

AVALIANDO OS FATORES DETERMINANTES DO PROCESSO DE CHEIA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS

Murilo Gonçalves Cavalheiro¹; Paulo Augusto Romera e Silva²; Sandro Roberto Selmo³ & Ancelmo Arantes Valente⁴

RESUMO O presente artigo, originado da pesquisa “O processo de cheia em bacias hidrográficas urbanas”, de Murilo Gonçalves Cavalheiro, tem como principal objeto demonstrar como a impermeabilização do solo, através da urbanização, em conjunto com um planejamento deficiente do uso e ocupação do solo, são fatores determinantes no processo de cheia em bacias urbanizadas. Para embasamento do trabalho, foram contextualizados diversos fatores intervenientes para o processo de cheia, através de revisão bibliográfica em materiais dos mais diversos autores e instituições. Para a aplicação dos conceitos levantados na pesquisa, adotou-se uma seção de estudo e a bacia contribuinte do córrego do Veado, situada na cidade de Presidente Prudente, que é uma unidade de extrema importância para a cidade e que esporadicamente sofre com enchentes. Com o resultado do estudo pode-se observar claramente a influência das ações antrópicas, no comportamento das águas pluviais, principalmente na vazão de cheia. Destaca-se também a necessidade de um minucioso planejamento para as futuras urbanizações, com o intuito de evitar eventos críticos como as enchentes e todos os transtornos deles decorrentes.

Palavras-Chave: Cheia. Enchentes. Drenagem Urbana. Córrego do Veado.

ABSTRACTS This report results from a research, entitled "The process of flood in urban watersheds," and aim to demonstrate how soil sealing, through urbanization, together with poor planning rules policies determine factors floods on urbanized basins. In light of the work was contextualized several factors involved in the process of floods, through a literature review of materials of several authors and institutions. For the application of the concepts raised in the research, took up a section of study case and its contributing basin located in the urbanized area of Presidente Prudente city, a basin of extreme importance to the city and that occasionally suffers from floods. With the results of the study case it is possible clearly to observe the influence of human actions, the behavior of rainwater in the basin, mostly in full flow rate. It is also the need for detailed planning for future developments in order to avoid critical events such as floods and all the disorders arising therefrom.

Key words: Floods. Urban Drainage. Corrego do Veado.

¹ DAEE/BPP. Rua Desbravador Ceará, 438, (18) 3221-4350 Presidente Prudente/São Paulo. E-mail. murilo.cavalheiro@gmail.com

² Prof. Dr. CTH. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, 120, (11) 3039-3245 São Paulo. E-mail. romera948@hotmail.com

³ DAEE/BPP. Rua Desbravador Ceará, 438, (18) 3221-4350 Presidente Prudente/São Paulo. E-mail. comitepp@serhs.sp.gov.br

⁴ Prof. Ms. CTH. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, 120, (11) 3039-3277 São Paulo. E-mail. profvalente@ajato.com.br

1 APRESENTAÇÃO

Observa-se na grande maioria dos municípios brasileiros que, na medida em que crescem suas zonas urbanas - impermeabilizadas pelos pavimentos e pelas edificações – elas passam a ter crescentes impactos de inundações, decorrentes da ausência de instrumentos de controle das cheias.

Altera-se completamente a situação do ambiente se comparado à configuração anterior à urbanização da área, ambiente esse em equilíbrio por milênios com a evolução geológica e climática. Porém a chuva continuará caindo sobre a área como antes, e uma alteração terá grande importância, qual seja o comportamento do escoamento dessa água, agora nas ruas e edificações, e não mais na área livre coberta por vegetação e sulcada por cursos de água.

E essa água tem seus caprichos, procurando seguir seus caminhos pelos pontos mais baixos do relevo. Nesse caminhar, ignora boa parte das ações humanas que tentam impedir seu movimento, tendo força para superar esses obstáculos. Sobre essa água e seu caminhar, as cidades deveriam ter como lema respeitar sempre seus caminhos, sob pena de enfrentar sua fúria, que se faz presente quando da ocorrência de enchentes e inundações. Além disso, não se pode esquecer que no ambiente natural, a percolação pelos vazios do solo é um caminho muito usado pela água. Quando se impede a sua infiltração, com a impermeabilização da superfície do solo, parte significativa da água não faz seu trajeto subterrâneo, escoando, conseqüentemente, pela superfície.

As águas pluviais carregam tudo o que encontram no seu caminho, desde a poluição que paira no ar, até os resíduos lançados nas ruas. Quanto mais se descuida da limpeza da cidade, mais trabalho “sobra” para a chuva, que não se nega a prestar esse serviço de limpeza. Portanto, a cidade que não se limpa organizadamente acaba contribuindo para a poluição dos corpos d’água, para onde as águas pluviais carregam todo o material encontram pelo seu trajeto. Essa poluição pode comprometer o uso da água para diversas finalidades, inclusive o abastecimento humano.

Nos anos mais recentes, esses fenômenos tornaram-se objeto de estudos do Saneamento Ambiental, visando minimizar os impactos dessas situações de risco para as pessoas e a perda de patrimônio construído ao longo dos anos.

As responsabilidades, as ações do planejamento, da gestão permanente e do socorro às vítimas desses eventos envolvem diversas etapas em diversos níveis de decisão, e entidades, sejam elas públicas ou privadas.

2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é proporcionar um entendimento mais amigável do comportamento das águas pluviais em bacias urbanizadas e os processos que resultam das enchentes e inundações dos pontos baixos da bacia. Além de correlacionar os parâmetros que influenciam no processo de cheia, justificando a importância da adoção da bacia hidrográfica como

unidade de gerenciamento, quebrando o paradigma de que a bacia é apenas um acidente geológico, ou ainda apenas uma característica de relevo.

A idéia motivadora do presente trabalho é a de abordar alguns dos conceitos relacionados ao assunto e fazer uso de Tecnologia da Informação para desenvolver um instrumento didático, sob a forma de estudo de caso, para uma exposição do tema que seja de fácil entendimento, tanto para a população, quanto para os tomadores de decisões.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Inundações

Em condições normais, a água de um rio, ou mesmo de um pequeno córrego, escoar por um canal natural de dimensões suficientes para comportar a sua vazão.

Quando ocorrem chuvas intensas e prolongadas, aqueles canais são alimentados por estas chuvas fazendo com que as vazões aumentem drasticamente e os canais transbordem, fazendo com que a água passe a ocupar uma faixa lateral ao canal. Esta faixa tem o nome de várzea ou zona de inundação natural, fenômeno esse que ocorre principalmente na época das chuvas e, na maioria das regiões do Brasil, acontece entre os meses de novembro a março. Muito antes dos homens construírem as primeiras cidades, os rios já inundavam suas margens durante a época das chuvas.

As grandes enchentes que ocorrem esporadicamente são fenômenos naturais provocados por chuvas excepcionais, ou seja, chuvas raras e intensas.



FIGURA 1 – Ilha do Pimenta, Pirapora-MG, invadida pelas águas do “velho chico”.

Fonte: <http://www.velhochiconline.com>, acesso em 10 de abril de 2008.

3.2 Enchentes

A água é necessária para tudo; assim, nada mais natural que os homens de antigamente construíssem suas casas e vilas à margem de rios. Com o passar do tempo, muitas dessas vilas transformaram-se em grandes cidades.

Quando construímos uma casa, um pátio, ou uma calçada, o que estamos fazendo é revestir o solo. Antes das construções a água da chuva podia penetrar livremente no solo com mais facilidade, mas depois, a água da chuva não consegue infiltrar-se sendo forçada a escorrer pela superfície, aumentando assim o chamado “*Escoamento Superficial Direto*”. Em um ambiente natural, ocupado pela vegetação, grande parte da água da chuva fica retida nas árvores ou infiltra-se no solo, mas em uma área ocupada com muitas construções o que ocorre é justamente o contrário. Além disso, quando a superfície por onde a água escoar é “lisa”, por exemplo, no caso dos pátios de cimento ou das sarjetas ou ainda do asfalto das ruas, a velocidade da água aumenta, tornando-se muito maior do que quando a água escoar por uma superfície mais “áspera”, como um gramado. Isto significa que a água escoar mais depressa, podendo acumular-se em pontos mais baixos da cidade se a “saída” dessas áreas não for suficiente. Tudo ocorre como num reservatório em que a entrada de água é maior do que a sua saída, havendo a acumulação da água.

Por isso, com o crescimento das cidades, temos maior acúmulo de água da chuva que não se infiltra no solo e, ainda escoar mais rápido em direção aos pontos críticos.



FIGURA 2 – Enchente em São Paulo-SP - Arquivo/G1.

Fonte: <http://www.g1.globo.com>, acesso em 10 de abril de 2008.

3.3 Principais Impactos das Enchentes

De modo geral, a ocupação urbana não tem sido adequadamente planejada sob o aspecto da drenagem das águas pluviais nos ambientes urbanos e como consequência, nota-se a ocorrência, cada vez mais freqüente, de enchentes que provocam danos cada vez maiores.

Segundo Righetto (2000) os prejuízos sociais, econômicos e ambientais variam de acordo com as proporções desses eventos, pelo que se podem destacar, entre outros, os seguintes impactos:

- Prejuízos econômicos devido a invasão de propriedades residenciais, comerciais e industriais, pelas águas;
- Sérios problemas de saúde pública, causados pelo contato das águas pluviais com esgotos e resíduo sólidos;

- Poluição dos corpos d'água, também causada pelo contato das águas pluviais com esgotos e resíduo sólidos;
- Prejuízo ao transporte e locomoção urbana, com o impedimento da circulação de veículos e pessoas pelas vias inundadas;
- Perdas de veículos;
- Perdas de vidas humanas, não raras nas enchentes mais graves.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo Instituto Nacional de Geografia e Estatística – IBGE e publicada no ano de 2000, durante os anos de 1998 e 2000 o Estado de São Paulo alcançou números alarmantes de enchentes e inundações, sendo a ocorrência destes eventos mais frequentes nas regiões metropolitanas, pelas mais diversas causas, todas elas agravadas pelo processo de adensamento populacional.

TABELA 1 – Total de municípios sofreram inundações ou enchentes nos últimos dois anos, por fatores agravantes, segundo as Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Capitais.

Estado, Capital e Regiões Metropolitanas	Total de Municípios	Dimensionamento inadequado de projeto	Obstrução de bueiros/bocas de lobos	Obras inadequadas	Adensamento populacional
São Paulo (UF)	645	262	86	72	96
São Paulo (Capital)	1	1	1	1	1
Região Metropolitana SP	39	31	12	7	20
Região Metropolitana Baixa- da Santista	9	8	1	0	6
Região Metropolitana Cam- pinas	19	12	7	6	5

Fonte: PNSB – IBGE 2000.

Nota: Organização Cavalheiro, 2008.

3.4 Drenagem Urbana

A Lei Federal 11.445 de 05 de janeiro de 2007, em seu **Artigo 3º, § IV**, define drenagem e manejo das águas pluviais urbanas como:

(...) conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Mesmo antes disso, segundo DAEE/Cetesb (1980) os principais objetivos do sistema de drenagem urbana já considerados eram:

- Reduzir a exposição da população e das propriedades ao risco de inundações;
- Reduzir sistematicamente o nível de danos causados pelas inundações;
- Preservar as várzeas não urbanizadas numa condição que minimize as interferências com o escoamento das vazões de cheias, com a sua capacidade de armazenamento, com os ecossistemas aquáticos e terrestres de especial importância e com a interface entre as águas superficiais e subterrâneas;
- Assegurar que as medidas corretivas sejam compatíveis com as metas e objetivos globais da região;
- Minimizar os problemas de erosão e sedimentação;
- Proteger a qualidade ambiental e o bem-estar social;
- Promover a utilização das várzeas para atividades de lazer.

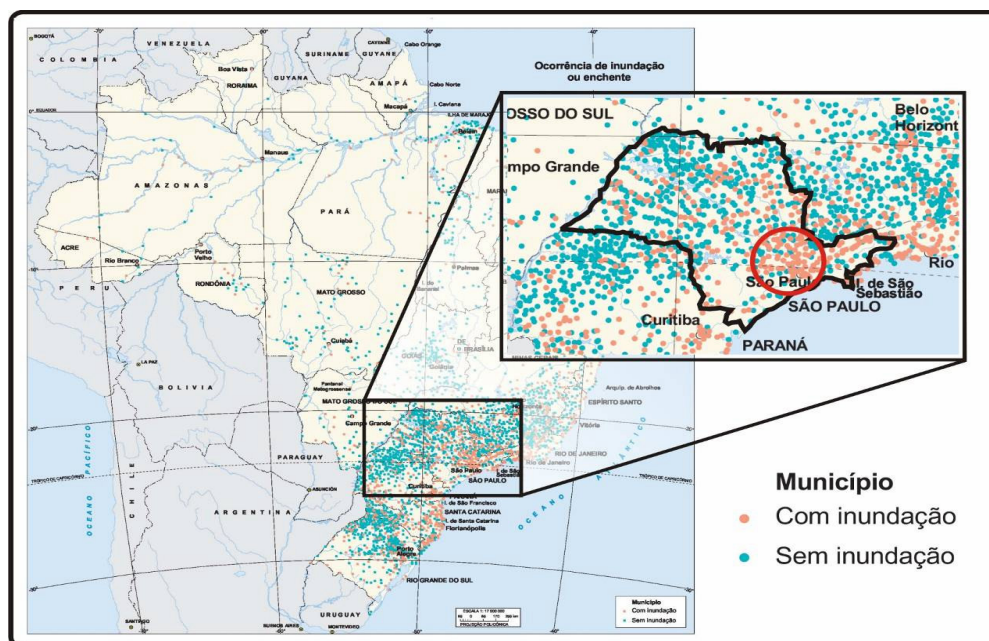


FIGURA 3 - Inundações ou enchentes - 1998/2000

Fonte: PNSB – IBGE 2000.

Nota: Organização Cavalheiro, 2008.

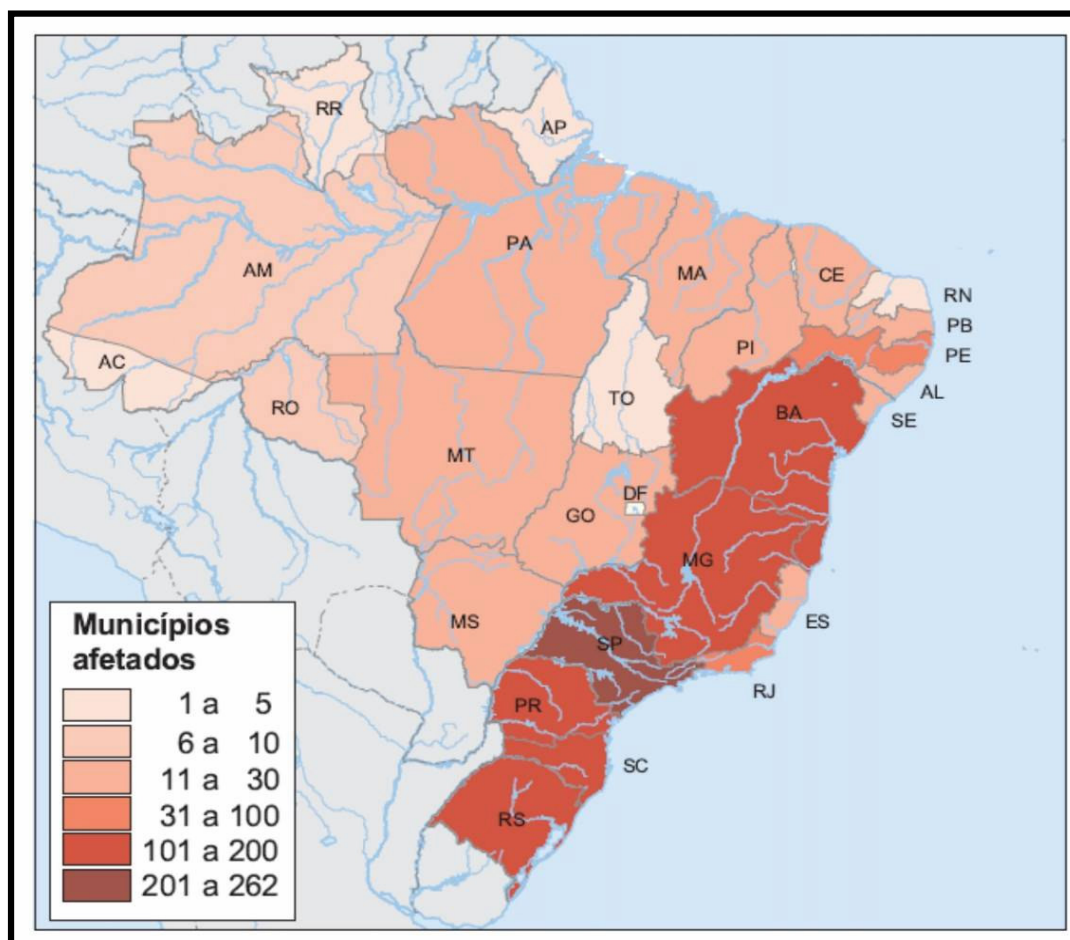


FIGURA 4 – Nº de Municípios atingidos - 1998/2000

Fonte: PNSB – IBGE 2000.

3.4.1 Custos do sistema de drenagem urbana

Conforme Yoshinaga (2005) o sistema de infra-estrutura urbana é composto por:

- Sistema viário – (pavimentação e drenagem urbana);
- Sistema sanitário – (redes de água e coleta de esgoto);
- Sistema energético – (rede de eletricidade e gás encanado);
- Sistema de comunicações – (telefone e TV a cabo).

O custo total, desses quatro sistemas, pode chegar a 160 mil dólares por hectare urbanizado, sendo que a drenagem urbana pode custar aos cofres públicos 19,4 mil dólares por hectare.

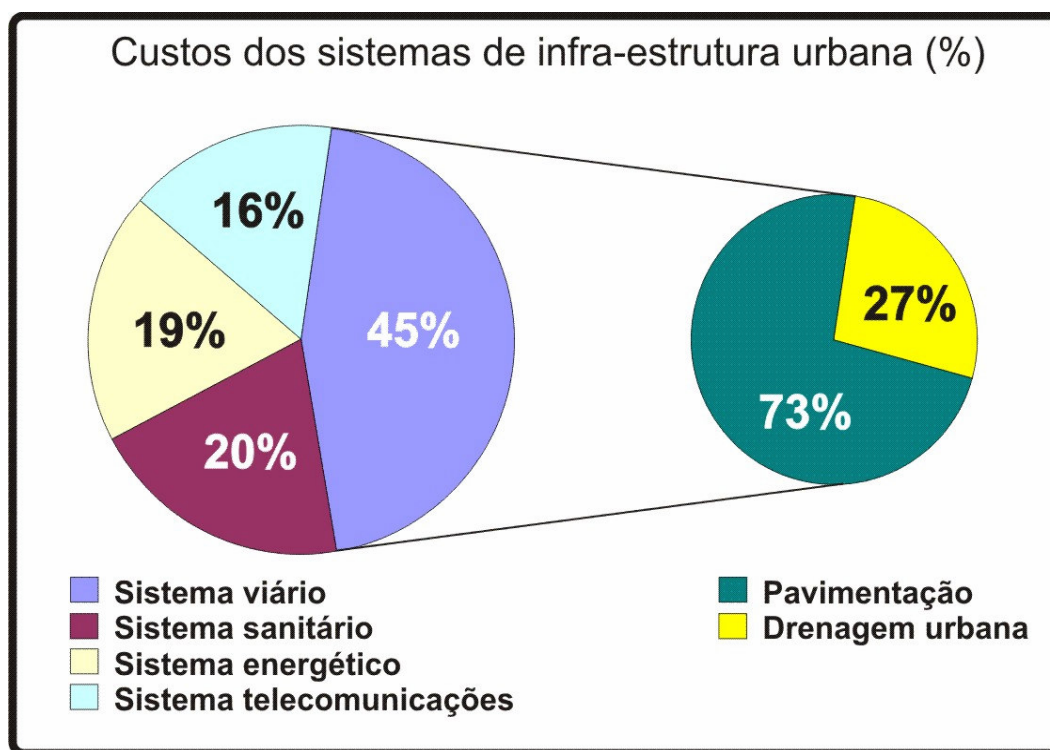


FIGURA 5 – Custos dos sistemas de infra-estrutura urbana.
Fonte: Infra-estrutura urbana, Yoshinaga, (2005).

3.4.2 Macro-drenagem

O sistema de macro-drenagem pode ser dividido em dois tipos:

- Sistema natural - constituído por cursos d'água perenes ou intermitentes, zonas de inundação natural, lagos permanentes e talvegues secos;
- Sistema artificial – constituído por canais implantados no sistema natural, reservatórios de amortecimento de cheias, e demais obras auxiliares.

3.4.3 Micro-drenagem

O sistema de micro-drenagem é o responsável pela captação da água pluvial em toda a bacia e pela sua condução até o sistema de macro-drenagem.

Os principais elementos do sistema de micro-drenagem são:

- Meio-fios - constituídos de blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública e o passeio, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública;
- Sarjetas - são as faixas formadas pelo limite da via pública com os meio-fios, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da rua;

- Bocas-de-lobo - são dispositivos de captação das águas das sarjetas;
- Poços de visita - são dispositivos colocados em pontos convenientes do sistema, para permitir sua manutenção;
- Galerias - são as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas-de-lobo;
- Condutos forçados e estações de bombeamento - quando não há condições de escoamento por gravidade para a retirada da água de um canal de drenagem para um outro, recorre-se aos condutos forçados e às estações de bombeamento;
- Sarjetões - são formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.

De uma maneira geral, as águas de chuva (coletadas nas vias públicas por meio de bocas-de-lobo e descarregadas em condutos subterrâneos) são lançadas em cursos d'água naturais, no oceano, em lagos ou, no caso de solos bastante permeáveis, esparramadas sobre o terreno por onde infiltram no solo.

É recomendável que o sistema de drenagem seja tal que o percurso da água entre sua origem e seu destino seja o menor possível.

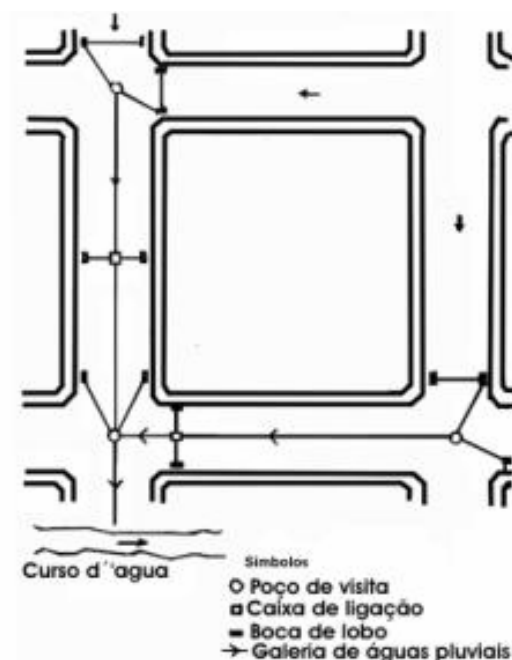


FIGURA. 6 – Esquema de micro-drenagem

Fonte: O2 Engenharia Ltda - <http://www.o2engenharia.com.br/drenagem.htm> - acesso em 15 de abril de 2008.

3.4.4 Planejamento da drenagem urbana

Conforme DAEE/CETESB (1980), o planejamento das obras de melhoramentos de drenagem urbana, devem dedicar atenção tanto às obras de micro-drenagem quanto às de macro-drenagem, pois elas são diretamente interligadas. Lembrando que a rede física de macro-drenagem existe naturalmente através dos cursos de água (rios e córregos, perenes ou intermitentes) independente de obras específicas e constituindo assim o sistema natural de escoamento de água.

As obras de macro-drenagem têm como principal objetivo melhorar as condições de escoamento e atenuar os problemas de erosão, assoreamento, inundações e enchentes ao longo dos cursos de água.

Constituindo-se de obras como: (a) canais naturais, (b) canais artificiais, (c) galerias de grandes dimensões, (d) reservatórios, (e) obras de proteção contra processos erosivos – dissipação, entre outras. Embora sejam sistemas distintos a macro-drenagem e a micro-drenagem estão intimamente ligadas, devendo ser projetadas conjuntamente.

Dessa forma, o planejamento da drenagem das águas pluviais deve considerar:

- Delimitação da Bacia hidrográfica contribuinte;
- Determinação da vazão de projeto, para um pré-dimensionamento dos canais, galerias e demais obras que se façam necessárias;
- Análise das condições atuais de drenagem através de cartas topográficas, descobrindo assim o comportamento do escoamento da água de chuva;
- Análise das condições de drenagem antes das intervenções antrópicas através de imagens aéreas antigas;
- Estudo e análise das alternativas possíveis para a implantação da rede de drenagem, sob o enfoque da engenharia hidráulica. Deverão ainda ser considerados os impactos sociais na vizinhança e as limitações ambientais;
- Considerar as outras obras de serviços públicos localizadas no subterrâneo;
- Estimativa de custos das alternativas levantadas, considerando todas as intervenções;
- Exame multidisciplinar considerando os aspectos urbanísticos, sociais, legais e ambientais para a implantação do sistema;
- Escolha e apresentação da alternativa escolhida por parte da empresa responsável pelo projeto ao contratante. É aconselhável ainda que sejam realizadas reuniões com entidades representantes da sociedade beneficiada com as obras;
- Delinear os traçados aproximados dos eixos dos canais ou condutos, considerando: (a) Topografia; (b) Faixas de servidão; (c) Raios mínimos de traçado; (d) arruamentos já existentes ou já projetados; (e) Drenagem de áreas adjacentes; (f) Geologia local;
- Elaboração de dados cartográficos, com detalhamento máximo, baseando-se em restituição aerofotogramétrica em escalas de 1:500, 1:1000, 1:5000; curvas de nível com equidistâncias entre 0,50 m e 10 m;
- Elaboração de desenhos contendo a planta e perfil, superfície do terreno, declividade das ruas, interferências com outras obras;
- A elaboração do ante-projeto tem a função de subsidiar a escolha das melhores alternativas, nesta fase, que se definem aspectos como velocidade do escoamento, localização das estruturas, meios de contornar interferências entre outros;
- Ainda no ante-projeto deve-se revisar e aprofundar os estudos hidrológicos da área;
- Já o projeto deve apresentar todos os detalhes de engenharia do sistema de drenagem;
- Relatório, contendo a descrição da bacia, estágio atual e perspectivas futuras de desenvolvimento, dados pluviométricos disponíveis, estudos hidrológicos, período de retorno adotado, cálculo da vazão de projeto, critérios de engenharia, planos alternativos, considerações ambientais, aspectos legais e institucionais, recomendações, cronograma de execução e planilha de custos;
- Desenhos de projeto com planta e perfis do sistema em escalas de 1:500 e 1:1000 e a representação dos detalhes das obras a serem executadas.

E, por fim, o plano diretor de macro-drenagem urbana é o documento que deve sintetizar esse conjunto de informações, possibilitando a o reconhecimento das obras que devem ser executadas, e a decisão de prioridades e, portanto o potencial de uso do solo urbano nas varias regiões da cidade.

Esse plano não deve ser baseado exclusivamente em projetos hidráulicos, mas também em critérios ambientais, sociais e econômicos, sendo assim integrado aos demais planos do município.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Estudo de Caso

Para o presente trabalho adotou para estudo de caso a bacia do alto córrego do Veado, bacia urbana situada no município de Presidente Prudente.

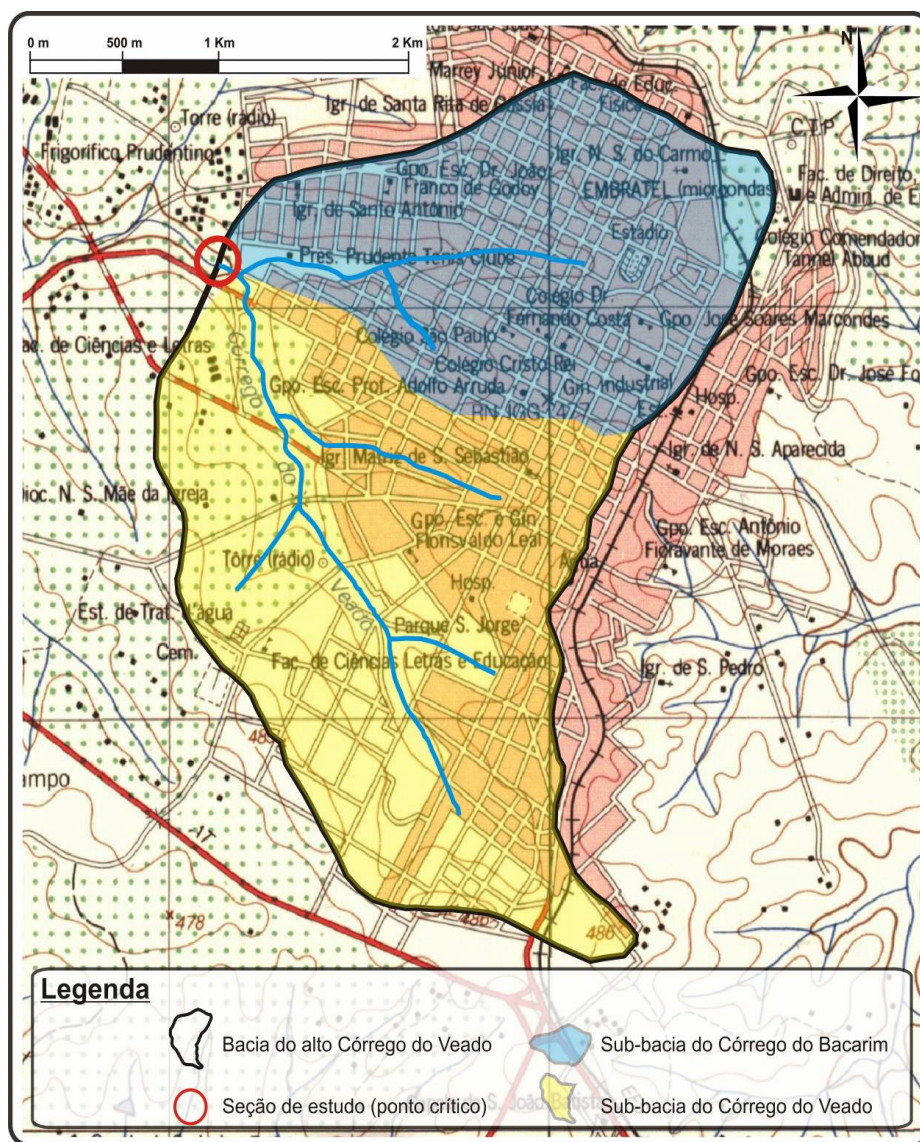


FIGURA 7 – Bacia do Alto Córrego do Veado.

Fonte: Carta IBGE Folha SF-22-Y-B-III-1, escala 1:50.000

Nota: Organização Cavalheiro, 2008

4.1 Definição da seção de estudo (ponto crítico)

O ponto do Córrego do Veado, adotado para o presente trabalho como seção de estudo, fica alguns metros a jusante do deságüe do córrego do Bacarim, sob o estacionamento do Prudenshopping, nas coordenadas UTM, 7554,133 Km N e 458,346 Km E (datum de referência Córrego Alegre).

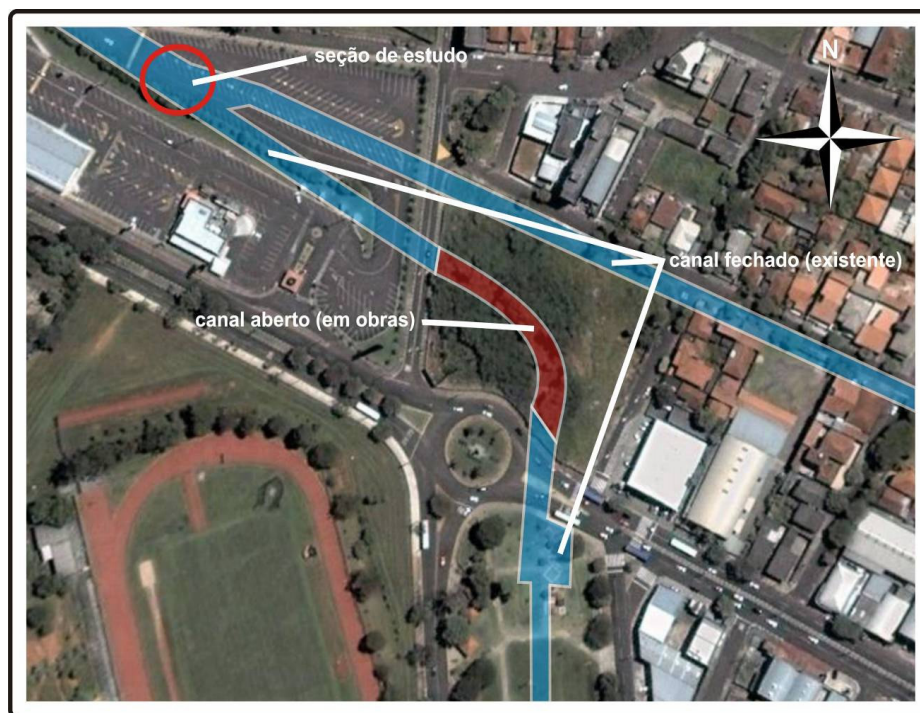


FIGURA 8 – Local da seção estudo.
Fonte: Cavalheiro, 2008.

4.2 O processo de urbanização da bacia

A urbanização da área da bacia do córrego do Veado deu-se, como de resto na cidade de Presidente Prudente, em processo de urbanização ocorrido na década de 1960, pelo esvaziamento populacional das zonas rurais, em decorrência da adoção da prática da pecuária extensiva na região, resultando em aumento acelerado da população urbana, com problemas tanto sociais como ambientais.

De início foi, certamente, a cultura do café, a grande mola propulsora do desbravamento desta área, em conjunto com o algodão, e o gado têm considerável participação no histórico da região, lembrando que uma das suas características foi o rápido crescimento. Na década de quarenta, Presidente Prudente foi o município paulista que recebeu o maior número de imigrantes. Passada a febre e a euforia de uma produção agrícola abundante, cansado o solo pouco fértil, pela ocupação intensa e dos maus tratos provenientes de uma técnica agrícola rudimentar e danosa, rendia pouco e forçava o homem a substituir as culturas, conformar-se com o pequeno ganho ou sair. (Alegre, 1970, p.71).

Ainda na década de 1960 o crescimento da cidade esteve também associado à chegada de indústrias ligadas a pecuária - frigoríficos e curtumes, selando assim uma fase de declínio da atividade agrícola, fazendo com que o homem do campo procura-se a cidade.

Com o aumento drástico da população urbana, as margens dos córregos foram rapidamente ocupadas, esses córregos agora poluídos, submeteram essas pessoas a péssimas condições de vida comprometendo a saúde e o ambiente habitado.

A característica urbana de Presidente Prudente na atualidade é a mesma das principais cidades médias brasileiras, caracterizada principalmente por uma expansão urbana a qualquer custo, explorada pela especulação imobiliária nos eixos de expansão da cidade.

TABELA 2 – Dinâmica Populacional Presidente Prudente

Ano	Total de habitantes	Habitantes área urbana	Habitantes área rural
1940	70.516	12.637	57.879
1950	61.344	28.793	32.551
1960	71.857	54.055	17.802
1970	104.438	91.188	13.250
1980	135.198	127.988	7.210
1990	160.605	157.645	2.960

Fonte: IBGE

4.3 Caracterização atual da bacia

Com a nascente localizada próxima a Avenida Brasil, na altura do início do “Parque do Povo” (cruzamento das avenidas Brasil e 14 de setembro), o Córrego do Veado atravessa uma área hoje completamente urbanizada, tendo sido canalizado numa extensão de 4.500 m, portanto além da área considerada neste estudo de caso.

Na faixa de terreno acima da canalização (fechada), foi construída uma área destinada ao lazer público denominada “Parque do Povo”. Próximo a seção de estudo existe outro córrego canalizado, o córrego do Bacarim, que é afluente do córrego do Veado tendo sua foz próxima ao ponto determinado como seção de estudo.

Na parte a jusante, o “Parque do Povo” tem parte do canal em trecho de canalização aberta, aproximadamente 100 m, voltando a ser em canalização fechada no trecho próximo ao estacionamento do Prudenshopping.

Para os cálculos hidrológicos, relativos ao ano 1974 foi utilizada a base cartográfica do IBGE, folha SF-22-Y-B-III-1, escala 1:50.000 de 1974, onde está bem definido o limite da mancha urbana da cidade de Presidente Prudente nesse ano. Com base na carta, identificaram-se áreas de diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

Já para os cálculos hidrológicos, relativos ao ano 2008 foi utilizada a base cartográfica, cartas da cidade de Presidente Prudente, em escala de 1:5.000 e hipsometria de 5 m (eqüidistância das

curvas de nível), além de ortofotos da cidade para definição de uso e ocupação do solo (fotointerpretação).

Para a determinação das vazões das cheias, atendendo recomendação do DAEE (SP), utilizou-se o método sintético I-PAI-WU, para bacia contribuinte é maior que 2,0 Km².

5 RESULTADOS

ITENS CONSIDERADOS	1974	2008	
Área da bacia contribuinte	8,59	8,59	Km ²
Cota máxima	475	475	m
Cota mínima	395	395	m
Comprimento do talvegue	3,949	3,949	m
Declividade equivalente do talvegue	0,012	0,012	m/m
Tempo de concentração (Tc)	63,18	63,18	min
Coeficiente C1	1,25	1,25	s.d.
Coeficiente C2	0,65	0,77	s.d.
Coeficiente C	0,471	0,563	s.d.
Tempo de Retorno (Tr)	100	100	anos
Intensidade da chuva (i) (equação de chuva I-D-F, posto D8-041R Laranja Doce, Martinópolis-SP)	95,18	95,18	mm/h
Fator de Forma (F)	1,19	1,19	s.d.
Coeficiente de Dispersão da Chuva (K)	1	1	s.d.
Vazão de cheia (método I-PAI-WU)	95,03	113,45	m³/s

4.4 Características hidráulicas da canalização na condição atual (2008):

Seção	retangular	
Largura	6	m
Altura	3,5	m
Declividade	0,01	m/m
Velocidade	7,58	m/s
Nº Froude	1,24	s.d.
Material	concreto	
Coeficiente de rugosidade n (manning)	0,18	s.d
Borda livre	0,4	m
Capacidade de Vazão	154,63	m ³ /s

6 CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos nos cálculos, podemos perceber que a capacidade de escoamento da tubulação na seção de estudo apresenta valores que comportam a vazão de cheia calculada para a bacia, no entanto, com velocidade maior do que a indicada para este tipo de obra.

Apesar dos cálculos mostrarem resultados satisfatórios, durante visita a campo foram percebidos indícios de que a tubulação tem recebido vazão maior do que a suportada, talvez durante alguma chuva muito intensa que ultrapassa as estatísticas do período de retorno, ou por conta de alguma anomalia não contemplada nos métodos de cálculo.



FIGURA 9 – Local da seção estudo.
Fonte: Cavalheiro, 2008.

Observou-se então a necessidade de um estudo mais detalhado (trecho a trecho) dos canais existentes na bacia, uma vez que os mesmos estão fechados, e que alguns foram projetados e executados há muito tempo.

A bacia apresenta ainda outros pontos problemáticos que merecem atenção, trechos do córrego canalizado que apresentam problemas esporádicos de enchentes, como aconteceu no dia 29 de abril de 2008.



FIGURA 10 – Alagamento no Parque do Povo.
Fonte: Ferreira Nascimento, Jornal Oeste Notícias (30 de abril de 2008)

A implantação de um reservatório de amortecimento de cheia (piscinão) instalado próximo à seção de estudo, é uma alternativa, pois acomodaria parte do volume de água que poderia escoar depois do pico de cheia. Esta alternativa torna-se ainda mais interessante, uma vez que o local indicado para sua instalação esta em obras e não apresentaria grandes transtornos à população e ainda poderia ser aproveitada como área de lazer.

Outras medidas complementares poderiam ser:

- a implementação de uma fiscalização, tanto de projetos novos quanto de lotes já edificados, visando fazer cumprir a legislação municipal, reservando-se 20% da área total do lote sem impermeabilização e;
- sistemas de reuso de água de chuva possibilitariam a reservação de água para fins menos nobres, fazendo com que parte das águas das chuvas não contribuam para o pico de cheia da bacia.

Por fim fica claro que a inserção do estudo de uma bacia, como essa do caso acima, em um Plano de Macro drenagem com a abrangência de toda a cidade, e sendo suporte para a decisão das diretrizes de ocupação do solo do Plano Diretor Municipal, representam um importante instrumento de sustentabilidade e de racionalização na gestão urbana.

BIBLIOGRAFIA

- ALEGRE, M. *Alta Sorocabana através de Atlas Regional*. Boletim do Departamento de Geografia. Presidente Prudente, vol. 03, 1970. pág. 68-76.
- BOTELHO, M.H.C., *Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades*, Edgard Blücher, São Paulo, 1984.
- BRASIL, Congresso Nacional, *Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 01 abril de 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2º.ed. São Paulo:Blucher, 1980.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL, *Drenagem Urbana, Manual de Projeto*, DAEE/CETESB, São Paulo, 1980.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, *Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas*, DAEE, São Paulo, 2006.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, *Manual de Cálculo de Vazões*, PERH, São Paulo, 1994.
- Dep. de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br>>. Acesso em 15 de abril de 2008.
- G1 notícias. *Enchente em São Paulo-SP* - Arquivo/G1. Disponível em: <<http://www.g1.globo.com>>. Acesso em 10 de abril de 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, *Plano Nacional de Saneamento*, IBGE, Brasília, 2000.
- MARTINEZ, Jr. F., *Estudo de Chuvas Intensas do Estados de São Paulo*, CTH/DAEE, São Paulo, 1998
- O2 ENGENHARIA LTDA, *Drenagem Urbana*, Disponível em: <<http://www.o2engenharia.com.br>>. Acesso em 15 de abril de 2008.
- PORTO, Rodrigo, *Hidráulica Básica*, REENGE/EESC/USP, São Carlos, 1998.
- RIGHETTO, A M., *Hidrologia e Recursos Hídricos*, REENGE/EESC/USP, São Carlos, 2000
- Site Velho Chico online. Ilha do Pimenta, Pirapora-MG. Disponível em: <<http://www.velhochiconline.com>>, Acesso em 10 de abril de 2008.
- TOMAZ, P, *Aproveitamentos de Água de Chuva*, Navegar Editora, São Paulo, 2003
- TUCCI, E. M. C. E outros, *Drenagem Urbana*, ABRH, UFRGS, Porto Alegre, 1995
- WILKEN, P. S., *Engenharia de Drenagem Superficial*, Cetesb, São Paulo, 1978.
- YOSHINAGA, M., *Infra-estrutura urbana*, +4 Editora, Porto Alegre, 2005.