

IX-042 - OCORRÊNCIA DO FENÔMENO *FIRST FLUSH* EM UMA BACIA FECHADA DE DRENAGEM URBANA

Francisco Rafael Sousa Freitas ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPgES/LARHISA/UFRN). Professor do Eixo Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus Sobral*.

Kaline Muriel Gomes ⁽²⁾

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Sanitária (PPgES/LARHISA/UFRN). Engenheira da Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte-CAERN.

Antônio Marozzi Righetto ⁽³⁾

Professor Titular (aposentado) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professor Associado (aposentado) da Universidade de São Paulo (USP)-São Carlos/SP. Professor colaborador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dr. Guarany, 317, Derby Clube - Sobral/CE - CEP: 62.042-030 - Brasil - Tel: +55 (88) 3112-8051 - e-mail: rafael.freitas@ifce.edu.br

RESUMO

Os efeitos da urbanização apresentam profunda influência na qualidade das águas de escoamento urbano, como consequência da introdução de poluentes físicos, químicos e biológicos resultantes das várias atividades antropogênicas comuns em áreas urbanas. Através do conhecimento das relações quali-quantitativas características da drenagem pluvial, é possível estimar quais os volumes máximos com maior concentração de poluentes, para otimização do manejo e aplicação de medidas de segurança na captação, separação e do tratamento dessas águas. Desta forma, o presente estudo avaliou a qualidade da água de escoamento superficial *runoff*, em uma bacia de drenagem fechada localizada na área urbana da cidade de Natal / RN, para investigação da ocorrência do fenômeno de *first flush*. Os resultados mostraram altas concentrações de poluentes presentes nas águas de escoamento superficial, destacando-se o Fósforo Total, um dos principais nutrientes responsáveis pelo processo de eutrofização de corpos aquáticos. Foi observada a ocorrência do fenômeno de *first flush* para todas as variáveis analisadas (Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Demanda Química de Oxigênio, Fósforo Total e Teor de Óleos e Graxas). Essa evidência implica no fato de que o conceito de *first flush* pode ser aplicado nas estratégias de manejo de águas pluviais, para implementação de Boas Práticas de Manejo (Best Management Practices - BMP), nos sistemas modernos de drenagem urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento urbano, qualidade de água, poluição difusa, *first flush*, *runoff*.

INTRODUÇÃO

A expansão das áreas urbanas, caracterizada principalmente pela impermeabilização da bacia, com avanço desordenado e uso incompatível com a capacidade de suporte do meio, causa degradação do ambiente especialmente à partir das consequências advindas das mudanças no uso e ocupação do solo. No que se refere ao sistema de drenagem, esses impactos podem ser observados no agravamento das cheias, na diminuição da capacidade de infiltração da água, na redução das vazões de estiagem, na deterioração da qualidade da água, e, conseqüentemente, dos ecossistemas fluviais, lacustres e estuarinos (BRAGA et al., 2003; RIGHETTO, 2009; CARNEIRO & MIGUEZ, 2011).

Nesse contexto, observa-se que o escoamento urbano é um dos fatores que mais tem influenciado a qualidade dos corpos aquáticos, transportando diversos tipos de poluentes (sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, bactérias e outros organismos patogênicos, metais pesados e demais compostos químicos tóxicos). A superfície do solo, principalmente ruas, sarjetas e telhados, são os principais contribuintes de poluentes para o escoamento superficial urbano, conferindo um caráter difuso de poluição às águas pluviais urbanas, que por sua vez têm sua qualidade relacionada com a ocupação da bacia.

Entretanto, as principais soluções adotadas para o sistema de drenagem urbana consistem no emprego de lagoas de infiltração e detenção, ou o lançamento direto das águas pluviais nos corpos receptores, sem o devido controle ou aproveitamento dessas águas para a proteção contra os fenômenos provocados pelas águas do escoamento superficial.

Torna-se de extrema importância o conhecimento da variação da qualidade da água de escoamento superficial ao longo do tempo em um dado evento chuvoso, de forma que possa se estabelecer um ponto de separação das primeiras águas (considerando-se que a maior parte da carga poluidora está concentrada no início do evento), para que seja otimizado o manejo, adotando-se medidas de separação e de aproveitamento dessas águas associado ao grau de qualidade requerido para os diversos usos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental urbana.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do escoamento superficial em uma bacia de drenagem fechada localizada na área urbana da cidade do Natal/RN, através do monitoramento progressivo das primeiras águas dos eventos de precipitação/escoamento (*runoff*), e a verificação da ocorrência do fenômeno *first flush*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida numa bacia de drenagem urbana situada no conjunto habitacional Mirassol, no bairro de Capim Macio, Natal/RN (Figura 1). A referida bacia tem área de 0,14 Km², altitude máxima de 61,10 m e mínima de 34,90 m (exutório), o qual está localizado na entrada de uma lagoa de detenção e infiltração, para onde o fluxo dos deflúvios é direcionado pelas galerias e bocas de lobo através de uma tubulação de 0,80 m de diâmetro.

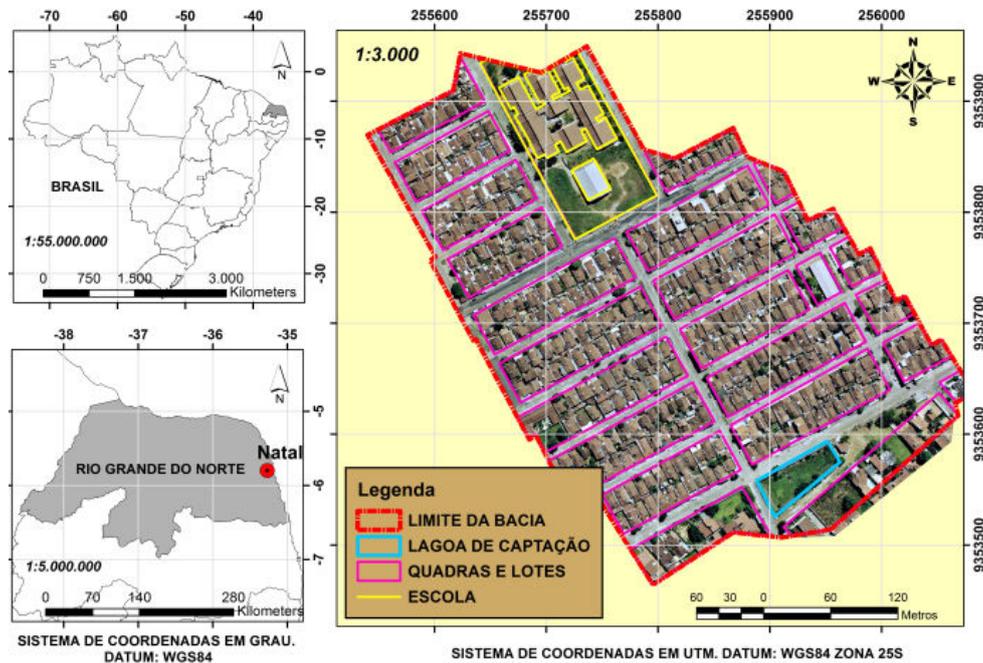


Figura 1: Localização da Bacia de Drenagem.

A cidade do Natal possui características topográficas que propiciam a formação de bacias fechadas, como é o caso da bacia estudada. O relevo é predominantemente de dunas associadas a formações lacustres, com trechos apresentando grandes declividades.

O padrão de ocupação da área é do tipo residencial unifamiliar, classe B e C, sem tráfego pesado de veículos, tampouco indústrias de grande porte/potencial poluidor, com predomínio de lotes de 200m² e construções com cobertura em material cerâmico.

As condições predominantes de cobertura do solo são as vias em paralelepípedo, exceto a via principal que apresenta revestimento asfáltico, prevalecendo arruamentos de classificação secundária, indicando alto grau de impermeabilização.

As condições atuais de uso e ocupação do solo foram determinadas à partir de imagem do satélite IKONOS, sendo observados os seguintes aspectos: 1 - Áreas permeáveis: terrenos sem cobertura ou jardins (5,5%) e Lagoa de Infiltração (0,1%); 2 - Áreas impermeáveis: Quadra/telhados (75%), Rua com pavimento asfáltico (2,4%); Rua com pavimento em paralelepípedo (16,7%).

Metodologia

O período de amostragem ocorreu ao longo do ano de 2013 (julho a outubro), sendo as coletas de amostras de água do escoamento superficial realizadas durante os eventos de precipitação pluviométrica por meio de amostrador automático ISCO 6712, de modo a se fazer a análise progressiva da qualidade da água escoada, analisando-se os primeiros 24 minutos do escoamento superficial, recolhendo-se uma amostra a cada minuto, sendo monitorados ao todo 09 (nove) eventos.

Os dados de precipitação foram obtidos por meio de uma estação pluviométrica monitorada pelo Projeto Manejo de Águas Pluviais Urbanas – MAPLU/FINEP, localizada na área de monitoramento do projeto. O pluviômetro automático digital foi programado para registrar o valor da precipitação a cada cinco minutos e também o total diário. Na entrada de água à lagoa, um vertedor com linímetro digital automático permitia registrar os níveis de água e, assim, estimar as vazões de entrada através de equação de vertedouro retangular.

Os resultados foram analisados estatisticamente através dos software R, para realização das análises de correlação e Excel®, para a realização das estatísticas descritivas das variáveis e análises de regressão linear.

A análise dos dados consistiu em apresentar a variação da qualidade da água ao longo do evento de precipitação, de forma a realizar a comparação das concentrações medidas ao longo do evento com seus respectivos volumes. Para tanto, foram elaboradas as curvas adimensionais MASSA x VOLUME M(V) para os parâmetros avaliados.

A curva M(V) apresenta a relação da fração de massa de poluente removida com a fração de volume escoado ao longo do período do evento de precipitação estudado. A determinação da ocorrência do fenômeno de *first flush* está relacionada com a análise da curva M(V). Quando a curva M(V) do evento estudado estiver acima do bisetor do gráfico, considera-se a ocorrência de *first flush* (FERREIRA, 2008).

Quanto à proporção entre a parcela do volume e a parcela de remoção de massa, foi adotada a proporção de X% de massa removida para os primeiros 30% de volume, a qual foi calculada pela regressão de potência quando o coeficiente de determinação $R^2 \geq 0,90$, conforme descrito em Ferreira (2008).

Os aspectos qualitativos das águas de escoamento superficial foram analisados através das seguintes variáveis: Demanda Química de Oxigênio - DQO, Fósforo Total - FT, Teor de Óleos e Graxas - TOG, Sólidos Totais – ST e Sólidos Suspensos Totais – SST (Tabela 01).

Tabela 1: Parâmetros monitorados, respectivos métodos e referências.

Parâmetro	Método	Referência
Demanda Química de Oxigênio – DQO (mgO ₂ /L)	Titulométrico – Digestão por refluxação fechada	AWWA/APHA/WEF, 1998
Fósforo Total (mgP/L)	Espectrofotométrico – Digestão ácida com persulfato de potássio	Valderrama, 1981; Murphy & Rilley, 1962.
Teor de Óleos e Graxas - TOG (mg/L)	Gravimétrico – Extração em Soxhlet com éter de petróleo	AWWA/APHA/WEF, 1992
Sólidos Totais – ST (mg/L)	Gravimétrico - Secagem a 103° - 105°C	AWWA/APHA/WEF, 1998
Sólidos Suspensos Totais - SST (mg/L)	Gravimétrico – Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45 µm de porosidade – Secagem a 103° - 105°C	AWWA/APHA/WEF, 1998

Os resultados das análises de qualidade das águas pluviais permitiram construir os polutogramas de cada evento observado, utilizando-se intervalos de tempo de 5 minutos e duração correspondente ao tempo de concentração da bacia, da ordem de 25 minutos. Além de comparações entre polutogramas e hietogramas, foi realizada a análise global por evento, considerando-se o parâmetro CME segundo o procedimento descrito a seguir.

A CME é calculada como sendo a massa total (MT) do poluente dividida pelo volume total (VT) do deflúvio superficial, para um evento de duração t_r (SANSALONE & BUCHBERGER, 1997; CHARBENEAU & BARRETTI, 1998 citado por OLIVEIRA, 2007), equação (1).

$$CME = \bar{C} = \frac{M_T}{V_T} \quad \text{equação (1)}$$

A massa total (MT) de um poluente transportado em um evento de duração t_r , é expressa pela equação (2).

$$M_T = \int_0^{t_r} C(t)Q(t)dt \quad \text{equação (2)}$$

sendo: C(t) a concentração do contaminante, variável no tempo; e Q(t) o deflúvio, também função do tempo. Assim, o volume total do deflúvio é expresso pela equação (3).

$$V_T = \int_0^{t_r} Q(t)dt \quad \text{equação (3)}$$

Com as equações (2) e (3), a concentração média do evento (CME) é expressa pela equação (4).

$$CME = \bar{C} = \frac{M_T}{V_T} = \frac{\int_0^{t_r} C(t)Q(t)dt}{\int_0^{t_r} Q(t)dt} \quad \text{equação (4)}$$

Entretanto, as medições são realizadas em intervalos de tempo Δt , de modo que a CME é calculada pela equação (5).

$$CME \approx \frac{\sum_{i=1}^n C_i Q_i \Delta t}{\sum_{i=1}^n Q_i \Delta t} \quad \text{equação (5)}$$

em que n é o número de amostras ou de intervalos de tempo com medições; C_i a concentração em cada tempo associado a i; Q_i o deflúvio discreto a cada tempo i; Δt - o intervalo de tempo de medições do evento.

Os aspectos qualitativos das águas de escoamento superficial foram analisados através das seguintes variáveis: Demanda Química de Oxigênio - DQO, Fósforo Total - FT, Teor de Óleos e Graxas - TOG, Sólidos Totais – ST, Sólidos Suspensos – SS e Turbidez.

O monitoramento da precipitação e da vazão foi realizado através de duas estações pluviométricas distribuídas ao longo da bacia, e à partir de um transdutor de pressão instalado em seção regularizada para medição no exutório (entrada da lagoa de detenção).

A coleta de amostras ao longo dos eventos foi realizada de forma progressiva, para separação das águas de escoamento, através de um amostrador automático modelo ISCO 6712 *full size* com 24 garrafas, instalado no exutório da bacia.

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando o *software* R, para realização das análises de correlação e Excel®, para a realização das estatísticas descritivas das variáveis e análises de regressão linear.

A análise dos dados consistiu em apresentar a variação da qualidade da água ao longo do evento de precipitação, de forma a realizar a comparação das concentrações medidas ao longo do evento com seus respectivos volumes. Para tanto, foram elaboradas as curvas adimensionais MASSA X VOLUME M(V) para os parâmetros avaliados.

A curva M(V) apresenta a relação da fração de massa de poluente removida com a fração de volume escoado ao longo do período do evento de precipitação estudado.

A determinação da ocorrência do fenômeno de *first flush* está relacionada com a análise da curva M(V). Quando a curva M(V) do evento estudado estiver acima do bissetor do gráfico, diz que ocorreu o *first flush*. Quando a curva M(V) do evento estudado estiver abaixo do bissetor do gráfico, diz que não ocorreu o *first flush*. A magnitude do fenômeno pode ser dada pelo afastamento da curva M(V) até o bissetor do gráfico (FERREIRA, 2008).

Quanto à proporção entre a parcela do volume e a parcela de remoção de massa, foi adotada a proporção de X % de massa removida para os primeiros 30% de volume, qual foi calculada pela regressão de potência quando o coeficiente de determinação $R^2 \geq 0,90$, conforme descrito em Ferreira (2008).

As amostragens foram realizadas no período de 2 de julho a 24 de outubro de 2013, totalizando 09 (nove) eventos monitorados.

RESULTADOS E DICUSSÕES

A avaliação do potencial poluidor dos deflúvios na bacia foi realizada com base nas concentrações médias dos parâmetros analisados em cada evento (Tabela 2). As maiores variações entre eventos ocorreram para os parâmetros FT (CV = 2,21), e DQO (CV = 2,0), entretanto a menor variação foi observada para as concentrações de TOG (CV = 0,85).

O período monitorado caracterizou-se por apresentar baixo intervalo de dias secos (Dias Antecedentes de Estiagem - DAE), sendo que o maior intervalo observado entre eventos foi de aproximadamente 15 dias.

Tabela 2: Dias antecedentes de estiagem e concentrações médias – CME's, dos parâmetros analisados em cada evento.

Data do Evento	DAE (dias)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	DQO (mg O ₂ /L)	FT (mgP/L)	TOG (ug/L)
2/7/2013	2,7	190,8	39,9	66,5	0,27	5,0
17/7/2013	2,0	57,8	20,7	42,4	0,16	11,0
19/7/2013	1,0	415,0	37,2	126,4	0,20	9,0
9/8/2013	3,1	450,0	33,4	172,0	0,35	15,0
14/8/2013	4,0	276,7	59,8	73,7	0,25	66,0
25/8/2013	2,1	99,2	15,7	51,5	0,45	12,0
20/9/2013	5,1	146,4	17,1	124,6	0,53	7,0
9/10/2013	0,9	772,1	129,9	65,7	0,55	14,0
24/10/2013	14,7	394,5	93,6	159,7	0,64	6,0
Média	4,0	311,3	49,7	98,0	0,38	16,0
Mediana	2,7	276,7	37,2	73,7	0,35	11,0
DV	4,2	224,0	38,8	48,3	0,17	19,0
Maior	14,7	772,1	129,9	172,0	0,64	66,0
Menor	0,9	57,9	15,7	42,4	0,16	5,0
CV	0,9	1,4	1,3	2,0	2,21	0,85

DAE - Dias Antecedentes de Estiagem; ST – Sólidos Totais; SST – Sólidos Suspensos Totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; FT – Fósforo Total; TOG – Teor de Óleos e Graxas; DV – Desvio Padrão; Maior – Maior Valor; Menor – Menor Valor; CV – Coeficiente de Variação.

Considerando que um maior número de DAE, pode resultar em maior concentração de poluentes depositados sobre a superfície da bacia e, conseqüentemente, em maior carreamento de poluentes para um dado evento chuvoso, realizou-se a análise de correlação entre as concentrações médias dos parâmetros analisados e os DAE de cada evento.

Observou-se que as correlações realizadas entre DAE e os parâmetros analisados, foram estatisticamente significativas apenas para DQO ($p=0,033$; $R=0,71$) e FT ($p=0,049$; $R=0,67$). Entretanto, deve-se salientar que o pequeno número de dados ($n=9$) e/ou a pequena amplitude de dias antecedentes de estiagem podem ter contribuído para as baixas correlações encontradas.

Desta forma, foram realizadas análises de regressão linear simples entre dias antecedentes de estiagem e a DQO e FT (Figura 2). As análises de regressão mostraram que cerca de 50% da variação das concentrações de DQO foi explicada pela variação nos valores de DAE ($R^2 = 0,50$), ao passo que para as concentrações de FT, a variação nos valores de DAE explica cerca de 45% na variação deste parâmetro ($R^2 = 0,45$).

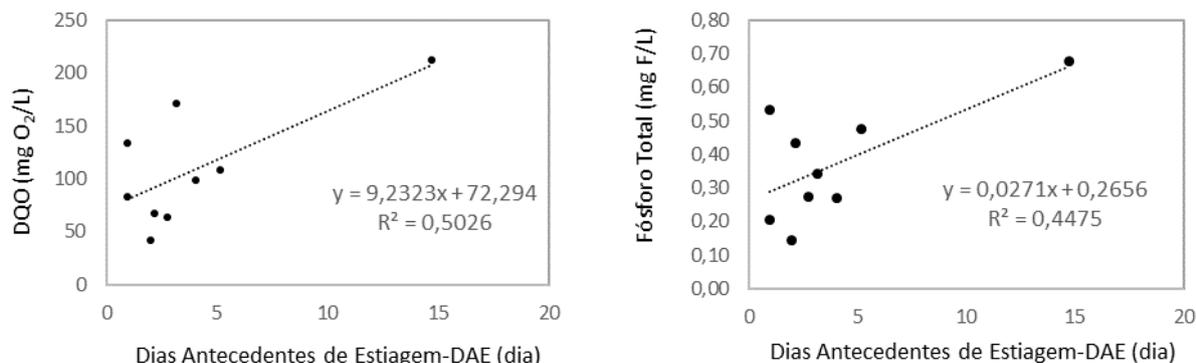


Figura 2: Regressão linear simples entre Dias Antecedentes de Estiagem, DQO e Fósforo Total.

De forma geral, a CME para ST variou de um valor máximo de 772,06 mg/L a 57,84 mg/L ao longo dos eventos monitorados. Com base nas curvas M(V) obtidas, foi detectada a ocorrência do fenômeno PCL em 05 (cinco) dos 09 (nove) eventos monitorados. As maiores proporções de remoção observadas ocorreram nos eventos dos dias 19/7/2013 e 2/7/2013, cujas proporções de remoção da massa ST foi de 54,4% e 46,1%, nos primeiros 30% do volume, respectivamente.

Para as concentrações de SST, a CME apresentou variação entre 15,7 mg/L e 129,9 mg/L ao longo dos eventos observados. Quanto às análises das curvas M(V) obtidas para SST, verifica-se que a PCL ocorreu em quase todos os eventos, mais precisamente em 07 (sete), dos 09 eventos monitorados. As maiores remoções de SST foram observadas nos eventos dos dias 2/7/2013 e 25/8/2013, com proporções de remoção de massa de 56,2% e 40,5% nos primeiros 30% do volume, respectivamente. A maior ocorrência PCL pode estar associada a maior facilidade de desagregação e transporte pela chuva, dessas partículas que apresentam em média diâmetro menor que 1,5 µm.

Para a DQO os valores da CME variaram entre 172,0 mgO₂/L e 42,4 mgO₂/L. Quando são observadas as curvas M(V) para a DQO, dos 09 (nove) eventos analisados, 06 (seis) apresentaram ocorrência do PLC, com as respectivas curvas situadas acima do bissetor do gráfico. A alta ocorrência do PCL associada a DQO encontrada neste estudo, corrobora com o descrito na literatura (PIT, 2004 citado por TOMAZ, 2006). A maior remoção de DQO foi observada no evento do dia 19/7/2013, com proporção de remoção de massa de 49,2% nos primeiros 30% do volume escoado no exutório da bacia.

As CME para FT apresentaram variação entre 0,16 mg FT/L e 0,64 mg FT/L. Estes valores se aproximam bastante da faixa observada por Ferreira (2008), mas estiveram bem acima do constatado por Silva (2011), ao estudar a qualidade da água das lagoas de retenção e infiltração do sistema de drenagem de Natal/RN. Com base nas curvas M(V), a ocorrência do fenômeno PCL para o FT foi menos pronunciada, sendo evidente em apenas 03 (três), dos 09 eventos analisados. A maior remoção de FT foi observada no evento do dia 19/7/2013, com proporção de remoção de massa de 40,9% nos primeiros 30% do volume escoado.

A CME para TOG, variou de 5,0 µg/L a 66,0 µg/L, apresentando comportamento praticamente uniforme entre eventos, quando comparado aos outros parâmetros monitorados. Ressalta-se que tais concentrações são baixas, e podem estar associadas, dentre outros aspectos, a maior aderência dos óleos e graxas à superfície da bacia ou a pequena produção desses resíduos pelo tráfego urbano. As curvas M(V) para TOG mostraram que dos eventos analisados, apenas o ocorrido no dia 24/10/2013 apresentou evidência de *first flush*. A ocorrência da maior remoção foi observada no referido evento, com proporção de remoção de 53% de massa nos primeiros 30% do volume escoado na bacia.

CONCLUSÕES

A análise da poluição difusa 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, como verificado neste estudo. Somado aos depósitos distribuídos, tem-se, também, o sedimento retido nas bocas de lobo e áreas de estagnação das águas.

Os resultados do monitoramento da qualidade do *runoff* da bacia de drenagem estudada mostraram que o deflúvio superficial gerado possui grande potencial poluidor de corpos d'água. Foram constatadas em diferentes intensidades de precipitação e altas taxas de concentração de poluentes carreados pelos escoamentos superficiais.

Entre as variáveis analisadas destaca-se o Fósforo Total como poluente de grande importância, uma vez que é um nutriente capaz de estimular a produtividade primária de corpos aquáticos, causando a deterioração da qualidade da água pela eutrofização.

Embora a CME seja um indicador variável que depende da intensidade da chuva e das características da bacia, pode ser considerada um indicador conciso que permite comparações úteis entre os níveis de concentração de poluente gerados pela bacia com diferentes intensidades de precipitação e diferentes períodos antecedentes

sem chuva. Mesmo com deflúvios reduzidos, a CME é elevada, apresentando um pico e, nos eventos mais significativos, representa as primeiras cargas de lavagem das ruas.

Adiciona-se ainda a confirmação da ocorrência de *first flush* ou PCL, distinguível e concentrada em bacias de pequeno porte, como a bacia analisada neste estudo.

O emprego das curvas adimensionais $M(V)$, constituem-se em ferramenta útil para a caracterização da ocorrência do PCL, além de subsidiarem a definição dos volumes que deverão ser separados durante o escoamento, auxiliando no dimensionamento das estruturas de drenagem, responsáveis pela coleta e tratamento da parcela escoada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 18. ed. Washington D C., 1992.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF (1998). Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 20. ed. Washington D C.
3. BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. Recursos hídricos e planejamento urbano e regional. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. P. 113-127 – ISBN 85-89154-04-01.
4. CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. Controle de Inundações em Bacias Hidrográficas Metropolitanas. São Paulo: Annablume. v. 1. 330 p, 2011.
5. FERREIRA, L. C. de A. Variação da qualidade da água do escoamento superficial de duas bacias de drenagem de Natal / RN – Brasil. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2008.
6. MURPHY, J. & RILLEY, J.P. (1962). A modified single-solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analyt. Chim. Acta* 27: 31-36.
7. OLIVEIRA, H. A. R. de. Qualidade da drenagem pluvial rural: rio Taquarizinho. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Industriais). 168p. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2007.
8. RIGHETTO, A. M. Manejo de águas pluviais urbanas. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 398p.
9. SANSALONE, J. J.; CRISTINA, C. M. 2004. *First Flush* Concepts for Suspended and Dissolved Solids in Small Impervious Watersheds. *J. Environ. Eng.*, v. 130, n. 11, p.1301-1314.
10. SILVA, S. T. B. Uso urbano não potável de água de lagoas do sistema de drenagem de Natal. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2011.
11. TOMAZ, P. Poluição Difusa. Editora Navegar, 2006. 1º ed.
12. VALDERRAMA, J. C. (1981). The simultaneous analysis of total N and total P in natural waters. *Mar. Chem.* 10: 109 – 122.