



## Estudo de impacto ambiental de um sistema de drenagem pluvial

**Andressa Paolla Hubner da Silva<sup>1</sup>, Rutinéia Tassi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria (andressaphubner@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria (rutineia@gmail.com)

### Resumo

O desenvolvimento social e econômico do Brasil nos últimos anos vem ocasionando grandes mudanças no meio ambiente, principalmente em relação ao aumento do escoamento superficial, alterações no destino das águas pluviais e modificações na qualidade da água. Logo que se inicia um processo de urbanização é possível verificar impactos ambientais, que vão crescendo à medida que a área impermeabilizada aumenta. Dentro dessa ideia, este artigo apresenta um estudo de impacto ambiental de um sistema de drenagem pluvial dimensionado de maneira convencional para um loteamento localizado no município de Porto Alegre – RS. Para isso, o estudo se concentrou na avaliação dos impactos ambientais a partir de uma matriz adaptada do modelo de Leopold. A análise permitiu identificar possíveis impactos e conflitos e propor medida de controle para o aumento do escoamento superficial.

Palavras-chave: Urbanização. Escoamento Superficial. Drenagem Urbana.

Área Temática: Impactos Ambientais

## Environmental impact study due to stormwater system

### *Abstract*

*The social and economic development of Brazil in recent years has been causing great changes in the environment, mainly in relation to increased surface runoff, changes in the destination of rainwater and changes in water quality. Once an urbanization process is initiated, it is possible to verify environmental impacts, which increase as the waterproofed area increases. Within this idea, this article presents an environmental impact study of a pluvial drainage system dimensioned in conventional manner for a subdivision located in the city of Porto Alegre - RS. For this, the study focused on the evaluation of environmental impacts from a matrix adapted from the Leopold model. The analysis allowed identifying possible impacts and conflicts and proposing control measures to increase surface runoff.*

*Key words:* *Urbanization. Surface runoff. Urban Drainage*

*Theme Area:* *Environmental impacts*



## 1 Introdução

O aumento das áreas impermeáveis, devido ao grande crescimento da população urbana, vem causando diversos problemas ambientais, sobretudo, impactos relacionados ao sistema hídrico (TUCCI, 2008). A ocupação do solo urbano sem controle, e as alterações do escoamento e destino das águas pluviais, sobrecarregam o sistema de drenagem urbana por meio do aumento da incapacidade de infiltração da água no solo, refletindo na vazão do corpo receptor e causando inundações. Dentro deste contexto, é evidente a importância de um estudo de impacto ambiental associado à criação de novos loteamentos para moradias.

Segundo SANCHÉZ (2008) para elaboração do estudo, algumas etapas são essenciais, como, diagnóstico ambiental e identificação e avaliação dos impactos ambientais, pois é a partir disso que poderá ser elaborado a proposição de medidas preventivas ou de controle.

Muitas medidas são necessárias para resolver problemas relacionados a drenagem urbana. Ahiablame et al. (2012) apontam uma preocupação crescente em tratar o problema perto da fonte geradora dos escoamentos, de forma a diminuir os picos de cheia readequando a eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem, sendo ideal soluções que evitem a transferência dos impactos para jusante.

## 2 Metodologia

Para realização deste estudo, foi selecionada uma microbacia dentro do município de Porto Alegre (RS). Neste local foi dimensionado um sistema de drenagem pluvial de maneira convencional para um loteamento e a partir disso, realizado um estudo de impacto ambiental com posterior proposição de medida de controle.

### 2.1 Sistema de drenagem urbana convencional proposto para o loteamento

A proposta do sistema de drenagem pluvial para o loteamento foi feita em duas etapas. A primeira constitui na subdivisão da área, traçado preliminar da rede e determinação da configuração urbanística do loteamento com base no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (2005).

A partir da Figura 1 é possível observar o loteamento em estágio de pré-ocupação, com as ruas diretrizes 6356 e 7182, as manchas de vegetação em verde, as curvas de nível em rosa e, em azul, os planos de escoamento natural da água nesta área.

A segunda etapa do processo se deteve na determinação das vazões efluentes a rede de condutos. Para determinação da vazão de projeto, foi utilizado o método racional, largamente utilizado para pequenas bacias. Para essa determinação utilizou-se a Equação Intensidade – Duração – Frequência (IDF) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) (PORTO ALEGRE, 2005), considerando período de retorno de 10 anos.

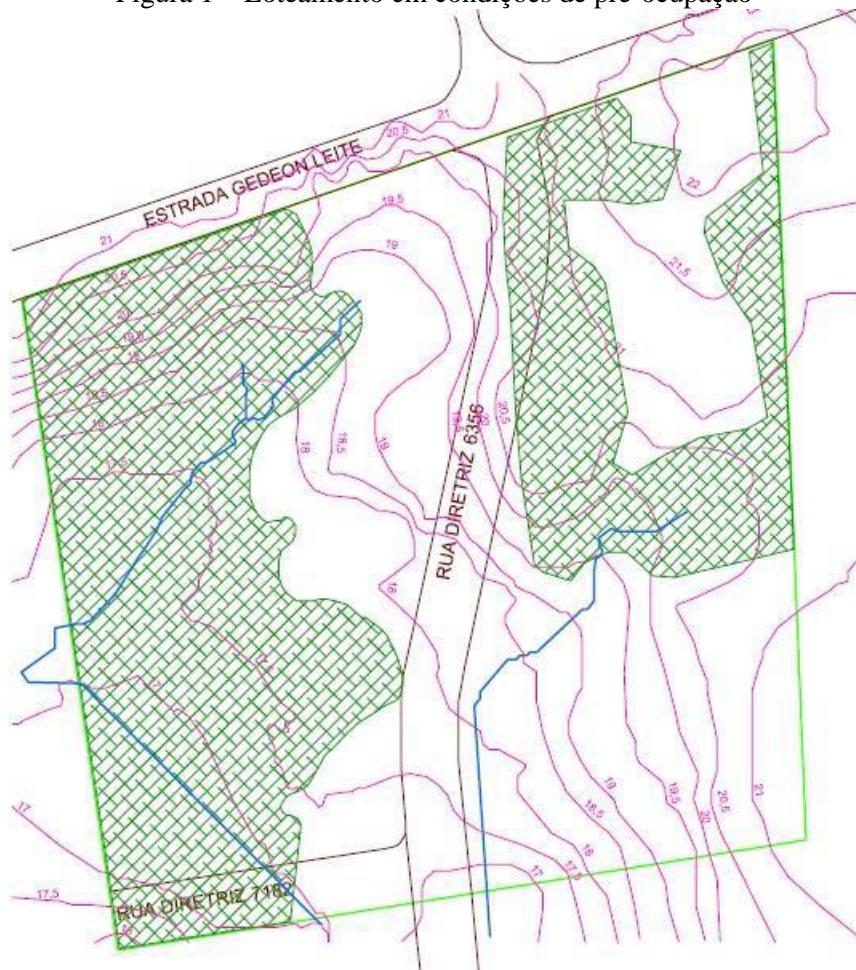
A fórmula utilizada para cálculo do tempo de concentração foi a de Carter, que alcançou melhor desempenho em um número maior de bacias (Silveira, 2005). Quanto ao coeficiente de escoamento, foi considerado 0,90 para ruas, calçadas e telhados, e 0,30 para áreas permeáveis.

O traçado preliminar da rede foi realizado com base na topografia disponível, localizando os poços de visita e bocas de lobo de acordo com a vazão a ser drenada.

A vazão máxima de restrição ao loteamento foi calculada seguindo o estabelecido pelo Decreto Nº 15.371 (PORTO ALEGRE, 2006). Com a diferença da vazão de saída do loteamento após a introdução do sistema de drenagem pluvial e da vazão máxima de restrição efluente obteve-se o impacto transferido a jusante.



Figura 1 – Loteamento em condições de pré-ocupação



## 2.4 Estudo de Impacto Ambiental

Para identificação dos impactos ambientais referentes ao sistema de drenagem pluvial proposto para o loteamento, uma Matriz de Leopold foi elaborada com as principais etapas e processos envolvidos, sendo esta preenchida por especialistas. Os fatores ambientais físico, biótico e social foram confrontados com os processos desenvolvidos nas diferentes fases do processo de implementação do sistema de drenagem para o loteamento estudado.

As células de cruzamento indicam a magnitude e o caráter positivo ou negativo do impacto, de acordo com o que é esperado. Sinal positivo, o processo causa um impacto positivo com relação ao fator, e sinal negativo, um impacto de caráter negativo. A magnitude do impacto foi expressa em nota 1, 5 ou 10, sendo que indicam impactos de baixa, média e alta magnitude, respectivamente.

Para obtenção do resultado, foram somados os valores dos impactos positivos e subtraídos os impactos negativos. Os impactos ambientais negativos referentes ao aumento do escoamento superficial receberam destaque e, para estes, foi proposto uma medida de controle, de forma que seu caráter degradador fosse eliminado, reduzido ou compensado.

## 2.5 Dimensionamento do sistema de controle proposto: bacia de detenção

A determinação do volume necessário da bacia de detenção foi feita com base em McCUEN (1989), esse método é baseado na hipótese que este volume a armazenar é igual à diferença entre os hidrogramas de pré e pósurbanização.

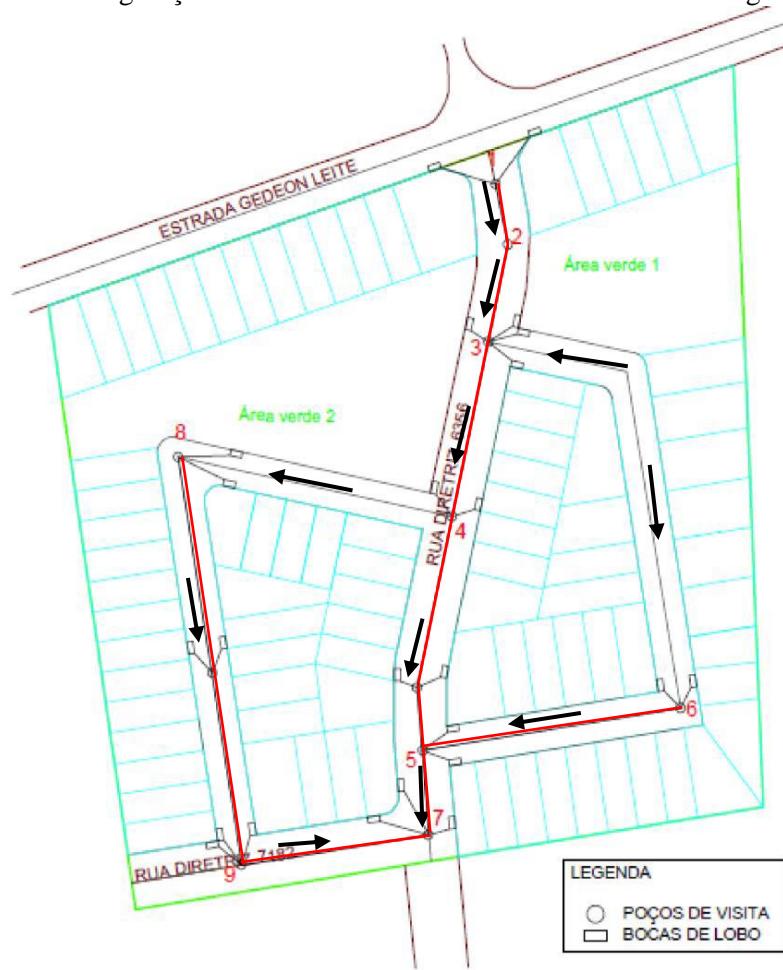


### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Configuração urbanística do loteamento e Sistema de drenagem proposto

A configuração urbanística adotada para o loteamento determinou a localização das ruas e ocupação e divisão dos lotes, como mostra a Figura 2, além disso, é possível observar na mesma figura, o sistema de drenagem proposto (em vermelho) com a disposição das bocas de lobo e dos poços de visita.

Figura 2 - Configuração urbanística do loteamento e sistema de drenagem proposto



As vias de acesso foram dispostas a partir das ruas diretrizes, e os lotes, total de 87, apresentam dimensões aproximadas de 10x30m. O sistema de drenagem pluvial foi planejado de forma homogênea, proporcionando a todas as áreas condições de drenagem. Como resultado, nos trechos iniciais a água consegue escoar superficialmente pelas sarjetas sem a necessidade de implantação da rede. Já, quando a vazão do trecho ultrapassa a vazão das sarjetas, a implantação da rede foi necessária.

#### 3.2 Vazão efluente ao loteamento após o processo de urbanização

A máxima vazão de restrição obtida para o loteamento, calculada a partir de sua área (5ha), ficou em 104l/s, e a vazão efluente após o processo de urbanização e implementação do sistema de drenagem pluvial foi calculada em 1060,5l/s. Sendo assim, essa diferença,



956,5l/s, constitui o impacto transferido para jusante.

### 3.3 Matriz preliminar adaptada do modelo de Leopold para o sistema de drenagem pluvial

A elaboração da matriz adaptada do modelo de Leopold, para quantificar os impactos positivos e negativos, confrontou os processos envolvidos nas fases de instalação (supressão da vegetação, ruído e vibração, escavação, estruturas subterrâneas, transporte de materiais e disposição de resíduos) e operação (urbanização, canalização da água, alteração da drenagem, modificação do fluxo da água e modificação da vazão do rio) do sistema de drenagem pluvial em estudo, com os fatores ambientais que poderão sofrer alterações.

Os fatores ambientais físicos, englobam principalmente o solo e a água, os abordados foram: topografia, erosão, deposição, assoreamento, qualidade do solo, estabilidade, qualidade da água, infiltração, vazão de escoamento superficial, recarga subterrânea, e vazão do curso d'água.

Um outro importante fator ambiental que foi analisado na avaliação de impactos ambientais do empreendimento foi o fator biótico, ou seja, os seres vivos, divididos em dois grandes grupos, fauna e flora.

Além desses, os fatores sociais foram de extrema importância na hora de avaliar os impactos ambientais, pois revelam as alterações que poderão ser sentidas pela população que reside no local ou próximo ao empreendimento, os elencados neste estudo foram: risco de inundação, saúde e bem estar, geração de emprego, estrutura e valor patrimonial.

O preenchimento da matriz foi realizado por diferentes especialistas a fim de obter uma visão multidisciplinar sobre o assunto que receberam as seguintes denominações: Especialista 1 (E-1) - Engenheira Agrônoma, mestre e doutora em Ciência do Solo; Especialista 2 (E-2) - Engenheiro Civil; Especialista 3 (E-3) - Engenheiro Civil, mestre e doutorando em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental; Especialista 4 (E-4) - Engenheira Florestal e Engenheira Agrônoma, mestre e doutora em Ciência do Solo; Especialista 5 (E-5) - Acadêmica de Engenharia Sanitária e Ambiental.

### 3.4 Análise dos resultados da Matriz

A partir dos 5 especialistas que preencheram a matriz, cinco resultados diferentes do mesmo modelo de matriz adaptado para um sistema de drenagem pluvial foram obtidos. Analisando a soma final de cada preenchimento, tabela 1, verifica-se que os números finais são todos negativos, concluindo-se assim, que os impactos ambientais negativos superam os positivos.

Tabela 1 – Soma final das células de cruzamento da matriz adaptada por especialista

<b>Especialista</b>	<b>Soma final dos resultados obtidos na matriz</b>
1	-124
2	-410
3	-746
4	-445
5	-365
<b>Média</b>	<b>-418</b>



É visto uma relevante variação nos resultados obtidos, mostrando a dificuldade de igual compreensão em todos os parâmetros pelos especialistas, visto que, o método utilizado, baseia-se em diferentes opiniões que são expressas com base em diferentes experiências e conhecimentos.

Para interpretação dos resultados, foi elaborada uma matriz resultante com a média aritmética dos valores não nulos, obtidos em cada célula de cruzamento das matrizes preenchidas por todos os especialistas (Figura 3). A cor verde foi usada para identificação dos impactos positivos cuja média resultou em um número maior ou igual a 5, e a cor vermelha, para impactos negativos com média menor ou igual a -5.

Figura 3 – Matriz final resultante

Processos		ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL DE UM LOTEAMENTO																		
		Meio Físico						Meio Biótico			Meio social									
Implantação	Fatores ambientais	Topografia	Erosão	Deposição	Assoreamento	Qualidade do solo	Estabilidade	Qualidade da água	Infiltração	Vazão de escoamento superficial	Recarga subterrânea	Vazão do curso d'água	Flora	Fauna	Riscos de inundação	Saúde e bem estar	Emprego	Estrutura	Valor patrimonial	
	Supressão da vegetação	-2	-10	-8	-9	-6	-6	-8	-6,2	-6,2	-6,2	-4,4	-10	-10	-6,2	-5,4	3,4	0,6	-1	
	Ruído e vibração					-0,2	-0,2								-7,2		-9	2,2	-0,2	0,2
	Escavação	-7	-9	-7	-8	-8	-8	-6,2	-7,2	-6,2	-6,2	-6,2	-7	-9	-6	-2,6	6	2,4	2,4	
	Estruturas subterrâneas	-1	-0,4	-0,2	-0,4	-2,2	-1,6	-3	-4,4	-4	-4,4	-6,2	-2,4	-2,6	2,8	5	6	5	5	
	Transporte de materiais	-0,6	-0,8	-2,6	-0,8	-2,4	-0,6	-3,2	4	-4	-2,4	-3,2	-2,4	-6	-1,4	-5,4	6	1,4	0,6	
	Disposição de resíduos	-0,8		-0,6	-0,6	-2,4	-0,2	-6	-0,8	-0,2	-0,6	-0,4	-2,2	-4,2	-0,8	-5,4	5,4	-0,4	1,2	
Operação	Urbanização	-2,8	-0,6	-1,6	-1,8	-6,2	-0,8	-8,2	-8,2	-8,2	-9	-8	-7,2	-8	-5,2	3	9	8	9	
	Canalização	-2,2	-1,2	-0,6	-0,4	-1,2	-0,8	-6	-7	-3,8	-8	-9	-0,8	-0,8	8	8,2	6,2	7	8	
	Alteração da drenagem	-1,2	-0,2	-0,4	-0,2	-2		-4,4	-7,2	-3	-9	-8	-1,6	-1,6	8	6	3	6	6	
	Modificação do fluxo da água	-1,2	-0,2	-1,2	-1,4	-0,4	-0,4	-4,4	-6,2	-5	-8	-7,2	-1,6	-2,6	5	5	3	4	3,2	
	Modificação da vazão do rio	-0,6	-3,2	3	-3	-0,8	-1,6	-4,4	-4,4	-6,2	-5,2	-7	-2,6	-4,2	-10	-9	1,4	-4	-4	

A partir da matriz resultante, na fase de implantação do sistema, os processos geradores de um maior número de impactos negativos significativos foram “supressão da vegetação” e “escavação”. Considerando os impactos positivos, o processo melhor avaliado foi “estruturas subterrâneas”, afetando positivamente todos os fatores sociais.

Com relação a fase de operação, avaliando o meio físico e o biótico, todos os processos resultaram em impactos negativos, sendo todos significativos nos fatores relativos a



“recarga subterrânea” e a “vazão do curso d’água”. Analisando o meio social, a grande maioria dos impactos foi positivo, exceto os impactos resultantes do processo “modificação da vazão do rio”.

### 3.5 Medida de controle proposta

Apenas o cruzamento “meio social x fase de operação” foi selecionado para determinação da medida de controle. É possível observar que a maioria dos processos na fase de operação do sistema de drenagem pluvial provocam impactos positivos no fator social, contudo, um processo se contrasta: modificação da vazão do rio, ocasionando, em sua maioria, impactos negativos.

Pela análise dos resultados obtidos nesse cruzamento, é possível verificar que os fatores: “risco de inundações” e “saúde e bem-estar”, obtiveram os impactos negativos mais significativo. Esses impactos são ocasionados pelo aumento da vazão de escoamento superficial na fase de operação do sistema, que sobrecarrega o rio receptor, provocando aumento dos picos dos hidrograma de cheias, em face do aumento da área impermeabilizada da bacia, da redução de seu tempo de concentração e da eliminação de armazenamentos naturais.

Entre as principais medidas que podem ser adotadas para o controle dessa vazão está o uso de bacias de detenção, reservatórios de armazenamento capazes de redistribuírem as vazões ao longo de um tempo maior, formando um volume útil temporário com parte do escoamento superficial, controlando a vazão do rio. Sendo assim, está foi a medida proposta, pois apresenta grande aplicabilidade neste caso.

### 3.6 Dimensionamento do sistema de controle proposto

Considerando a vazão de restrição do loteamento correspondente a vazão de pré-urbanização de 104 l/s, a vazão efluente ao loteamento após o processo de urbanização equivalente à de pós-urbanização de 1060,5 l/s, e o tempo de concentração como tempo de concentração final de 10,78 min, calculado como descrito anteriormente, o volume necessário da bacia de detenção para o controle da vazão excedente é de aproximadamente 1238 m<sup>3</sup>.

Com a introdução de uma bacia de detenção na saída do loteamento, muitos dos impactos negativos alusivos ao processo “modificação da vazão do rio” são eliminados (considerando uma chuva com tempo de retorno igual a 10 anos). Esse sistema, devidamente implantado e operando corretamente, redistribuirá as vazões ao longo de um tempo maior, fazendo com que a vazão de saída do loteamento seja a mesma da de restrição, sendo assim, a vazão do corpo receptor será contida e não mais acarretará em danos a jusante no que diz respeito aos fatores: “risco de inundações”, “saúde e bem-estar”, “estrutura” e “valor patrimonial”.

Além desses, outros impactos negativos poderão ser controlados ou mitigados a partir do controle da vazão do corpo receptor, como por exemplo, os referentes aos fatores ambientais: “erosão”, “deposição”, “assoreamento”, “qualidade da água”, “recarga subterrânea” e “vazão de escoamento superficial”.

## 4 Considerações finais

Como pôde ser visto na avaliação de impacto realizada nesse estudo, a implantação de um sistema de drenagem pluvial gera impactos a jusante, pois toda a água que não pode infiltrar é direcionada rapidamente para um corpo receptor, aumento sua vazão. É visível assim, a grande importância de uma medida de controle, para que essa vazão seja controlada e



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

não sobrecarregue o rio.

Os resultados obtidos pelas matrizes de Leopold preenchidas por diferentes especialistas apresentaram uma significativa variação, evidenciando a influência dos distintos conhecimentos e experiências destes profissionais. No entanto, analisando a soma final de cada um, verificou-se que os números finais são todos negativos, constatando assim, que os impactos ambientais negativos superam os positivos.

Como a alteração da vazão do rio a jusante do loteamento foi o foco deste trabalho, a medida de controle objetivou controlar a mesma, como uma tentativa de contornar o problema criado pelo sistema de drenagem pluvial. Foi visto, que com a introdução de uma bacia de detenção no empreendimento, podemos eliminar ou mitigar muitos dos impactos negativos ocasionados principalmente pelo processo “modificação da vazão do rio”.

### Referências

AHIABLAME, L. M.; ENGEL, B. A.; CHAUBEY, I. Effectiveness of low impact development practices: literature review and suggestions for future research. **Water, Air, Soil & Pollution**, v. 223, n. 7, p. 4.253-4.273, 2012.

MC CUEN, R. Hidrologic Analysis and Design. Prentice Hall, EngleWood Cliffs, New Jersey, 1989.

PORTO ALEGRE/IPH. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana**, Vol. VI. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental**. Porto Alegre: Secretaria do Planejamento Municipal, 2010.

PORTO ALEGRE. **Decreto Nº 15.371** de 17 de novembro de 2006. Regulamenta o controle da drenagem urbana. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000028692.DOCN.&l=20&u=%2Fnetahtml%2Fsirel%2Fsimples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>. Acessado em: 20 de março de 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SILVEIRA, A. L. P. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 1, p. 4-23, Jan/Mar, 2005.

TUCCI, C.E.M. **Águas urbanas. Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.