

IX-028 - CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS PRODUZIDOS EM UMA BACIA URBANA QUE CONTRIBUEM PARA A POLUIÇÃO DIFUSA DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Kaline Muriel de F. Gomes⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN / CT / DEC/ LARHISA). Engenheira Civil da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, Brasil. Consultora Ambiental independente.

Francisco Rafael Sousa Freitas⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/ CT /DEC / LARHISA). Professor do Instituto Federal do Ceará (IFCE) – Fortaleza (CE), Brasil.

Antônio Marozzi Righetto⁽³⁾

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC / USP). Professor Titular aposentado do Departamento de Engenharia Civil – UFRN / CT / DEC / LARHISA.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Maria Lacerda Montenegro, 2595, Res. Miami Beach II, Casa 10 – Bairro Nova Parnamirim - Parnamirim - RN - CEP: 50152--600 - Brasil - Tel: (84) 99639-8402 - e-mail: kmuriel2001@gmail.com

RESUMO

A urbanização das cidades produz um aumento na geração de deflúvios e na degradação da qualidade dos corpos hídricos receptores. Estudos integrados relativos ao processo de poluição difusa nas águas pluviais são de suma importância para que se possa entender e se buscar tecnologias adequadas de destinação com a possibilidade de uso dessas águas como recurso hídrico, separando-se as primeiras águas e a porção de sedimento que é carregada junto com os deflúvios superficiais. A proposta do presente trabalho é caracterizar os sedimentos gerados na bacia piloto de Mirassol e, analisar a co-fração, ou seja, o teor de poluente nos grãos de sedimentos, disponíveis na superfície da bacia, para serem carregados em um evento de chuva. Os sedimentos foram coletados ao longo do talvegue da bacia de Mirassol, situada na cidade de Natal-RN e foram analisados os teores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Fósforo Total (FT) para diferentes faixas granulométricas. Foi constatado que o diâmetro médio das partículas está na faixa de 0,35mm, e que aproximadamente 38% e 54% dos teores de DQO e Fósforo Total em sedimentos respectivamente, estão ligados ao material de granulometria inferior 0,15mm.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Difusa, Sedimentos, Drenagem Urbana.

INTRODUÇÃO

A poluição difusa é um processo que tem início com a lavagem e transporte de poluentes atmosféricos pela chuva, procedendo-se o escoamento superficial que carrega grande parte dos poluentes depositados na superfície da bacia, transportando-os ao seu destino final, em um corpo receptor. Este tipo de despejo, ao contrário dos lançamentos pontuais é um fenômeno aleatório de difícil mensuração e cujas magnitudes dependem principalmente de fatores meteorológicos e do tipo de uso e ocupação do solo.

A carga poluente transportada junto com o escoamento é variável ao longo do tempo em um evento pluviométrico. Pesquisas que tratam da avaliação temporal da qualidade dos deflúvios superficiais se constituem em um paradigma atual, no que se refere ao conhecimento do potencial poluidor dos deflúvios, com a possibilidade da separação das cargas mais concentradas, para posterior tratamento.

Vaze & Chiew (2003), em um estudo em superfícies impermeáveis, mostraram que uma quantidade significativa de poluentes encontrados no escoamento superficial é transportada como poluentes associados aos sedimentos. De modo que, conhecer a granulometria dos sedimentos é importante para que se possa compreender o processo da acumulação de poluente em função da geração de sedimentos pela bacia. Os

autores descobriram que praticamente toda a carga de Nitrogênio e Fósforo em amostras de águas pluviais estão ligados a sedimentos entre 11 e 150 μm .

Settle *et al.*, (2007) analisaram sólidos suspensos e fósforo como parâmetros indicadores de poluição. Verificaram que os Sólidos agem como um substrato móvel para o transporte de outros poluentes, como metais pesados e hidrocarbonetos.

Com essas considerações, este trabalho tem como objetivo caracterizar os sedimentos gerados na bacia de Mirassol, situada na cidade do Natal/RN, analisar o teor de poluentes nos grãos de sedimentos através dos parâmetros: Sólidos Totais, Demanda Química de Oxigênio - DQO, Fósforo Total e Teor de Óleos e Graxas – TOG.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma bacia experimental situada no Município de Natal. A bacia está inserida no conjunto habitacional Mirassol, abrangendo parte dos bairros de Cidade Jardim, Conjunto Mirassol e Campus Universitário. É margeada pelo polígono formado pelas coordenadas geográficas 9352900-9353700S e 255380-256700 W (UTM). A bacia experimental possui uma área igual a 0,14km², altitude de 61,10 m e a altura do seu exutório, localizado na entrada da lagoa de retenção e infiltração é 34,90 m.

A cidade de Natal possui características topográficas que propiciam a formação de bacias fechadas, como a bacia estudada. O relevo tem predominância de dunas associadas a formações lacustres. O fluxo dos deflúvios é direcionado para uma Lagoa de Detenção e Infiltração (Lagoa Mirassol - Cidade Jardim), localizada na zona com cota topográfica inferior aos demais locais da bacia (Figura 1).

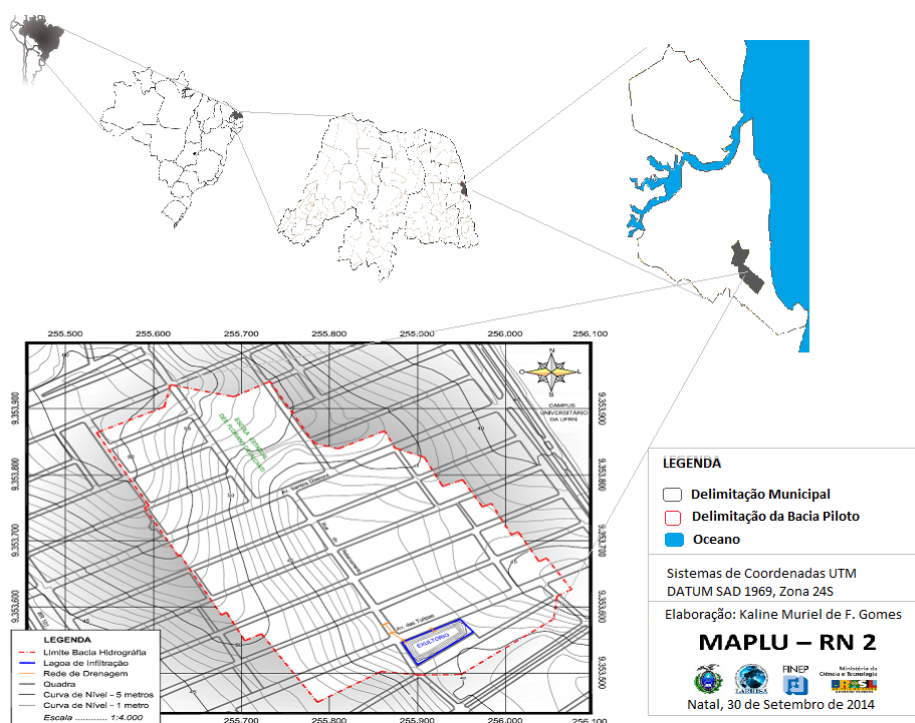


Figura 1: Delimitação da área de estudos.

As condições atuais do uso e ocupação do solo foram determinadas, a partir de uma imagem do satélite IKONOS. Foram determinadas áreas permeáveis e impermeáveis através do software Auto CAD 2010, sendo elas: 1 - Áreas permeáveis: terrenos e jardins; 2 - Áreas impermeáveis: telhados, calçadas e ruas.

A bacia piloto de Mirassol, foi classificada no modelo como sendo do tipo residencial, com aproximadamente 94,4% de área com cobertura impermeável.

CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS SECOS

A definição da distribuição granulométrica dos sedimentos propagados no sistema de drenagem, até o destino final é considerada um elemento importante no entendimento do processo. E, também, de desenvolvimento de projetos adequados dos componentes do sistema de drenagem, podendo-se definir o tamanho dos grãos que são propagados até o corpo receptor e as partículas que ficam retidas no sistema.

Vaze & Chiew (2003) demonstraram que, parte dos sedimentos presentes na superfície pode se desagregar ou se dissolver dependendo da intensidade e da duração de cada evento de precipitação. Pequenos eventos de precipitação desagregam principalmente a carga de sedimentos livre na superfície, enquanto que eventos maiores podem desintegrar, também, a carga fixa de sedimentos na superfície, podendo ainda dissolver parte dessa carga.

Muthukaruppan et al. (2002) apresentaram um estudo sobre a distribuição granulométrica de sedimento seco encontrado em sarjetas de ruas em Melbourne na Austrália, as análises granulométricas apresentaram 5 % das partículas menores que 0,45mm e diâmetro médio (d50) de 0,25mm. A distribuição granulométrica de sedimento carreado pela rede de microdrenagem é um fator importante para o entendimento do processo e desenvolvimento de projetos adequados para retenção de sedimentos.

Os experimentos realizados nesse estudo foram executados nos períodos de estiagem entre eventos pluviométricos ocorridos ao longo do ano de 2013 e foram realizados por meio de coleta e análise granulométrica e da co-fração, ou teor de Fósforo Total – FT e Demanda Bioquímica de Oxigênio - DQO nos sedimentos secos. Os sedimentos foram coletados ao longo das sarjetas do talvegue da bacia experimental, com o auxílio de um aspirador de pó, conforme procedimento descrito em estudos anteriormente realizados por Deletic et al.(2000); Muthukaruppan et al.(2002); Vaze e Chiew (2003); Dotto (2006).

Para a amostragem, foi utilizada uma escova de cerdas macias para não desagregar material do asfalto, recolhendo apenas o material de interesse. Foi também usado um aspirador de pó portátil para retirada dos sedimentos mais finos, como ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Coleta dos sedimentos secos no talvegue da bacia

A área de estudo foi dividida em três subáreas, como ilustrado na Figura 3, nas quais foram aspiradas uma superfície de 0,5 m² (0,70m x 0,70m) do sedimento em 3 pontos distintos (P1, P2 e P3), como proposto em Vaze e Chiew (2003).

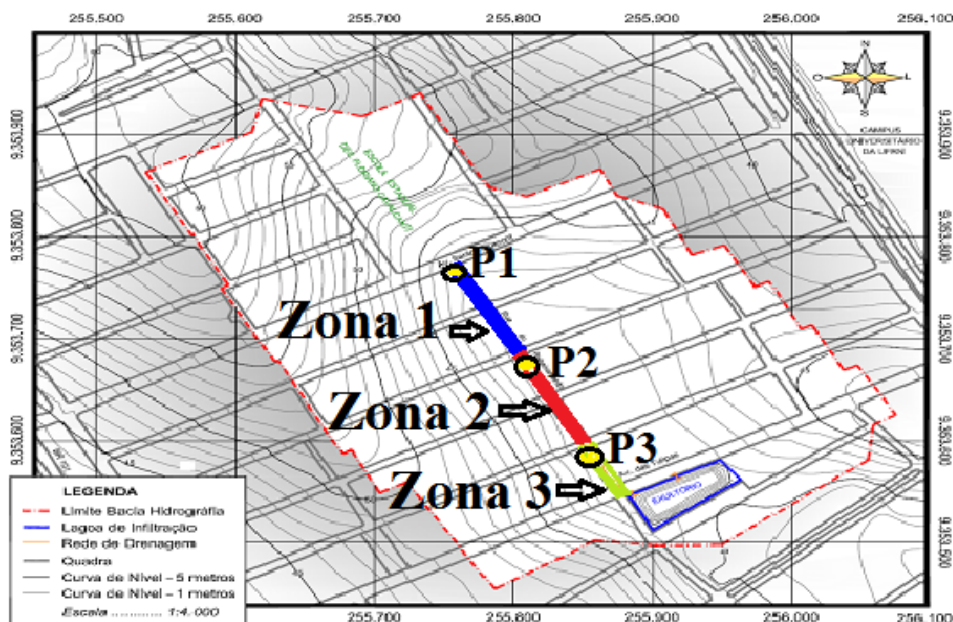


Figura 3: Zonas de monitoramento no período seco e os três pontos de coleta de sedimentos P1, P2 e P3, no bairro Mirassol, Natal, RN.

A granulometria das amostras foi obtida por meio de ensaios realizados em conformidade com as especificações da NBR 7181 - Análise Granulométrica Conjunta. O procedimento se iniciou com o peneiramento, passando a amostra em um jogo de peneiras de diferentes malhas (25 mm; 19 mm; 9,5mm; 4,8mm; 2,00mm; 1,20mm; 0,60mm; 0,42mm; 0,30mm; 0,15mm e 0,075mm) e pesando-se o material retido em cada uma. A análise granulométrica da amostra foi realizada e pequenas porções de cada faixa granulométrica foram separadas para posterior análise das concentrações de Fósforo total e DQO.

Um estudo realizado por Dotto (2006) em uma bacia urbana mostrou as distribuições de tamanho de partículas e como o acúmulo ocorre ao longo dos dias secos. O estudo indicou que as partículas poluentes tornam-se mais finos no decorrer do período seco em que ocorre a acumulação. Isto ocorre devido à desagregação pela ação do vento e ruptura dos grãos pelo tráfego de veículos.

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FT E DQO NOS SEDIMENTOS SEDIMENTOS SECOS

O FT foi determinado por colorimetria após uma etapa de digestão em meio. Para determinar FT, a amostra foi digerida com ácido sulfúrico, que libera o fósforo como limite de ortofosfatos procedendo-se a leitura no espectrofotômetro. A DQO foi analisada utilizando o método da refluxação aberta. A preparação para as análises qualitativas foi realizada misturando-se 0,5g do sedimento coletado em 50 ml de água deionizada, agitando-se a solução de modo a simular o comportamento da mistura do sólido com a água escoada na bacia, procedendo-se em seguida a análise qualitativa da solução preparada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A verificação da ocorrência do fenômeno first flush, em muitos casos, além de permitir avaliar o tamanho da área de lavagem da bacia, mostra, também, a maior facilidade de desagregação e transporte das partículas sólidas pela chuva, ou seja, além das características da chuva, as características dos grãos também devem ser levadas em consideração no momento da desagregação e transporte de massa de poluente.

A quantidade de sólidos disponíveis para o carregamento, bem como o conhecimento meteorológico dos primeiros minutos dos eventos, é de suma importância para a avaliação da carga de poluentes associadas aos sólidos em suspensão. Assim a bacia em estudo, a quantidade de DQO e FT carregados em decorrência de um evento pluviométrico de maior intensidade pode se dar em função da descarga sólida gerada pela bacia.

A figura 4 apresenta a distribuição granulométrica das partículas de sedimentos coletadas no talvegue da Bacia Experimental de Mirassol durante período seco. Através dessa figura verifica-se que cerca 80% da carga livre é mais fina que 1 mm, 75% é mais fina que 0,7 mm e 5% é mais fina que 0,3mm.

Os sedimentos tendem a ficarem mais finos à medida que a acumulação ocorre, podendo-se observar pelas curvas dos dias 08/02/14 e 16/02/14, uma vez que os sedimentos são desagregados pela ação do vento e do tráfego de veículos.

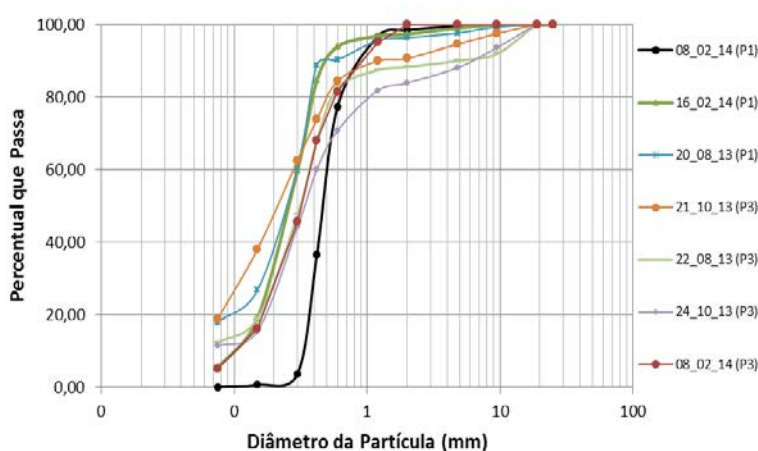


Figura 4: Curvas Granulométricas

A Figura ilustrada acima mostra que granulometria da carga de sedimento livre na superfície tende a ficar mais fina ao longo dos dias sem chuva ao contrário da carga de sedimento fixa, uma vez que as partículas fixas se encontram agregadas à superfície e são mais finas; já as partículas da carga livre são mais propícias a serem desintegradas em partículas menores. Comportamento semelhante em estudo realizado por Vaze e Chiew (2003). As demais amostras diferem desse comportamento, devido às interferências de precipitação entre coletas, fazendo com que houvesse transporte de massa de um ponto a outro.

Segundo Walling et al. (2000), os tamanhos das partículas em suspensão são geralmente referidos ao diâmetro médio, d50, que corresponde ao diâmetro apresentado por 50%, em massa, das partículas presentes. As amostras ensaiadas por peneiramento seco apresentaram um diâmetro médio de aproximadamente 0,35 mm.

A tabela 1 fornece a média ponderada do diâmetro médio (d50) das amostras coletadas entre agosto de 2013 e fevereiro de 2014 submetidas ao ensaio de peneiramento dos sedimentos em relação às amostras totais deste estudo e de estudos realizados por Dotto (2006) e Vaze & Chiew (2003)

Tabela 1: Diâmetro médio (d50) dos sedimentos no período seco.

LOCAL DA AMOSTRAGEM	d50 (μ m)
Bacia de Mirassol	350
Rua Marque do Herval*	350
Bouverie Stree Melbourne, Austrália**	500
London Borough of Lambeth, Londres, Inglaterra	400
Rigoberto Duarte, Santa Maria, RS, Brasil	350

* Fonte: Dotto (2006)

** Fonte: Vaze & Chiew (2003)

RESULTADOS DAS CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES

As concentrações de poluentes nos vários intervalos de tamanhos de partícula são apresentadas na Figura 5.

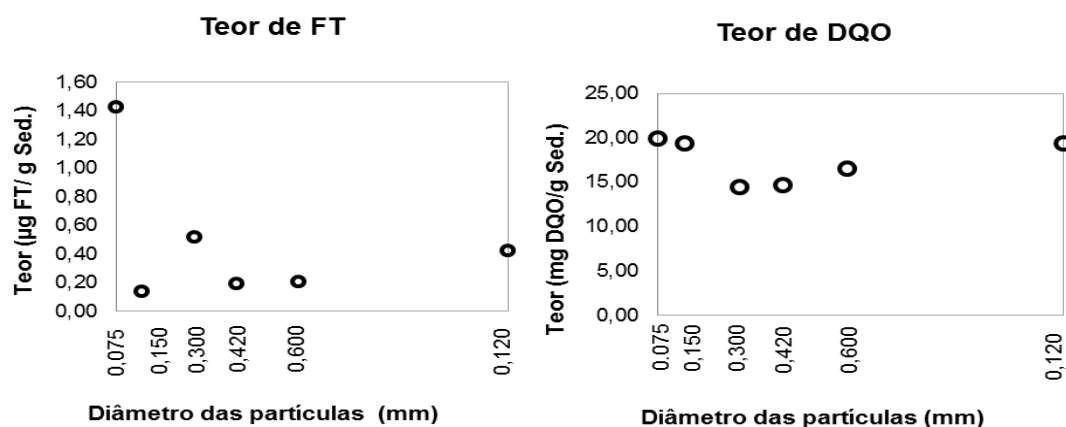


Figura 5: (A) Teor de FT e (B) Teor de DQO para as faixas granulométricas analisadas.

A tabela 2 mostra a ocorrência de um teor menor de Fósforo Total nas faixas de 0,60mm, 0,42mm e 0,15mm; e a faixa de sedimentos mais fina, ou seja, 0,075mm é responsável por quase 50% do teor de Fósforo Total associado aos sedimentos. Já a carga de DQO, pode-se dizer que a contribuição é aproximadamente a mesma em todas as faixas de diâmetros, havendo pequena diminuição nas faixas centrais: 0,60mm; 0,42 mm e 0,30mm.

Tabela 2: Porcentagem média de FT e DQO por faixa granulométrica de Sedimento

PENEIRAS		% FT _{médio} (1000 ⁻¹)	% DQO _{médio}
#	mm		
16	1,20	15	19
30	0,60	7	16
40	0,42	7	14
50	0,30	18	14
100	0,15	5	14
200	0,075	49	19

Diante dos valores apresentados na tabela 2, pode-se dizer que praticamente todas as cargas de FT nas amostras de sedimentos secos estão associadas aos tamanhos das partículas, sendo que a maior parte da carga está associada a diâmetros inferiores a 0,075mm.

A análise granulométrica é de suma importância, uma vez que a carga de sedimento está disponível na superfície da bacia para ser carregada ou dissolvida em função do diâmetro das partículas e da intensidade da chuva.

O Fósforo disponível na superfície pode ocasionar maior potencial de dissolução nos volumes escoados diante de um evento chuvoso, devido ao fato dessa variável estar associada com as partículas mais finas dos grãos.

No entanto, a DQO está suscetível ao carreamento junto com os grãos de sólidos, já que todas as faixas granulométricas contribuem de forma aproximada em proporção, conforme ilustrado na Figura 6, não tendo tanta vulnerabilidade a dissolução uma vez que as partículas maiores também tem importância na contribuição dessa variável nos deflúvios superficiais.

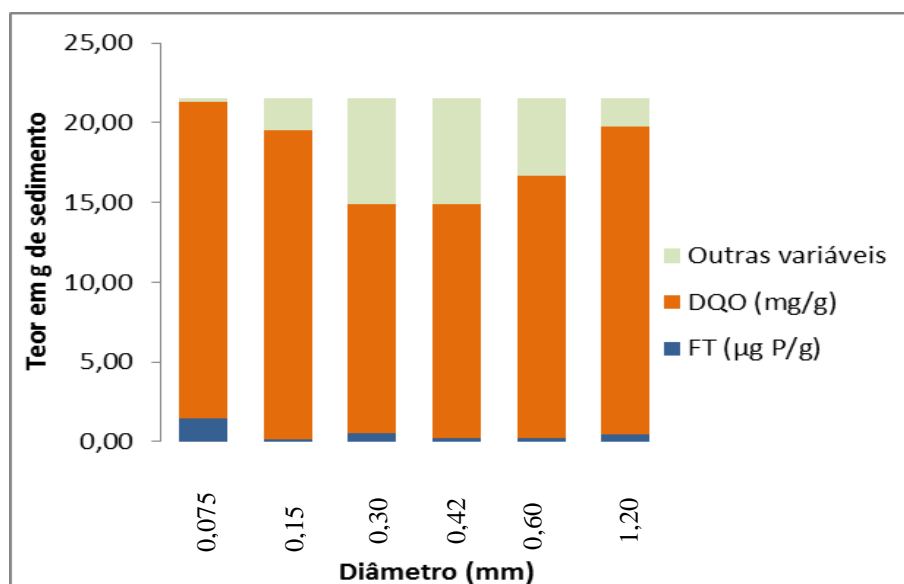


Figura 6: Representatividade média das variáveis FT e DQO por tamanho das partículas de sedimento.

Em relação ao diâmetro médio d50 foi obtido 2,27 µg de FT correspondendo a um percentual de 0,000076% da massa de sedimento; e 68,42 mg de DQO correspondendo a um percentual de 2,281% em massa de sedimento. Esses valores são bastante significativos, uma vez que se levado em conta toda a bacia contribuindo nessas proporções para um corpo d'água, o seu fator de assimilação poderia não comportar a carga contribuinte, levando à deterioração de suas águas. Somente com a separação dessas cargas poluentes seria possível o uso das águas pluviais como recurso hídrico.

Tabela 3 Teor de FT e DQO para o diâmetro médio d50.

VALORES DE MASSA E PERCENTUAL DO POLUENTE PARA O DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (D50)		
	Massa média de uma amostra	% Massa em g sólidos
FT (µg P)	2,27	0,000076%
DQO (g)	0,07	2,28%

Estas análises têm implicações importantes na tomada de decisão quanto ao manejo das águas pluviais no meio urbano. A redução dos sedimentos pode não acarretar em uma redução proporcional em termos de cargas de nutrientes como o Fósforo Total, aqui analisado. Porém, é necessário considerar a separação das primeiras águas do escoamento, uma vez que são assimilados ao escoamento nutrientes e contaminantes por dissolução no contato com a superfície da bacia.

CONCLUSÕES

A análise da poluição difusa produzida nas ruas de uma área urbana é complexa e de difícil mensuração. O escoamento pluvial pode carrear resíduos sólidos, sedimentos e poluentes provenientes de áreas vizinhas às ruas, havendo interferência também de ligações clandestinas de esgoto doméstico direto nas vias ou elementos de microdrenagem, além dos sedimentos produzidos em bacias urbanizadas e áreas de estagnação das águas.

Os resultados encontrados neste estudo indicam que mais da metade dos sedimentos dispostos na superfície da bacia possuem granulometrias maior que 0,40 mm e também que cerca de 30% e 54% para valores medidos e 24% e 55% para valores calibrados de DQO e FT respectivamente estão ligados a partículas menores que 0,15

mm. Sugerindo-se que, para a redução da carga dessas variáveis é necessária à instalação de dispositivos de retenção e tratamento dessa porção mais fina de sólidos.

Não foi possível a mensuração da produção de sedimentos na bacia, porém pode-se perceber por meio de inspeções visuais in loco que houve redução na quantidade de sedimentos, considerando uma situação global após um evento de chuva, ou seja, a bacia. Entretanto, levando-se em conta, ambientes pontuais como os nós, essas cargas aumentam ou diminuem após os eventos, variando com a intensidade e capacidade de transporte do escoamento.

Assim, foi observado que no dia seguinte a um evento pluviométrico, havia uma acumulação maior de sedimento no talvegue da bacia, divergindo das demais ruas, que se encontravam como ambientes limpos, ou seja, sem sedimentos acumulados. Isso pode ser explicado também pela influência das maiores declividades das ruas do entorno em comparação a declividade do talvegue, fazendo com que durante os eventos, o sedimento acumulado nas ruas do entorno fossem carregados até o talvegue, ali se depositando.

Os trabalhos experimentais realizados neste estudo se mostraram significativos na caracterização dos sedimentos presentes na superfície da bacia, bem como na avaliação do potencial poluidor do escoamento gerado pela bacia. Tais informações são necessárias para a implantação de elementos de tratamento de uma porção das águas pluviais urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. (1992). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* 18. ed. Washington D C.
2. DELETIC, A.; ASHLEY, R.; REST, D. *Modelling input of fine granular sediment into drainage systems via gully-pots*. Water Research. v. 34, n. 15, p. 3836-3844, 2000.
3. DOTTO, C.B.S.; PAIVA, E.M.C.D.; SILVA, L.F. *Acumulacao e caracterizacao dos sedimentos em superficies asfálticas de área urbana em Santa Maria-RS*. In: *VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2006*, Santa Maria. Sedimentos: o Desafio da Multidisciplinaridade. Porto Alegre : ABRH, 2006.
4. MUTHUKARUPPAN, M., CHIEW, F.H.S. AND WONG, T. (2002). *Size distribution and partitioning of urban pollutants*. *Global Solutions for Urban Drainage*, 2002.
5. SETTLE, S.; GOONETILLEKE, A.; AYOKO, G. *Determination of Surrogate Indicators for Phosphorus and Solids in Urban Stormwater: Application of Multivariate Data Analysis Techniques*. *Water Air and Soil Pollution*, pp. 149-161, 2007.
6. VAZE, J.; CHIEW, F.H.S. *Study of pollutant washoff from small impervious experimental plots*. *Water Resour. Res.* 39(6):[np]. 2003.
7. VAZE, J.; CHIEW, F.H.S. *Nutrient Loads Associated with Different Sediment Sizes in Urban Stormwater and Surface Pollutants*. *Journal of Environmental Engineering* . p. 391-396, 2004.
8. WALLING, D.E., OWENS, P.N., WATERFALL, B.D., LEEKS, G.J.L.; WASS, P.D. *The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed Catchments, UK*. *The Science of Total Environmen*, p. 205-222, 2000.