

**OS ALAGAMENTOS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP:  
UM TRABALHO INTERDISCIPLINAR EMBASADO  
NO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO\***

**Pacelli Henrique Martins TEODORO\*\***

**João Osvaldo Rodrigues NUNES\*\*\***

**Resumo:** A elaboração de diagnósticos sócio-ambientais, em áreas urbanas, possibilita, por meio do mapa geomorfológico, a inter-relação dos aspectos físicos (morfologias de vertentes e fundos de vales, rupturas de declives, comprimentos de rampas, cabeceiras de drenagem em anfiteatros) e dos sociais (localização da malha urbana, estradas, rodovias, ferrovias). Tais características auxiliam na identificação de áreas susceptíveis aos problemas urbanos, dentre os quais os alagamentos e os estouros de tubulações, pela canalização fechada em córregos. Dessa forma, o objetivo deste artigo é ressaltar a importância do mapeamento geomorfológico, associado a elementos do clima, para compreender o impacto do excedente de escoamento superficial da água, em setores da Zona Leste, na cidade de Presidente Prudente-SP, e propor medidas de adaptação.

**Palavras-chave:** mapa geomorfológico; precipitação; alagamentos; medidas adaptativas; Presidente Prudente.

**Resumen:** El desarrollo de diagnósticos socio-ambientales, en las zonas urbanas, ofrece, a través del mapa geomorfológico, la interconexión de los aspectos físicos (morfología del vertientes y fondos del valles, laderas de interrupción, la longitud de las rampas, cabeceras de drenaje en anfiteatros) y los sociales (localización de la red urbana, caminos, carreteras, ferrocarriles). Estas características ayudan a identificar las áreas susceptibles a los problemas urbanos, entre las inundaciones y los rompimientos de las tuberías, por los tubos cerrados en los arroyos. Así pues, el objetivo de este trabajo es poner de relieve la importancia de la cartografía geomorfológica, junto con los elementos del clima, para comprender el impacto de la escorrentía de exceso de agua, en las áreas de la Zona Este, en la ciudad de Presidente Prudente, Estado de São Paulo, y proponer medidas para la adaptación.

**Palabras-clave:** mapa geomorfológico; precipitación; inundaciones; medidas de adaptación; Presidente Prudente.

**Abstract:** The development of socio-environments diagnostics in urban areas provides, through the geomorphological map, the inter-linking of the physical aspects (morphologies of strands and funds of valleys, slopes of breaks, length of ramps, headboards drainage in amphitheatres) and of the social aspects (location of the urban network, roads, highways, railways). These characteristics assist in identifying areas susceptible to urban problems, among which the floods and bursts of pipes closed in streams. Thus, the goal of this paper is to highlight the importance of the geomorphological mapping, combined with elements of climate, to understand the impact of excess water runoff in areas of the East Zone, in the city of Presidente Prudente, São Paulo State, and propose adaptive measures.

**Key-words:** geomorphological map; precipitation; floods; adaptive measures; Presidente Prudente.

## 1. Introdução

---

\* Artigo com resultados do trabalho final da disciplina “Geomorfologia Ambiental”, cursada no ano de 2007.

\*\* Doutorando em Geografia e bolsista da FAPESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. E-mail: phmteodoro@hotmail.com

\*\*\* Professor Doutor do Departamento de Geografia – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. E-mail: joaosvaldo@fct.unesp.br

Originadas pela circulação atmosférica regional e seus tipos de tempos especiais que favorecem os desvios positivos, as intensas chuvas faz parte do ambiente transformado socialmente, o qual facilita, em dependência da maneira do uso e da ocupação do solo urbano, a ocorrência de impactos. Principiados pela inundação inferior-superficial do espaço urbano, estes problemas podem ocasionar os movimentos de massa, as obstruções das infra-estruturas, a contaminação da água, o acúmulo de entulhos, entre outros.

De acordo com as análises de Grilo (1992), os alagamentos ocorrem, geralmente, em áreas planas ou com depressões e fundos de vales, com o escoamento superficial comprometido pela topografia e falta ou insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano. Ainda, quanto menor a extensão de áreas verdes, menor a infiltração de água no solo, que alimenta os aquíferos suspensos, causando menor auxílio para o escoamento superficial, as quais poderiam atenuar as causas dos mesmos.

Tais impactos afetam as estruturas e os processos urbanos, percebidos pelos transtornos na circulação de transportes, na comunicação, nas atividades e nos serviços, pelos problemas sanitários e de abastecimento, pelas perdas e pelos danos econômicos e sociais, dentre muitos outros. Portanto, no que diz respeito às chuvas, o fenômeno merece destaque para os estudos de clima urbano, visto que os

[...] aguaceiros, fortes impactos pluviiais concentrados, o problema é de especial interesse para nós, no Brasil, já que dificilmente há um ano em que, em diferentes regiões, não haja uma ou algumas cidades violentamente atacadas [...] a complexidade da questão e sua importância nacional exigem maiores considerações [...] (MONTEIRO, 1976b, p. 55).

O uso de documentos cartográficos é uma das formas adotadas para se trabalhar no campo da geomorfologia. Segundo Ross (1991), esses expressam uma realidade relativamente abstrata do relevo, no qual colinas, vertentes, planícies, morros e outras formas são representados.

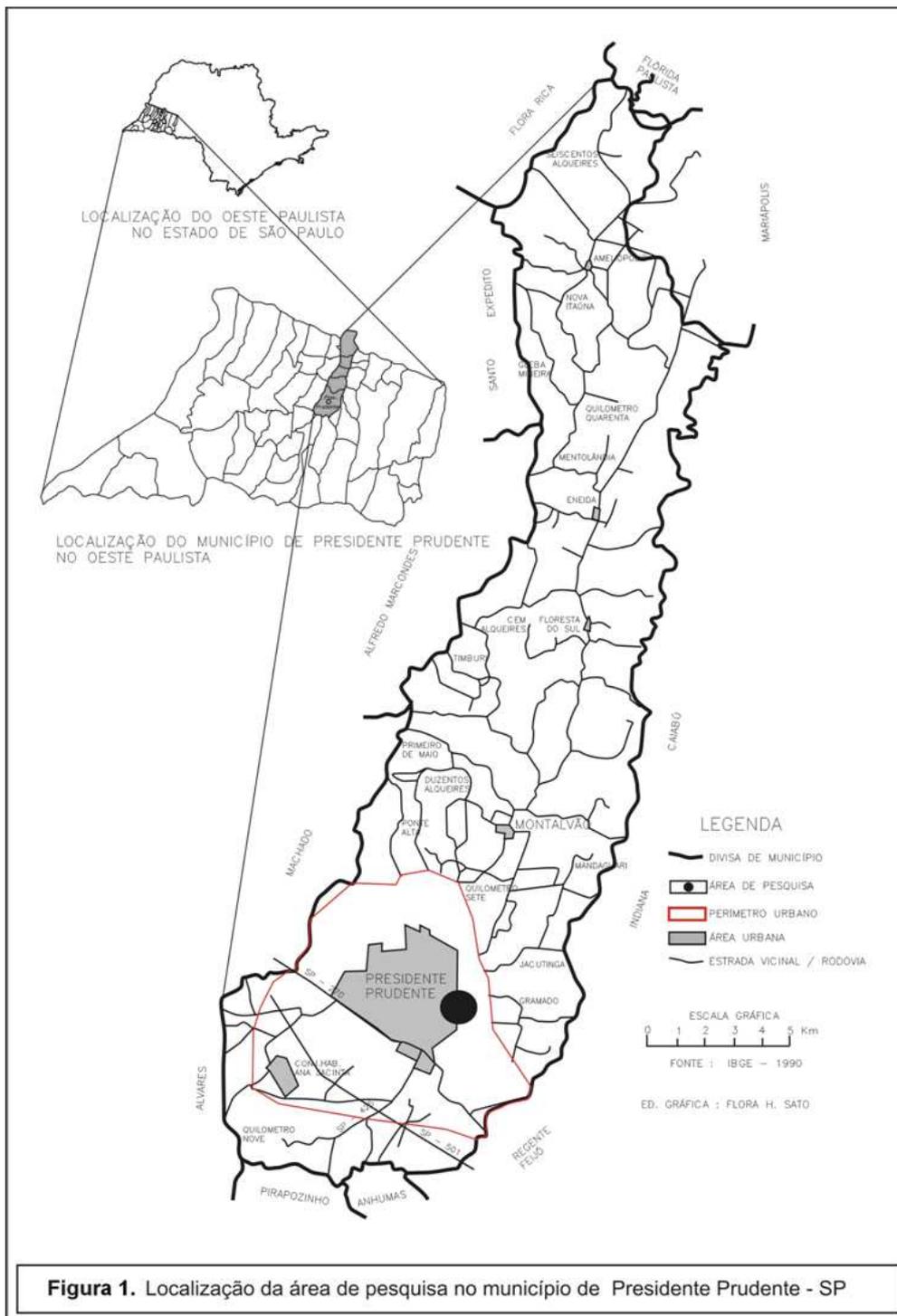
Neste sentido, o mapa geomorfológico é uma importante ferramenta na pesquisa do relevo, contribuindo de modo fundamental em estudos de diagnósticos e prognósticos tanto para áreas urbanas como rurais. Em áreas urbanas auxilia na escolha de locais para construção de aterros sanitários (Nunes, 2002); na delimitação de zonas residências e industriais; na demarcação precisa de áreas de proteção ambiental (mananciais hídricos de abastecimento público); **áreas de risco a enchentes**, etc. Em áreas rurais contribui para escolha de áreas para assentamento rurais; identificação e controle de processos erosivos lineares e areolares; em projetos de conservação e manejo de solo, etc. (NUNES et al., 2006, p. 2, destaque próprio).

Desta maneira, o mapa geomorfológico constitui-se em um relevante instrumento para os estudos sobre alagamentos em áreas urbanas, permitindo, por meio da pesquisa do relevo, a compreensão das formas físicas propícias para as ocorrências de impactos, assim como das interferências sociais no meio ambiente.

Por meio de análises de elementos e fatores geomorfológicos, a importância do tema se faz presente em analisar o ambiente urbano na perspectiva física, ou seja, compreender as dinâmicas e inter-relações entre os processos naturais e sociais atuantes sobre o relevo.

Este ambiente compreende a cidade de Presidente Prudente, localizada no Oeste do Estado de São Paulo, considerada de porte médio e capital regional, por ser um importante pólo prestador de serviços aos municípios vizinhos. Especificamente, delimitou-se um específico ponto de alagamentos, a Avenida Tancredo Neves, situado no quadrante Leste do espaço urbano em questão, para análises mais aprofundadas da temática proposta (**Figura 1**).

Desta maneira, o presente trabalho teve como finalidade compreender, por meio do mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP (NUNES, et al., 2006), as ocorrências dos alagamentos na cidade, especialmente ao longo da Avenida Tancredo Neves, situada sobre o canalizado Córrego da Cachoeira Grande, com objetivo de uma interdisciplinaridade necessária entre a relação sociedade-natureza.



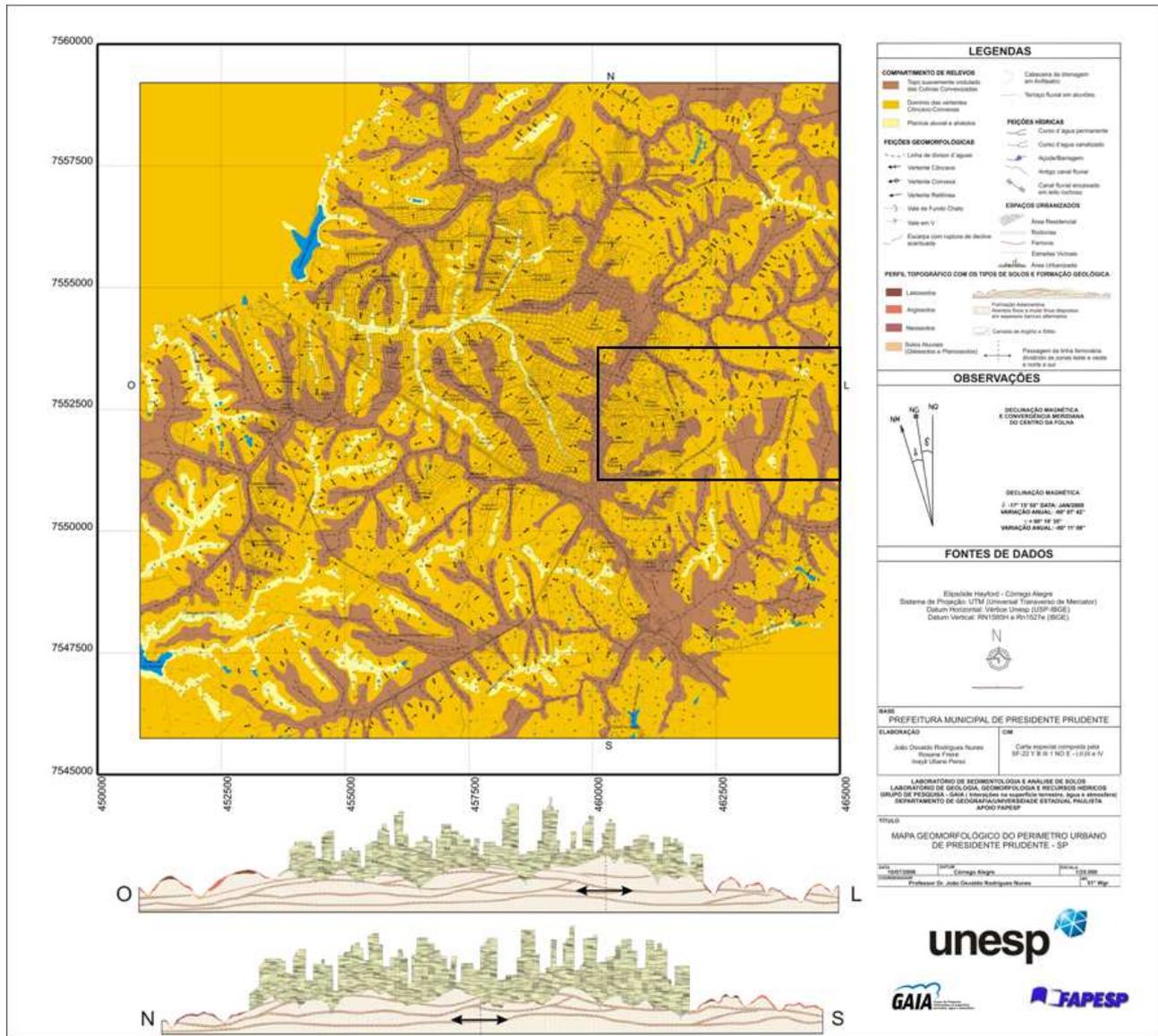
## 2. Material e método

Para a caracterização do universo de estudo, a cidade de Presidente Prudente, foram analisados seus aspectos físicos (relevo, solo, rede hidrográfica, clima e vegetação) e históricos (processo de urbanização e de uso e ocupação do solo), utilizando-se de distintas bibliografias relacionadas ao assunto.

Com base no Sistema Clima Urbano, proposto por Monteiro (1976b), um sistema complexo, aberto e adaptativo, que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização, empregou-se o Canal de Percepção Humana III – Subsistema Hidrodinâmico nas análises sobre os alagamentos, em especial os

aspectos transformadores que envolviam os fatores geomorfológicos da drenagem local (gradiente, natureza do solo e tipo de cobertura).

Como principal proposta deste estudo, o mapa geomorfológico (**Figura 2**) e de declividade (**Figura 3**) do perímetro urbano de Presidente Prudente, ambos elaborados por Nunes et al. (2006), foram utilizados.



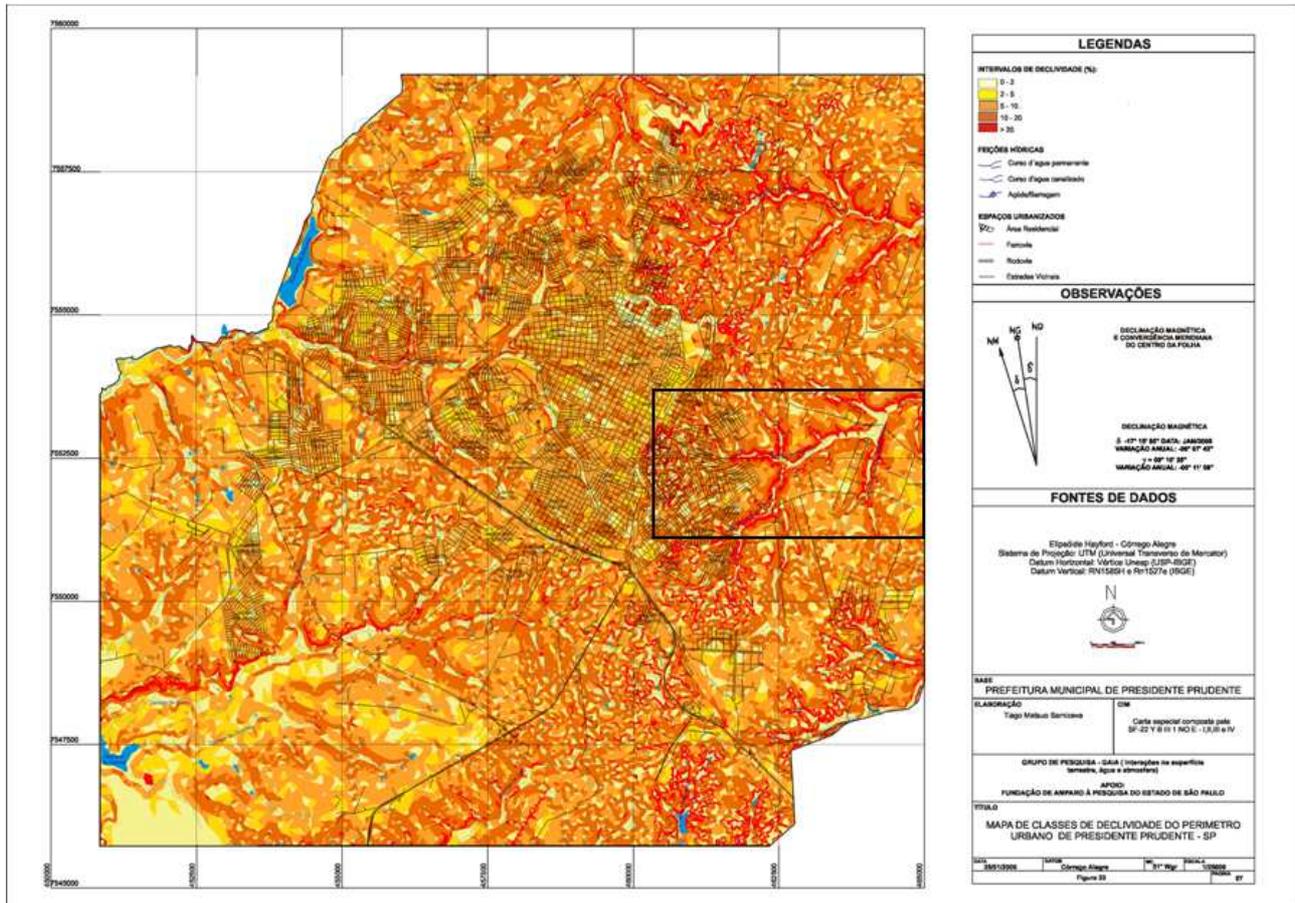
**Figura 2.** Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP, com a demarcação aproximada da área de estudo.

**Fonte:** NUNES et al., 2006.

Visando um estudo minucioso, delimitou-se um ponto de constante alagamento na cidade, a Avenida Tancredo Neves, a qual foi analisada a partir da base teórica do Subsistema Hidrodinâmico e dos mapas geomorfológico e de declividade, concomitantemente.

Como instrumentos de auxílio, foram, também, utilizadas as imagens de satélite do *Google Earth* (2007), as reportagens do jornal local “O Imparcial” e “Oeste Notícias”, os dados pluviométricos da Estação Meteorológica de Presidente Prudente (ambos de um episódio extremo) e as fotografias de trabalhos de campo.

Com o objetivo de realizar, essencialmente, um amplo e completo estudo geográfico, o presente trabalho propôs algumas medidas adaptativas, com fundamentos em um levantamento bibliográfico, para alcançar melhorias na qualidade urbana prudentina.



**Figura 3.** Mapa de classes de declividade do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP, com a demarcação aproximada da área de estudo.

**Fonte:** NUNES et al., 2006.

### 3. O universo de estudo

Localizado na região do Oeste Paulista, o município de Presidente Prudente (22° 07' 04" S e 51° 22' 57" W) possui 207.610 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Censo 2010), e está a 475m sobre o nível do mar, distante da capital paulista cerca de 560 km.

Este município encontra-se situado na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, precisamente no Planalto Centro Ocidental. Segundo Sant'Anna Neto (1995), essa morfoescultura é o conjunto mais expressivo do Estado de São Paulo, em termos de extensão territorial, a qual ocupa 44,3% de seu território.

Com o formato alongado no sentido norte-sul e o relevo constituído por colinas médias, amplas e morrotes alongados e espigões, as altitudes variam entre 300m e 600m, com declividades médias de 10% a 20% (ROSS, 1991).

O compartimento dos topos suavemente ondulados das colinas é associado à predominância de Latossolos Vermelhos, cujas declividades variam entre 0% e 10%, enquanto nas vertentes, encontram-se os Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos e os Neossolos Regolíticos. As planícies aluviais, com predomínio de formações aluviais quaternárias e de Planossolo Hidromórficos e Gleysolos, possuem o predomínio de baixas declividades (0% a 2%).

Essencialmente, no setor Leste da cidade predomina colinas de poucas extensões e topos curtos e ondulados, cujas declividades variam entre 5% a 20%. Nas vertentes deste setor encontram-se os Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Regolíticos, com pouca profundidade, portanto, os solos predominantes. Nessas áreas mais declivosas, associadas à retirada da cobertura vegetal, o manto de intemperismo sofre processos de erosão e deposição de materiais constituintes ao longo das vertentes, com intensidade e direção que convergem para o eixo principal do canal de escoamento d'água.

Em setores entre o domínio das vertentes, ausentes de cobertura vegetal, e das planícies aluviais é possível verificar a presença da emersão do nível freático, resultado da dinâmica de escoamento de subsuperfície, principalmente em Argissolos Vermelhos, com presença do horizonte Bt, que são passíveis de erosão interna e de rupturas configuradas em forma de sulcos erosivos laminares e lineares. No entanto, em áreas onde se localizam solos rasos, tem-se um controle estrutural que impede o avanço dos processos erosivos, devido ao afloramento dos arenitos da Formação Adamantina.

Portanto, o relevo da cidade de Presidente Prudente induziu a uma subdivisão e uma urbanização distinta entre as Zonas Leste e Oeste. Ambos os setores apresentam amplas diferenciações morfológicas, predominando na primeira, colinas pequenas de topos convexos, vertentes convexizadas, fundos de vales em V, declividades médias e altas e solos do tipo Argissolo e Latossolo.

A cidade de Presidente Prudente localiza-se sobre um espigão divisor de águas das bacias do rio do Peixe, ao Norte, e Paranapanema, ao Sul, tendo a bacia do rio Santo Anastácio, que deságua no rio Paraná, ao Sul-sudoeste. Seu sítio urbano possui um sistema hidrográfico constituído por pequenos cursos d'água, formadores dos córregos do Cedro e do Limoeiro, ambos afluentes do rio Santo Anastácio, e do Gramado e da Cascata, formadores do rio Mandaguari, o qual, por sua vez, é afluente do rio do Peixe, localizado no setor Leste-nordeste da cidade.

Os cursos fluviais mais importantes são o córrego do Veado, que possui o da Colônia Mineira como afluente, os quais formam a micro bacia do Limoeiro, e do Cedro, que possui o do Botafogo como afluente. Uma sucessão de espigões em colunas sedimentares suavemente onduladas, com altitudes entre 400 e 480m, com vertentes essencialmente convexo-côncavas, caracterizam o relevo destas microbacias.

Há predominância do formato de anfiteatros nas cabeceiras dos vales, onde fluem canais de primeira ordem, com pontos confluentes localizados a menos de 300m das nascentes. Por meio dos espigões divisores de água até esses pontos confluentes, o gradiente topográfico é cerca de 6% e os cursos d'água fluem com uma declividade média de 2%.

No lado Leste da cidade, encontram-se pequenos cursos fluviais, formadores do córrego do Gramado e da Cascata, onde o relevo se dá por um conjunto de espigões em colinas sedimentares convexizadas de pequenas dimensões. A predominância das vertentes convexo-retilíneas se resulta em vales encaixados, associados a uma dentrificação mais acentuada da rede de drenagem, apresentando vertentes que ultrapassam os 12% de inclinação.

Na bacia do córrego do Veado-Limoeiro há predominância de Argissolos Vermelho, sobre a Formação Adamantina, enquanto nas cabeceiras dos córregos da Cascata-Gramado e do Cedro-Botafogo, predomina o Neossolos Regolíticos seguido de Argissolos. Os fundos de vale possuem o solo Hidromórfico (Planossolos e Gleissolos), sobre camadas delgadas de sedimentos, ora mais ora menos arenosos, sotopostas a depósitos areno-argilosos cinza-escuro pré-atuais. O substrato rochoso dos fundos dos vales é constituído por camadas intercaladas de arenitos finos a muito finos, siltitos e argilitos, arenitos constituídos por carbonatos de cálcio da Formação Adamantina, oriundo do Grupo Bauru.

Os diferentes comportamentos, quanto à permeabilidade, geram alternância dessas camadas, resultando em vários níveis de saturação hídrica do substrato rochoso, ou seja, os bancos de sedimentos arenosos são mais porosos enquanto que os bancos de sedimentos siltico-argilosos são menos permeáveis, impedindo a infiltração de águas para horizontes subjacentes. Nesse aspecto, durante a época de intensificação das chuvas, as zonas de ressudação no contato da rocha com o material sobrejacente são comuns, permitindo a emersão de minas d'água em alguns pontos, principalmente onde os arenitos são mais próximos à superfície.

Devido a sua localização geográfica, esta cidade se encontra numa área de transição climática, tendo o seu clima controlado por massas tropicais e polares. O clima pode ser classificado, segundo a classificação de Strahler (1967), como tropical alternadamente seco e úmido, dominado por massas tropicais, ou, segundo a de Köppen (1948), como *Awa*, isto é, clima tropical com verões tórridos, sendo a temperatura média do

mês mais quente superior a 22°C. Possui duas estações bem definidas: uma quente e úmida, com predominância de chuvas (primavera – verão), e outra mais seca, de tempo firme (outono – inverno).

A maioria dos sistemas atmosféricos da circulação sul-americana atua, diretamente, na região de Presidente Prudente. Por meio de correntes de leste-noroeste, a mTa atua durante o ano todo, estabilizando o tempo no inverno e desestabilizando no verão. A Massa Tropical Atlântica Continentalizada (mTac) caracteriza-se por ser uma fácies da Ta, por modificações que essa sofre ao deslocar para o continente; resulta-se em temperatura mais elevada, umidade relativa baixa e pressões em ligeiro declínio. Enquanto o setor central da Planície Platina (Chaco) é a fonte da mTc, a qual responde pelo aquecimento da região, a Planície Amazônica é o local de origem da mEc, a responsável pelo aquecimento e aumento da umidade e precipitação. Lembrando-se que essas duas massas têm participação efetiva durante o verão. Em decorrência de sua posição mais meridional, essa região fica sujeita a freqüentes participações da mPa, deslocando-se em direção sul-sudeste – noroeste e produzindo o avanço de sistemas frontais durante o ano todo (NIMER, 1989). Mesmo não produzindo chuvas suficientes a ponto de eliminar o período seco, a mPa propicia um inverno mais chuvoso.

Além destes sistemas, Tarifa (1973) identificou a FPA eixo principal, Frente Polar Reflexa (FPR) eixo secundário e Massa Polar Velha (mPv). Segundo o autor (1973, p. 8), “a dificuldade em identificar os Sistemas genéricos dentro de uma região continental e restrita em termos de área exigiu a definição de subsistemas”. Desse modo, ficaram definidos os seguintes subsistemas: FPA, Repercussão da FPA (R) e Frente Polar Aquecida (FPQ); mPa, mPv, Massa Polar Tropicalizada (mPt) e Pseudo Tropical Continental (pTc); mTc, Tropical Continental (Tc) – periferia da Baixa do Chaco e Tropical Continental (Tcc) – centro da Baixa do Chaco; mEc; mTa.

Em relação às correntes perturbadas, verifica-se a participação mais efetiva do Sistema de correntes de W-NW da mTc (MONTEIRO, 1973) e de S, SE, SW da mPa (TARIFA, 1973). Devido a primeira corrente, os valores máximos de temperatura, no Estado de São Paulo, são no Oeste Paulista, visto que são “áreas mais sujeita à participação do sistema tropical continental, onde os altos valores absolutos nas fases de aquecimento pré-frontal são suficientes para acentuar o valor médio, mesmo que sua freqüência de participação seja inferior aos outros sistemas meteorológicos” (MONTEIRO, 1976a, p. 18). Já as outras são responsáveis pela reposição hídrica dessa região, aumentando suas importâncias quando combinam entre si.

As pluviometrias dessa região são uma das menores do Estado de São Paulo, apresentando médias anuais em torno de 1.200 a 1.500mm. Além das correntes perturbadas, a distribuição da pluviosidade e as variações encontradas se devem a sua altitude média (entre 250 e 600m) (SANT’ANNA NETO, 1995) e, sobretudo, aos vales e espigões (MONTEIRO, 1973). Além desses aspectos, e visto que essa região está sujeita às freqüentes invasões polares e atividades frontais, a participação da FPA é bastante significativa no processo de reabastecimento de água no solo, “[...] assumindo a liderança na origem da precipitação pluvial no território paulista em todas as estações do ano [...] chegando à quase completa totalidade durante o inverno” (MONTEIRO, 1969, p. 8).

O acelerado processo de desmatamento no território paulista, seguido da expansão das pastagens, afetou a redistribuição sazonal na quantidade de chuvas. O desmatamento da região foi se intensificando com o passar dos anos. Em 1945, apenas 4% da mata primitiva original da região havia sido desmatada; em 1952, foram desmatados 11,5%; em 1955, chegou-se a 20%; em 1962, tornou-se 40% a área desmatada; e, nos últimos tempos, restam, apenas, 5% da mata original (LEITE, 1981).

O município de Presidente Prudente constituiu-se a partir do loteamento de grandes glebas rurais, como a Pirapó - Santo Anastácio e a Fazenda Montalvão. A primeira, situada a Oeste da Estrada de Ferro Sorocabana, deu origem à Vila Goulart, que foi o maior loteamento urbano do município - a fundação da cidade se efetivou a partir da derrubada da mata e edificação do núcleo neste setor, pelo Coronel Francisco de Paula Goulart, em 14 de setembro de 1917; a segunda, situada a Leste da estrada de ferro, teve sua edificação posteriormente. A jurisdição das duas vilas foi disputada por dois municípios: o de Conceição de Monte Alegre e Campos Novos do Paranapanema.

A expansão da malha urbana foi orientada pela ferrovia, que configurou a linha divisória da cidade. Com isso, o núcleo urbano teve seu maior desenvolvimento a Oeste (Vila Goulart), que é, atualmente, o centro da cidade, devido à topografia suave; realidade contrária à Zona Leste, que, por possuir terreno com grandes declividades, teve o processo de implantação infra-estrutural relativamente mais lento do que as demais porções da cidade.

A escolha do sítio está ligada ao traçado da Estrada de Ferro Sorocabana, que também seguiu a linha dos espigões. É interessante notar que o núcleo inicial, já repartido pela estrada ficou dividido em dois setores com destinos diversos e os problemas urbanísticos estão ligados estreitamente ao condicionamento geomórfico [...]. A maior movimentação topográfica do lado sudeste da área urbana perturbou inclusive a circulação, agindo a estrada de ferro como um fator de separação dos dois setores, Leste e Oeste, do núcleo (FIGUEIREDO et al., 1970, p. 59).

No período compreendido entre 1924 e 1940, houve paralisação no crescimento territorial, devido à expansão sem o necessário planejamento. A partir da década 1940, com o contínuo crescimento da cidade orientado pelo espigão, fez necessária à implantação de novos loteamentos a Oeste da ferrovia e a Leste.

Foi, certamente o café, a grande mola propulsora do desbravamento desta área (Alta Sorocabana), mas também o algodão e o gado têm considerável participação na história da região lembrando que uma das suas características foi o rápido crescimento que conheceu. Na década de quarenta, Presidente Prudente foi o município paulista que maior número de imigrantes nacionais recebeu. 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).

Na década de 1960, o processo de urbanização de Presidente Prudente redefiniu as relações ocorridas entre a cidade e o campo. O campo passou por um processo de *esvaziamento populacional*, devido, principalmente, à chegada da prática da pecuária extensiva para a região; ao mesmo tempo em que a cidade passou por outro processo, o de *inchaço populacional*, que acarretou inúmeros problemas, tanto sociais, quanto ambientais aos moradores (CAMARGO; AMORIM, 2005). Assim, o crescimento urbano desta cidade se deu a partir da migração “rural - urbana” e “urbana - urbana”, pois essa foi uma das cidades do Estado de São Paulo que mais recebeu imigrantes de outras regiões.

Ainda nesta década, a pecuária tornou-se a principal atividade econômica da região, que acarretou maior acúmulo de capital (SPOSITO, 1984). Desta forma, o crescimento de Presidente Prudente foi, também, associado à implantação de indústrias ligadas ao gado (frigoríficos e curtumes), proporcionando o declínio da atividade agrícola e expulsando o homem do campo.

Nas últimas décadas, o processo de crescimento, que vem ocorrendo na área em questão, deu à cidade uma configuração urbana característica das principais cidades médias brasileiras - evidenciada, principalmente, após a década de 1970. Esta configuração se mostra a favor da expansão urbana a qualquer custo, baseada na especulação imobiliária, que se dá em áreas consideradas como eixo de expansão do município (CAMARGO; AMORIM, 2005). Neste caso, o referido eixo leva a cidade, sua população e seus problemas para a região Oeste do município, devido à topografia favorável do terreno, com colinas amplas e levemente convexizadas, elementos que facilitam a implantação de novos loteamentos.

Neste contexto, a cidade, cujo planejamento não acompanhou seu crescimento, se vê defronte a uma concentração de pessoas, que saíram do campo em busca de uma vida melhor e foram obrigadas, por questões financeiras, a se instalarem em ambientes deteriorados, de péssima qualidade ambiental; locais pobres, de baixo custo de vida, sem nenhuma infra-estrutura, sendo que grande parte delas vivem em péssimas condições de moradia, com esgotos correndo a céu aberto, córregos completamente poluídos, lixos espalhados pelo solo, etc. (AMORIM, 1993).

O processo de urbanização de Presidente Prudente

[...] foi muito diversificado, fruto de uma expansão urbana maior que o crescimento da economia local e da instalação de infra-estrutura, o que ocasionou a proliferação de áreas periféricas desprovidas de saneamento básico, com subhabitações e desencadeou um processo de valorização de algumas áreas privilegiadas com investimentos públicos e privados (AMORIM, 1993, p. 122).

A partir do estudo de Sposito (1984), o processo de urbanização em Presidente Prudente iniciou-se em seu setor Leste, contudo, devido à presença de vertentes de altas declividades, sua expansão urbana foi limitada. Ainda segundo a autora, as barreiras geográficas (por exemplo, a estrada de ferro), ao dificultarem as vias de circulação, acabam por constituir na população uma falsa barreira psicológica. Devido a esse fato, a Zona Leste teve seu desenvolvimento tardio, possibilitando a venda de lotes a baixo custo para uma população de baixo poder aquisitivo, que ocuparam, por muitas vezes, esses lotes sem qualquer custo.

#### **4. Discussões e resultados**

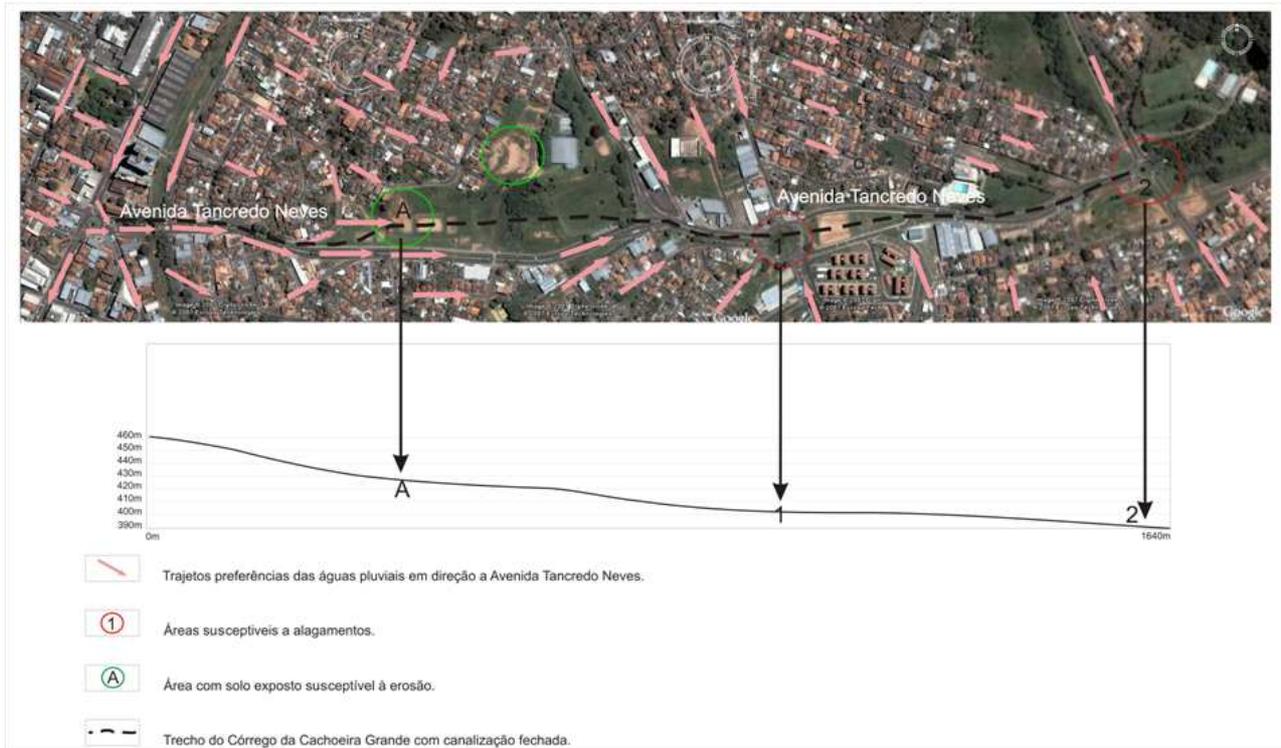
Provocados, essencialmente, pela sociedade, os alagamentos constituem-se, juntamente às inundações, em um dos principais impactos das cidades brasileiras. Estes transtornos são devidos às ineficiências das logísticas de infra-estrutura dos sistemas das galerias de águas pluviais, assim como das áreas impermeabilizadas.

Quando uma cidade cresce e tem-se que planejar a melhor forma de ocupação de seus fundos de vale, normalmente surgem duas grandes opções: **Opção 1** – retificar o rio, canalizá-lo e aproveitar as áreas inundáveis para fazer aí um sistema viário; **Opção 2** – retificar o mínimo do traçado do rio e deixar as margens inundáveis para ocupação com parques públicos, campos de futebol, etc. (BOTELHO, 1985, p. 9).

No caso de Presidente Prudente, além destes fatores, os alagamentos são devidos à canalização fechada dos córregos, não respeitando as formas naturais dos leitos dos cursos d'água - opção 1, escolha bastante aceita no Brasil.

Como pode ser conferida na **Figura 2**, a área de estudo, a Avenida Tancredo Neves, localiza-se no setor Leste de Presidente Prudente. É caracterizada por ser envolvida a montante por topos suavemente ondulados, cujas vertentes apresentam predomínio de formas convexas, constituindo-se em amplos anfiteatros, cujas cabeceiras de drenagem são as nascentes dos afluentes do córrego da Cachoeira Grande, com trechos dos fundos de vale em V em berço, sendo grande parte desses córregos com canalizações fechadas e a área altamente urbanizada.

Visando uma forma didática de representação dos caminhos e das concentrações das águas pluviais nesta avenida, elaborou-se a **Figura 4**, que demonstra, por meio de setas, o trajeto percorrido pelas águas de escoamento superficial.



**Figura 4.** Confluência do sistema de drenagem na Av. Tancredo Neves.  
No detalhe, perfil longitudinal do Córrego Cachoeira Grande.

**Fonte:** Google Earth, 2007.

**Organização:** Os autores, 2008.

Em análise da figura acima, observa-se grande concentração do sistema de drenagens em direção ao fundo de vale, no quadrante Leste, provenientes de avenidas e diversas ruas paralelas e subparalelas. Os dois círculos vermelhos representam as duas áreas mais suscetíveis aos alagamentos e seus problemas decorrentes. Os círculos verdes indicam as áreas de lazer com processo de erosão, ocasionada pela falta de cobertura vegetal.

Tais concentrações de drenagem são, especialmente, devidas às declividades acentuadas de algumas vias de circulação, como podem ser vistas na **Figura 3** e **Foto 1**, predominando as classes entre 10% e 20%, as quais se direcionam para as áreas mais baixas do relevo.

A canalização fechada dos afluentes e de parte do Córrego da Cachoeira Grande não foi, ao longo de seu trajeto, acompanhada de um adequado sistema de galerias de águas pluviais. Muitas das bocas-de-lobo, sistemas captadores de águas superficiais, encontram-se completamente entupidas, com diversos tipos de lixos e entulhos, sem a devida manutenção. Grandes taxas de impermeabilização superficial são, também, uns dos fatores para as ocorrências dos alagamentos.



**Foto 1.** Exemplos de ruas com altas declividades, na Av. Tancredo Neves.  
Por: TEODORO, 2 nov. 2007; 27 out. 2008.

O destino final das drenagens é uma Área de Preservação Ambiental (APA), o qual também recebe, além de todo o volume das águas pluviais, grande quantidade de materiais tecnogênicos (úrbicos, gárbicos e espólicos). No local, foi possível observar a degradação do curso d'água, com profundas alterações antrópicas, principalmente em suas margens (**Foto 2**).



**Foto 2.** Degradação da Área de Preservação Ambiental, na Av. Tancredo Neves.  
Por: TEODORO, 2 nov. 2007.

Teodoro (2008) afirmou que, durante suas veiculações, o jornal constrói um amplo e complexo banco de dados, formado por registros de fatos, semelhante a um diário aberto sobre o cotidiano histórico de uma sociedade (do nível mundial até o local). Entretanto, salientou, ainda, que nem sempre o jornal representa o “espelho da realidade”, pois, da mesma forma do diário, os acontecimentos são transcritos por um sujeito (subjetividade), refletindo, assim, a natureza do lugar onde é publicado e as idiossincrasias das pessoas que o publicam.

Como exemplificação dos “impactos das chuvas”, ao longo da área canalizada do Córrego da Cachoeira Grande, do dia 27/01/2003, foi registrada grandes repercussões na imprensa jornalística local, os jornais “O Imparcial” e “Oeste Notícias”, evidenciadas pelo uso da primeira página e do caderno interno, podendo ser conferidos na **Figura 5**.

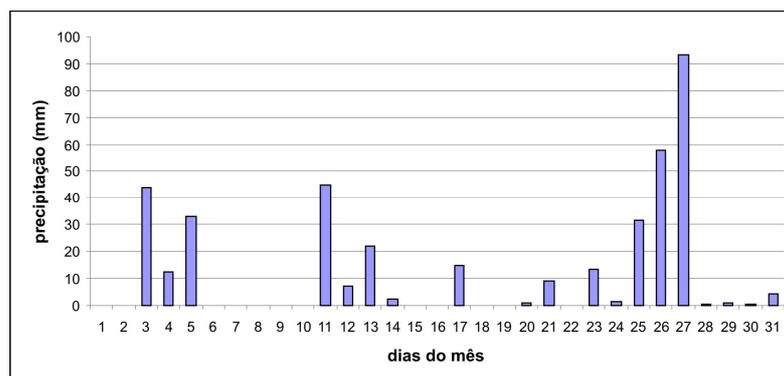


**Figura 5.** Retratos dos alagamentos, na Av. Tancredo Neves.  
 Fonte: O IMPARCIAL; OESTE NOTÍCIAS, 28 jan. 2003.

Foram noticiados estouros nas tubulações principais das galerias de águas pluviais, onde foi canalizado o Córrego da Cachoeira Grande, gerando trincas e buracos na Avenida Tancredo Neves e em ruas adjacentes; fato que ocasionou interdição nos pontos de alagamentos, quedas de muros residências, entre outros. Relataram-se, ainda, o “Estado de Calamidade”, decretado pela administração municipal, e a ajuda solicitada à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC), com prejuízos em torno de R\$ 1.500.000,00.

Neste episódio, observou-se, por meio dos dados pluviométricos (**Gráfico 1**), que o total de precipitação, ao longo do mês de janeiro (394,5 mm), apresentou um padrão tendente a chuvoso, visto que o referido mês concentra, geralmente, maior parte dos períodos chuvosos, para a região de Presidente Prudente.

**Gráfico 1.** Episódio do ritmo pluviométrico do município de Presidente Prudente.



Fonte: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PRESIDENTE PRUDENTE, jan. 2003.

Desta forma, verificou-se que os maiores impactos, advindos da intensidade pluvial, que ocasionaram os problemas mencionados anteriormente, principalmente nos fundos de vales, foram devidos às intensas chuvas entre os dias 25 (31,4 mm), 26 (57,7 mm) e 27 (93,4 mm). Nessas áreas, com morfologias de anfiteatros e várias cabeceiras de drenagem, em sua maioria impermeabilizada, e cujas declividades são superiores a 20%, foi gerado, ao longo dos três dias de forte precipitação, grande volume d'água, o qual não foi suportado pelo sistema de drenagem de escoamento superficial e subsuperfície, pela pressão da água e por seu mau dimensionamento.

Tais fatos demonstram a necessidade, por parte dos gestores públicos, da elaboração de documentos técnicos que mostrem as dinâmicas ambientais, especialmente a morfologia do relevo, a fim de melhor planejar as intervenções nas paisagens.

## 5. Medidas adaptativas

Naturalmente, o solo possui uma grande capacidade de absorção de águas pluviais, a qual chega, se esse for do tipo arenoso, a sua quase porcentagem total, diminuindo quando o teor de argila aumenta. Já urbanizado, o solo, ocupado por pavimentações e edificações, dificulta a infiltração das chuvas, devido às grandes áreas impermeabilizadas. A **Tabela 1** informa as taxas de infiltração que se podem esperar para diferentes tipos de ocupação, solo e pavimentação.

**Tabela 1.** Taxas de infiltração das águas pluviais, em espaços urbanos.

TIPO DE URBANIZAÇÃO	TAXA DE INFILTRAÇÃO
Edificação muito densa, áreas urbanas centrais, com pátios, ruas e calçadas	2 a 10%
Edificação medianamente densa, normalmente partes adjacentes ao centro, com jardins privados e ruas calçadas e arborizadas	10 a 30%
Edificação pouco densa, com recuos de jardim, jardins interiores, ruas pavimentadas e calçadas parcialmente gramadas	20 a 50%
Edificação de baixa densidade, tipo cidade jardim, grandes áreas gramadas, calçadas predominantemente gramadas, ruas pavimentadas	40 a 70%
Subúrbios com edificação esparsa, lotes baldios, ruas sem pavimentação, praças com arborização, pouco impermeabilizadas	50 a 80%
Parques, campos de esportes, reservas florestais urbanas	70 a 98%

Fonte: MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005.

Em especial, observa-se que a absorção do solo pode oscilar de 98% a apenas 2%, isto é, “[...] se a legislação permite ocupar 50% do terreno com edificação, os outros 50%, se pavimentados, podem significar para o sistema pluvial como se essa área estivesse com uma taxa de ocupação 100%” (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005, p. 92). Dessa forma, essencialmente um produto social, os alagamentos são derivados pelas altas taxas de impermeabilização do solo urbano, assim como de determinadas ineficiências das partes que constituem a drenagem urbana.

Para a auto-regulação do Canal Hidrometeorico, a ação humana é oriunda em dois campos: a racionalização do uso e da ocupação do solo e o aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana, por exemplo, as adequações das galerias de águas pluviais, no sentido do escoamento areolar; e a regulamentação das drenagens dos cursos d'água convergentes ao sítio urbano e seu entorno imediato. Além dessas medidas, a previsão do tempo também é válida, objetivando a prevenção (estados de alertas).

Para tanto, suas adaptações partem, neste trabalho, de duas perspectivas: de métodos convencionais ou estruturais (micro a macro-escala, em galerias de águas pluviais); e de tecnologias alternativas (reservatórios naturais ou artificiais, pavimentação permeável e áreas permeáveis, com vegetação).

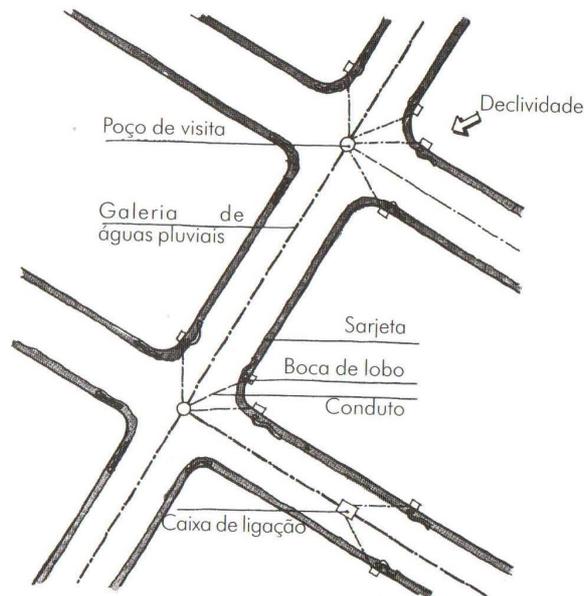
Em um primeiro instante, o gerenciamento de águas pluviais deve levar em consideração, segundo Botelho (1985):

- a topografia e geologia da área;
- os tipos de urbanização de ruas a implantar;

- a proteção à erosão;
- a redução do alagamento de ruas, pela passagem de águas;
- a eliminação de pontos baixos de acumulação de água;
- a diminuição de inundações.

Para solucionar os alagamentos, as ações públicas brasileiras se voltam, na maioria das vezes, para as medidas estruturais. Em muitas dessas ações, os “problemas alagadiços” são transferidos de um ponto para outro a jusante, não avaliando os reais benefícios das grandes e custosas obras de engenharia.

Representando tais, o sistema pluvial é, basicamente, constituído de duas partes: das vias pavimentadas, incluindo as guias e sarjetas, e da rede de tubulações, juntamente a seus sistemas de captação; uma parte superior e outra inferior ao solo urbano, respectivamente. Seus elementos básicos podem ser observados na **Figura 6**.



**Figura 6.** Elementos básicos dos sistemas de drenagem pluvial convencional.

Fonte: MASCARÓ, 2005.

Em termos econômicos, a preocupação dos projetistas e construtores deve centrar-se na tubulação e em sua participação no custo da rede, pois aí reside a maior parte dos gastos com o sistema. A incidência dos elementos acessórios que compõe a rede, como postos de visita e bocas-de-lobo, constitui uma parte relativamente pequena (aproximadamente 14%) no custo total de implantação da rede (MASCARÓ, 2005, p. 159-160).

Os meios-fios, as sarjetas, os sarjetões ou rasgos e as bocas-de-lobo são os elementos que participam da drenagem das águas de chuvas em vias, os quais formam, quando juntos, as calhas viárias.

Devido a sua grande importância no escoamento das águas, pelo fato de ser o primeiro canal condutor, as calhas viárias possuem diversas condições pré-estabelecidas para serem construídas (**Tabela 2**), pois se a vazão pluvial for maior do que suas capacidades estruturais, os transbordamentos e as interdições de vias manifestam-se.

**Tabela 2.** Condições de traçados de vias de circulação.

VIAS DE CIRCULAÇÃO	VIAS PARA CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS		VIAS PARA CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS E/OU PESSOAS		
	VIA EXPRESSA		VIA ARTERIAL	VIA PRINCIPAL	VIA LOCAL (b)
Características	1ª categoria	2ª categoria	1ª categoria	2ª categoria	

<i>Largura mínima</i>	(a)	(a)	37m	30m	20m	12m
<i>Caixa carroçável mínima</i>	(a)	(a)	28m	21m	14m	7m
<i>Passeio lateral mínimo de cada lado da via</i>	(a)	(a)	3,5m	3,5m	3m	2,5m
<i>Canteiro central mínimo</i>	(a)	(a)	2m	2m	-	-
<i>Declividade máxima</i>	6%	6%	8%	8%	10%	15%
<i>Declividade mínima</i>	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%

Fonte: LEI MUNICIPAL Nº. 9.413, SÃO PAULO.

In: BOTELHO, 1985.

Disposto paralelamente ao eixo da rua, os meios-fios são utilizados entre o passeio e o leito carroçável, construídos, de uma forma geral, de pedra (granito) ou concreto pré-moldado (concreto simples). É recomendada que sua distância seja, verticalmente, de 15 cm ao referido leito, visto que, quando maior ou menor, a guia pode dificultar a abertura das portas de automóveis ou não beneficiar a condução das águas nas ruas, respectivamente. Horizontalmente, em sua parte superior, é recomendada, geralmente, uma largura de 10 cm, evitando, assim, o arranho das rodas de veículos.

Usadas para fixar as guias e formar um piso de escoamento, as sarjetas são faixas do leito das vias, localizadas junto ao meio-fio e feitas de concreto moldado *in loco* (ou pré-moldados) ou de paralelepípedos com argamassa. As chuvas são, principalmente, deslocadas pelas mesmas, devido ao abaulamento da rua (declividade transversal), o qual forma canais triangulares com o meio-fio, dirigindo as águas para o sistema de captação. Dimensionadas pela declividade longitudinal da via, as larguras das sarjetas devem ter 50 cm, largura média do passo de um pedestre, excedendo no máximo até 60 cm, em casos dispersos. É válido citar que tais medidas não estão de acordo com as realidades encontradas na Avenida Tancredo Neves, onde tais medem em torno de 30 cm; fato que prejudica os reais aproveitamentos das mesmas.

Construídos transversalmente às ruas, de menor fluxo veicular, e com materiais semelhantes às das sarjetas, os sarjetões ou rasgos são calhas em forma de “V”, localizando-se em cruzamentos de vias, para ligar pontos baixos próximos e descontínuos. Dessa maneira, são considerados como uma solução superficial simples e econômica.

A grande importância das bocas-de-lobo é fazer a conexão entre a via e o sistema de drenagem subterrâneo, ou seja, captar as águas pluviais, na superfície, e levar em direção às galerias, no subsolo. Localizadas ao longo das sarjetas, perto dos cruzamentos de vias, a montante da faixa de pedestre, as bocas-de-lobo consistem de rebaixamento da sarjeta, para facilitar a captação; guia chapéu de concreto armado ou granito; caixa de captação, de alvenaria de tijolo ou bloco de concreto; tampa de cobertura, feita de concreto armado; e conexão da caixa à galeria pluvial, por meio de tubos de concreto ou manilha de grês cerâmico (BOTELHO, 1985).

Em relação as suas formas de captação, há o sistema de captação lateral, vertical e combinado (lateral e vertical), sendo esse conhecido como “boca-de-leão”. O primeiro localiza-se em depressões, com uma capacidade inversamente proporcional à declividade da via e diretamente proporcional à espessura da lâmina d’água e o comprimento da boca-de-lobo; o segundo é construído em grades de ferro ou concreto armado, não se devendo localizar, prioritariamente, em cota inferior à da sarjeta, pois sua capacidade depende da altura da água sobre a grade, assim como da área de abertura; o terceiro é o mais eficiente da absorção caudal, aumentando de acordo com a inclinação transversal da grade (MASCARÓ, 2005). Ambos são padronizados, com os mesmos tamanhos, utilizando-se, assim, bocas duplas, triplas ou mais, quando há necessidade.

Na escala local, o espaçamento de tais irá depender da intensidade da chuva e declividade da via, além da importância dessa para pedestres e veículos, sendo que, “geralmente, um par de bocas-de-lobo atende 300 a 800m<sup>2</sup> de via, o que, para dimensões usuais de quadras, representa um espaçamento de 40 a 100 metros entre duas bocas-de-lobo consecutivas, que devem se repetir no outro lado da via” (MASCARÓ, 2005, p. 164).

Na área de estudo, há predominância do sistema de captação lateral, em forma de chapéu, e combinado, com 2 ou 3 bocas-de-lobo consecutivas, as quais se encontram, em grande número, entupidas (**Foto 3**). Por outro lado, percebe-se um acúmulo e uma ausência desse sistema em certas partes da avenida, em especial na primeira área susceptível a alagamentos e na área de alta declividade que a antecede, respectivamente (**Figura 4**) - realidade que sobrecarrega a captação das águas pluviais num mesmo local e aumenta a velocidade num outro.

Por outro nível, localizados no subsolo, existem as rampas e escadarias hidráulicas, os condutos ou tubos de ligação, as caixas de ligação, os poços de visita e as galerias, associadas as suas tubulações.

Quando se necessita deslocar as águas pluviais, de pontos altos para outros mais baixos, há duas alternativas convencionais: pelas rampas ou pelas escadarias hidráulicas. Ambas possuem altas declividades, entretanto, as primeiras possuem uma descida contínua, enquanto as segundas, descontínua. Diretamente proporcional à velocidade das águas, a probabilidade de erosão é grande, em especial em rampas e escadarias sem colchão d'água, o qual diminui, com seu uso, a erosão no piso do pavimento.

Os condutos ou tubos de ligação possuem a finalidade de conduzir as chuvas, captadas pelas bocas-de-lobo, para uma caixa de ligação, um poço de visita ou, ainda, outra boca-de-lobo. Essa conexão é feita de concreto pré-moldado, com forma retilínea e diâmetro de 300 a 600 mm (declividade entre 0,5% e 4%), números que dependerão da quantidade de bocas-de-lobo, que esgotarão na mesma.

Feitas de concreto ou alvenaria, com formulações a partir de um quadrado (1,0x1,0x1,4x1,4m), as caixas de ligação unem tais condutos às galerias, assim como os condutos entre si. Por não possuírem entrada para limpeza e encarecerem as obras, essas são poucas utilizadas, nos dias de hoje.



**Foto 3.** Exemplo de poço de visita sem inspeções e sua localização, na Av. Tancredo Neves.

**Por:** TEODORO, 2 nov. 2007; 27 out. 2008.

Os poços de visita permitem a inspeção, limpeza e desobstrução de tubos e galerias, sendo instalados em cruzamento de ruas; quando a galeria tem o diâmetro de seus tubos aumentados; quando ocorre mudança de direção de galerias; em montante à rede, quando a rede nasce; e em trechos muito longos, de galerias sem inspeção (BOTELHO, 1985).

Construídos com tijolos e concreto (paredes e fundo, respectivamente), estes poços têm uma altura de 2m e um diâmetro de 0,6m, dimensões que implicam as construções de escadas e chaminés - grande profundidade. Sua maior densidade deve ocorrer em cidades mais planas, pela menor velocidade natural das águas, sendo que o espaçamento entre dois poços deve ser no máximo 100m.

Na Avenida Tancredo Neves, o poço de visita se encontra localizado no centro de uma dita “praça”, segundo a legislação municipal, com vestígios que demonstram longo tempo sem sua utilização e real funcionalidade; evidências que podem ser conferidas na **Foto 4**.



**Foto 4.** Exemplo de poço de visita sem inspeções e sua localização, na Av. Tancredo Neves.  
**Por:** TEODORO, 27 out. 2008.

Por fim, as galerias destinam as águas, captadas ao longo do trajeto, desde a sua captação superficial a seu destino final. Tais são constituídas por tubos principais, que podem ser fabricado de concreto simples ou armado. O primeiro é utilizado para classes de “águas pluviais não agressivas” (C-1) e esgotos sanitários (C-2), ambas com juntas rígidas (argamassas de cimento e areia) e diâmetros entre 150 mm e 600 mm; contudo, a C-2 possui melhor qualidade e resistência. O segundo é dividido em três classes (CA-1, CA-2 e CA-3), sendo que a resistência é crescente, daquela para essa, e com juntas rígidas ou flexíveis (anel de borracha); os diâmetros podem ser 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.500 e 2.000 mm, mas utilizam-se, comumente, de 600 mm a 1.500 mm, já que as dimensões menores e maiores não têm um bom funcionamento com as chuvas e precisam ser encomendadas e moldadas *in loco*, além do grande peso e difícil manuseio, respectivamente.

É importante citar que não se devem assentar estes tubos diretamente no solo, sobre uma geratriz e com terra lançada, mas sim, sobre um berço preparado ou, melhor ainda, uma área de concreto, com terra ou material compactado, cuidadosamente apiloada (espessura inferior a 15 cm).

Enfim, com base em toda abordagem, este sistema de drenagem possui a finalidade de eliminar os pontos baixos sem escoamento, ordenar a chegada das águas aos cursos d’água da região e evitar os alagamentos da calha viária, assim como a erosão de terrenos e pavimentos (BOTELHO, 1985).

No que dizem a respeito dos reservatórios naturais ou artificiais, há grandes controvérsias em suas reais funcionalidades. Embora assegurem as águas das chuvas, criando verdadeiros e esparsos “lagos” nas cidades, esses ocasionam profunda erosão em suas encostas; fato que cria outros transtornos urbanos para a população. Desta forma, as utilizações de tais têm sido contestadas por diversos engenheiros.

Por outro lado, demais autores afirmam que a acumulação de águas pluviais, em cidades, pode sim ser feita em bacias de estocagem, sejam espontâneas ou construídas (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005). Tais possuem duas variantes: as bacias de acumulação seca e as bacias de acumulação em água. Enquanto a primeira perde a água, em períodos de estiagem, a segunda sempre mantém um nível mínimo, podendo funcionar como um lago permanente - recreação urbana.

Os referidos autores (2005) salientam, ainda, as peculiaridades de ambas: as bacias de acumulação seca são as mais construídas no Brasil, mas não constituem, do ponto-de-vista urbanista, boas alternativas, já que tende a degradar a área que ocupa e a deixar o fundo da bacia lamacento e sujo, dificultando seu uso alternativo, a menos que lhe seja dado tratamentos e manutenções especiais; já as bacias de acumulação em água são, urbanisticamente, as que dão melhores resultados, por manterem, no mínimo, uma lâmina de água, tornando-se um atrativo parque para a cidade, além de propiciar uma imagem melhor, com custos de manutenção bem menores.

Quando as águas de chuva em excesso já entraram na cidade, a alternativa é retê-las em zonas baixas, muitas vezes alagadiças e degradadas da cidade. Nesse caso, a integração se dá escavando uma parte do terreno e, com a mesma terra, aterrando o entorno por onde saia um córrego para uma pequena barragem. Assim, se delimitam um lago e, na volta deste, uma área gramada que, em dias de chuva muito intensa, pode alagar em algumas

horas. [...] O parque, com alguns caminhos, bares, restaurantes, pedalinhos, se converte em atrativo da cidade. [...] **A integração do trabalho de urbanistas e engenheiros de drenagem pode converter áreas urbanas degradadas em alguns dos melhores lugares da cidade** (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005, p. 99-100, destaque próprio).

Alternativas, nesta mesma abordagem, que vêm aparecendo nos últimos anos, são as construções de uma pequena bacia de estocagem ou de reservatórios de retenção, ambos localizados dentro de lotes (nível de micro-drenagem), tendo em vistas suas importantes modificações nas taxas de impermeabilizações do solo urbano, como podem ser conferidas na **Tabela 3**.

**Tabela 3.** Ocupação e taxa de impermeabilização dos lotes.

CARACTERÍSTICAS DE OCUPAÇÃO	ÁREA IMPERMEÁVEL
Lote natural (sem ocupação)	0%
Lote ocupado com recuos para ajardinamento e laterais não impermeabilizados	50%
Lote ocupado com recuos para ajardinamento impermeabilizado e recuos laterais não-impermeabilizados	75%
Lote ocupado com recuos para ajardinamento impermeabilizado e recuos laterais parcialmente impermeabilizados	80 a 90%
Lote totalmente impermeabilizado	100%

**Fonte:** PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE PORTO ALEGRE, 1987.

**In:** TUCCI; MARQUES, 2000.

Para Mascaró (2005), esta bacia é adequada ao tamanho da área impermeabilizada, constituída por uma espécie de caixa, com uma grande boca de entrada capaz de receber toda a água da chuva, tal como essa viesse, e uma pequena de saída, de forma que a água chegasse lentamente às ruas e o sistema público de drenagem. Sua captação pluvial poderia ser, ainda, aproveitada para usos não potáveis, diminuindo, ecológica e economicamente, o consumo de água potável da rede, tanto para os usuários, quanto para os sistemas urbanos de infra-estrutura. Esses reservatórios são efetuados por meio de telhados, estacionamentos, áreas esportivas, entre outros, podendo ser utilizados, também, para armazenar água para fins não potáveis.

Entretanto, o controle de escoamento, em lote ou loteamento completo, apresenta, dentro da realidade brasileira, alguns complicadores, devido à grande parte dos loteamentos, em regiões metropolitanas, serem clandestinos; a existência de muitas invasões de áreas públicas; a grande quantidade de ligações clandestinas de esgoto cloacal no pluvial; o uso do pluvial, por algumas comunidades, enquanto não existe o cloacal.

A tendência moderna na área de drenagem urbana, atualmente, é a busca da manutenção das condições de pré-desenvolvimento dos escoamentos em bacias urbanas, surgindo, assim, como uma solução desses problemas, a utilização de dispositivos de acréscimo de infiltração e de aumento de retardo do escoamento. Um tipo de dispositivo utilizado com este fim é o **pavimento permeável**, que é capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico em níveis iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização (TUCCI; MARQUES, 2000, p. 351, destaque próprio).

Segundo os autores (2000, p. 352), “pavimento permeável é um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedras, localizado sob a superfície do terreno”, podendo dividir-se em três tipos básicos: o pavimento de asfalto poroso; o pavimento de concreto poroso; e o pavimento de blocos de concreto vazados. Os dois primeiros são construídos similarmente aos pavimentos convencionais, diferenciando, basicamente, pela retirada da fração de areia fina na mistura dos agregados. Já o outro é executado com módulos de blocos de concreto vazados, preenchidos com material granular (areia ou vegetação rasteira).

Mascaró e Yoshinaga (2005) relevaram a importância do uso destes blocos, com gramíneas, em pátios, como os de manobras para carga e descarga, em áreas industriais, de estacionamento de supermercados e *shopping centers*, de postos de combustíveis, entre muitos outros. Muito mais que diminuir os escoamentos pluviais, tais embelezariam a zona urbana, tornando-a mais agradável, além do sentimento bucólico pela natureza. Ressalvam, ainda, que esse tipo de pavimento requer uma manutenção semelhante à de um gramado, com cortes periódicos.

É relevante lembrar que “o uso dos pavimentos permeáveis é restrito a áreas de estacionamento e passeios públicos, pois possui uma baixa capacidade de suporte. Sua execução somente é possível em locais com rampas suaves, terrenos com boa capacidade de infiltração e lençol freático relativamente profundo” (TUCCI; MARQUES, 2000, p. 353). Contudo, em relação à possível construção de pavimentos veiculares permeáveis, esses deveriam ter o leito carroçável em concreto asfáltico ou de cimento portland, do mesmo modo convencional, com o conjunto guia-sarjeta em paralelepípedos ou blocos perfurados, preenchidos com grama, isto é, “o pavimento seria liso onde houvesse tráfego e permeável onde fosse mais necessária a absorção das águas da chuva” (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2005, p. 96).

Infelizmente, este tipo de pavimento é muito pouco usado no Brasil, seja por motivos econômicos e/ou culturais. No máximo, encontram-se pavimentos de pedras semi-irregulares ou semi-regulares nas ruas brasileiras, as quais têm uma curta vida útil e pequena permeabilidade, além de gerarem poluição sonora (trepidação) e desconforto a motoristas e moradores.

Portanto, as vantagens dos pavimentos permeáveis se resumem em: redução ou eliminação da rede de drenagem, preservação do equilíbrio de água natural do local, controle das descargas de pico e do volume do escoamento superficial, remoção de poluentes e uma superfície mais segura para dirigir; enquanto as desvantagens: alto risco de entupimento, necessidade de inspeções regulares e um possível risco de contaminação das águas subterrâneas (SCHUELLER, 1987, apud ARAÚJO et al., 2000).

A vegetação constitui-se outra perspectiva para diminuir o escoamento pluvial em cidades, tanto quantitativo, quanto qualitativamente, pelo fato de aumentar as áreas de infiltração e evitar que a água torne-se impura, devido ao contato com inúmeros poluentes urbanos, respectivamente. Sua existência é dada em lotes, calçadas e parques ou reservas.

Dentre os vários parâmetros urbanísticos de ocupação do solo, existe a taxa de permeabilidade (*TP*), a qual é a relação entre a parte do terreno (lote ou gleba), que permite a infiltração da água, isto é, a superfície permeável (*sp*), e a área total do mesmo (*at*), formando a fórmula  $TP = sp:at$  (SOUZA, 2002). Os Planos Diretores Municipais podem estabelecer diferentes *TP* mínimas, as quais mudam de acordo com determinados espaços urbanos, variando, geralmente, entre 15 a 30%. Além de corroborar contra os alagamentos, o mesmo autor (2002, p. 222) afirmou que “a *TP* é um índice muito importante sob o ângulo ambiental, uma vez que a impermeabilização excessiva dos terrenos de uma parte da cidade tende a contribuir para a formação de ilhas de calor, acarretando grande desconforto térmico”.

A arborização, em calçadas de vias e ruas, deve ser realizada com ações conscientes, delimitando um limite mínimo de área permeável em seu entorno, para facilitar a infiltração da água e, em especial, seu crescimento e desenvolvimento, diferentemente daquelas que são envolvidas até o tronco, por uma camada de concreto. Além da arborização, as calçadas podem ser elaboradas e construídas por intercalações entre os blocos de concreto e as vegetações rasteiras (gramíneas), conhecidas como “passeios ecológicos”, as quais possuem boas taxas de infiltração, assim como serem um ato ecologicamente correto. No entanto, devido a seus altos custos de implantação e manutenção, grande maioria dessas é encontrada em residências e comércios de maior padrão econômico, optada não por suas funcionalidades, mas sim, por sua valorização e seu embelezamento à edificação.

Presentes em parques ou reservas delimitadas, as áreas verdes abrangem extensos espaços permeáveis, num amplo ambiente edificado impermeabilizado, os quais servem como grandes reservatórios concentrados para a absorção das chuvas, assim como para lazer e preservação, respectivamente, evitando que essas se desloquem para os demais pontos citadinos.

Numa perspectiva legislativa, há necessidade que se crie uma regulamentação municipal sobre o presente impacto urbano. Tucci e Marques (2000) afirmaram que essa pode ser obtida por ações isoladas, na lei municipal, ou um Plano Diretor de Drenagem Urbana, desenvolvido em conjunto com os demais Planos Urbanos - a exemplo de algumas cidades brasileiras, como Porto Alegre, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Santo André e Belo Horizonte. No entanto, os mesmos reconhecem que o caminho a ser trilhado é longo, visto que o controle da drenagem urbana não se trata, somente, da quantidade de água, mas também, de sua qualidade, devido a sua contaminação por diferentes compostos, que se encontram nas ruas, nos telhados e, até mesmo, no ar.

Assim, com base em todas estas discussões, conclui-se que

Repensar o desenvolvimento da drenagem urbana através de soluções adequadas deve ser um esforço conjunto da sociedade organizada através das entidades públicas para regulamentar e planejar o seu desenvolvimento, com apoio de tecnologias desenvolvidas para a nossa realidade através das universidades e centros de pesquisas que desenvolvam os modelos e parâmetros, utilizados pelas empresas através da reciclagem dos projetistas dentro desta nova filosofia de controle (TUCCI; MARQUES, 2000, p. 501).

## 6. Conclusões

A elaboração de mapas geomorfológicos, como o apresentado neste artigo, juntamente com outros aspectos físicos e urbanos, que enfoquem a morfodinâmica da paisagem, são documentos importantes que auxiliam nas políticas de planejamento ambiental urbano. Nesse sentido, “[...] permite perceber a interação entre as dinâmicas da sociedade e da natureza, através de sua leitura e localização espacial, identificando alternativas de melhor gestão do território em estudo” (NUNES et al., 2006, p. 10).

Na cidade de Presidente Prudente, os alagamentos são iniciados pela forma inadequada de apropriação de seu espaço urbano, com canalizações fechadas de córregos, erros estruturais nos sistemas de galerias de águas pluviais, extensas áreas impermeabilizadas, pouquíssimas áreas verdes e insuficiência de arborização em vias, praças e loteamentos. Morfológicamente, a área de trabalho apresenta características naturais que facilitam o acúmulo de águas pluviais nos fundos de vale. No entanto, a partir do momento que ocorrem os impactos urbanos (neste caso, os alagamentos), o problema passa a ser a forma em que está (des)estruturada a cidade, principalmente pelo seu histórico de expansão das áreas urbanas de modo inadequado, não vinculando os aspectos ambientais (TEODORO, 2008).

Observou-se que caso fossem respeitadas as características ambientais (a morfologia das vertentes e dos fundos de vales, as declividades, os totais de precipitação, a manutenção de áreas verdes, etc.) na área de estudo, não haveria, constantemente, necessidade de construção de obras de grandes magnitudes e custosas, já que sempre quando ocorrem estouros em tubulações, o tubo principal é trocado por outro de diâmetro maior (**Foto 5**); ou, ainda, não se resultariam em obras paradas (**Foto 6**).

Aliás, de acordo com tudo que foi discutido, a simples troca de tubulação não é a única parte que compõem um sistema de galerias de águas pluviais, pois esta depende de diversas outras, tais como:

- as especificidades, a quantidade e as localidades das bocas-de-lobo;
- o modelo, a espessura e a declividade das rampas;
- a declividade do tubo de ligação;
- o diâmetro e modo de implantação do tubo principal, pois nunca deve ser implantado em contato direto com o solo (feito muito realizado na cidade de Presidente Prudente); etc.



**Foto 5.** Obras de grandes magnitudes e custosas, na Av. Tancredo Neves.  
Por: TEODORO, 2 nov. 2007; 27 out. 2008.



**Foto 6.** Obras paradas, na Av. Tancredo Neves.  
**Por:** TEODORO, 27 out. 2008.

Dentre outras medidas adaptativas aos alagamentos, além dos métodos convencionais ou estruturais acima, existe, ainda, a perspectiva das tecnologias alternativas, representadas, em especial, pelas bacias de estocagem ou de reservatórios de detenção, com acumulação seca ou em água (nível de micro a macro-drenagem); pela pavimentação permeável; e pelas áreas verdes e pela arborização de vias (áreas permeáveis); além da perspectiva da regulamentação municipal, por meio do Plano Diretor.

É relevante salientar-se que, além das relações diretas entre os compartimentos de relevo, a estrutura geológica e as condições climáticas, outra variável importante é a ação que a sociedade realiza sobre o ambiente físico, sendo esse palco de relações econômicas, políticas e sociais indispensáveis para os estudos essencialmente geográficos.

## 7. Referências

- ALEGRE, M. Alta Sorocabana através de Atlas regional. **Boletim do Departamento de Geografia**, v. 3, p. 68-76, 1970.
- AMORIM, M. C. C. T. **Análise ambiental e qualidade de vida na cidade de Presidente Prudente/SP**. 1993. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1993.
- BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva**: engenharia das águas pluviais nas cidades. São Paulo: Edgard Blücher, 1985. 236 p.
- CAMARGO, C.; AMORIM, M. C. C. T. Qualidade ambiental e adensamento urbano na cidade de Presidente Prudente/SP. **Scripta Nova**, v. IX, n. 194 (46), 1 ago. 2005. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-194-46.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2007.
- FIGUEIREDO, A. et al. Notas preliminares sobre a elaboração da carta geomorfológica do sítio urbano de Presidente Prudente. **Boletim do Departamento de Geografia**, Presidente Prudente, p. 56-67, 1970.
- GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP**. 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.
- KÖPPEN, W. **Climatología**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. 1981. 256 f. Tese (Livre-Docência em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1981.

MASCARÓ, J. L. **Loteamentos urbanos**. 2. ed. Porto Alegre: +4, 2005. 210 p.

\_\_\_\_\_; YOSHINAGA, M. **Infra-estrutura urbana**. Porto Alegre: +4, 2005. 207 p.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil** (contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: IGEOG/USP, 1969. 68 p. (Série Teses e Monografias, 1).

\_\_\_\_\_. **A dinâmica e as chuvas no estado de São Paulo**. São Paulo: IGEOG/USP, 1973. 130 p.

\_\_\_\_\_. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976a. 54 p. (Série Teses e Monografias, 28).

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976b. 181 p. (Série Teses e Monografias, 25).

NIMER, E. Climatologia da região Sudeste. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989, p. 265-313.

NUNES, J. O. R.; PEREZ, I. U.; FREIRE, R.; BOINA, W. L. O. Mapeamento geomorfológico do perímetro urbano do município de Presidente Prudente-SP. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO, URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 2., 2006, Braga. **Anais...** Braga: Ed. UM, 2006. 11 p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991. 82 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. 201 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 560 p.

SPOSITO, M. E. B. **O chão em Presidente Prudente: a lógica da expansão territorial urbana**. 1984. 230 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

STRAHLER, A. N. **Introduction to physical geography**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967. 457 p.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo Oeste Paulista**. São Paulo: IGEOG/USP, 1973. 71 p. (Série Teses e Monografias, 8).

TEODORO, P. H. M. **O clima na urbanização e no planejamento de Maringá/PR: uma contribuição metodológica e de aplicabilidade urbana para os estudos hidrometeorológicos**. 2008. 398 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000. 558 p.