas substâncias promovendo a diluição das mesmas.

CONCLUSÕES

Os valores encontrados para a carga poluente oriunda da lavagem atmosférica assim como da superfície dos pavimentos devem ser tomados com reservas pois trata-se de uma primeira estimativa realizada com base num número reduzido de eventos observados. Contudo, há indícios claros da relação dessas cargas com o tempo de recorrência das chuvas e com a qualidade do escoamento pluvial urbano.

Embora os resultados não permitam obter conclusões definitivas a respeito da poluição difusa que afeta o escoamento superficial urbano, são considerados como muito significativos no contexto da realidade brasileira onde prevalece a condição de desconhecimento quase que absoluto da qualidade do escoamento pluvial urbano, que impede a adoção de medidas mais efetivas para seu controle.

Outro fato relevante é a comprovação da existência na bacia hidrográfica monitorada de um proble-

ma presente na maioria das cidades que adotam um sistema separador absoluto para esgoto: a contaminação das águas pluviais pela ligação clandestina de esgoto doméstico. A constatação foi possível por meio do monitoramento do escoamento nas galerias da drenagem pluvial em dias sem precipitação, inferindo que nesta situação o escoamento detectado, assim como a sua qualidade seriam decorrentes de lançamentos clandestinos ou infiltrações na rede de drenagem. Esta contaminação constituiu um fator complicador na identificação dos poluentes mais significativos decorrentes da poluição difusa e valoração respectiva das concentrações médias ao longo do tempo.

Finalmente ressalta-se que a pesar de significativamente altas as concentrações médias dos diversos parâmetros de qualidade monitorados, em termos de carga total de poluentes apenas na primeira fração do escoamento superficial, estimada em 20% do escoamento total, é comprometida de maneira expressiva, pois essa parcela do escoamento transporta aproximadamente 85% da carga total dos poluentes detectados. Na parcela restante do escoamento, os valores observados para a concentração dos diversos parâmetros de qualidade é relativamente baixa. Também, pode se concluir que o grau de comprometimento da qualidade da fração inicial do escoamento é diretamente proporcional ao tempo sem chuva antecedente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que financiam o Projeto de pesquisa “Manejo de Águas Pluviais no Distrito Federal”, no contexto do qual foi desenvolvida a presente pesquisa.

Referências

- Butler, D., Clark, P. Sediment Management in Urban Drainage Catchments. Construction Research and Information Association, CIRIA, Report 134. London, 1995.
- Campana, N.A., Silva, J.A. (2008). Avaliação da carga de poluição difusa na drenagem pluvial urbana de Brasília. VIII Seminário Ibero-americano sobre sistemas de abastecimento urbano de água. Lisboa, Portugal.
- Campana, N.A., Bernardes, R. S., Silva, J.A. “Controle Qualitativo e Quantitativo do Escoamento Pluvial Urbano com Bacias de Detenção”, Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 2, n. 3, p. 98-111, 2007.
- Chapman, D. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Edited by Deborah Chapman, London: E & FN Spon, 2nd ed. 626 p, 1998.

Dotto, C. B. S., Acumulação e Balanço de Sedimentos em Superfícies Asfálticas em Área Urbana de Santa Maria-RS, Dissertação de Mestrado, CT-PGEC, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil, 2006.

Driscoll, E. D., Shelley, P. E., E.W. Strecker (1990). *"Pollutant Loadings and Impacts from Stormwater Runoff"*, Volume III: Analytical Investigation and Research Report. FHWA-RD-88-008, Federal Highway Administration.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2000). Censo Demográfico 2000, Brasília/DF, Brasil, acessado em 13 de março de 2008, em ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2000/

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2008). Relatório Sobre as Condições de Tempo Registradas nas Capitais, Normal Climatológica para Brasília/DF, registros de 1961 a 1990, acessado em 13 de março de 2008, em <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Capitais>.

Prodanoff, J. H. A. (2005). Avaliação da Poluição Difusa Gerada por Enxurradas em Meio Urbano. Tese de Doutorado. UFRJ-COPPE.

Silva, G. B. L. Avaliação Experimental da Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial, 199f, Tese de Doutorado, FT-PTHAR, Universidade de Brasília, Brasília/DF, Brasil, 2006.

U.S. Environmental Protection Agency (2005). National Management Measures to Control Nonpoint Pollution from Urban Areas. EPA-841-B-05-004. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

Valiron F., Tabuchi J. P. Maitrise de la Pollution Urbaine par Temps de Pluie. Paris: Technique et Documentation-Lavoisier, 564 p. 1992.

Nestor Aldo Campana Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
– ENC, Faculdade de Tecnologia – FT, Universidade de Brasília – UnB.
E-mail: mnestor@unb.br

Ricardo Silveira Bernardes Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
– ENC, Faculdade de Tecnologia – FT, Universidade de Brasília – UnB.
E-mail: ricardo@unb.br