

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA EVOLUÇÃO URBANA NO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

*Marelize Amandio Prade<sup>1</sup>, Adilson Pinheiro<sup>2\*</sup>*

**Resumo** – As alterações resultantes do processo de urbanização modificam o comportamento hidrodinâmico de bacias hidrográficas e aumentam a frequência de inundação em rios urbanos. Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da ocupação urbana na hidrodinâmica do Ribeirão Itoupava, no município de Blumenau. O efeito foi avaliado em termos do perfil da linha d'água do escoamento de enchentes para diferentes períodos de retornos. Foi realizada a vetorização dos levantamentos planialtimetros da área de estudo, e através deles, foram levantados os perfis transversais das seções fluviométricas. Foram determinadas as vazões de escoamentos nas seções e efetuada a simulação com o modelo HEC-RAS. Os resultados obtidos com a aplicação do modelo foram comparados e analisados demonstrando que, em geral, a modificação do relevo ocorrida entre os anos de 1981 e 2003, não influenciam significativamente nos perfis da linha de água da enchente que gera inundação.

**Palavras-Chave** – inundação urbana, simulação hidráulica, uso do solo urbano.

## ANALYSIS OF INFLUENCE OF URBAN DEVELOPMENT IN HYDRODYNAMIC BEHAVIOR OF A WATERSHED

**Abstract** – Changes resulting from the urbanization process modify the hydrodynamic behavior of watersheds and increase the frequency of urban rivers flooding. Starting a study on this behavior, was evaluate the impact of urban occupation in the basin of the Ribeirão Itoupava, in the Blumenau city. The effect was evaluated in terms of the flow profile of flood for various periods of returns. We performed the vectorization of planialtimetter surveys of the study area, and through them, were raised the profiles of cross sections gauged. Discharge were determined in sections and flow HEC-RAS simulation model. The overall result obtained by applying the template are compared and analyzed showing that, in general, the modification of the relief occurred between 1981 and 2003 do not significantly affect in blade height of water flooding.

**Keywords** – urban flooding, hydraulic simulation, urban land use.

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Prefeitura Municipal de Blumenau. marelize@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor, Departamento de Engenharia Civil da Fundação Universidade Regional de Blumenau. pinheiro@furb.br

## INTRODUÇÃO

A população da área urbana tem aumentado significativamente. No Brasil, desde a década de 1940, se tem registros do crescimento da população urbana e, conseqüentemente, o decréscimo da população rural. Na década de 1970, o número de pessoas que viviam nas cidades ultrapassou o número de pessoas estabelecidas na área rural. A principal resultante deste processo de urbanização é a descaracterização e a transformação do meio. Quanto mais urbano, mais alterações ocorrem no ambiente natural. Ações como ocupação de áreas impróprias (áreas inundáveis), desmatamento, impermeabilização do solo e a implantação de canalização ocasionam alterações no comportamento hidrodinâmico de bacias hidrográficas, aumentando a frequência de enchentes dos rios urbanos e elevação das cotas de inundação (Tucci, 2008).

A ocupação de uma cidade tende a acontecer no sentido jusante para montante. Sendo assim, quando a ocupação ocorre na montante há o aumento a vazão da jusante, bem como da frequência de ocorrência de enchentes nas áreas mais atingidas situadas próximas a foz (Tucci, 2004).

O município de Blumenau, devido à configuração de seu relevo e à grande presença de cursos d'água, possui importante sistema de drenagem natural na área urbana. Desde o período colonial, a população vivencia as conseqüências das inundações ribeirinhas, devido à ocupação do leito secundário dos rios e ribeirões. As enchentes, provocadas pelos efeitos da urbanização, também passaram a ser mais frequentes.

O grande desafio é planejar a cidade de forma sustentável, garantindo que os diferentes sistemas interajam e que os danos sejam minimizados. Diante disso e da iminente urbanização da área norte do município de Blumenau, busca-se realizar estudos e simulações de verificação do comportamento hidrodinâmico da bacia para o tipo de ocupação que está sendo proposto para a região, antecipando possíveis impactos negativos ocasionados por esta ocupação.

Neste contexto, foi estabelecido como objetivo geral, avaliar o efeito da ocupação urbana na bacia do Ribeirão Itoupava, em termos do perfil da linha d'água do escoamento de enchentes, para diferentes períodos de retornos.

## MATERIAIS E MÉTODO

O estudo compreende quatro etapas. Primeiramente foi realizada a vetorização dos mapas planialtimétricos da região de estudo, segundo, o levantamento dos perfis transversais das seções fluviométricas, terceiro, a determinação das vazões de escoamentos nas seções e quarto, a simulação com o modelo hidráulico HEC-RAS. A área de estudo é a bacia do ribeirão Itoupava, situada no município de Blumenau.

Para efetuar a vetorização de levantamentos, visando à elaboração de perfis de inundação, aplicação do modelo Hec-Ras e a simulação de cenários considerando a área inundável da Bacia do Ribeirão Itoupava, foram necessários: levantamentos planialtimétricos do município de Blumenau dos anos de 1981, 1994 e 2003; dados hidrológicos; carta de inundação existente para vários períodos de retorno e os softwares AutoCad e Hec-Ras.

Localizada ao norte do Município de Blumenau, a área escolhida compreende parte dos bairros Salto do Norte, Itoupava Central, Fidélis e Itoupava Norte e caracteriza-se principalmente por ser a região inundável da bacia do Ribeirão Itoupava. O trecho escolhido foi à área inundável do Ribeirão Itoupava, compreendida entre a Rodovia BR-470 e a Rua Carlos Pagel.

Foram utilizados os levantamentos planialtimétricos do município de Blumenau para os anos de 1981, 1994 e 2003, na escala 1:2000, com curvas de nível de metro em metro, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Blumenau.

As vazões de projeto foram determinadas utilizando o modelo de Hidrograma Unitário Triangular, pelo método do SCS. Para este cálculo e com base na ocupação e uso do solo do ano de 1982, foram adotados, para o trecho de estudo, valores variáveis para o coeficiente CN (*Curve Number*).

Para simular as vazões máximas dos escoamentos do Ribeirão Itoupava, ao longo do trecho estudado foi utilizado o modelo HEC-RAS (River Analysis System) Versão 4.1 de 2008. Foi utilizada a componente do programa para análise de escoamento permanente visando à determinação de perfis de linha d'água.

Para determinação da batimetria do curso d'água foi utilizado o equipamento ADCP S5 da SonTek (Acoustic Doppler Profiler).

## **RESULTADOS e discussão**

A avaliação do efeito da ocupação urbana na bacia do Ribeirão Itoupava, deu-se através da comparação de três levantamentos planialtimétricos do município de Blumenau (1981, 1994 e 2003), e através da simulação de cenários utilizando o Modelo Hec-Ras.

Através da vetorização e comparação dos levantamentos, para os anos de 1981 e 1994 (Figura 1) pode-se identificar que a maior intervenção realizada foi à retificação de alguns trechos do canal principal do Ribeirão Itoupava ocorrida entre as décadas de 1980 e 1990. As principais modificações do canal ocorreram no trecho compreendido entre a Rua Guilherme Scharf e a Rua Mário Geise. Entre os anos de 1994 e 2003 também ocorreram retificações, porém estas concentraram-se nas imediações da Rua Guilherme Scharf.

Na comparação dos levantamentos de 1994 e 2003, identificou-se em algumas áreas, que a variação do relevo ocasionado por cortes e aterros foi intensificado a partir da década de 1990. Os aterros localizam-se nas imediações da Rua Dr. Pedro Zimmermann, e em maior número no trecho compreendido entre a BR-470 e a Rua Franz Volles.

A simulação de cenários de ocupação da bacia foi efetivada através da variação dos coeficientes de CN (*Curve Number*) em função das características e do tipo de uso do solo para cada trecho de estudo. Atribui-se valor CN crescente no sentido montante para jusante. Obtiveram-se diferentes vazões para os diferentes períodos de retorno (TR iguais a 12, 77 e 182 anos), correspondentes aos níveis atingidos pelas inundações registradas na carta de enchente.

As vazões encontradas foram lançadas no modelo para as seções do ano de 1981. Após a calibração obtiveram-se os valores de n (coeficiente de Manning) que puderam ser aplicados no modelo para as seções dos anos de 1994 e 2003.

Na Figura 2 é apresentada a evolução espacial das áreas inundáveis geradas pelo modelo HEC-RAS e suas respectivas seções, para os levantamentos dos anos de 1981, 1994 e 2003.

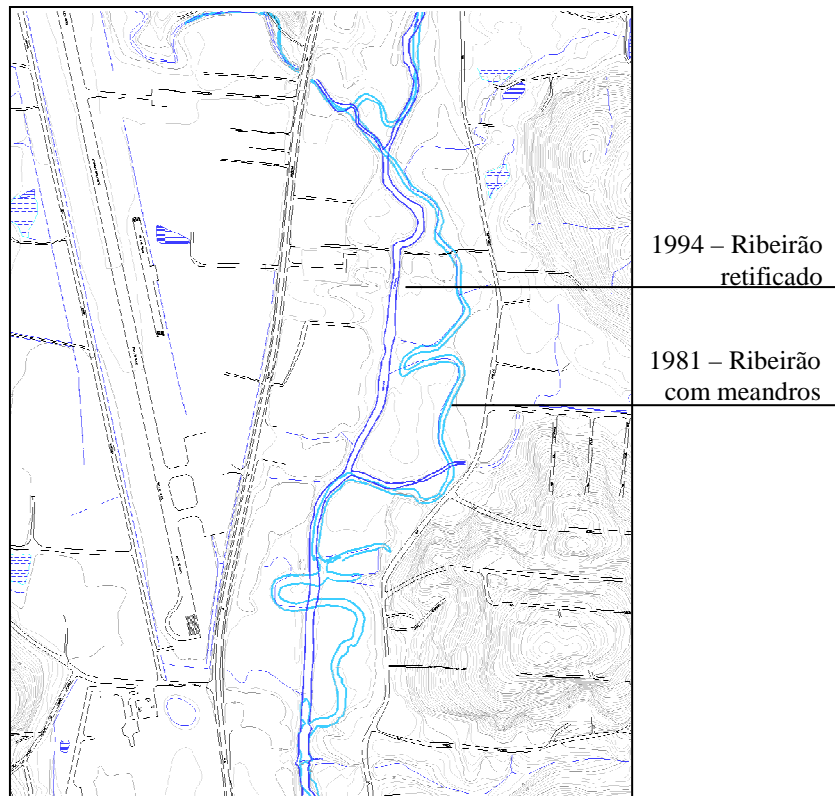


Figura 1 - Comparação dos levantamentos planialtimétricos de 1981 e 1994. Exemplo da retificação ocorrida em um dos trechos do Ribeirão Itoupava.

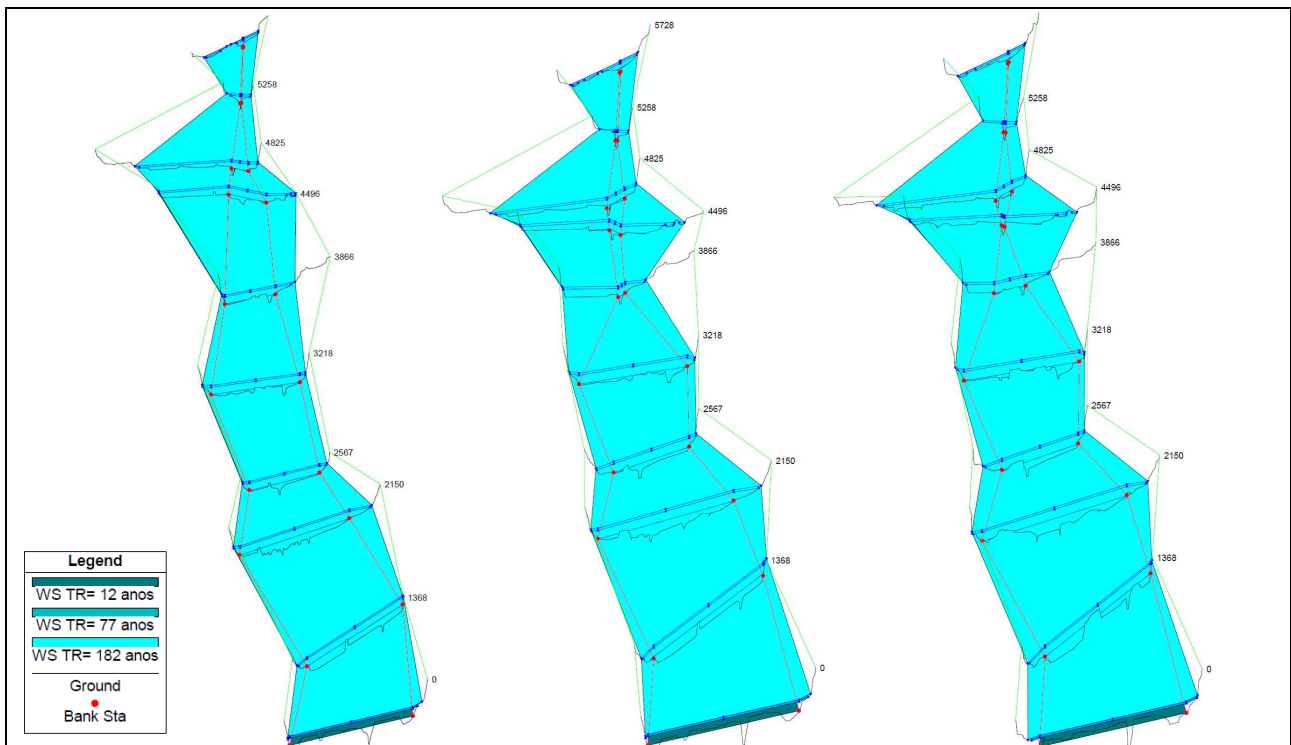


Figura 2 – Evolução espacial da área inundável.

Na Tabela 1 é apresentada a comparação dos perfis gerados. Esta comparação dos perfis gerados permitiu identificar que a contínua modificação do relevo ocorrida na Seção 04, situada na posição 4496 m do trecho de estudo, ocasionou o estrangulamento do canal, resultando em significativa alteração na altura da lâmina de água para o período de retorno (TR) igual à 12 anos. Nesta seção, a diferença do nível de água entre os anos de 1981 e 1994 chegou à 0,47 m, e a diferença entre os anos de 1981 e 2003 chegou à 0,53 m. A elevação do nível de água na Seção 4 possivelmente influenciou no nível da Seção 3, localizada na posição 4825 m, a montante, que teve alteração total 0,55 m. Para o mesmo período de retorno, as modificações do relevo não ocasionaram nenhuma mudança significativa para as demais seções do trecho de estudo.

Tabela 1- Vazões e elevações da lâmina de água nas seções, para diferentes períodos de retorno.

SEÇÃO	TR	1981		1994		2003		Comprimento do trecho (m)	Posição no trecho de estudo (m)
		VAZÃO	COTA L.A	VAZÃO	COTA L.A	VAZÃO	COTA L.A		
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	V (m <sup>3</sup> /s)	(m)		
1	12	73.76	15.9	73.76	15.58	73.76	15.48	73.76	5728
2	12	76.21	14.97	73.21	14.75	73.21	14.63	76.21	5258
3	12	76.31	14.03	76.31	14.5	76.31	14.58	76.31	4825
4	12	100.94	13.97	100.94	14.33	100.94	14.44	100.94	4496
5	12	121.58	13.68	121.58	13.57	121.58	13.59	121.58	3866
6	12	131.05	13.6	131.05	13.56	131.05	13.56	131.05	3218
7	12	167.76	13.54	167.76	13.55	167.76	13.54	167.76	2567
8	12	194.62	13.54	194.62	13.54	194.62	13.54	194.62	2150
9	12	191.76	13.54	191.76	13.54	191.76	13.54	191.76	1368
10	12	193.21	13.53	193.21	13.53	193.21	13.53	193.21	0
1	77	174.32	17.94	174.32	17.94	174.32	17.99	174.32	5728
2	77	174.6	17.8	174.6	17.78	174.6	17.85	174.6	5258
3	77	173.53	17.81	173.53	17.81	173.53	17.88	173.53	4825
4	77	210.49	17.81	210.49	17.81	210.49	17.88	210.49	4496
5	77	251.35	17.81	251.35	17.81	251.35	17.88	251.35	3866
6	77	274.38	17.8	274.38	17.8	274.38	17.87	274.38	3218
7	77	326.6	17.8	326.6	17.8	326.6	17.87	326.6	2567
8	77	377.56	17.8	377.56	17.8	377.56	17.87	377.56	2150
9	77	370.19	17.8	370.19	17.8	370.19	17.87	370.19	1368
10	77	370.08	17.8	370.08	17.8	370.08	17.87	370.08	0
1	182	245.22	18.89	245.22	18.89	245.22	18.88	245.22	5728
2	182	243.13	18.82	243.13	18.81	243.13	18.81	243.13	5258
3	182	241.07	18.83	241.07	18.83	241.07	18.83	241.07	4825
4	182	284.21	18.83	284.21	18.83	284.21	18.83	284.21	4496
5	182	338.39	18.82	338.39	18.82	338.39	18.82	338.39	3866
6	182	371.07	18.82	371.07	18.82	371.07	18.82	371.07	3218
7	182	430.72	18.82	430.72	18.82	430.72	18.82	430.72	2567
8	182	497.31	18.82	497.31	18.82	497.31	18.82	497.31	2150
9	182	486.75	18.82	486.75	18.82	486.75	18.82	486.75	1368
10	182	485.25	18.82	485.25	18.82	485.25	18.82	485.25	0

Para o período de retorno igual a 77 anos, a modificação do relevo realizada ao longo de todo o trecho de estudo, entre as décadas de 1990 e 2000, ocasionou uma elevação quase constante de 0,07 m ao longo do trecho de estudo. Observou-se também que a alteração de relevo ocorrida entre as décadas de 1980 e 1990, não gerou alterações significativas. Quando considerado o período de retorno de retorno igual à 182 anos, as alterações ocorridas ao longo de todo o trecho de estudo, não influenciam na altura do nível de água.

Nota-se que a elevação no perfil da linha de água é maior quando ocorre uma redução de área útil significativa na seção. Destaca-se que na seção 4, local que teve maior elevação da linha de água houve uma redução de 80% da área útil da seção devido ao aterramento realizado no local.

## CONCLUSÕES

A simulação de cenários baseados em informações existentes sobre as áreas de estudo permitem a definição de áreas de risco e a elaboração medidas preventivas com o objetivo de promover a defesa contra os desastres naturais.

Parte da bacia hidrográfica do Ribeirão Itoupava sofreu modificações em seu relevo e alterações no canal principal do curso de água devido à ação antrópica. Estas alterações ocorreram com mais intensidade entre as décadas de 1990 e 2000.

A modificação do relevo provocada por aterros, eleva o nível de água. Esta elevação possui maior relevância quando o volume de aterro, ou a área correspondente ao aterro, é significativo para a seção. Neste tipo de seção, os impactos gerados são visíveis para inundações que ocorrerem com alta frequência. Quando os aterros representam percentualmente apenas uma pequena parcela da seção a influência na nível de água é imperceptível.

As modificações do relevo ocorridas entre as décadas de 1990 e 2000, ocasionaram uma pequena elevação, na altura da lâmina de água para inundações com período de retorno igual a 77 anos. Quanto à elevação do nível de água, as mudanças provocadas em um trecho não são alterações pontuais, elas refletem na seção seguinte localizada a montante.

A modificação do relevo ocorrida entre os anos de 1981 e 2003, não influenciam significativamente na altura da lâmina de água para inundações com períodos de retorno mais elevados.

## REFERÊNCIAS

HEC-HAS (2008) Hydrologic Engineering Center, Features software Hec-Ras. Disponível em [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil), acesso em 04 abr. 2012.

TUCCI, Carlos E. M. (2004) **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. REGA, v. 1, n. 1, p. 59-73. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/CEMTucci.pdf> acesso em 17 mar 2010.

TUCCI, C. E. M. (2008) Águas Urbanas. Estudos Avançados. Instituto de Estudos Avançados da USP, São Paulo, nº 22, p. 59-73. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf> acesso em 15 mar 2010.