



Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação no Município de Aparecida (São Paulo)
Flooding Hazard and Risk Mapping at Aparecida City (São Paulo)

Eduardo de Andrade; Lana Carolina Danna & Paulo Cesar Fernandes da Silva

Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
Av. Miguel Stéfano, 3.900, Água Funda, 04301-903, São Paulo, São Paulo

E-mails: eduardo@igeologico.sp.gov.br; lanadanna@gmail.com; paulo.fernandes@igeologico.sp.gov.br

Recebido em: 21/02/2012 Aprovado em: 25/03/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_2_28_42

Resumo

No período entre 2001 e 2011, inundações atingiram 235 municípios paulistas, 29 deles situados ao longo do vale do rio Paraíba do Sul, na porção leste do Estado de São Paulo. O presente trabalho aborda o mapeamento de perigos e riscos de inundações e processos relacionados (enchentes, alagamentos, enxurradas e solapamento de margens) no Município de Aparecida com uso de produtos de sensoriamento e geotecnologias visando à obtenção de índices numéricos passíveis de utilização no planejamento regional e urbano, assim como no gerenciamento das situações de risco. A análise de perigos buscou identificar a probabilidade de ocorrência dos eventos, seu nível estimado de atingimento e sua distribuição espacial ao longo do município. As principais etapas de trabalho incluem: a) levantamento preliminar e elaboração de cadastro georeferenciado de ocorrências a partir de notícias de jornais; b) delimitação e a caracterização de setores de perigo combinando interpretação visual de imagens, cartas topográficas e análise espacial de dados, em particular, o nível da água atingido nos locais de ocorrência (*Nat*); d) análise do uso e ocupação territorial, visando estimar numericamente a vulnerabilidade e apontar o dano potencial dos elementos em risco (pessoas, bens materiais e atividades econômicas); e) elaboração de carta de risco incluindo classificação dos diferentes setores de risco de inundação através de índice numérico (R_{inu}). No total foram identificados e delimitados 41 setores de perigo e 62 setores de risco de inundação (6 setores de Risco Muito Alto, 11 de Risco Alto, 16 de Risco Médio e 29 de Risco Baixo).

Palavras-chaves: inundação; geotecnologia; sensoriamento

Abstract

Between 2001 e 2011, flooding affected 235 municipalities in the State of São Paulo (SE Brazil), including 29 municipalities situated in the Paraíba do Sul River Watershed (Eastern part of State). This paper presents a flooding hazard and risk mapping carried out in the City of Aparecida, including other related phenomena such as flash flooding, ponding, and river bank erosion. The investigation has explored the use of remote sensing tools and geospatial technologies in order to derive numerical scores for assessment and management of risk situations as well as regional and urban planning needs. Hazard analysis aimed at determining the probability of occurrence of flooding events, their spatial distribution, and estimated flooding heights. The main steps were the following: a) preliminary survey of previous occurrences based on information derived from newspapers and compilation of a geo-referenced database; b) delimitation and characterisation of flooding hazard zones, which explored image interpretation in combination with topographic maps and spatial data analysis (flooding heights - *Nat* - in particular); d) land use analysis that aimed at numerically estimating vulnerability and potential damage to different elements (people, property, economic activities); e) risk map including classification of risk zones using a numerical score (R_{inu}). A total of 41 flooding hazard zones and 62 risk zones were identified and delimited (6 zones of very high risk, 11 of high risk, 16 of moderate risk, and 29 of low risk).

Keywords: flooding hazard; remote sensing tools; geospatial technologies

1 Introdução

As inundações têm ocorrido com frequência e magnitude crescentes em áreas urbanas, causando perda de vidas humanas, além de significativos prejuízos econômicos. O crescimento acelerado da urbanização nas planícies de inundação, somado à ausência de planejamento e ordenamento territorial são alguns dos fatores que tem agravado os efeitos desses fenômenos no Brasil nas últimas décadas (Maffra & Mazzola, 2007). No período entre 2001 e 2011, fenômenos de inundações atingiram 235 municípios paulistas, 29 deles situados ao longo do vale do rio Paraíba do Sul (Brollo *et al.*, 2011), na porção leste do Estado de São Paulo, dentre eles o Município de Aparecida (Figura 1).

No caso do Estado de São Paulo, a Lei nº 13.798/2009 estabelece as diretrizes a serem adotadas pelo governo como forma de garantir adaptação às mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável, tendo como instrumentos principais os Zoneamentos Econômico-Ecológicos (ZEE) e os mapeamentos de risco.

Do ponto de vista metodológico destacam-se a análise e semi-quantificação do perigo e do risco. A análise de perigos enfocou a probabilidade de ocorrência, magnitude, distribuição espacial e frequência dos processos de inundação e correlatos. A avaliação de risco enfocou as questões de uso e ocupação territorial de forma a estimar a vulnerabilidade e, por conseguinte, o potencial de

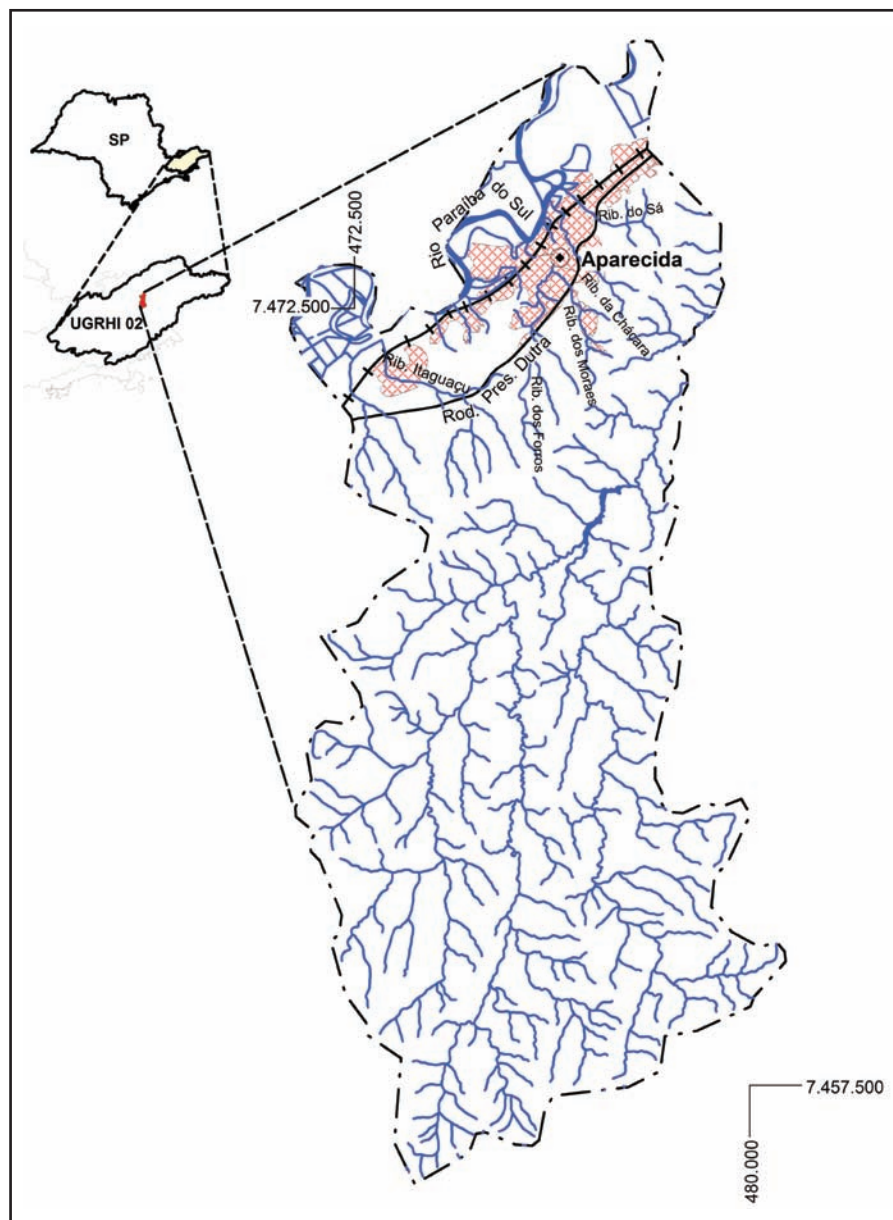


Figura 1 Mapa de localização do Município de Aparecida.

dano a pessoas, aos bens materiais e às atividades econômicas. O trabalho explorou a utilização de parâmetros de natureza hidrológica, tais como o nível atingido pela água nos locais de ocorrência e a recorrência temporal dos fenômenos, bem como ferramentas tecnológicas incluindo aplicativos e informações disponíveis na Internet, produtos de sensores orbitais e aéreos, geoprocessamento e análise espacial de dados por meio de modelagem determinística e geostatística.

2 Levantamento Preliminar e Cadastro Georeferenciado de Ocorrências de Inundação

A primeira etapa do trabalho diz respeito a um levantamento de informações sobre o meio físico respectivamente à área de estudo (Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – UGRHI 2 e Município de Aparecida), e em especial, à elaboração de um cadastro georeferenciado das ocorrências de inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas, no próprio município e região.

O levantamento de ocorrências de inundação contemplou procedimentos padronizados para a derivação de dados e informações a partir de notícias publicadas em jornais, descritos em Andrade *et al.* (2010), e incluiu os seguintes procedimentos:

a) Pesquisa e Coleta de dados: O jornal Vale Paraibano foi utilizado como fonte principal de dados devido à abrangência regional (registros referentes a toda a UGRHI-2) e temporal (periodicidade diária e continuidade de edições), sendo possível cobrir o período entre 1970 a outubro de 2009 (aproximadamente 40 anos). Dentre os dados coletados por meio das notícias, destacam-se: locais e áreas afetadas (cidade, localidade, bairro, rua); data das ocorrências; drenagem associada (curso d'água ao qual o fenômeno está associado); intensidade (quantidade de chuva registrada).

b) Sistematização e Consolidação de Dados: Os dados foram coletados em fichas de cadastro (respectivas a cada notícia publicada), transcritas posteriormente para um banco de dados em formato Access. Cada registro correspondeu a uma ocorrência de inundação, enchente ou alagamento, em uma determinada data e um determinado local. O site da Empresa Brasileira Correios (www.buscacep.correios.com.br) foi utilizado para padronizar a denominação dos logradouros e seus respectivos bairros.

c) Georeferenciamento (localização e espacialização): A determinação das coordenadas

geográficas (localização) relativas às ocorrências utilizou-se de aplicativos disponíveis na Internet: Google Earth e Google Maps (incluindo as ferramentas de visualização Mapa e Terreno). De forma combinada, utilizou-se folhas digitalizadas e georeferenciadas em escala 1:10.000, provenientes do mapeamento topográfico, 1977/1978, realizado pela Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo e pelo Instituto Geográfico e Cartográfico. No município de Aparecida foram identificadas 55 ocorrências, distribuídas em 29 locais.

3 Trabalhos de Campo e Espacialização de Dados

O cadastro georeferenciado de ocorrências orientou a escolha de áreas-alvo bem como os trabalhos de campo para verificação e caracterização dos fenômenos ocorridos *in loco*. Complementarmente foram também utilizados os registros provenientes dos cadastros da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) e da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC). Algumas áreas-alvo foram selecionadas em decorrência de informações complementares obtidas junto às equipes municipais de defesa civil e moradores e/ou em função das características locais do terreno.

Os trabalhos de campo visaram ao levantamento de características do meio físico local, com destaque às características e parâmetros relacionados à drenagem (hidrografia), aspectos inerentes aos fenômenos de inundação e ao histórico de ocorrências, bem como características quanto ao uso e ocupação territorial, como indicado na Tabela 1.

Esta etapa envolveu também entrevista com moradores das áreas de risco sobre a frequência, intensidade e abrangência dos eventos. Representantes da COMDEC acompanharam os trabalhos de campo, e forneceram informações complementares sobre o histórico e localização de ocorrências.

Os dados obtidos em campo foram georeferenciados e espacializados em ambiente SIG por meio do aplicativo SPRING versão 5.1.4 (Câmara *et al.*, 1996; Inpe 2009). Como descrito em Fernandes da Silva *et al.* (2011), técnicas de geoprocessamento foram utilizadas com o objetivo de adensar a cobertura do mapeamento e aumentar capacidade de interpretação. Nesse sentido, adotou-

Características do meio físico (local e da sub-bacia)	<ul style="list-style-type: none"> • Topografia; feições de relevo; vegetação; drenagem associada; posição do local em relação à extensão da drenagem e/ou sub-bacia (alto, médio e baixo curso; situação a jusante e montante)
Características e parâmetros relacionados ao curso d'água	<ul style="list-style-type: none"> • Tipologia do canal (natural, sinuoso, construído ou retificado); • Parâmetros morfométricos da drenagem (dimensões do talude marginal e do talvegue, tais como largura do curso d'água e do leito ativo do rio); • Intervenções antrópicas e condições associadas à drenagem urbana, tais como a presença de tubulações, barragens, pontes e diques, condução de águas pluviais e servidas; presença de lixo e entulho e demais tipos de obstruções do canal; • Processos associados tais como assoreamento, erosão de margem e solapamento, surgência;
Aspectos relacionados aos fenômenos de inundação	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de evento e fenômenos relacionados (enchente, inundação, alagamento, enxurrada), localização e extensão (nome do curso d'água, locais e áreas afetadas); • Nível atingido pela água (Nat) nos locais de ocorrência de inundação (medido a partir de marcas da água, estimado a partir de relatos de moradores e agentes públicos municipais) – ver Figura 6 e 7; • Cota de atingimento da inundação [nível atingido pela água (Nat) + topografia de referência]; • Histórico de ocorrência dos eventos de inundação (frequência ou recorrência, magnitude, data, duração e quantidade de chuva registrada; informações meteorológicas e fluviométricas);
Características relacionadas ao uso e ocupação territorial	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo do elemento em risco (residências/comércio/serviços, vias, grandes equipamentos) • Características de resistência (tipo e padrão construtivo) • Características e condições da infraestrutura urbana (pavimentação, saneamento básico) • Distância dos elementos em risco ao talude de margem.

Tabela 1 Aspectos e características observados nos trabalhos em campo.

se procedimento de análise espacial de dados (Druck *et al.*, 2004), incluindo a interpolação e geração de grades numéricas dos valores de cotas de atingimento e do nível da água atingido nos

locais de ocorrência (*Nat*) com base em modelos determinísticos locais (média ponderada) e modelos geoestatísticos (krigagem). Destaca-se que as cotas de atingimento correspondem à soma da elevação do terreno (topografia utilizada como referência) com o nível atingido (NAt) pela água nos locais de ocorrência, todos expressos em metros.

As grades numéricas interpoladas permitiram a obtenção de valores intermediários de cota de atingimento e de *Nat* em intervalos de 0,10 m. No caso do Município de Aparecida, a base cartográfica utilizada para lançamento e interpretação de dados foi derivada através de geoprocessamento com base em dois procedimentos experimentais distintos: a) geração de curvas de 1m, 5m e 10m a partir das curvas de 20m da carta IBGE 1:50.000 (disponível em formato digital); b) geração de curvas de 1m, 5m, 10m a partir da grade numérica do sensor SRTM, utilizado pelo aplicativo Google Earth, obtida no site da Embrapa (Miranda, 2005). Dentre os resultados obtidos, as curvas de nível de 10 em 10m originadas a partir das cartas IBGE demonstraram-se de melhor consistência e precisão.

Posteriormente procedeu-se à derivação de atributos de análise para delimitação e caracterização de setores de perigo e de risco de inundação nas etapas subsequentes. Foram avaliados e selecionados atributos relacionados ao meio físico e aos fenômenos estudados, e ao uso e ocupação territorial, particularmente à vulnerabilidade e ao dano potencial dos elementos em risco (pessoas e bens materiais). Os atributos foram utilizados para determinação numérica dos graus de perigo e de risco de inundação.

4 Delimitação e Caracterização de Setores de Perigo de Inundação

Os setores de perigo procuram expressar a probabilidade de ocorrência dos fenômenos de inundação (e processos relacionados), sua distribuição espacial (abrangência), intensidade e recorrência, isto é, a frequência com que o fenômeno ocorre num determinado intervalo de tempo. Para o presente trabalho, foram adotados os procedimentos metodológicos descritos em Fernandes da Silva *et al.* (2011) para o cálculo do grau de **Perigo (P)** e subsequente delimitação e caracterização dos setores. Esta etapa foi efetuada em três estágios distintos (brevemente descritos a seguir) e levou em consideração dois atributos: o nível estimado ou efetivamente atingido pela água (*Nat*) em diferentes locais e a recorrência dos eventos registrados.

4.1 Classificação Preliminar de Perigo de Inundação

Para a classificação preliminar do perigo foram estabelecidos quatro limiares de classes, a partir de análise estatística dos valores de *Nat* obtidos em 331 pontos de observação distribuídos em sete municípios contíguos localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Aparecida, Roseira, Pindamonhangaba, Tremembé, Taubaté e Caçapava e Redenção da Serra). A cada uma das classes foi atribuído um escore numérico, na escala de 0 a 1, calculado pela razão entre a soma dos valores incluídos na respectiva classe e a soma total de valores de *Nat* (normalização), conforme a Tabela 2.

Nat	Escore Preliminar	Perigo Preliminar (Pp)
Nat < 0,40m	0,1072	Pp1 - Baixo
0,40 < Nat < 0,80m	0,4226	Pp2 - Moderado
0,80 < Nat < 1,20m	0,7042	Pp3 - Alto
Nat > 1,20m	1,0000	Pp4 - Muito Alto

Tabela 2 Classificação preliminar do perigo de inundação em função do nível de atingimento (Nat).

4.2 Delimitação de Setores de Perigo de Inundação

A setorização de perigo de inundação teve por finalidade delimitar a abrangência espacial de cada uma das classes de nível de atingimento (definidas na classificação de perigo preliminar). A delimitação dos polígonos ou setores de perigo baseou-se em procedimentos de interpretação visual e digitalização em tela (edição de plano de informação vetorial), e envolveu os seguintes elementos de análise: a) grades numéricas interpoladas dos valores de *Nat* e de cota de atingimento (cota topográfica de referência + *Nat*); b) curvas de nível derivadas das bases cartográficas fornecidas, conforme descrito anteriormente; c) imagens de satélite e ortofotos digitais; d) carta topográfica do município em escala 1:10.000 (Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC, 1978); d) acervo fotográfico dos trabalhos de campo.

O procedimento inicial envolveu o cruzamento de grades numéricas interpoladas das cotas de atingimento com as curvas de nível derivadas das bases cartográficas. Subsequentemente procedeu-se à interpretação visual das imagens de satélite e ortofotos com superposição de grades numéricas interpoladas dos valores de *Nat*, e da carta topográfica do município. O acervo fotográfico dos trabalhos de campo foi utilizado complementarmente para

interpretação de aspectos locais, tais como feições geomorfológicas relacionadas ao relevo e à drenagem.

4.3 Reclassificação do Grau de Perigo

A classificação preliminar foi objeto de revisão dos escores e de consequente reclassificação do grau de perigo em função do registro de recorrências no setor, e utilizou fatores de correção (Fc) definidos com base na análise matemática dos intervalos entre os limiares de classe, como demonstrado na Tabela 3.

Critério	Perigo Preliminar (Pp)	Fator de Correção (Fc)	Escore Final (P)	Perigo Final (P)
Interpolação e interpretação de imagens, sem pontos de observação de campo no setor	Pp1 - Baixo	0,500	0,0536	P1 - Baixo
	Pp2 - Moderado	0,666	0,2814	P2 - Moderado
	Pp3 - Alto	0,800	0,5634	P3 - Alto
	Pp4 - Muito Alto	0,852	0,8520	P4 - Muito Alto
Presença de um ou mais pontos de observação de campo no setor	Pp1 - Baixo	1,000	0,1072	P1 - Baixo
	Pp2 - Moderado	1,000	0,4226	P2 - Moderado
	Pp3 - Alto	1,000	0,7042	P3 - Alto
	Pp4 - Muito Alto	1,000	1,0000	P4 - Muito Alto
Presença de um ou mais pontos de observação de campo E pelo menos uma recorrência no setor	Pp1 - Baixo	3,000	0,3215	P2 - Moderado
	Pp2 - Moderado	1,500	0,6338	P3 - Alto
	Pp3 - Alto	1,250	0,8803	P4 - Muito Alto
	Pp4 - Muito Alto	1,125	1,1250	P4 - Muito Alto
Presença de um ou mais pontos de observação de campo E duas ou mais recorrências no setor	Pp1 - Baixo	3,500	0,3750	P2 - Moderado
	Pp2 - Moderado	1,750	0,7395	P4 - Muito Alto
	Pp3 - Alto	1,625	1,1444	P4 - Muito Alto
	Pp4 - Muito Alto	1,500	1,5000	P4 - Muito Alto

Tabela 3 Fatores de correção a serem aplicados em função da recorrência dos eventos de inundação. Classificação final e escore numérico do perigo de inundação.

Desta forma, ocorre redução do escore quando o setor foi delimitado exclusivamente com base na interpolação e interpretação de imagens. Quando verificada a existência de pelo menos 1 (um) ponto de observação dentro de um setor, sem recorrências, o escore é mantido. No caso de registro de recorrência dos eventos, aplicam-se os fatores de correção, acarretando na elevação do escore atribuído preliminarmente e, na maioria das situações, determinando a elevação do grau de perigo do respectivo setor.

Com base na revisão dos escores, os limiares de classe para a classificação final de perigo são expressos conforme a Tabela 4. Deve ser observado que a classificação final do grau de perigo em quatro intervalos de classes significa que setores classificados num determinado grau de perigo podem resultar em escores (valores numéricos) diferentes, situados dentro do respectivo intervalo. Esta diferenciação numérica tem reflexo direto no cálculo e classificação do grau de risco de inundação.

Perigo (P)	Intervalo de Classe
P1 - Perigo Baixo	$P \leq 0,1072$
P2 - Perigo Moderado	$0,1072 < P \leq 0,4226$
P3 - Perigo Alto	$0,4226 < P \leq 0,7042$
P4 - Perigo Muito Alto	$P > 0,7042$ (máximo de 1,5000)

Tabela 4 Classificação final do perigo de inundação.

Em Aparecida, ao todo foram identificadas 12 áreas sujeitas à ocorrência de eventos de enchentes ou inundações (Santa Edwiges, Vila Mariana, Jardim Paraíba, Santa Terezinha, Ponte Alta, Santa Luzia, São Sebastião, São Francisco, Dutra/Ribeirão dos Forros, Mirante da Santa, Posto Arco Iris e Itaguaçu), além de uma área com características predominantes de alagamento (Santa Rita), como ilustrado na Figura 2. Nessas áreas foram delimitados e caracterizados 41 setores de perigo de inundação, sendo 8 setores de Perigo Muito Alto, 9 de Perigo Alto, 14 de Perigo Moderado e 10 de Perigo Baixo.

5 Delimitação e Classificação de Setores de Risco à Inundação

A identificação de situações e/ou condições de risco levou em consideração a análise de uso e ocupação territorial nos setores de perigo previamente delimitados e, por conseguinte, o dano potencial envolvendo pessoas, bens materiais e atividades econômicas.

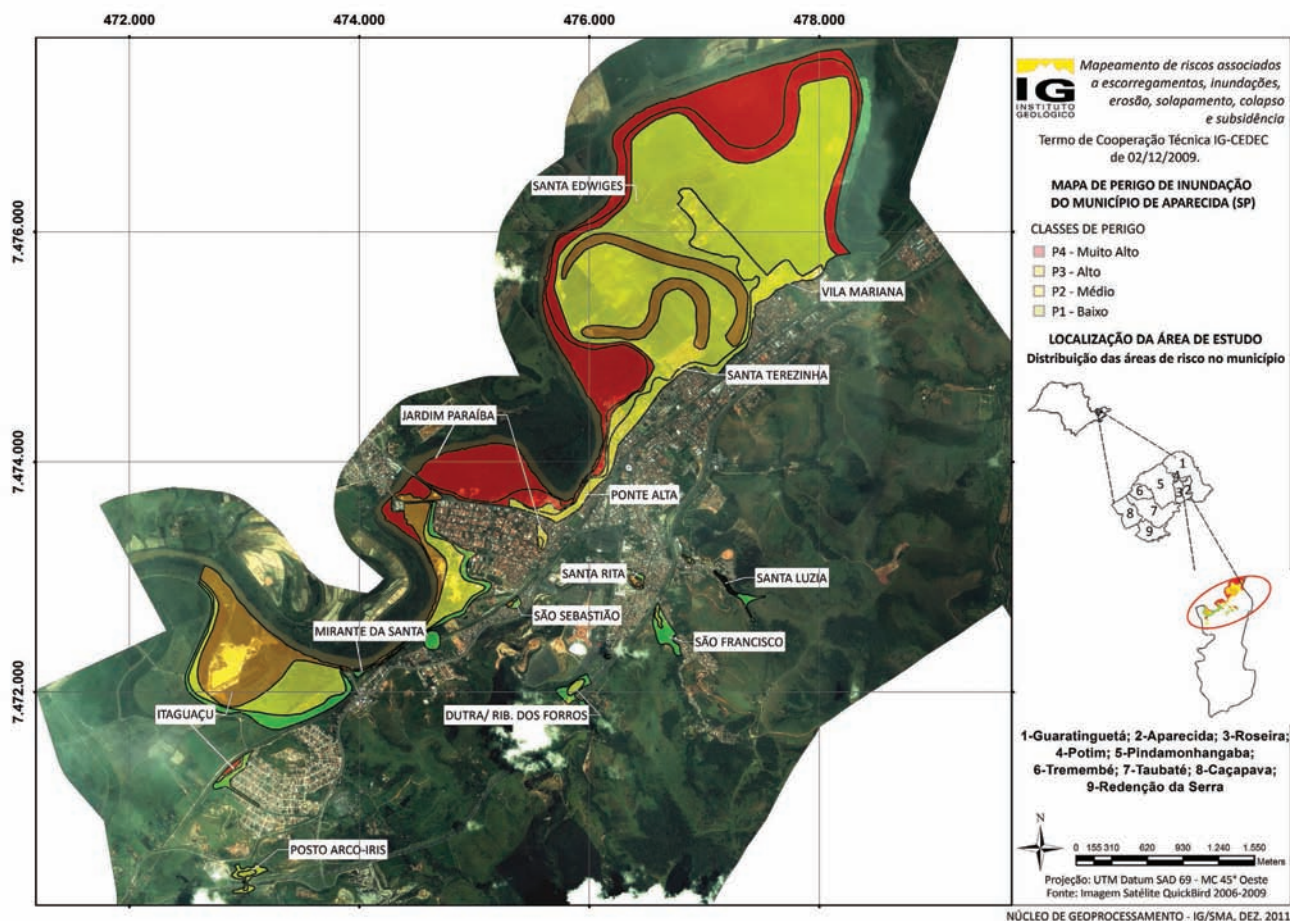


Figura 2 Mapa de localização e imagem de satélite mostrando os setores de perigo de inundação delimitados no Município de Aparecida.

Com base no postulado por Varnes (1984), os diferentes graus de risco de inundação foram determinados numericamente através da equação $[R = P \times V]$, onde R = Risco Estimado; P = Perigo e V = Vulnerabilidade. A vulnerabilidade do elemento em risco (V) diz respeito às condições e à capacidade de resistência deste elemento em relação à ocorrência e atingimento por eventos geodinâmicos, no caso, inundações e processos correlatos. A dimensão da vulnerabilidade está relacionada ao padrão construtivo das moradias e à qualidade da infraestrutura local. Diferentemente do proposto por Tominaga *et al.* (2004) e Tominaga (2009), no presente estudo, o Dano potencial (D) não foi inserido no cálculo do risco, tendo sido tratado como uma variável complementar, de forma a qualificar o grau de risco estimado, expressando o tipo de elemento em risco e o número de moradias e outras edificações a serem potencialmente atingidas pelos fenômenos de inundação.

Tendo como referência o trabalho de Rossini-Penteado *et al.* (2007), os atributos utilizados para estimar a Vulnerabilidade (V) e o Dano Potencial (D) foram definidos de acordo com o tipo de ocupação observado nos setores sujeitos a inundações (perigo), considerando a possibilidade de três tipos de elementos em risco:

- a) Residências/Comércio/Serviços: caracterizado pelo predomínio de moradias, com a presença difusa de estabelecimentos comerciais e/ou de prestação de serviços;
- b) Grandes equipamentos: elementos individualizáveis de grande porte, como: escolas, hospitais, instalações industriais, minerações, cemitérios, estações de tratamento de água e de esgoto, pátios, parques e similares;
- c) Vias: composto exclusivamente por trechos de rodovias e vias de acesso, sem a presença de nenhum outro tipo de ocupação.

Os atributos para o cálculo de Vulnerabilidade (V) incluíram: *i*) tipologia construtiva (alvenaria, madeira, outros materiais); *ii*) padrão construtivo (existência de fundação, presença de vigas e estruturas de “amarração” nas paredes, entre outros); *iii*) pavimentação (das vias); *iv*) infraestrutura sanitária (rede de abastecimento de água, rede de esgoto e de águas pluviais, coleta de lixo). As informações referentes a estes atributos foram derivadas a partir de dados censitários do IBGE de 2000 e de trabalhos de campo. A modelagem da variável Vulnerabilidade do elemento em risco

Residências/Comércio/Serviços (V_{RCS}) foi efetuada através na Equação (A), na qual foram adotados pesos diferenciados (ponderação arbitrada) para cada um dos atributos considerados:

$$V_{RCS} = 0,4(TC) + 0,4(PC) + 0,05(PAV) + 0,15(INFRA)$$

(Equação A)

Onde:

TC = Tipologia Construtiva;

PC = Padrão Construtivo;

PAV = Pavimentação; INFRA = Infraestrutura Sanitária.

Vulnerabilidade (V_{RCS})	Intervalo de Classe
V1 - Vulnerabilidade Baixa	$0,1571 \leq V_{RCS} \leq 0,2196$
V2 - Vulnerabilidade Média	$0,2196 < V_{RCS} \leq 0,3203$
V3 - Vulnerabilidade Alta	$0,3203 < V_{RCS} \leq 0,4209$
V4 - Vulnerabilidade Muito Alta	$0,4209 < V_{RCS} \leq 0,8429$

Tabela 5 Classificação e respectivos intervalos de classe da vulnerabilidade a inundação do elemento Residências/Comércio/Serviços.

Onde: σ = desvio padrão. Limiar inferior da Classe V1 = Valor mínimo obtido. Limiar inferior da Classe V2 = Média dos valores obtidos. Limiar inferior da Classe V3 = Média + σ . Limiar inferior da Classe V4 = Média + 2σ . Limiar inferior da Classe V4 = Valor máximo obtido.

A partir da aplicação da Equação A, foram estabelecidos quatro limiares de classes de vulnerabilidade (Tabela 5), com base na análise estatística (média e desvio padrão) dos resultados obtidos em 125 setores de residências/comércio/serviços.

As classes de vulnerabilidade V_{RCS} (Tabela 5) foram tomadas como referência para o cálculo da Vulnerabilidade relativa aos elementos Grandes Equipamentos (V_{GE}) e Vias (V_{VIA}), sendo adotados quatro índices de vulnerabilidade constantes ($k1, k2, k3, k4$), com base no tipo de equipamento e na distribuição estatística (mediana) dos valores de classe de vulnerabilidade V_{RCS} . Dessa forma, $V_{GE} = k1 = 0,3706$ para escolas, hospitais, igrejas, e similares; $V_{GE} = k2 = 0,2196$ para instalações industriais e similares; $V_{GE} = k3 = 0,1571$ para minerações, grandes pátios, parques esimilares; $V_{VIA} = k4 = 0,1884$.

Para a delimitação de setores de risco foram utilizadas as seguintes bases espaciais para lançamento e análise de informações: a) imagens

de satélite SPOT multiespectrais ortorretificadas, 2007-2010, resolução 2,5m; b) imagens de satélite QuickBird, fusão PAN + 4 bandas multiespectrais, 2006-2009, resolução 0,60m; c) fotografias aéreas, 2004, escala 1:30.000; d) carta topográfica IGC 1:10.000, formato raster, georeferenciada, conforme descrito na Seção 4.2. Estas bases foram organizadas e uniformizadas quanto à projeção cartográfica e datum horizontal para o Sistema UTM, e georeferenciadas ao datum SAD69, meridiano central 45° Oeste.

O Índice de Risco a Inundação (R_{inu}) foi obtido a partir da aplicação da Equação B, para cada um dos três tipos de elemento em risco analisados.

$$R_{inu} = P * V_{RCS}, V_{GE}, V_{VIA}$$

(Equação B)

Onde: R= índice de risco de inundação; P = índice de perigo inundação; V= índice de vulnerabilidade específico de cada elemento.

Os resultados obtidos com a aplicação da Equação B foram então submetidos à análise estatística, obtendo-se quatro classes de risco de inundação, com limiares definidos em função da média e do desvio padrão relativos ao total de setores (Tabela 6).

A variável Dano Potencial (D) deve ser utilizada de forma combinada ao índice numérico de risco de inundação (R_{inu}), como parâmetro qualificador do grau de risco apontado.

Risco (R_{inu})	Intervalo de Classe
R1 - Risco Baixo	$0,00842 \leq R_{inu} \leq 0,08595$
R2 - Risco Moderado	$0,08595 < R_{inu} \leq 0,20919$
R3 - Risco Alto	$0,20919 < R_{inu} \leq 0,33242$
R4 - Risco Muito Alto	$0,33242 < R_{inu} \leq 0,90606$

Tabela 6 Classificação do Risco de Inundação (R_{inu}) e respectivos intervalos de classe.

Onde: σ = desvio padrão. Limiar inferior da Classe V1 = Valor mínimo obtido. Limiar inferior da Classe V2 = Média dos valores obtidos. Limiar inferior da Classe V3 = Média + σ . Limiar inferior da Classe V4 = Média + 2σ . Limiar superior da Classe V4 = Valor máximo obtido.

O Dano Potencial (D) explicita o número de moradias existentes e a presença (ou não) dos

elementos Grande Equipamento (EQUIP) e Via (TV) nos setores analisados, estimando de forma indireta os prejuízos materiais e o número de pessoas expostas ao risco de inundação, incluindo aquelas eventualmente frequentemente os equipamentos ou transitem pelas vias. A Tabela 7 apresenta os critérios gerais adotados para a atribuição de diferentes graus de risco aos setores identificados e delimitados.

R1 BAIXO	- O setor pode apresentar condições potenciais para o desenvolvimento de processos de inundação; - Os eventos de inundação/enchente são pouco frequentes, em geral, tendo sido registrada a ocorrência de pelo menos 1 (um) evento de inundação/enchente, com nível de atingimento de até 0,40m, nos últimos 10 anos. $R_{inu} \leq 0,08595$
R2 MÉDIO	- O setor apresenta condições potenciais para o desenvolvimento de processos de inundação: localização em áreas de vale e de baixada (várzeas), proximidade das edificações ou vias em relação aos cursos de água; $0,08595 < R_{inu} \leq 0,20919$. - Os eventos de inundação/enchente são moderadamente frequentes, tendo sido registrada a ocorrência de 1 (um) ou mais eventos, com nível de atingimento de até 0,80 m, nos últimos 10 anos.
R3 ALTO	- As condições verificadas no setor são favoráveis ao desenvolvimento de processos de inundação: localização em áreas de vale e de baixada (várzeas), proximidade das edificações ou vias em relação aos cursos de água; $0,20919 < R_{inu} \leq 0,33242$. - Os eventos de inundação/enchente são frequentes, tendo sido registrada a ocorrência de 2 (dois) ou mais eventos significativos, com nível de atingimento de 0,80 até 1,20 m, nos últimos 10 anos.
R4 MUITO ALTO	- As condições verificadas no setor são muito favoráveis ao desenvolvimento de processos de inundação: localização em áreas de vale e de baixada (várzeas), grande proximidade das edificações ou vias em relação aos cursos de água; $0,33242 < R_{inu} \leq 0,90606$. - A frequência dos eventos de inundação/enchente é elevada, tendo sido registrada a ocorrência de 2 (dois) ou mais eventos significativos, com nível de atingimento superior a 1,20 m, nos últimos 10 anos.

Tabela 7 Critérios para atribuição do grau de risco de inundação na escala local (adaptado de Canil *et al.*, 2004).

6 Resultados

No total foram identificados e delimitados 62 setores de risco de inundação no Município de Aparecida (Tabela 8), que se distribuem em 13 áreas

Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação no Município de Aparecida (São Paulo)
 Eduardo de Andrade; Lana Carolina Danna & Paulo Cesar Fernandes da Silva

Nome da área	Área/Setor/Grau	PERIGO		VULNERABILIDADE		RISCO		DANO
		Escore	Classe	Escore	Classe	Escore	Classe	Elemento em
Santa Luzia	A5/S11/R1	0,1072	P1	0,1571	V1	0,01683	R1	Residências
	A5/S12/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06638	R1	Residências
	A5/S13/R1	0,1072	P1	0,3706	V3	0,03972	R1	Gr Equip
	A5/S14/R2	1	P4	0,1571	V1	0,15708	R2	Residências
	A5/S15/R1	0,0536	P1	0,4054	V3	0,02173	R1	Residências
São Francisco	A7/S9/R1	0,1072	P1	0,1571	V1	0,01683	R1	Residências
Itaguaçu	A8/S3/R2	0,7042	P3	0,1571	V1	0,11062	R2	Gr Equip
	A8/S4/R3	1,1444	P4	0,2345	V2	0,26845	R3	Residências
	A8/S5/R2	0,4226	P2	0,2245	V2	0,09491	R2	Residências
	A8/S6/R1	0,1072	P1	0,2345	V2	0,02514	R1	Residências
Mirante da Santa	A9/S5/R2	1	P4	0,1571	V1	0,15711	R2	Gr Equip
	A9/S4/R2	0,4226	P2	0,4054	V3	0,17132	R2	Residências
	A9/S3/R1	0,1072	P1	0,1571	V1	0,01683	R1	Residências
Posto Arco Iris	A11/S1/R1	0,3215	P2	0,1883	V1	0,06055	R1	Vias
	A11/S2/R1	0,3215	P2	0,1883	V1	0,06055	R1	Vias
Jardim Paraiba	A12/S1/R2	1	P4	0,1945	V1	0,19458	R2	Residências
	A12/S2/R2	0,5634	P3	0,2345	V2	0,13216	R2	Residências
	A12/S3/R3	0,5634	P3	0,4612	V4	0,25986	R3	Residências
	A12/S4/R4	1,5	P4	0,5012	V4	0,75187	R4	Residências
	A12/S5/R4	1,5	P4	0,4612	V4	0,69187	R4	Residências
	A12/S6/R1	0,3215	P2	0,1571	V1	0,05050	R1	Residências
	A12/S7/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06638	R1	Residências
	A12/S8/R1	0,1072	P1	0,1571	V1	0,01683	R1	Residências
	A12/S9/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06639	R1	Gr Equip
	A12/S10/R2	0,7042	P3	0,1571	V1	0,11062	R2	Gr Equip
	A12/S11/R1	0,1072	P1	0,1571	V1	0,01683	R1	Residências
	A12/S12/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06638	R1	Residências
	A12/S13/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06639	R1	Gr Equip
	A12/S14/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06639	R1	Gr Equip
São Sebastião	A13/S1/R2	0,6338	P3	0,1571	V1	0,09955	R2	Residências
	A13/S2/R1	0,0536	P1	0,1571	V1	0,00841	R1	Residências
	A13/S3/R1	0,0536	P1	0,1571	V1	0,00842	R1	Gr Equip
Santa Rita	A14/S1/R1	0,1072	P1	0,1571	V1	0,01683	R1	Residências
	A14/S2/R1	0,2814	P2	0,1571	V1	0,04420	R1	Residências
	A14/S3/R2	0,7042	P3	0,1571	V1	0,11061	R2	Residências
	A14/S4/R3	1,5	P4	0,1571	V1	0,23562	R3	Residências
Ponte Alta	A15/S1/R2	1,125	P4	0,1571	V1	0,17671	R2	Residências
	A15/S2/R2	1,1444	P4	0,1571	V1	0,17976	R2	Residências
	A15/S3/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06638	R1	Residências
	A15/S4/R1	0,375	P2	0,1571	V1	0,05890	R1	Residências
	A15/S5/R2	0,375	P2	0,3706	V3	0,13897	R2	Gr Equip
	A15/S6/R4	1,1444	P4	0,3379	V3	0,38671	R4	Residências
	A15/S7/R3	1,1444	P4	0,2196	V1	0,25131	R3	Gr Equip
	A15/S8/R1	0,375	P2	0,1671	V1	0,06265	R1	Residências
	A15/S9/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06638	R1	Residências
Santa Terezinha	A15/S10/R1	0,375	P2	0,2196	V1	0,08235	R1	Gr Equip
	A16/S1/R1	0,4226	P2	0,1671	V1	0,07060	R1	Residências
	A16/S2/R1	0,375	P2	0,2196	V1	0,08235	R1	Gr Equip
	A16/S3/R1	0,375	P2	0,1571	V1	0,05891	R1	Residências
Vila Mariana	A17/S1/R1	0,375	P2	0,1571	V1	0,05891	R1	Gr Equip
	A17/S2/R1	0,375	P2	0,2196	V1	0,08235	R1	Gr Equip
	A17/S3/R1	0,375	P2	0,1571	V1	0,05891	R1	Residências
	A17/S4/R1	0,375	P2	0,1571	V1	0,05891	R1	Residências
	A17/S5/R1	0,375	P2	0,1571	V1	0,05891	R1	Residências
	A17/S6/R1	0,4226	P2	0,1571	V1	0,06639	R1	Gr Equip
Santa Edwiges	A18/S1/R4	1,125	P4	0,4054	V3	0,45609	R4	Residências
	A18/S2/R2	0,4226	P2	0,2345	V2	0,09913	R2	Residências
	A18/S3/R4	1,1444	P4	0,3679	V3	0,42104	R4	Residências
	A18/S4/R1	0,375	P2	0,2345	V2	0,08796	R1	Residências
	A18/S5/R2	0,4226	P2	0,3679	V3	0,15548	R2	Residências
Dutra / Ribeirão dos Couros	A19/S1/R1	0,1072	P1	0,1971	V1	0,02112	R1	Residências
	A19/S2/R1	0,1072	P1	0,1883	V1	0,02019	R1	Vias

Tabela 8 Áreas e respectivos setores de risco de inundação no município de Aparecida: escores e classificação final.

distintas, das quais 7 estão associadas à planície de inundação do rio Paraíba do Sul (Itaguaçu, Mirante da Santa, Jardim Paraíba, Ponte Alta, Santa Terezinha, Vila Mariana e Santa Edwiges), uma área se relaciona ao Ribeirão dos Moraes (Santa Luzia), 2 áreas se relacionam ao Ribeirão da Chácara (São Francisco, Santa Rita), uma área se relaciona ao Ribeirão dos Forros (Dutra/ Ribeirão dos Forros), 2 áreas se relacionam a córregos cuja denominação não identificada (São Sebastião e Posto Arco Iris).

Os setores abrangem 1.134 moradias em risco, 12 grandes equipamentos (porto turístico Itaguaçu, uma escola, um parque temático, 2 espaços poli-esportivos, uma estação de captação de águas, 2 minerações de areia, uma indústria e 3 galpões industriais-comerciais), além de 2 vias urbanas principais. A análise dos resultados demonstra que 9 (nove) setores (14% dos setores de risco de inundação) apresentam maior grau de risco (muito alto e alto), assim distribuídos: um

setor em Itaguaçu, 3 setores no Jardim Paraíba, um setor em Santa Rita, 2 setores na Ponte Alta, e 2 setores em Santa Edwiges. Alguns exemplos dessas áreas e respectivos setores de perigo e risco são apresentados nas Figuras 3 e 4 (Bairro Ponte Alta) e na Figura 5 (Jardim Paraíba). Aspectos relativos à caracterização dos setores de perigo e de risco no terreno, tais como o nível de atingimento (*Nat*) observado e análise do uso e ocupação territorial (padrão construtivo, infraestrutura sanitária etc) são ilustrados nas Figuras 6 e 7.

Devido às características espaciais e temporais dos fenômenos de inundação, que podem abranger extensas áreas, contíguas ou não, e com diferentes níveis de atingimento e recorrência de eventos, torna-se importante a apresentação do Mapa de Perigo de Inundação, que deve ser analisado em conjunto com o Mapa de Riscos como ilustrado nas Figuras 3 e 5. O Mapa de Perigos indica os locais com probabilidade de ocorrência dos fenômenos

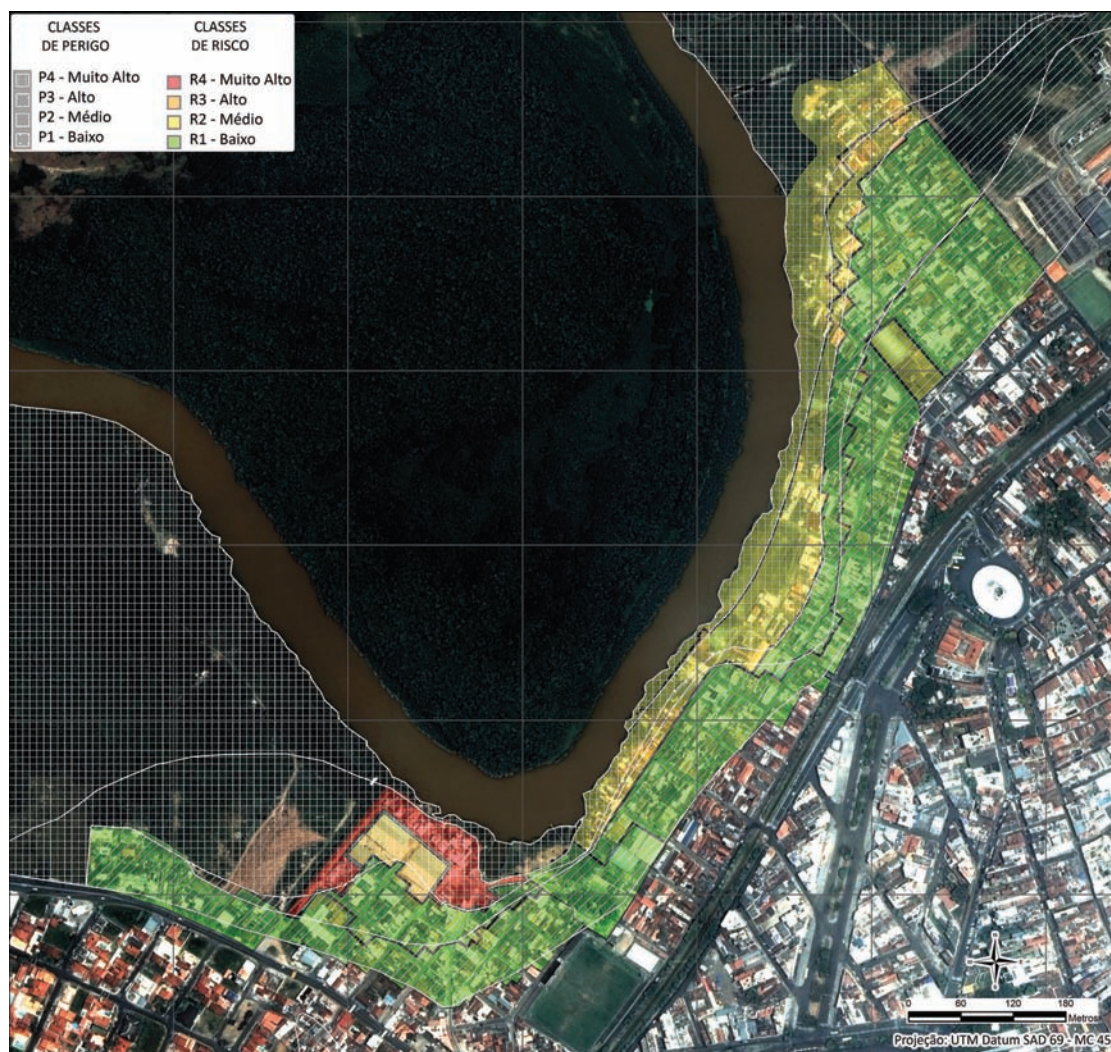


Figura 3 Área 15 – Bairro Ponte Alta. Setores de perigo (hachurados) e setores de risco de inundação (coloridos conforme legenda), localizados ao longo da margem direita do Rio Paraíba do Sul, sobrepostos à Imagem orbital do sensor Quickbird.

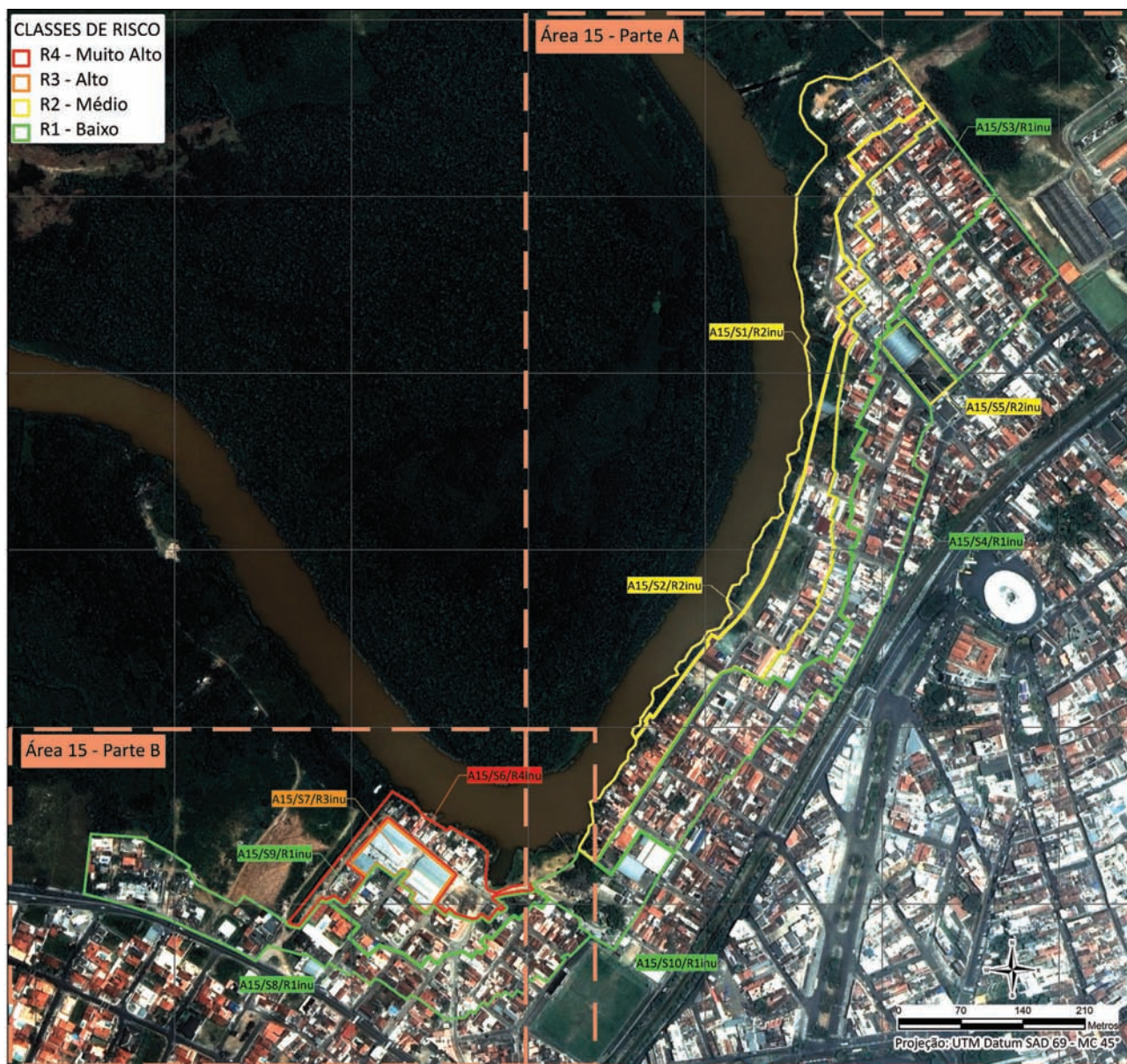


Figura 4 Área 15 – Bairro Ponte Alta. Detalhe apresentando apenas os setores de risco de inundação (com identificação – ver Tabela 8), sobrepostos à Imagem orbital do sensor Quickbird.

de inundação, bem como sua possível abrangência espacial e magnitude, estimados a partir do nível de atingimento, antecipando as potenciais áreas de risco caso venham a ser ocupadas inadequadamente.

Um dos principais objetivos do mapeamento de risco é fornecer subsídios técnicos ao Poder Público, em particular à esfera administrativa municipal, na forma de recomendações destinadas a remediar, mitigar e prevenir as situações de risco encontradas. A Tabela 9 apresenta um resumo das principais recomendações elaboradas para os setores de risco de inundação identificados no Município

de Aparecida, com alguns exemplos de aplicação específica a determinados setores (ver também Tabela 8).

7 Conclusões

O estudo de inundações no Município de Aparecida (SP) teve um caráter empírico, e foi efetuado na escala 1:3.000 explorando ferramentas de geotecnologia para a coleta e espacialização de dados e métodos numérico-quantitativos para determinação de graus de perigo e de risco. Para a determinação dos diferentes graus de risco



Figura 5 Área 12 - Jardim Paraíba. Setores de perigo (hachurados) e setores de risco de inundação (coloridos conforme legenda), localizados ao longo da margem direita do Rio Paraíba do Sul, sobrepostos à imagem orbital do sensor Quickbird.



Figura 6 Marca do atingimento da água (linha vermelha) de evento de inundação ocorrido em Março 2009, na Avenida Itapitanga, Setor A8/S4/R3 – risco alto (ver Tabela 8).



Figura 7 Marca do atingimento da água (linha vermelha) na parede de uma das 3 moradias situadas na margem direita do Ribeirão dos Moraes no Setor A5/S14/R2 – risco médio (ver Tabela 8). Habitação residencial de padrão construtivo médio (fundação e vigas de amarração incipientes), tipologia construtiva de boa resistência (alvenaria), infraestrutura sanitária do local considerada insuficiente, proximidade do talude de margem da drenagem.

Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação no Município de Aparecida (São Paulo)
 Eduardo de Andrade; Lana Carolina Danna & Paulo Cesar Fernandes da Silva

RECOMENDAÇÕES	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO
SERVIÇOS DE LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DO CANAL E MARGENS	- Realizar serviços de limpeza, inspeção e manutenção periódica dos canais, drenagens e sistemas de esgotos, incluindo a desobstrução do canal por meio da retirada do excesso de sedimentos (desassoreamento) e da remoção de entulho e lixo.	Em 55 setores de risco de inundação
PROTEÇÃO SUPERFICIAL DAS MARGENS	- Recuperação e a proteção da vegetação das margens dos canais.	Em 52 setores de risco de inundação.
	- Proteção superficial das margens com instalação de gabião, manta, impermeabilização asfáltica, solo-cimento, argamassa, tela, ou outros métodos, de acordo com as características hidrodinâmicas do canal.	Em 5 setores de risco de inundação.
EXECUÇÃO DE OBRAS DE ENGENHARIA E SERVIÇOS ESPECÍFICOS (ESTUDOS HIDROLÓGICOS E PROJETOS ESPECÍFICOS)	- Construção de barreiras (diques e polders) que reduzem a possibilidade de invasão de águas originárias de cheias e inundações em determinados trechos da bacia de drenagem.	Em 15 setores de risco de inundação situados na margem direita do Rio Paraíba do Sul (Ponte Alta e Jardim Paraíba)
	- Instalação de bombas para retirada de águas de inundação.	Em 12 setores de risco de inundação
	- Obras para amortecimento de picos de vazão, que podem incluir a construção de reservatórios de amortização (piscinões, sistemas de comportas) e/ou áreas de acumulação local (parques lineares e áreas de lazer) em pontos estratégicos da bacia.	Avaliar gerenciamento hídrico em 3micro-bacias envolvendo 15 setores de risco de inundação
INTERVENÇÕES NO CANAL PARA REDUÇÃO DA VAZÃO (ESTUDOS HIDROLÓGICOS E PROJETOS ESPECÍFICOS)	- Recomposição das características naturais do canal (restauração de meandros e desocupação dos terrenos pertencentes à planície de inundação); - Promover modificações na forma e/ou trajeto do canal, incluindo a construção de extravasores e/ou desvios do leito do rio para amortecimento de volume e redução de vazão do canal.	—
INTERVENÇÕES NO CANAL PARA AUMENTO DA VAZÃO (ESTUDOS HIDROLÓGICOS E PROJETOS ESPECÍFICOS)	- Execução de intervenções localizadas ao longo do canal visando o aumento da vazão e a melhoria no escoamento, incluindo: redução da rugosidade do leito do rio por desobstrução, dragagem para aprofundamento de calha, redimensionamento ou mesmo a remoção de estruturas existentes tais como tubulações, aduelas, pontes etc.	Em 29 setores de risco de inundação.
REMOÇÃO DEFINITIVA DE MORADORES	- Atuação do poder público local, em caráter permanente, com a finalidade de remover e reassentar famílias que estejam ocupando áreas de risco.	Em 1 setor de risco (A15/S6/R4), bairro Ponte Alta (Figuras 3 e 4).
REMOÇÃO TEMPORÁRIA DE MORADORES	- Interdição de locais e remoção preventiva de moradores de áreas potencialmente afetadas em períodos chuvosos, de acordo com os procedimentos de operação do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC)	Em 16 setores de risco de inundação (ex. A12/S3/R3, A15/S2/R2, Figuras 4 e 5).
MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO	- Realizar monitoramento periódico de forma a evitar o surgimento de novas ocupações em áreas de perigo de inundação e em áreas de risco já identificadas.	Em 7 setores de risco de inundação (ex. A12/S2/R2, A12/S3/R3, A12/S4/R4, Figura 5)
MEDIDAS DE CONTROLE DA DRENAGEM SUPERFICIAL E DA EROSION DO SOLO	- Disciplinamento (captação, condução e escoamento adequado) das águas pluviais e servidas, em escala local, incluindo loteamentos e lotes individuais. - Melhoria da infiltração das águas de chuva no solo, com o uso de pavimentos permeáveis, ajardinamento, trincheiras, planos e valetas de infiltração. - Estabilização de taludes e cortes e demais áreas com solo exposto: recomposição vegetal de áreas degradadas e/ou substituição das espécies vegetais existentes por espécies mais frondosas, de forma a evitar o assoreamento dos cursos d'água, aumentar a capacidade de retenção e reduzir o escoamento superficial das águas pluviais.	Em 45 setores de risco de inundação.
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE PREVISÃO E ALERTA DE CHEIAS	- Sistema integrado para obtenção, armazenamento e análise de dados e informações pluvio-fluviométricas, com a finalidade de auxiliar nas ações de Defesa Civil. - Ações de educação ambiental, comunicação e preparação comunitária em situações de emergência	Todos os setores de risco de inundação.
IMPLANTAÇÃO DE PPDC E PLANO DE CONTINGÊNCIA	- Medida de convivência com o risco, a ser implementada em conjunto com as demais medidas, especialmente o sistema de alerta. - Ações de educação ambiental, comunicação e conscientização relativas à prevenção de desastres, preparação comunitária em situações de emergência	Em 50 setores de risco de inundação.

Tabela 9
 Recomendações de medidas estruturais e não estruturais para os setores de risco de inundação no município de Aparecida (baseado em Tucci, 2005).

respectivos aos setores identificados e delimitados no município, adotou-se procedimento diferenciado para aplicação da Equação de Risco, onde o risco $R = P \times V$ (P =Perigo, V =Vulnerabilidade). O Dano potencial (D), expresso pelo número de edificações em risco, ou outro tipo de elemento em risco, no caso, vias e grandes equipamentos, foi utilizado para qualificar o grau de risco atribuído aos setores.

O Mapa de Perigos indica os locais com probabilidade de ocorrência dos fenômenos de inundação, bem como sua possível abrangência espacial e magnitude, estimados a partir do nível de atingimento. Este mapa pode ser utilizado como instrumento orientador das ações de planejamento de uso e ocupação do solo urbano, em particular o Plano Diretor Municipal, uma vez que indica as áreas onde a ocupação deve ser efetuada de forma adequada ou mesmo evitada de forma a prevenir o surgimento de potenciais áreas de risco. Utilizado em conjunto com o Mapa de Riscos pode auxiliar no estabelecimento de diretrizes para implantação de futuros loteamentos, equipamentos urbanos e parques industriais em terrenos seguros.

A atribuição de escores numéricos (quantificação) ao grau de perigo e ao grau de risco permite a comparação entre áreas de ocorrência de fenômenos de inundação e entre áreas de risco situadas em diferentes trechos do município, com possibilidade de utilização dos escores para orientar ações de monitoramento periódico das áreas e orientação às medidas (intervenções) a serem tomadas pelo Poder Público em casos específicos.

8 Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos a Erika Silva Pimentel, Tullius Dias Nery, Pedro Carignato B. Leal e Osvaldo Coutinho pelo apoio nos trabalhos de geoprocessamento, sistematização e interpretação de dados; a Ivete Costa da Silva, Cristiane Barbosa da Silveira, Adalberto Ferreira Barbosa, Roberval Mariano, Valentim Santos Filho e Hernandez Magalhães Filho pelo apoio nos trabalhos de campo; aos revisores anônimos do Anuário de Geociências da UFRJ.

9 Referências

Andrade, E.; Danna, L.C.; Santos, M.L. & Fernandes da Silva, P.C. 2010. Levantamento de ocorrências de inundação em registros de jornais como subsídio ao planejamento

- regional e ao mapeamento de risco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7, Maringá, 2010. *Anais*, Maringá, ABGE, CD-ROOM, 16p.
- Brollo, M.J.; Ferreira, C.J.; Tominaga, L.K.; Vedovello, R.; Fernandes da Silva, P.C.; Andrade, E. & Guedes, A.C.M. 2011. Situações dos desastres e riscos no Estado de São Paulo e instrumentos de gestão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 13, São Paulo, 2011, *Anais*, São Paulo: ABGE, CD-ROM, 10p.
- Câmara, G.; Souza, R.C.M. & Garrido, J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403.
- Canil, K.; Macedo, E.S.; Gramani, M.F.; Almeida Filho, G.S.; Yoshikawa, N.K.; Mirandola, F.A.; Vieira, B.C.; Baida, L.M.A.; Augusto Filho, O. & Shinohara, E.J. 2004. Mapeamento de risco em assentamentos precários nas zonas sul e parte da oeste no município de São Paulo (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5, São Carlos, 2004. *Anais*, São Paulo: ABGE, 2004, p.193-204.
- Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara G. & Monteiro, A.V.M. 2004. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA (ISBN: 85-7383-260-6).
- Fernandes da Silva, P.C.; Andrade, E. & Danna, L.C. 2011. Mapeamento de risco à inundação em municípios do Vale do Paraíba (SP): abordagem metodológica para delimitação e caracterização de setores de perigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 13, São Paulo, 2011, *Anais*, São Paulo: ABGE, CD-ROM, 10p.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2009. SPRING 5.1 – Manuais. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>. Acesso em Janeiro 2012.
- INSTITUTO GEOLÓGICO - SMA. 2011. Mapeamento de Riscos Associados e Escorregamentos, Inundações, Erosão, Solapamento, Colapso e Subsidência. Relatório Técnico, Instituto Geológico. (inédito).
- Maffra, C.Q.T. & Mazzola, N. 2007. As razões dos desastres em território brasileiro. In: SANTOS, R.F. (org.) *Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos?* Brasília: MMA, p. 9-12.
- Miranda, E. E. (Coord.). 2005. *Brasil em Relevô*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>. Acesso em 12/01/2011.
- Rossini-Penteado, D.; Ferreira, C.J. & Giberti, P.P.C. 2007. Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco, escala 1:10.000, Ubatuba-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS, 2, Santos, 2007. *Anais*, Santos, ABGE, CD-ROM, 13p.
- Tominaga, L.K. 2009. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J. & AMARAL, R. (orgs.). 2009. *Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico/IMESP (ISBN 978-85-87235-09-1), p. 147 – 160.
- Tominaga, L.K.; Ferreira, C.J.; Vedovello, R.; Tavares, R.; Santoro, J. & Souza, C.R.G. 2004. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5, São Carlos, 2004. *Anais*, São

Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação no Município de Aparecida (São Paulo)
Eduardo de Andrade; Lana Carolina Danna & Paulo Cesar Fernandes da Silva

- Paulo: ABGE, 2004, p. 205-216.
- Tucci, C.E.M. 2005. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Ministério das Cidades. Global Water Partnership - World Bank, Unesco. Varnes, D.J. 1984. *Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice*. UNESCO Press, Paris. 56p.
- UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2009. *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Disponível em <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>. Acesso em Janeiro de 2012.