

## VI-163 - AVALIAÇÃO DE CARGAS POLUIDORAS DIFUSAS DE SÓLIDOS EM UMA MICROBACIA DE DRENAGEM URBANA

**Bráulio Magalhães Carvalho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental.

**Rafles Anselmo da Mata**

Engenheiro Ambiental. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

**Renato de Carli Almeida Couto**

Engenheiro Ambiental. Pós-Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC.

**Paulo de Castro Vieira**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Doutorando e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia MG-120, km 356, Posto Mangueiras – Ferros – Minas Gerais – CEP: 35800-000 – Brasil – Tel.: (31) 9779-0020 – e-mail: [brauliomcarvalho@yahoo.com.br](mailto:brauliomcarvalho@yahoo.com.br).

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar a carga poluidora difusa de sólidos totais, em uma microbacia de drenagem da área urbana do município de Itabira/MG. A metodologia se descreve na análise morfométrica das características da microbacia de drenagem. Com auxílio do ArcGIS 9.3 foram levantadas informações topográficas da área de estudo como: a determinação da área da bacia, declividade média, comprimento do talvegue, análise de uso e ocupação do solo, dentre outras. A determinação de sólidos totais seguiu a metodologia de análise de sólidos totais proposta por *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005). Com a mensuração desta concentração, associada à vazão do escoamento superficial, se obteve a carga dos sólidos totais carregados. Após esta etapa foi realizado o cálculo do tempo de concentração e analisado pelos métodos de Kirpich, Ven Te Chow e Picking. A vazão de abrangência à área de drenagem foi determinada pelo método racional para cálculo de vazão de escoamento superficial o qual relaciona o coeficiente de escoamento superficial C, que foi estabelecido conforme critério de Fruhling, que analisa as características de uso e ocupação, com relação à intensidade de precipitação horária e a área da bacia, sendo esta vazão expressa em m<sup>3</sup>/s. Com os dados de vazão do escoamento superficial, e com a concentração de sólidos totais, pôde-se mensurar a carga de sólidos totais carregados pelo escoamento superficial na microbacia de drenagem estudada no município de Itabira/MG. A contribuição de carga poluidora difusa na microbacia de drenagem estudada foi de 11.317,80 Kg/ha.ano, sendo que desde valor, 99,9% correspondem aos sólidos fixos totais, e apenas 0,1% se constituem de sólidos totais voláteis. Com isso, acredita-se que o escoamento superficial exerce influência na geração de carga poluidora de sólidos, sendo que as primeiras taxas de escoamento superficial possuem maior capacidade de carregamento de sólidos, associado com a disposição destes na superfície. Ou seja, quando a disposição de sólidos é favorável, maior será a carga poluidora, impulsionada pela vazão do escoamento superficial. Esta relação tende a diminuir após as primeiras incidências de escoamento superficial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição difusa, Drenagem pluvial, Carga.

### INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações mundiais na atualidade, e vem a cada dia crescendo, especificamente no Brasil, é a questão hídrica, em especial no que se refere à qualidade dos corpos hídricos.

Grande parte da degradação hídrica é consequência de processos de urbanização. Os centros urbanos por uma questão histórica se desenvolveram nas proximidades dos corpos hídricos, e com o passar do tempo, com a expansão tecnológica e urbana, as cidades passaram a ser contempladas com obras como: pavimentos, pontes e infraestrutura de saneamento, como por exemplo, a drenagem de águas pluviais e esgotamento sanitário.

Muito se preocupa com relação ao tratamento dos efluentes poluidores dos corpos hídricos, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário, mas pouco se estuda sobre um importante fator contribuinte para

degradação da qualidade da água, que é a poluição de origem difusa, ocasionada nos centros urbanos, principalmente pelo escoamento superficial, associados às redes de drenagem pluvial urbana.

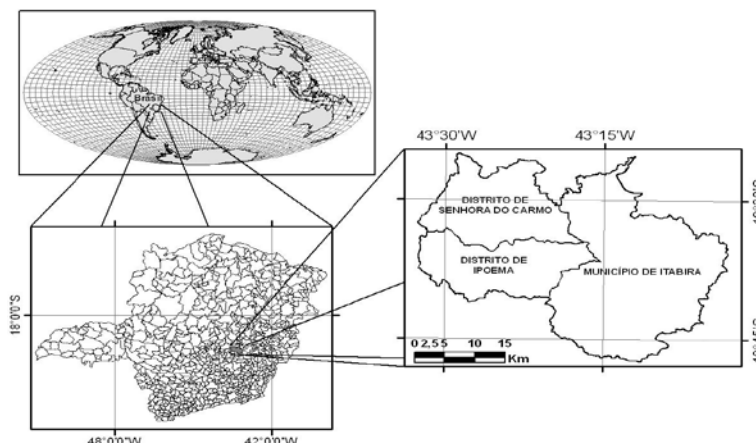
No Brasil, de uma maneira geral, o foco ainda é o controle da poluição de origem pontual, ao contrário de alguns países desenvolvidos que já estudam sobre o controle da poluição de origem difusa, segundo Von Sperling (2005) ainda é pequeno o número de estudos relacionados à carga de sólidos promovida pelo escoamento superficial em áreas urbanas, sendo esta carga responsável por grande parte da poluição hídrica de origem difusa. No cenário nacional, para que se possa ter uma noção deste potencial poluidor é necessário inicialmente avaliá-lo e quantificá-lo.

Sendo assim, este trabalho tem por finalidade avaliar as cargas poluidoras difusas de sólidos totais, geradas pelo escoamento superficial, em uma microbacia de drenagem urbana, contribuinte do córrego Água Santa, principal corpo hídrico receptor da água pluvial oriunda do escoamento superficial do perímetro urbano da cidade de Itabira/MG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

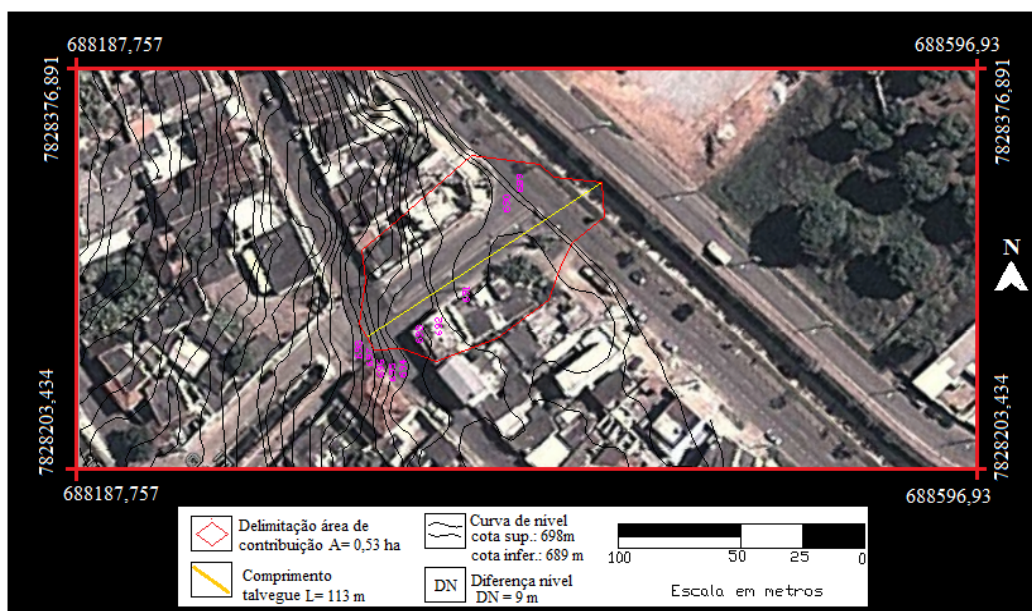
Este trabalho foi executado em uma microbacia de drenagem pluvial, localizada no bairro Praia, no município de Itabira/MG. O município de Itabira possui área de aproximadamente 1.256,5 Km<sup>2</sup> e esta localizada na região central do Estado de Minas Gerais (figura 1), a cerca de 102 km da capital mineira Belo Horizonte. Está inserido no quadrilátero ferrífero, e se destaca pela exploração mineral, principalmente do minério de Ferro. No município predomina o clima tropical de altitude. Possui um arranjo topográfico acidentado, intercalado com pequenas áreas planas.



**Figura 1: Localização do município de Itabira, estado de Minas Gerais, Brasil.**

A caracterização física e o uso e ocupação do solo, são fatores relevantes para avaliar a influência do escoamento superficial, bem como a geração de carga poluidora de sólidos em microbacias de drenagem.

A área apresentada na figura 2, e destacada pelo polígono em vermelho foi selecionada por uma particularidade de possuir uma micro região de drenagem, cuja linha de drenagem atua somente recolhendo a contribuição da área em destaque, certamente facilitando a análise dos fatores interferentes no processo de mensuração da carga de sólidos e a sua relação com a vazão de escoamento superficial gerada a partir da precipitação das chuvas.



**Figura 2: Microbacia de drenagem no bairro Praia em Itabira/MG.**

A área estudada caracteriza-se em termos topográficos, desnível de 9 metros, sendo a cota superior de 698 metros e a cota inferior de 689 metros e área de 0,53 hectares com comprimento do talvegue de 113 metros, importante dado relacionado ao tempo de concentração.

## PROCEDIMENTOS

A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa consiste inicialmente na análise morfométrica das características da microbacia de drenagem, a fim de se conhecer a situação atual da bacia, bem como caracterizar a área de estudo para melhor compreensão e interpretação dos resultados.

Para realização da análise morfométrica foi realizado um caminhamento em campo. Além disso, foram levantadas informações de topografia da área de estudo como: a determinação da área da bacia, declividade média, comprimento do talvegue, análise de uso e ocupação do solo, dentre outras. Estes dados foram processados com auxílio do ArcGIS 9.3, e imagens de satélite, obtidas por meio do Google Earth.

Os procedimentos para determinação de sólidos totais foram realizados por meio de coletas de alíquotas de água do escoamento superficial na saída da rede de drenagem receptora do escoamento superficial da área de estudo, no momento de ocorrência da chuva. Posteriormente estas alíquotas foram encaminhadas para análise em laboratório, a fim de constatar a concentração de sólidos totais carregados. Com a mensuração desta concentração, associada à vazão do escoamento superficial, se obteve a carga dos sólidos totais carregados.

Ressalta que as coletas foram intercaladas ao longo das chuvas ocorrentes em intervalos de 15 minutos e que as análises, feitas em laboratório, seguiram a metodologia de análise de sólidos totais proposta por *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005).

Após esta etapa foi realizado o cálculo do tempo de concentração e analisado pelos métodos de Kirpich, Ven Te Chow e Picking, aonde foram consideradas as características físicas da bacia, como a área, declividade e comprimento do talvegue, dimensionada por meio do programa computacional ArcGIS 9.3, relacionando as informações topográficas e hidrográficas com a imagem de satélite da área de estudo. Assim pôde-se assegurar que toda a bacia contribua em momentos distintos do evento chuvoso com intervalos de 15 minutos.

Portanto, para a determinação da carga de poluentes foi necessário conhecer a vazão de precipitação ocorrente em determinado período de chuva. Tal informação se deu mediante a utilização do monitoramento dos índices de precipitação, bem como a determinação da vazão de escoamento superficial, obtido pelo modelo matemático do método racional. A intensidade de precipitação horária foi analisada conforme relatório de pluviometria

emitido pela empresa Vale (2012) nos pluviômetros CAUPL002 - PLUVCA - PLUVIOMETRO CAUÊ e CCEPL001 - PLUVCE - PLUVIÔMETRO - CONCEIÇÃO.

O método racional para cálculo de vazão de escoamento superficial relaciona o coeficiente de escoamento superficial  $C$ , que foi estabelecido conforme critério de Fruhling, que analisa as características de uso e ocupação, com relação à intensidade de precipitação horária e a área da bacia, sendo esta vazão expressa em  $m^3/s$ .

Assim, com os dados de vazão do escoamento superficial, e com a concentração de sólidos totais, pôde-se mensurar a carga de sólidos totais carregados pelo escoamento superficial na microbacia de drenagem estudada no município de Itabira/MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização física e o uso e ocupação do solo são fatores relevantes para se avaliar a influência do escoamento superficial, bem como a geração de carga poluidora de sólidos em microbacias de drenagem. A carga poluidora de sólidos foi determinada de acordo com os procedimentos propostos por Sperling (2005), aonde se relaciona a concentração de poluentes e a vazão de escoamento superficial, obtendo-se os valores apresentados na tabela 1.

**Tabela 1: Valores de sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis.**

Parâmetros	Concentração média (mg/L)	Carga horária na bacia (kg/h)	Carga anual na bacia (kg/ano)	Carga (kg/ha.ano)
Sólidos Totais	806,57	2,0828	5998,44	11317,80
Sólidos Fixos	806,50	2,0826	5997,88	11316,75
Sólidos Voláteis	0,15	0,0002	1,03	1,95

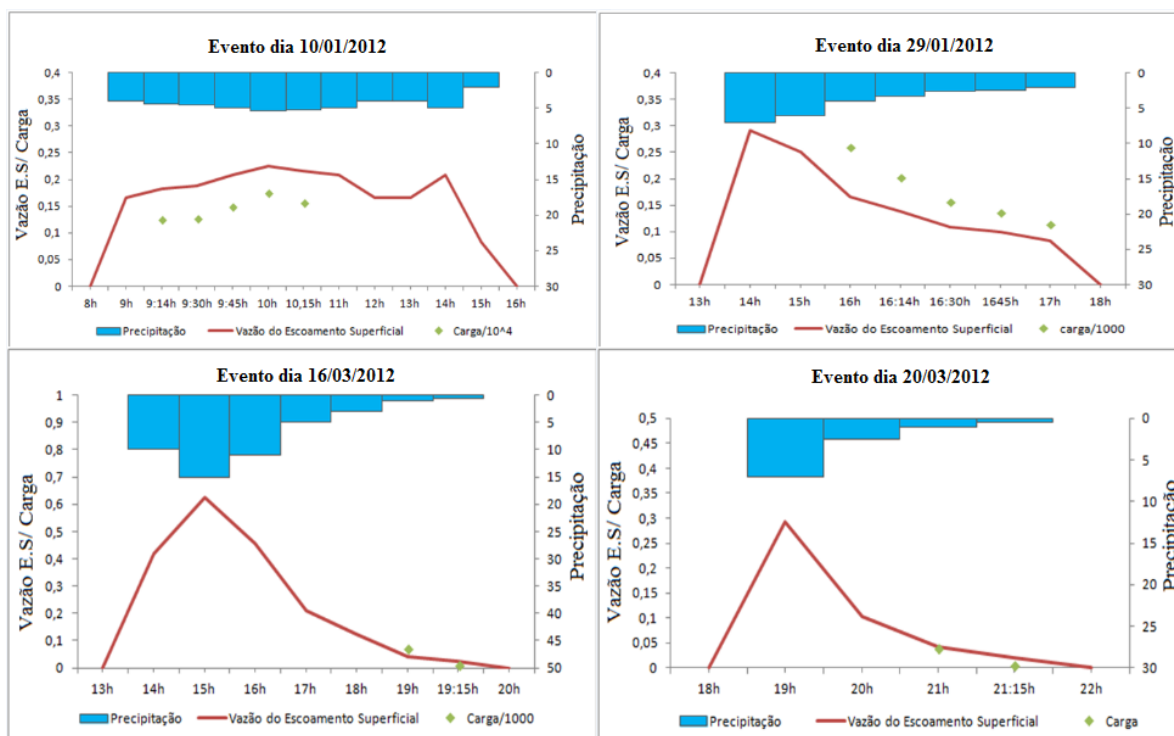
A tabela acima apresenta os valores médios de concentração de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis, aonde se pôde observar a concentração de sólidos totais no valor de 806,57 mg/L, sendo a maior parte desta concentração sólidos fixos. Acredita-se que isso ocorre devido os poluentes sólidos apresentarem características inorgânicas.

Também pode-se observar os valores da carga de sólidos, sendo esta carga expressa em carga horária, aonde se possibilita uma melhor interpretação dos valores de carga poluidora de sólidos, analisada por evento chuvoso e carga anual, possibilitando uma melhor visualização à contribuição de poluentes sólidos de maneira mais ampla, assim como os valores apresentados de contribuição de carga por unidade de área.

A carga horária de sólidos totais mensuradas corresponde a 2,0828  $kg/m^3.h$ , sendo que cerca de 99,9% desta carga se consiste em sólidos fixos, e 0,1% corresponde a sólidos voláteis. Para a determinação da carga anual foi considerado o ano hidrológico, sendo constituído por quatro meses de período chuvoso, típico da região sudeste brasileira. Desta forma, foi possível a obtenção parcial da carga de contribuição anual da microbacia estudada, expressa em 5.998,44  $kg/m^3.ano$ . Após a determinação da carga anual estimou-se a contribuição anual por unidade de área, sendo esta correspondente a 11.317,80  $kg/ha.ano$ .

A quantificação de cargas poluidoras de sólidos consiste na concentração de poluentes sólidos e da vazão do escoamento superficial. Sendo assim, foi ilustrada graficamente a relação entre as variáveis de carga e vazão do escoamento superficial, para que se possa avaliar a influência desta vazão de escoamento na carga de sólidos totais (figura 3).

A figura 3 ilustra a precipitação e a relação gráfica da vazão de escoamento superficial e da carga poluidora de sólidos em quatro eventos chuvosos distribuídos no período chuvoso do ano hidrológico, sendo um evento coletado no início do período chuvoso, dois eventos intermediário e um evento já no final do período chuvoso, considerando que esta estação chuvosa do ano de 2011/2012 representou uma situação atípica, aonde os eventos chuvosos se iniciaram mais tarde, por volta do final de dezembro e janeiro, e delongaram-se até março, com um longo veranico em fevereiro.



**Figura 3: Relação Vazão do escoamento superficial X Carga poluidora de sólidos totais.**

Para o evento ocorrido no dia 10/01/2012, os resultados obtidos pelas coletas totalizam 5 amostras coletados em 1 hora de precipitação. Neste evento foram coletadas amostras de água oriundas do escoamento superficial no momento inicial da precipitação. Observou-se na curva do polutograma que o início da precipitação proporcionou altos valores de cargas poluidoras até um certo momento aonde este polutograma atinge o seu valor máximo, e posterior declínio, obtendo o mesmo comportamento da vazão do escoamento superficial. Este evento chamou a atenção pelo elevado valor da carga poluidora por ter ocorrido no início do período chuvoso.

Este comportamento exercido na situação supracitada apresenta valores relativamente altos de carga poluidora de sólidos. Isso ocorre provavelmente pela lavagem inicial dos sólidos depositados nos períodos entre chuvas no solo, sendo este o maior potencial de carreamento de sólidos pela elevação da vazão do escoamento superficial, ocasionado por maiores índices de precipitação.

Esta observação, em termo da lavagem inicial de sólidos, ocorre conforme a teoria da “carga de lavagem” do inglês *First Flush*. Já o potencial de carreamento do sólido ocorre pela elevação da vazão do escoamento superficial, podendo ainda estar associada à urbanização, com o aumento da possibilidade de carreamento de sólidos oriundos do incremento desta vazão.

Nota-se para o evento do dia 29/01/2012, as análises de carga foram feitas em um período médio da distribuição da chuva no evento, e o polutograma de carga poluidora de sólidos, apresenta-se em queda, assim como a vazão do escoamento superficial no momento das coletas, porém percebe-se que a curva do polutograma aproximou-se da curva de vazão do escoamento superficial. Possivelmente o polutograma estava em queda devido às coletas serem feitas após a lavagem inicial dos poluentes sólidos contidos no solo, e a curva do polutograma tende a aproximar-se da curva de vazão do escoamento superficial, devido a esta lavagem inicial ter sido ocorrido, assim os poluentes tendem a diluir na vazão do escoamento superficial.

Alguns autores esclarecem que a lavagem inicial dos poluentes sólidos contidos no solo, que por sua vez representa o pico da carga poluidora, ocasionado pelas primeiras taxas de escoamento superficial, e que após a lavagem inicial as concentrações de poluentes tendem a cair pelo processo de diluição na vazão do escoamento superficial.



Os resultados das coletas realizadas nos dias 16/03/2012 e 20/03/2012 se apresentam de forma análoga aos valores de carga poluidora de sólidos muito reduzidos. Atribui-se a este fato as coletas terem sido realizadas no final do evento chuvoso, aonde os valores de carga de poluentes de sólidos tendem a se apresentar menores, devido já ter ocorrido à lavagem inicial dos poluentes da superfície pelas primeiras taxas de escoamento superficial. Também os valores reduzidos da carga de poluentes podem apresentar uma estreita relação pelo fato de os eventos ilustrados para os eventos nos dias 16/03/2012 e 20/03/2012, corresponderem ao final da estação chuvosa, sendo que a lavagem inicial dos poluentes acumulados entre chuvas ocorreram nos primeiros eventos do período chuvoso.

Esta relação de maiores valores de carga poluidora no início do período chuvoso e também no início dos eventos chuvosos relaciona-se a potencialidade das primeiras taxas de vazão do escoamento superficial no transporte de poluentes sólidos em maior concentração em áreas urbanas, como descrito pela teoria do *first flush*, que é a lavagem inicial dos poluentes contidos na superfície pelo período entre chuvas e pelas primeiras precipitações, e consequentemente as primeiras taxas de escoamento superficial.

Constatou-se que o escoamento superficial exerceu influência na geração de carga poluidora de sólidos, sendo que as primeiras taxas de escoamento superficial possuíram maior capacidade de carreamento de sólidos, associado com a disposição destes sólidos na superfície. Isso significa que quando a disposição de sólidos é favorável, maior será a carga poluidora impulsionada pela vazão do escoamento superficial, e esta relação tende a diminuir após as primeiras taxas de escoamento superficial.

Pôde-se evidenciar também que a microbacia de drenagem estudada interferiu na vazão do escoamento superficial por a mesma apresentar-se em condição urbanizada, com a presença de calçadas e com características que associam-se a um valor de coeficiente de escoamento superficial C relativamente alto.

## CONCLUSÕES

Na avaliação da carga poluidora difusa de sólidos na microbacia de drenagem, na cidade de Itabira-MG, foi evidenciado um valor de contribuição de carga na microbacia estudada de 11.317,80 kg/ha.ano, sendo que, deste valor 99,9% dos sólidos totais são sólidos totais fixos, e apenas 0,1% se constituem de sólidos totais voláteis.

Este valor de carga de sólidos totais está diretamente relacionado com a influência exercida pela vazão do escoamento superficial, sendo mais evidente durante os primeiros eventos chuvosos, onde se concentram maiores disposições de sólidos acumulados no período entre chuvas, ocasionado pelo uso e ocupação do solo.

Com isso, conclui-se que o escoamento superficial exerce influência na geração de carga poluidora de sólidos, sendo que as primeiras taxas de escoamento superficial possui maior capacidade de carreamento de sólidos, associado com a disposição destes sólidos na superfície, ou seja, quando a disposição de sólidos é favorável, maior será a carga poluidora, impulsionada pela vazão do escoamento superficial. Esta relação tende a diminuir após as primeiras incidências de escoamento superficial.

No caso específico da microbacia estudada, conclui-se que o uso e a ocupação do solo influenciam na vazão do escoamento superficial. A disposição dos sólidos na microbacia, por sua vez, foi influenciada por atividades externas a microbacia de drenagem estudada.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio e incentivo realizado pela FAPEMIG, na participação deste evento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, T. R.; et al. Estudo sobre os resíduos encontrados no sistema de drenagem no município de Sorocaba-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., Porto Alegre. Anais... 2011.
2. PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D.. Escoamento superficial. Ed. UFV. Viçosa/MG, 2004.

3. RIGHETTO, A. M. (Coord.). Manejo de águas pluviais urbanas. Natal: PROSAB, 2009.
4. SPERLING, M. V.. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. v. 1.
5. TOMAZ, P.. Poluição difusa. São Paulo: Navegar, 2006.
6. TUCCI, C. E. M.. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2009.