

## O ESTUDO DE ÁREAS VULNERÁVEIS A ENCHENTES: O CASO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO-SP

### *Floods vulnerability areas: a case study in São José do Rio Preto-SP*

Beatriz de Carvalho Ártico<sup>1</sup>, João Sergio Cordeiro<sup>2</sup>

Recebido em 05 de julho de 2013; recebido para revisão em 18 de outubro de 2013; aceito em 03 de dezembro de 2013; disponível on-line em 16 de fevereiro de 2014.



#### PALAVRAS CHAVES:

*Drenagem Urbana;  
Áreas de risco;  
Uso do solo.*

#### KEYWORDS:

*Urban drainage;  
Urban floods;  
Management of flood  
risk areas.*

**RESUMO:** Nos últimos anos, no período de maior precipitação - entre dezembro e março - cidades sofrem com as enchentes, cada vez mais frequentes, devido às inúmeras alterações no ciclo hidrológico natural e ao processo desordenado de uso e ocupação do solo urbano. As enchentes implicam uma série de impactos negativos à população sujeita ao fenômeno, cuja mitigação é fundamental e baseia-se em ações que equilibra o desenvolvimento urbano com as condições ambientais. Deste modo, o presente estudo objetiva identificar os principais fatores que atuam direta ou indiretamente na sistemática das enchentes sob a ótica das áreas vulneráveis a enchentes, tendo como estudo de caso a cidade de São José do Rio Preto – SP. Foram selecionados quatro parâmetros relacionados às áreas vulneráveis a enchentes, a partir da análise da revisão bibliográfica, a saber: uso e ocupação do solo urbano, bacia hidrográfica, drenagem urbana e vulnerabilidade. A partir disso, foi elaborado um método de avaliação dessas áreas com as principais características a serem analisadas, atribuindo pontuação às mesmas, com a intenção de quantificá-las e qualificá-las. Como resultado foram obtidos diagnósticos da região selecionada com as respectivas pontuações, grau de vulnerabilidade, recomendações e sugestões para cada trecho, bem como mapa síntese e cortes esquemáticos.

**ABSTRACT:** Over past years, in the period of greatest rainfall - between december and march – the cities suffer from floods. There are various motives for the urban floods, including the changes in the hydrological cycle and the disordered process of urban land use and occupation. Floods cause impacts to the population subject to the phenomenon, whose mitigation is fundamental and is based an action that balances urban development with environmental conditions. The present work aims to identify the main factors which act directly or indirectly in floods from the perspective of the areas vulnerable to flooding, with case study in the city of São Jose do Rio Preto-SP. From the analysis of the literature review were selected four parameters related to the areas vulnerable to flooding: the use and occupation of urban land, the river basin, the urban drainage, and the vulnerability. A method of evaluation of areas with the main features to be parsed assigning scores to the same, with the intention of quantifies and qualifies them. As a result were obtained a diagnoses form the selection area with their respective scores, degree of vulnerability, recommendations and suggestions, as well as map overview and representation schematic of the area.

\* Contato com o autor:

<sup>1</sup> e-mail : [bia.artic@gmail.com](mailto:bia.artic@gmail.com) ( B. C. Ártico )

Arquiteta e Urbanista, Mestre em Engenharia Urbana pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

<sup>2</sup> e-mail : [cordeiro@ufscar.br](mailto:cordeiro@ufscar.br) ( J. S. Cordeiro )

Eng. Civil. Dr. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as cidades brasileiras sofreram processo acelerado de urbanização e de ocupação desordenada. Esse processo se caracterizou, sobretudo, pelo planejamento urbano inadequado, ocupação de áreas fragilizadas, impermeabilização do solo e alteração do ciclo hidrológico natural, o que resultou em diversos impactos negativos sobre o ambiente citadino.

Como consequência desse processo, as cidades tornaram-se palco de problemas sociais, econômicos e ambientais, cujas questões relacionadas à infraestrutura urbana são problemas recorrentes, dentre os quais podemos destacar a questão das enchentes nas áreas urbanas.

Para o controle desse problema, é necessário implementar ações ordenadas que equilibrem o desenvolvimento urbano com as condições ambientais da cidade. Isso significa buscar soluções para minimizar os efeitos negativos da urbanização e integrar o gerenciamento das áreas vulneráveis a enchentes às demais esferas do planejamento.

Segundo UN-ISDR (2009), as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais com caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica.

No que diz respeito às áreas vulneráveis a enchentes, Brasil (2007), recomenda algumas ações: identificar e localizar as áreas potencialmente sujeitas a danos relacionados aos processos de enchentes; delimitar essas áreas em mapas a partir da setorização preliminar dos diferentes compartimentos de vulnerabilidade; verificar e elaborar estratégias para a prevenção visando à minimização de impactos à população.

É importante destacar que as áreas suscetíveis a enchentes surgem por processos naturais ou pela ocupação antrópica, de modo que tanto em áreas não urbanizadas quanto em áreas urbanizadas ocorrem enchentes. A diferença está no grau de vulnerabilidade entre ambas, maior nas áreas urbanas, onde há ação do homem, que fomenta o aumento de áreas impermeáveis e a

supressão da vegetação, e nas quais a exposição de bens e de pessoas é bem maior em relação ao fenômeno.

Segundo Mendiondo (2008), para a prevenção de riscos e áreas vulneráveis a enchentes são necessários: análise e avaliação dos riscos de enchentes, gestão e suporte de informação, sistemas de diagnósticos urbanos, planejamento participativo e gestão sustentável dos recursos hídricos.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é identificar os principais fatores que atuam direta ou indiretamente na sistemática das enchentes, a partir da análise crítica do uso e ocupação do solo urbano e da bacia hidrográfica, sob a ótica das áreas vulneráveis a enchentes, para fornecer subsídios que auxiliem na mitigação dos impactos das enchentes nas áreas urbanas.

## 3. METODOLOGIA

A estratégia de pesquisa baseia-se no estudo de caso único e exploratório. Segundo Yin (2001), o estudo de caso como estratégia de pesquisa compreende o método que abrange a lógica do planejamento, incorporando abordagens específicas à coleta e à análise de dados. Nesse sentido, o estudo de caso não é nem tática para a coleta de dados nem meramente característica do planejamento em si, mas sim uma estratégia de pesquisa abrangente.

O estudo realizou-se na cidade de São José do Rio Preto-SP, localizado no interior do estado de São Paulo e o objeto empírico da pesquisa é a região central da cidade, entre as bacias dos Córregos Canela e Borá, sendo que a área foi escolhida devido à incidência de enchentes.

Para a elaboração do método de avaliação de gerenciamento de áreas vulneráveis a enchentes, foram introduzidos quatro parâmetros que atuam, direta ou indiretamente, nas enchentes nas áreas urbanas: uso e ocupação do solo, bacia hidrográfica, drenagem urbana e vulnerabilidade a enchentes.

A partir desses parâmetros, elaborou-se um conjunto de critérios de avaliação para descrever as principais características a serem avaliadas, bem como atribuir pontuação às mesmas, com a intenção de quantificá-las e qualificá-las.

Os parâmetros definidos para o desenvolvimento do método de avaliação de áreas vulneráveis a enchentes respaldam-se na revisão bibliográfica realizada durante a pesquisa, bem como no apontamento das principais questões que envolvem as áreas suscetíveis a enchentes nas áreas urbanas (Quadro 1).

Visando a melhor compreensão das etapas realizadas para a elaboração do método de avaliação das áreas vulneráveis a enchentes, cada

parâmetro e seus respectivos critérios foram detalhados.

Para analisar o uso e ocupação do solo urbano sob a ótica das áreas vulneráveis a enchentes foram desenvolvidos três critérios: a) tipologia de uso e ocupação do solo urbano, visto que áreas com altos índices de ocupação do solo por atividades de caráter comercial e de serviços tem maior propensão a movimentação de pessoas e, portanto, mais sujeita à vulnerabilidade; b) presença de áreas verdes, uma vez que auxiliam na retenção das águas pluviais, na infiltração da água no solo e na diminuição na água escoada; c) distância entre o eixo do rio e edificações, visto que quanto mais próximas, maior a probabilidade de enchente (Quadro 2).

**QUADRO 1:** Parâmetros, justificativas para o método de avaliação de áreas vulneráveis a enchentes.

<b>Parâmetros</b>	<b>Justificativas</b>	<b>Referências</b>
<b>Uso e Ocupação do Solo Urbano</b>	A ocupação dos espaços no âmbito urbano proporciona vários impactos ao meio urbano, de modo que é necessário estudá-los a fim de compreender suas características e suas relações com as enchentes nas áreas urbanas.	Motta (1999), Porto <i>et al.</i> (2001), Tucci (1995)
<b>Bacia Hidrográfica</b>	A bacia hidrográfica tem como função drenar a água da chuva que escoam superficialmente, suas características são fundamentais para compreender a dinâmica do ciclo hidrológico; portanto, sua relação com o meio na qual se insere e suas características devem ser estudadas.	Campana e Tucci (1994), Tucci (2004)
<b>Drenagem Urbana</b>	O conceito de drenagem urbana e suas formas de controle e retenção da água pluvial devem ser compreendidos para verificar as principais deficiências e potencialidades do sistema com o intuito de identificar sua relação com as enchentes nas áreas urbanas.	Porto <i>et al.</i> (2001), Pompêo (2000), Mendiondo (2008), Nocetti (2008)
<b>Vulnerabilidade a Enchentes</b>	A vulnerabilidade está relacionada à exposição, à resistência e à superação de danos, de modo que é necessário compreender o nível de suscetibilidade a enchente da área estudada.	Arce (2005); Brasil (2007), Geldof (1995)

**QUADRO 2:** Parâmetros e critérios para análise do uso e ocupação do solo urbano.

<b>Critério</b>	<b>Como Avaliar</b>	<b>Vulnerabilidade Alta</b>	<b>Vulnerabilidade Média</b>	<b>Vulnerabilidade Baixa</b>
<b>Tipologia de uso e ocupação do solo urbano</b>	Análise através de levantamento em campo, para identificar as atividades desenvolvidas na região analisada.	Acima de 60% ocupado por áreas comerciais e serviços.	De 30 a 60% ocupado por áreas comerciais e serviços.	Menos de 30% ocupado por áreas comerciais e serviços.
<b>Presença de áreas verdes</b>	Análise por meio de fotos aéreas e levantamento em campo, para mapear sua existência.	Ausência de áreas verdes.	Presença de pequenas áreas verdes, como canteiro central, calçadas, jardins, etc., com baixo potencial para retenção das águas pluviais.	Presença grandes áreas verdes, como praças, parques lineares, etc., com potencialidade de retenção das águas pluviais.
<b>Distância entre o eixo do rio e edificações</b>	Análise a partir de mapas e fotos aéreas, para identificar as edificações mais próximas ao leito fluvial.	Menos de 50 metros entre eixo do rio e edificações.	Entre 50 - 200 metros de distância entre eixo do rio e edificações.	Acima de 200 metros entre eixo do rio e edificações.

No que diz respeito à bacia hidrográfica, para analisá-la sob a ótica das áreas vulneráveis a enchentes foram elaborados três critérios: a) forma da bacia hidrográfica, uma vez que é uma característica importante a ser estudada devido ao seu tempo de concentração, ou seja, o tempo a partir do início da precipitação necessário para que toda a bacia contribua na seção; b) permeabilidade da bacia hidrográfica, visto que quanto mais permeável for a bacia, maior a tendência de retardar o escoamento superficial, facilitar a infiltração e aumentar as perdas por evapotranspiração; c) declividade da bacia hidrográfica, devido a velocidade de escoamento superficial das águas pluviais depender da declividade da bacia hidrográfica, pois quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento, influenciando

diretamente na formação dos hidrogramas de cheias da bacia (Quadro 3).

Com relação ao parâmetro “drenagem urbana” foram definidos três critérios sob a ótica da vulnerabilidade a enchentes: a) dispositivos de microdrenagem, visto que com o aumento das superfícies impermeabilizadas o funcionamento dos dispositivos de microdrenagem deve ser satisfatório para permitir o total aproveitamento de sua capacidade projetada de vazão e o escoamento das águas pluviais; b) dispositivos de retenção/detenção, uma vez que são importantes para a drenagem urbana por auxiliar na diminuição do escoamento superficial; c) modificação no curso d'água, visto que sua alteração proporciona mudanças geométricas do traçado, modificações no escoamento superficial e na velocidade do escoamento, bem como altera as condições naturais do entorno (Quadro 4).

**QUADRO 3:** Parâmetros e critérios para análise da bacia hidrográfica.

<b>Critério</b>	<b>Como Avaliar</b>	<b>Vulnerabilidade Alta</b>	<b>Vulnerabilidade Média</b>	<b>Vulnerabilidade Baixa</b>
<b>Forma da bacia hidrográfica</b>	Análise a partir de mapas e fotos aéreas, a fim de identificar as principais características quanto à forma da bacia hidrográfica.	Bacia hidrográfica compacta.	Bacia hidrográfica alongada.	Bacia hidrográfica ramificada.
<b>Permeabilidade da bacia hidrográfica</b>	Verificar e pontuar as taxas de permeabilidade da bacia hidrográfica a partir de mapas e fotos aéreas.	Mais de 60% impermeabilizada.	Entre 30 e 60% impermeabilizada.	Menos de 30% impermeabilizada.
<b>Declividade da bacia hidrográfica</b>	Averiguar, através de mapa hipsométrico, a declividade da bacia hidrográfica, com a finalidade de compreender suas características de declive.	Acima de 30% de declividade.	De 10 a 30% de declividade.	Até 10% de declividade.

**QUADRO 4:** Parâmetros e critérios para análise da drenagem urbana.

<b>Critério</b>	<b>Como Avaliar</b>	<b>Vulnerabilidade Alta</b>	<b>Vulnerabilidade Média</b>	<b>Vulnerabilidade Baixa</b>
<b>Dispositivos de Microdrenagem</b>	Análise dos dispositivos de (microdrenagem sarjetas, bueiros, bocas de lobo), através de levantamento em campo, a fim de verificar a presença e as condições de funcionamento.	Ausente totalmente ou presente em alguns pontos, com mau funcionamento e/ou diversas obstruções.	Presente em alguns trechos com desempenho satisfatório.	Presente em toda a extensão analisada, com excelente desempenho.
<b>Dispositivos de Retenção/ Detenção</b>	Análise dos dispositivos de retenção/detenção (reservatórios, planos de retenção e/ou detenção), através de levantamento em campo.	Ausência de dispositivos de retenção e/ou detenção de águas pluviais.	Presença de dispositivos de retenção e/ou detenção em áreas adjacentes.	Presença de dispositivos de retenção e/ou detenção na área analisada.
<b>Modificação no Curso d'água</b>	Análise das modificações nos cursos d'água através das principais obras elaboradas nos cursos d'água ao longo dos anos.	Canalizado e/ou Tamponado totalmente no trecho analisado.	Canalizado e/ou Tamponado parcialmente no trecho analisado.	Sem modificações.

Com o intuito de analisar a vulnerabilidade a enchentes foram criados três critérios: a) incidência de enchentes; uma vez que tal fenômeno em uma determinada região é indício de que ali existem problemas a serem corrigidos; b) fluxo de pessoas; visto que está associado ao nível de vulnerabilidade de determinadas regiões, pois quanto maior a quantidade de pessoas, maior exposição a riscos e vulnerabilidades; c) presença de sistema de alerta de enchentes, uma vez que é um instrumento que auxilia na diminuir da vulnerabilidade de uma região, uma vez que, dado o alerta, prepara para evacuação, evita a perda de vidas e ameniza os impactos econômicos (Quadro 5).

A partir dos parâmetros utilizados na pesquisa, bem como da classificação dos principais critérios de avaliação das áreas vulneráveis a enchentes, pode-se estabelecer um método de coleta e análise de dados.

Por sua vez, o método de avaliação das áreas vulneráveis a enchentes aqui proposto é caracterizado por um sistema de pontuação que verifica o grau de vulnerabilidade de uma área e/ou região em relação ao fenômeno.

Para análise das áreas vulneráveis a enchentes, foi desenvolvido um quadro que permite identificar o parâmetro a ser avaliado, a caracterização do critério e o grau de vulnerabilidade, com sua respectiva pontuação. É válido ressaltar que foram atribuídos pesos iguais aos parâmetros analisados, uma vez que a pesquisa não pondera diferenças e disparidades entre os itens.

Com relação à pontuação dos critérios, foi adotada a seguinte classificação: 1 - áreas com tendência à baixa vulnerabilidade; 2 - áreas com vulnerabilidade moderada; 3 - áreas de maior vulnerabilidade. Desta forma, o método proposto resulta em uma somatória máxima de 36 pontos e mínima de 12 pontos. O método ainda prevê uma sistemática de cores associadas à pontuação, visando acentuar as áreas mais vulneráveis.

A Tabela 1 representa uma síntese das pontuações e indica que: áreas com pontuação entre 12-24 têm baixa vulnerabilidade e são representadas pela cor amarela; áreas com pontuação entre 20-27 têm média vulnerabilidade e são representadas pela cor rosa; áreas com pontuação entre 28-36 têm alta vulnerabilidade e são representadas pela cor vermelha.

**QUADRO 5:** Parâmetros e critérios para análise da vulnerabilidade a enchentes.

<b>Critério</b>	<b>Como Avaliar</b>	<b>Vulnerabilidade Alta</b>	<b>Vulnerabilidade Média</b>	<b>Vulnerabilidade Baixa</b>
<b>Incidência de enchentes</b>	Análise da incidência de enchentes na região analisada através do levantamento histórico dos últimos 10 anos em jornais e revistas.	Periódica.	Esporádica.	Nunca.
<b>Fluxo de Pessoas</b>	Análise da movimentação de pessoas na área através da tipologia de classificação de vias: estruturais, coletoras, locais ou de pedestres.	Grande fluxo de pessoas durante o dia, caracterizado por vias de estruturais e coletoras.	Fluxo moderado de pessoas durante o dia, caracterizado por vias secundárias no sistema viário.	Fluxo baixo de pessoas, caracterizado por vias de acesso local no sistema viário.
<b>Sistema de Alerta de Enchentes</b>	Análise do sistema de alerta de enchentes por meio de pesquisas no local, junto com a Defesa Civil, para saber a existência desse recurso.	Nenhum sistema de alerta de enchente.	Sistema de alerta parcial de enchente, sem a comunicação com as partes interessadas.	Sistema de alerta de enchentes, com funcionamento adequado e sistema de comunicação as partes afetadas.

TABELA 1: Grau de vulnerabilidade a enchentes para análise das áreas.

Vulnerabilidade	Baixa	Média	Alta
Grau de vulnerabilidade	1	2	3
Somatória da pontuação	12-24	25-27	28-36
Cor	Amarelo	Rosa	Vermelho

A partir de tais concepções, o método proposto, for representado através de uma tabela síntese que contém os parâmetros,

os critérios e as pontuações para avaliação das áreas vulneráveis a enchentes, expostas no Quadro 6.

QUADRO 6: Método proposto para análise de áreas vulneráveis a enchentes.

PARÂMETRO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO								
	I. Uso e Ocupação do Solo	A. Tipologia de uso e ocupação do solo urbano			B. Presença de áreas verdes			C. Distância entre o eixo do rio e edificações	
Acima de 60% ocupado por áreas comerciais e serviços		De 30 a 60% ocupado por áreas comerciais e serviços	Menos de 30% ocupado por áreas comerciais e serviços	Ausência de áreas verdes	Presença de pequenas áreas verdes, como canteiro central, calçadas, jardins, etc., com baixo potencial para retenção das águas pluviais	Presença grandes áreas verdes, como praças, parques lineares, etc., com potencialidade para retenção das águas pluviais	Menos de 50 metros entre eixo do rio e edificações	Entre 50 - 100 metros de distância entre eixo do rio e edificações	Acima de 100 metros entre eixo do rio e edificações
3		2	1	3	2	1	3	2	1
II. Bacia Hidrográfica	A. Forma da bacia hidrográfica			B. Permeabilidade da bacia hidrográfica			C. Declividade da bacia hidrográfica		
	Bacia hidrográfica compacta	Bacia hidrográfica alongada	Bacia hidrográfica ramificada	Mais de 60% impermeabilizada	Entre 30 e 60% impermeabilizada	Menos de 30% impermeabilizada	Acima de 30% de declividade	De 10 a 30% de declividade	Até 10% de declividade
	3	2	1	3	2	1	3	2	1

QUADRO 6: Método proposto para análise de áreas vulneráveis a enchentes (continuação...).									
PARÂMETRO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO								
III. Drenagem Urbana	A. Dispositivos de Microdrenagem			B. Dispositivos de Retenção/Detenção			C. Modificação no Curso d'água		
	Ausente totalmente.	Presente nos principais pontos com mau funcionamento e/ou obstruções	Presente em toda a extensão analisada, com desempenho satisfatório.	Ausência de dispositivos de retenção e/ou detenção de águas pluviais	Presença de dispositivos de retenção e/ou detenção em áreas adjacentes	Presença de dispositivos de retenção e/ou detenção na área analisada	Canalizado e/ou Tamponado totalmente no trecho analisado	Canalizado e/ou Tamponado parcialmente no trecho analisado	Sem modificações
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
IV. Vulnerabilidade a Enchentes	A. Incidência de enchentes			B. Fluxo de Pessoas			C. Sistema de Alerta de Enchentes		
	Periódicas	Esporádicas	Nunca	Grande fluxo de pessoas durante o dia, caracterizado por vias de estruturais e coletoras.	Fluxo moderado de pessoas durante o dia, caracterizado por vias secundárias no sistema viário.	Fluxo baixo de pessoas, caracterizado por vias de acesso local no sistema viário.	Nenhum sistema de alerta de enchentes	Sistema de alerta parcial de enchente, sem a comunicação com as partes interessadas	Sistema de alerta de enchentes, com funcionamento adequado e sistema de comunicação as partes afetadas.
	3	2	1	3	2	1	3	2	1

Após o desenvolvimento do método de avaliação, foi selecionada a área de estudo: os Córregos Canela e Borá e a extensão

do Rio Preto entre os Córregos Canela e Borá, em São José do Rio Preto - SP, conforme mostra a Figura 1.

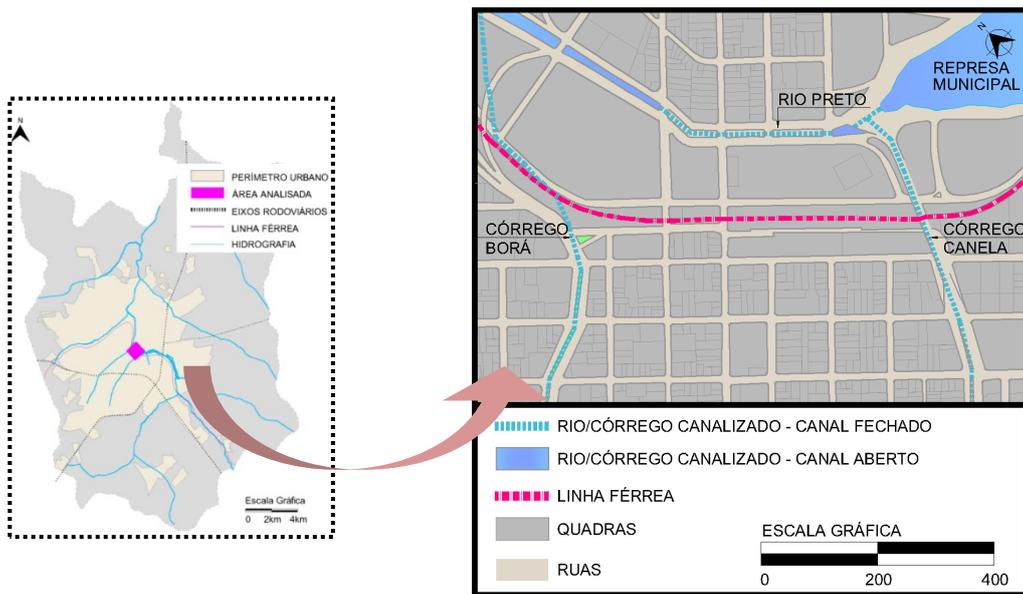


FIGURA 1: Área para aplicação do método de estudo: São José do Rio Preto-SP.

Para a aplicação do método foram utilizadas: a) uma ficha contendo o método de avaliação a ser preenchida no local de análise; b) mapa da área estudada para demarcar as características encontradas no local; c) relatório fotográfico, produzido em campo; d) aparelho de GPS para medir as altitudes da região.

Devido à grande extensão das bacias, foram utilizados eixos nos sentidos longitudinal e transversal, a fim de subdividir as áreas para a aplicação do método, uma vez que cada uma possui diferentes características, tanto de uso e ocupação do solo quanto da bacia hidrográfica.

Os parâmetros nos eixos longitudinais e transversais definidos para a aplicação do método foram: a) 50 metros entre eixo do córrego e edificações; b) 150 metros após a primeira marcação; c) 200 metros a partir da segunda marcação.

Após a aplicação do método na área estudada, os dados obtidos foram compilados e analisados com objetivo de formular um diagnóstico da região. Como resultados foram obtidos mapas e perfis esquemáticos sobre as áreas vulneráveis a enchentes, bem como tabelas relacionadas ao grau de vulnerabilidade das regiões estudadas.

A partir desse material foram sugeridas proposições de melhorias para a região, visando obter áreas mais resilientes às enchentes, assim como, a busca da mitigação desse fenômeno sobre a população e bens existentes na área urbana.

#### 4. RESULTADOS

Após a análise das áreas em São José do Rio Preto - SP, verifica-se a necessidade de expor os diagnósticos obtidos através de análises, bem como mapa síntese e cortes esquemáticos para a visualização da metodologia aplicada. Com isso constatou-se que:

- O uso e ocupação do solo na área analisada têm como característica a presença de grandes áreas ocupadas por comércios e serviços, o que propicia à maior exposição de bens e de pessoas, aumentando o grau

de vulnerabilidade;

- As áreas verdes/lazer presentes em grandes extensões poderiam ser utilizadas para a retenção/detenção das águas pluviais, auxiliando a mitigação dos impactos das enchentes;
- As bacias hidrográficas estudadas possuem alto índice de impermeabilização do solo, acelerando o escoamento superficial e, conseqüentemente, tornando a área mais vulnerável a enchentes;
- As áreas presentes no entorno imediato do eixo dos rios/córregos são mais vulneráveis a enchentes, devido, entre outros fatores, a proximidade das edificações com os cursos d'água;
- As áreas com cotas mais baixas são mais suscetíveis, visto que as águas pluviais escoam rapidamente para essas áreas, devido altas taxas de impermeabilização;
- A ausência de manutenção corretiva e preventiva nos dispositivos de micro e macrodrenagem são prejudiciais à região, tornando-a mais vulnerável a enchentes;
- A região tem intenso fluxo de pessoas e bens ao longo de todo o dia, o que propicia à exposição dos mesmos ao fenômeno das enchentes;
- Ao analisar o histórico de enchentes, verifica-se que a região sofre constantemente com o fenômeno, sendo necessários estudos e ações que visam minimizar os impactos na área analisada.

A Figura 2 representa um mapa síntese das áreas vulneráveis a enchentes em São José do Rio Preto-SP, demonstrando a classificação dos trechos avaliados quanto à suscetibilidade ao fenômeno.

A Figura 3 representa um corte esquemático longitudinal que tangencia a região próxima a Avenida Philadelpho Gouvêa Neto em São José do Rio Preto-SP, cujo alto grau de vulnerabilidade a enchentes relaciona-se com: a) a presença de uma grande área que recebe rapidamente as águas pluviais por meio do

escoamento superficial e das altas declividades nas áreas adjacentes; b) a interceptação do Rio Preto com os Córregos Canela e Borá; c) ao estrangulamento do canal do Rio Preto próximo a Represa Municipal. Contudo, verifica-se que há

possibilidade de mitigação das enchentes no trecho, uma vez que as áreas destinadas ao uso de praças e recreação poderiam ser acrescidas de uma nova função, ou seja, para a retenção/detenção das águas pluviais.

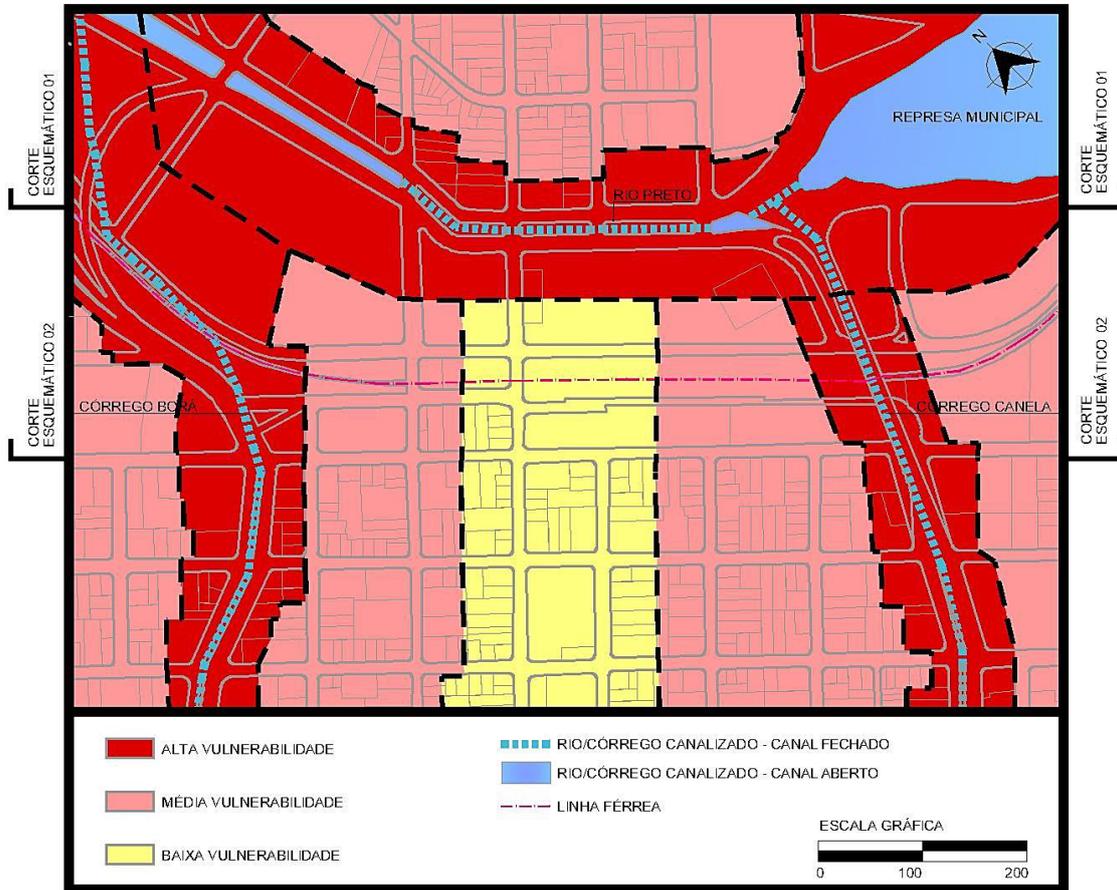


FIGURA 2: Mapa síntese das áreas vulneráveis a enchentes em São José do Rio Preto - SP.



FIGURA 3: Corte Esquemático 01: Grau de vulnerabilidade a enchentes.

A Figura 4, por sua vez, ilustra a região entre os Córregos Canela e Borá. Consta-se que a área possui vulnerabilidade alta a enchentes nos trechos correspondentes às avenidas Bady Bassitt e Alberto Andaló, devido: a proximidade entre as edificações e o leito dos córregos, a presença de grandes áreas de comércio e de serviços, a ausência de áreas verdes, as altas taxas de impermeabilização do solo e a ausência de sistema de alerta de enchentes. As áreas situadas

no entorno imediato das avenidas possuem vulnerabilidade mediana, pois apesar de muito adensadas, possuem distância maior de 100 metros entre eixo dos córregos e edificações e situam-se em cotas mais altas. Por fim a região central possui vulnerabilidade baixa, visto que é uma área cujas características físicas, históricas e hidráulicas permitem uma segurança maior com relação à suscetibilidade ao fenômeno das enchentes.

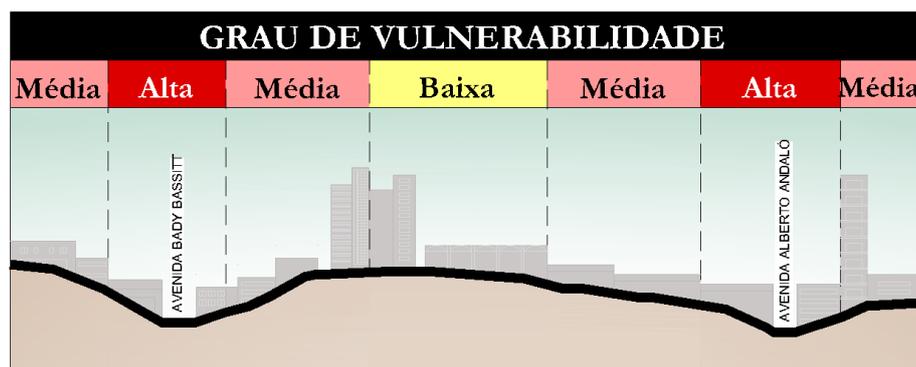


FIGURA 4: Corte Esquemático 02 – Grau de vulnerabilidade a enchentes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão sobre áreas vulneráveis a enchentes pauta-se, principalmente, em ações que visam mitigar os impactos desse fenômeno para o desenvolvimento mais sustentável das cidades. A presente pesquisa estabelece uma relação entre tal problemática com os principais pontos de atenção que atuam direta ou indiretamente sobre a temática, tais como uso e ocupação do solo, bacia hidrográfica, drenagem urbana e vulnerabilidade.

Outrossim, essa pesquisa teve como ferramenta o desenvolvimento de uma método para identificar a vulnerabilidade de áreas propícias a enchentes, visando mensurar seu grau de suscetibilidade e promover conhecimento para a disseminação da importância da mitigação dos impactos desse fenômeno nas áreas urbanas. Com isso, conclui-se que:

- A pesquisa identificou os fatores que atuam direta e indiretamente na sistemática das enchentes: uso e ocupação do solo, bacia hidrográfica, drenagem urbana e vulnerabilidade e enchentes;
- O método de avaliação das áreas vulneráveis a enchentes desenvolvido ao longo da pesquisa relaciona parâmetros e critérios que devem ser analisados para mitigar os impactos do fenômeno na área urbana;
- Os resultados obtidos com a aplicação do método gerou um panorama do grau de vulnerabilidade a enchentes na área em estudo, o que pode ser um instrumento para auxiliar as áreas expostas à mitigação dos impactos;
- O diagnóstico das áreas vulneráveis a enchentes estabeleceu as características da região frente ao fenômeno, bem como a proposição melhorias para as mesmas;
- Os dados resultantes, juntamente com o mapa síntese e os cortes esquemáticos representaram um diagnóstico da área analisada, com o intuito de demonstrar o grau de vulnerabilidade a enchentes através de um sistema de identificação visual com as fichas de avaliação;

- A metodologia desenvolvida para analisar as áreas vulneráveis a enchentes pauta-se em uma ferramenta para mitigar os impactos do fenômeno sobre o âmbito cidadão;
- Portanto, a partir dos resultados alcançados, conclui-se que a metodologia proposta para análise das áreas vulneráveis a enchentes pode servir como referência para estudos sobre a temática, bem como para planejadores do meio urbano.

Assim, tem-se como sugestões para as áreas vulneráveis a enchentes em São José do Rio Preto - SP:

- A utilização dos terrenos vazios, das áreas de praças e de lazer como áreas para auxiliar na detenção/retenção das águas pluviais, tais como a inclusão de planos de infiltração, poços de retenção, pavimentos porosos, entre outros dispositivos que possam auxiliar nesse processo;
- A desativação da linha férrea na área central da cidade, uma vez que a mesma representa um risco para os usuários do entorno imediato, e a utilização da área pertencente à Estação Ferroviária para a retenção da água pluvial, bem como para auxiliar na mitigação dos impactos das enchentes da região central;
- A adoção de medidas regulatórias para o crescimento da cidade próximo as nascentes dos Córregos Canela e Borá, evitando a retirada da massa vegetativa e preservando altas taxas de permeabilidade do solo;
- O desenvolvimento de sistema de alerta para as áreas vulneráveis a enchentes, a fim de monitorar e sinalizar a população sobre o fenômeno para mitigar os impactos negativos aos bens e pessoas sujeitos às áreas próximas a enchentes;
- Por fim, recomenda-se o planejamento dos recursos hídricos, bem a manutenção corretiva e preventiva dos dispositivos de micro e macro drenagem, visando o efetivo funcionamento dos mesmos.

Tem-se como recomendações para as futuras pesquisas relacionadas às áreas vulneráveis a enchentes:

- A realização de estudos mais aprofundados sobre as bacias hidrográficas, buscando identificar as principais características das mesmas;
- A verificação das áreas selecionadas, bem como a aplicação do método em diferentes épocas do ano, visando obter um diagnóstico mais conciso;
- A revisão acerca dos principais parâmetros que norteiam a pesquisa, com o intuito de obter mais critérios de avaliação para o método;
- Por fim, a presença de uma equipe multidisciplinar para auxiliar na elaboração dos levantamentos e diagnósticos, uma vez que cada especialista contribua com seus conhecimentos para a mitigação dos impactos das enchentes nas áreas urbanas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCE, M. F. **Center for Geophysical Research**. Disaster Research Program, University of Costa Rica, 2005
- BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- CAMPANA, N.A; TUCCI, C.E.M. **Estimativa de área impermeável de macro-bacias urbanas**. RBE - Revista Brasileira de Engenharia: Caderno de Recursos Hídricos, vol.12, n.2, 1994.
- GELDOF, G.D. **Adaptative water management: integrated water management on the edge of chaos**. Water Science and Technology, v.32, p. 7-13, 1995.
- MENDIONDO, E.M. **Reducing vulnerability to disasters in urban areas of humid tropics**, In: J. Goldenfum et al (eds) "Urban water management in humid tropics", UNESCO, Paris, 2008.
- MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999
- NOCETTI, T.F. **A visão dos atores no sistema de drenagem urbana: uma análise crítica na gestão dos recursos humanos**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

POMPÊO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.5, n.1, 2000.

PORTO, R.M, ZAHEF, F., TUCCI, C.E.M., BIDONE, F. **Drenagem Urbana**. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS/ABRH, 2.ed. , 2001.

TUCCI, C.E.M. **Inundações Urbanas**. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, v.5, p.15-36.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre: Editora da UFRGS, 3ª ed., 2004, p. 943.

UN-ISDR – United Nations Internacional Strategy for Disaster Reduction. 2009. **Terminology on Disaster Redution**. Disponível em: <http://www.unisdr.org>, acesso em janeiro de 2011.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.