

# **RISCOS E VULNERABILIDADES**

TEORIA E PRÁTICA NO  
CONTEXTO LUSO-BRASILEIRO

**MAGDA ADELAIDE LOMBARDO**

**MARIA ISABEL CASTREGHINI DE FREITAS**

**(ORG.)**

# **RISCOS E VULNERABILIDADES**

Conselho Editorial Acadêmico  
Responsável pela publicação desta obra

Profª Drª Darlene Aparecida de Oliveira Ferreira (Coordenadora)

Prof. Dr. Paulo Roberto Teixeira de Godoy (Suplente)

Profª Drª Bernadete Aparecida Capriolio de Castro Oliveira (Vice-  
-Coordenadora)

Prof. Dr. Elson Luciano Silva Pires (Suplente)

Profª Drª Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Profª Drª Angelita Matos Souza (Suplente)

Profª Drª Nadia Regina do Nascimento

Profª Drª Solange Terezinha de Lima Guimarães (Suplente)

MAGDA ADELAIDE LOMBARDO  
MARIA ISABEL C. DE FREITAS  
(ORG.)

**RISCOS E  
VULNERABILIDADES  
TEORIA E PRÁTICA NO  
CONTEXTO LUSO-BRASILEIRO**

**CULTURA  
ACADÊMICA**   
*Editora*

© 2013 Editora UNESP  
**Cultura Acadêmica**  
Praça da Sé, 108  
01001-900 – São Paulo – SP  
Tel.: (0xx11) 3242-7171  
Fax: (0xx11) 3242-7172  
www.editoraunesp.com.br  
feu@editora.unesp.br

CIP – Brasil. Catalogação na fonte  
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

---

L833r

Lombardo, Magda Adelaide

Riscos e vulnerabilidades [recurso eletrônico] : teoria e prática no contexto luso-brasileiro / Magda Adelaide Lombardo, Maria Isabel Castreghini de Freitas. – 1.ed. – São Paulo : Cultura Acadêmica, 2013.

recurso digital

Formato: ePDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7983-436-3 (recurso eletrônico)

1. Desastres – Aspectos sociais. 2. Catástrofes naturais. 3. Avaliação de riscos ambientais – Brasil. 4. Avaliação de riscos ambientais – Portugal. 5. Mudanças climáticas. 6. Meio ambiente. 7. Impacto ambiental. 8. Livros eletrônicos. I. Freitas, Maria Isabel Castreghini de. II. Título.

13-06418

CDD: 363.3492

CDU: 364.682:551.515.4

---

Este livro é publicado pelo Programa de Publicações Digitais da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)



Asociación de Editoriales Universitarias  
de América Latina y el Caribe



Associação Brasileira de  
Editoras Universitárias

# SUMÁRIO

Prefácio 9

Apresentação 13

PARTE I – RISCOS AMBIENTAIS E  
VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS 17

1. Riscos naturais em Portugal: alguns problemas, perspectivas e tendências no estudo dos riscos geomorfológicos 19

*Lúcio Cunha*

*Anabela M. Ramos*

2. Riscos ambientais na região metropolitana de São Paulo decorrentes de urbanização e vulnerabilidades diante das mudanças climáticas 45

*Magda Adelaide Lombardo*

*Juliana Amorim da Costa*

*Larissa Leite Tosetti*

*Jefferson Lordello Polizel*

*Demóstenes Ferreira da Silva Filho*

3. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos 71

*Íria F. Vendrame*

*Mateus A. R. Andrade*

*Marília C. Miranda*

4. Banco de dados de eventos atmosféricos severos e a relação com riscos ambientais 85

*Geórgia Jorge Pellegrina*

PARTE II – GEOTECNOLOGIAS NA  
CARTOGRAFIA DE RISCOS 107

5. Geotecnologias aplicadas na análise da vulnerabilidade socioambiental: um estudo piloto em municípios do estado de São Paulo 109

*Maria Isabel Castreghini de Freitas*

*Lúcio Cunha*

6. Riscos ambientais: uma discussão com base geomorfológica 131

*Genira Maria Lupinacci da Cunha*

7. O uso de sistemas de informações geográficas na análise e mapeamento de risco a eventos geodinâmicos 155

*Cláudio José Ferreira*

*Denise Rossini-Penteado*

*Antonio Carlos Moretti Guedes*

PARTE III – O PAPEL DA DEFESA CIVIL E DA  
SEGURANÇA PÚBLICA NA GESTÃO DOS RISCOS 189

8. Aspectos normativos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil 191

*José Gustavo Viégas Carneiro*

*Maria Cecília Vecchiato Saenz Carneiro*

9. Áreas de risco: planejamento como prevenção 207

*Denis Dorighello Tomás*

*Djalma Luiz Sanches*

10. O papel da tecnologia da informação na gestão municipal de políticas públicas de controle e prevenção de riscos 229

*Farid Nourani*

*Maria Cecília Vecchiato Saenz Carneiro*



# PREFÁCIO

Este livro apresenta alguns resultados relevantes das atividades de pesquisa do Projeto Temático Fapesp – Programa Fapesp de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG), avaliação dos impactos e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil e estratégias de adaptação (Processo nº 08/58161-1), relacionado a estudos de impactos, vulnerabilidade à variabilidade e mudanças climáticas e extremos no estado de São Paulo e Sudeste do Brasil. Essas experiências têm sido apresentadas e discutidas com grupos de pesquisa de Portugal no I Encontro Luso-Brasileiro de Riscos realizado nos dias 24 e 25 de agosto de 2012 na Universidade Estadual Paulista – UNESP.

O Brasil vem desenvolvendo estudos climáticos sobre os impactos da mudança de clima nos diferentes setores que possam servir como base a estratégias de adaptação e análises de vulnerabilidade diante das ameaças climáticas. A criação da Rede-Clima e do INCT para Mudanças Climáticas, assim como da Fapesp – Programa Fapesp de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG), e a preparação dos Relatórios de Avaliação do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) tem ajudado a gerar conhecimentos sólidos e abrangentes sobre os impactos e os as-

pectos principais das vulnerabilidades, conhecimentos estes que servirão para o estabelecimento de políticas de adaptação.

O projeto temático Fapesp-PFPMCG tem como objetivo principal desenvolver pesquisas focadas particularmente nas áreas de impactos e vulnerabilidade e sua aplicação para identificar opções de adaptação às mudanças climáticas. Ele se constitui em mais um passo para a produção de cenários climáticos futuros e estudos de detecção e atribuição, fazendo uso de uma nova geração de cenários climáticos regionais que está sendo criada no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). O objetivo fundamental é estabelecer a base para estudos e avaliações de impactos para a adaptação e vulnerabilidade, particularmente para várias áreas do estado de São Paulo, mas com metodologias que possam ser aplicadas em todo o Brasil.

A metodologia considera uma combinação de dados do clima (observações e projeções derivadas de modelos climáticos) e índices de vulnerabilidade com base em informações ambientais, geográficas, geofísicas e sociais, para identificar as áreas de risco, o clima e os mapas de vulnerabilidade. A ênfase está nos extremos do clima e seus impactos sobre os recursos hídricos, assim como no planejamento com vistas a minimizar os desastres naturais de origem meteorológica nas escalas do estado de São Paulo e nacional; esta seria uma primeira abordagem de mapeamento de vulnerabilidades no Brasil. A colaboração entre o Inpe, USP, Unicamp, UNESP é fundamental no sucesso do projeto, e a interação com pesquisadores com grande experiência de instituições de Portugal mostram um grande impacto em nível nacional e internacional.

Entre os temas apresentados no livro destacam-se “Desenvolvimento de pesquisa em riscos socioambientais”, “Metodologias de pesquisa em riscos socioambientais”, “Riscos ambientais e vulnerabilidades climáticas”, “Geotecnologias na cartografia de riscos”, “Estudos de caso em análise de riscos” e “Análise da paisagem e riscos”. No contexto desses grandes temas, o projeto temático Fapesp estuda a vulnerabilidade às mudanças climáticas e avalia os riscos socioambientais, baseado em sistemas de infor-

mação geográfica (SIG), visando contribuir para as políticas públicas locais e regionais. Alguns dos resultados da pesquisa sugerem tendências observadas e projetadas para o futuro de aumento no total de chuvas e extremos de chuva no vale do Paraíba do Sul e na serra do Mar, o que sugere futuras vulnerabilidades no abastecimento de água dos municípios, uma maior frequência e volume de enchentes e deslizamentos de terra. Uma das metas do projeto Fapesp e que pode ser o foco de uma colaboração Brasil-Portugal é a elaboração de mapas de risco de desastres e de áreas vulneráveis, a partir das ocorrências catalogadas pela Defesa Civil do estado de São Paulo, para detectar as áreas vulneráveis e de riscos ambientais relacionadas aos eventos severos.

No contexto das geotecnologias na cartografia de riscos e de modelagem de dados socioeconômicos e ambientais, o projeto Fapesp contempla a elaboração de uma cartografia da vulnerabilidade socioambiental dos municípios nas áreas de interesse do projeto: vale do Paraíba do Sul, Baixada Santista, região metropolitana de São Paulo e região metropolitana de Campinas. Em vários capítulos do livro apresentam-se análises da vulnerabilidade e de risco baseadas em dados censitários e climáticos colocados no contexto do SIG.

Parabenizo as organizadoras deste livro e, como pesquisador líder do projeto Fapesp, considero que as contribuições aqui discutidas serão de grande utilidade para os estudos em desenvolvimento no projeto. O livro apresenta uma visão que é o estado da arte em estudos de riscos e vulnerabilidades aos extremos e clima, e a interação entre pesquisadores do Brasil e de Portugal representa o caminho certo para estudos de extremos, impactos, vulnerabilidade aos desastres naturais, como subsídios científicos necessários para a implementação de políticas de adaptação.

*José A. Marengo*

Chefe do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)

São Paulo, Brasil



# APRESENTAÇÃO

O I Encontro Luso-Brasileiro de Riscos realizados nos dias 24 a 25 de agosto de 2012, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, *campus* de Rio Claro, teve como objetivo fomentar a troca de experiências e o trabalho conjunto na área de Vulnerabilidades e Riscos Socioambientais em Portugal e no Brasil, com base na interdisciplinaridade. Professores da Universidade de Coimbra (Portugal) e de universidades brasileiras como UNESP, USP, Unicamp, dentre outras, bem como representantes de institutos de pesquisa, Segurança Pública e Defesa Civil estiveram reunidos para contribuir no desenvolvimento do tema expondo metodologias de pesquisa e seus resultados, assim como relatando experiências de diagnóstico, prevenção e mitigação de manifestações de riscos. Entre os temas debatidos, destacam-se: “Desafios e perspectivas no desenvolvimento de pesquisa em riscos socioambientais: da teoria à prática”, “Metodologia de pesquisa em riscos socioambientais”, “Riscos ambientais e vulnerabilidades climáticas”, “Geotecnologias na cartografia de riscos”, O papel da Defesa Civil e da Segurança Pública na gestão dos riscos” e “Estudos de caso em análise de riscos”.

No intuito de legitimar a relevância acadêmica do I Encontro Luso-Brasileiro de Riscos, surgiu a proposta de publicação deste

livro, composto de algumas das contribuições de professores da UNESP, alunos de pós-graduação e palestrantes convidados, apresentando os resultados e as discussões de pesquisas desenvolvidas na área de vulnerabilidade e riscos que pretendem contribuir para o aprimoramento do conhecimento nas questões relacionadas à análise socioambiental. É legítimo registrar que tal evento só se concretizou devido à contribuição do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) e da Pró-Reitoria de Pesquisa, que financiaram a visita dos pesquisadores portugueses à UNESP.

O livro está organizado em três partes: “Riscos ambientais e vulnerabilidades climáticas”, “Geotecnologias na cartografia de riscos” e “O papel da Defesa Civil e da Segurança Pública na gestão dos riscos”.

Na primeira parte do livro, relacionada aos “Riscos ambientais e vulnerabilidades climáticas”, o capítulo de abertura apresenta contribuições de pesquisadores da Universidade de Coimbra, que compartilham com o leitor reflexões conceituais e metodológicas sobre os estudos de riscos naturais em Portugal, bem como a importância dos sistemas de informação geográfica (SIG) para as análises de vulnerabilidades e riscos. Na sequência, são apresentados estudos desenvolvidos na região metropolitana de São Paulo, resultantes de Projeto Temático Fapesp que estuda a vulnerabilidade às mudanças climáticas e avalia os riscos socioambientais, definindo indicadores para a perda de vegetação arbórea em microbacias hidrográficas, com indicações de criação de corredores verdes baseados em sistemas de informação geográfica (SIG), visando contribuir para as políticas públicas locais e regionais.

Ainda na primeira parte, o livro apresenta capítulo que trata das mudanças climáticas nos recursos hídricos, com resultados preliminares da análise de dados de precipitação, visando detectar possíveis tendências nas taxas de precipitação de duas bacias hidrográficas nas regiões de Guaratinguetá e Caraguatatuba (SP), que indicam futuras vulnerabilidades no abastecimento de água dos municípios e maior frequência e volume de enchentes, informações

importantes para o poder público. A experiência seguinte trata da construção de um banco de dados e sua aplicação na elaboração de mapas, a partir das ocorrências da Defesa Civil do estado de São Paulo, relativas às áreas vulneráveis e às áreas de riscos ambientais relacionadas aos eventos atmosféricos severos.

A segunda parte do livro trata das geotecnologias na cartografia de riscos, com destaque para os resultados da experiência de modelagem de dados socioeconômicos e ambientais com vista à cartografia da vulnerabilidade socioambiental de vinte municípios selecionados do estado de São Paulo, por meio de projetos Capes e CNPq. Os autores tiveram como referência a metodologia de análise da vulnerabilidade baseada em dados censitários por análise fatorial, cuja espacialização se deu por meio do SIG ArcGIS, que permitiu uma visão integrada do fenômeno. Na sequência, apresenta um capítulo que trata dos aspectos geomorfológicos dos riscos em ambientes litorâneos, correspondentes à suscetibilidade natural do relevo à morfogênese e a ação antrópica sobre tal suscetibilidade. A autora discute as características geomorfológicas do litoral paulista e seu significado em termos de suscetibilidade, tomando como exemplo um setor da Baixada Santista, cujas análises apontam para as alterações antrópicas que criam situações de risco. Uma terceira contribuição na temática trata dos SIG como instrumentos imprescindíveis ao mapeamento de risco por contribuírem para profundas modificações na concepção e formas de análise e mapeamento, destacando-se o uso de abordagem numérica, a obtenção de múltiplas respostas a determinado problema, a atualização de dados e modelos em menos tempo e a democratização da informação. Os autores detalham metodologia que inclui um sistema de classificação do meio físico, que envolve tanto unidades do uso e cobertura da terra e do padrão de ocupação urbana, como do substrato geológico-geomorfológico, cuja integração resulta em unidades territoriais básicas que permitem o cálculo das variáveis: perigo, vulnerabilidade, dano e risco a eventos geodinâmicos.

A terceira parte da publicação trata do papel da Defesa Civil e da Segurança Pública na gestão de riscos, que tem início com consi-

derações acerca dos aspectos normativos da Política Nacional e do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Além da contextualização histórica e conceitual de risco e vulnerabilidade, os autores detalham os aspectos legais, em especial a experiência das ações da Defesa Civil em municípios brasileiros, com exemplos para o caso do município de Rio Claro, cujo paradigma principal é a prevenção. Em abordagem convergente apresenta-se capítulo que trata do planejamento de áreas de risco como ação de prevenção, no qual destaca-se a atuação do poder público nas áreas de risco já existentes, com o intuito de propor intervenções que visem eliminar situações que coloquem em perigo as vidas humanas. O capítulo final traz algumas questões sobre o uso da Tecnologia da Informação como um valioso apoio no processo de tomada de decisão em políticas públicas, em especial aquelas relacionadas à gestão e ao monitoramento de riscos e desastres naturais.

As organizadoras deste livro esperam que as contribuições aqui apresentadas ofereçam ao leitor um panorama de como os diversos atores envolvidos em estudos de riscos e vulnerabilidades, nas suas diferentes perspectivas, encontram alternativas metodológicas e operacionais que permitam maior objetividade e precisão em ações relacionadas aos eventos perigosos.

*Maria Isabel Castreghini de Freitas*  
*Magda Adelaide Lombardo*  
Rio Claro, novembro de 2013

**PARTE I**  
**RISCOS AMBIENTAIS E**  
**VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS**



# 1

## RISCOS NATURAIS EM PORTUGAL: ALGUNS PROBLEMAS, PERSPECTIVAS E TENDÊNCIAS NO ESTUDO DOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS

*Lúcio Cunha<sup>1</sup>  
Anabela M. Ramos<sup>2</sup>*

### Introdução

Dada a crescente relevância científica, política, econômica, social e midiática dos riscos naturais para a sociedade, a adoção de estratégias de atuação, nomeadamente através de mecanismos de precaução e de medidas de prevenção, capazes de minimizar perdas e danos econômicos e sociais, adquiriu importância significativa.

O processo de gestão de riscos naturais, desde a construção de modelos com vista à sua avaliação e prevenção até os processos de mitigação, socorro e recuperação, após as suas manifestações, envolve diferentes agentes e atores, da ciência, da segurança, da proteção civil, da política, para referir apenas os mais diretamente implicados.

- 
1. Departamento de Geografia. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (Cegot). Universidade de Coimbra (Portugal). *e-mail*: [luciogeo@fl.uc.pt](mailto:luciogeo@fl.uc.pt).
  2. Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (Cegot). Universidade de Coimbra (Portugal). *e-mail*: [ana-baia@sapo.pt](mailto:ana-baia@sapo.pt).

Pelo tipo de fenômenos envolvidos nos riscos ditos naturais,<sup>3</sup> as Ciências da Terra estão entre as que mais se têm debruçado sobre essa questão, particularmente no que diz respeito ao estudo da probabilidade temporal e espacial de ocorrência de fenômenos naturais capazes de pôr em perigo seres humanos, a sociedade, a economia e o ambiente, sobretudo se materializada através da sua cartografia.

Com este texto pretende-se apresentar uma reflexão acerca dos estudos sobre riscos naturais em Portugal (Figura 1), chamando a atenção para os tipos de riscos mais importantes, apontando algumas das metodologias mais utilizadas na sua análise e cartografia, bem como propondo alguns caminhos a seguir, tendo em vista a utilização desse tipo de conhecimento no ordenamento do território a diferentes escalas (nacional, regional e local).

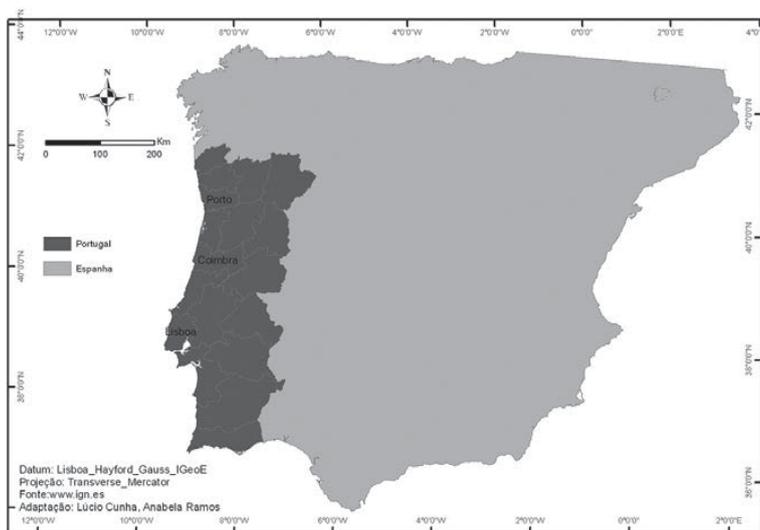


Figura 1 – Localização geográfica de Portugal continental.

3. Rebelo (2010, p.36) destaca o papel do ser humano nas consequências da manifestação dos riscos; mesmo quando na sua gênese, estes se relacionam com a dinâmica dos processos da natureza.

## Modelo conceitual de risco

Para a criação de um modelo de análise de riscos naturais, convém, antes de tudo, que sejam esclarecidos, de forma breve mas clara, os conceitos que lhe servem de base, nomeadamente os conceitos de risco, periculosidade, suscetibilidade e vulnerabilidade. Tratando-se de uma temática com desenvolvimento recente e de forte cariz interdisciplinar que, por isso, recebe contributos de diferentes áreas científicas, impõe-se esta clarificação dos conceitos envolvidos na análise dos diferentes tipos de riscos, que está bem patente, por exemplo, em Bachmann & Allgöwer (1999), Zêzere (2000), Cunha & Dimuccio (2002) e Abreu (2007).

Pelo menos nas escolas de Geografia aceitam-se dois modelos conceituais de risco que, de algum modo, se podem entender como complementares.

O primeiro, apresentado por Rebelo (1999, 2001, 2010), na sequência dos trabalhos de Faugères (1990), corresponde à sequência risco-perigo-crise, em que o risco corresponde à probabilidade de acontecimento de um evento perigoso com prejuízo para o ser humano, a sociedade e o ambiente, o perigo à sua declaração e a crise à sua manifestação, sobretudo quando, nas suas consequências, esta ultrapassa o controle humano. Consciência do risco, percepção do perigo e gestão da crise são as diferentes etapas do complexo processo de entendimento do risco, quer na perspectiva científica, quer na da gestão, que preocupa, sobretudo, os agentes de proteção civil ou os decisores políticos.

O segundo, talvez mais operativo, pelo menos do ponto de vista da Cartografia, corresponde ao entendimento de risco na relação entre a *periculosidade*, que corresponde à probabilidade de ocorrência temporal (eventualidade) e espacial (suscetibilidade) de um fenómeno potencialmente perigoso, e a *vulnerabilidade*, que, num sentido muito lato, corresponde ao nível de consequências previsíveis desse fenómeno sobre a sociedade (Figura 2).

Como afirmou Rebelo (2001), o conceito de risco é indissociável do de vulnerabilidade, ou seja, de um ou outro modo, direta

ou indiretamente, de forma imediata ou a prazo, independentemente do local onde ocorram, o ser humano acaba sempre por ser afetado pelas manifestações dos processos naturais perigosos.

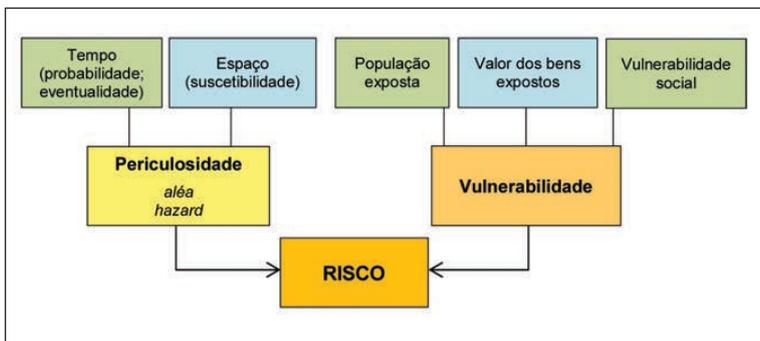


Figura 2 – Modelo conceitual do risco.

A análise da *vulnerabilidade* pode ser decomposta pelo menos em três componentes principais: a população exposta, o valor dos bens potencialmente afetados e a chamada vulnerabilidade social, que, basicamente, traduz a capacidade de resistência e resiliência das sociedades e territórios potencialmente afetados por processos naturais perigosos (Mendes et al., 2009, 2011; Cunha et al., 2011b).

Muitas vezes, em diferentes contextos e por diferentes agentes, os conceitos de suscetibilidade e periculosidade podem ser tomados pelo conceito de risco, sobretudo ao nível cartográfico. No sentido de esclarecimento conceitual, apresenta-se a definição para cada um desses conceitos, de acordo com as propostas do guia metodológico de Julião et al. (2009):<sup>4</sup>

4. Trata-se de um pequeno trabalho sob a forma de um guia metodológico, mas que constitui um marco fundamental na tentativa de uniformizar conceitos e metodologias cartográficas para a determinação de riscos à escala municipal, aquela em que, em regra, se fazem no terreno as intervenções preventivas, mitigadoras e de recuperação. Três aspectos francamente positivos desse pequeno guia têm a ver com a listagem de riscos mais frequentes e/ou mais graves (consequentemente mais preocupantes) em Portugal, com o elenco dos fatores condicionantes dos diferentes processos perigosos a incluir nos mo-

- *Suscetibilidade* – representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado processo perigoso, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.
- *Periculosidade* – corresponde à probabilidade de ocorrência de um processo ou ação com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo.
- *Risco* – probabilidade de ocorrência de um processo perigoso (periculosidade) e respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas e bens ou sobre o ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos (vulnerabilidade).

## Riscos naturais em Portugal<sup>5</sup>

As características naturais, particularmente a sua posição no quadro geológico global e regional, as condições climáticas mediterrânicas, as condições geomorfológicas e de cobertura vegetal, de acordo com o modo como ao longo dos séculos se processou a ação humana na construção do território, ditam, para Portugal, um conjunto significativo de riscos naturais.

No Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT),<sup>6</sup> publicado em 2007, foi feita uma listagem dos

---

delos de avaliação e, finalmente, com a imposição da necessidade de validação dos modelos através de observações concretas de manifestações de risco.

5. Apenas nos referiremos aos riscos respeitantes ao território do continente português, deixando de lado os territórios insulares dos Açores e da Madeira, que, pelas suas características próprias, apresentam, se não um leque de riscos naturais completamente distinto, pelo menos características diferentes nos seus modos de manifestação.
6. Lei nº 58/07, de 4 de setembro de 2007.

principais riscos que afetam o território à escala nacional e cuja consideração se revela importante para ultrapassar os principais constrangimentos de ordenamento do território a nível nacional e regional. Num mapa publicado no documento oficial são listados os incêndios florestais,<sup>7</sup> sismos, maremotos, erosão litoral, movimentos em massa e inundações como os principais riscos naturais com significado nas políticas de ordenamento.

No guia metodológico antes referido (Julião et al., 2009), são acrescentados também os riscos climáticos, porventura os mais gravosos do conjunto dos riscos naturais em território nacional (Cunha, 2012), em que se incluem, para além das mortíferas ondas de calor e de frio, as secas, nevoeiros e nevascas. São acrescentados, também, outros riscos geomorfológicos, como os galgamentos costeiros, o colapso de cavidades subterrâneas naturais e a erosão hídrica dos solos, bem como a radioatividade natural, a contaminação de aquíferos e a contaminação de solos. No entanto, muitos desses riscos têm apenas verdadeiro significado na escala local, ou seja, municipal, a que se destina o documento.

De fato, a escala é um fator fundamental quer na listagem dos riscos naturais, quer nos métodos utilizados para a sua análise, quer nas práticas de prevenção, mitigação, socorro, remediação e recuperação. Por exemplo, entre o nível nacional e o municipal, ou seja a nível regional, aponta-se o exemplo do Plano Regional de Ordenamento do Território (Prot), centro onde se listam e analisam como principais riscos naturais os ligados à sismicidade, radioativi-

---

7. Apesar de encontrar justificação principal nas características mediterrânicas do nosso clima e, particularmente, na secura do seu verão mais ou menos prolongado, os incêndios florestais não podem verdadeiramente ser considerados como riscos naturais, uma vez que, em relação ao clima, outros fatores como o desordenamento rural, o abandono das florestas e o envelhecimento da população rural, condicionam o fenómeno. Por outro lado, no que diz respeito aos fatores desencadeantes dos incêndios florestais, eles quase nunca encontram na natureza o mecanismo principal. Para além das faíscas, responsáveis por uma muito pequena percentagem deles, as causas são quase sempre humanas (negligência, acidente ou mesmo crime).

dade natural, movimentos em massa nas vertentes, erosão costeira (sistemas praia/duna e arribas coesas), inundações, secas, ondas de calor, ondas de frio e os incêndios florestais (Tavares, 2008).

## Riscos geomorfológicos

Ainda que não se trate rigorosamente dos mais mortíferos ou sequer daqueles que maior impacto têm na economia nacional, dentre os diferentes riscos naturais antes listados, os riscos geomorfológicos são, provavelmente, aqueles que mais têm preocupado os investigadores nacionais, aqueles sobre os quais se encontra maior número de publicações, pelo que será também sobre esse tipo de riscos que nos debruçaremos em seguida.

Os riscos geomorfológicos equacionam a probabilidade de ocorrência, no espaço e no tempo, de situações de instabilidade topográfica e geomorfológica na superfície terrestre e suas implicações na segurança de pessoas e bens. As manifestações dos riscos geomorfológicos afetam, geralmente, vias de comunicação e edifícios, o que acarreta elevados prejuízos materiais, podendo mesmo, em alguns casos extremos, causar a perda de vidas humanas.<sup>8</sup>

---

8. Dentre os tipos de riscos geomorfológicos enunciam-se aqueles que são mais frequentes e causadores de maior número de danos nas populações e bens a eles expostos: *desabamentos* – que correspondem a processos gravíticos diretos com movimentações rápidas e bruscas de solo ou rocha, ao longo de uma superfície em que os movimentos tangenciais são nulos ou reduzidos; *deslizamentos* – definem-se como a movimentação de um conjunto de materiais (solo ou rocha) ao longo de planos de rutura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial. Dividem-se em deslizamentos rotacionais ou translacionais; *fluxos (escoadas)* de lama ou de detritos – implicam o fluxo rápido e desordenado do manto de alteração ou de formações superficiais sobre a rocha subjacente, favorecido pela saturação hídrica; e *colapso de cavidades naturais* – colapso do teto e/ou paredes de cavidades subterrâneas naturais, geralmente desencadeados por processos continuados de dissolução, precipitações, sismos ou ações antrópicas. A presença de cavidades subterrâneas está diretamente relacionada com a natureza do substrato geológico:

## Alguns métodos de análise dos riscos geomorfológicos

Nos diferentes métodos de análise de riscos e, particularmente, dos riscos naturais, a Cartografia assume um papel fundamental. Na elaboração de mapas de suscetibilidade (e periculosidade), vulnerabilidade e riscos naturais privilegia-se, hoje, a utilização de *softwares* de sistemas de informação geográfica (SIGs), que se mostram adequados para apoiar as mais diferentes tarefas de planejamento, permitindo o trabalho com grande volume de dados a diferentes escalas. Os SIGs constituem, assim, um instrumento valioso na modelação, cartografia e análise dos componentes dos diferentes tipos de riscos naturais, favorecendo o conhecimento e caracterização de situações ou fenômenos que ocorrem espacialmente. Os SIGs permitem, também, análises espaciais complexas, a partir do tratamento de dados geográficos e seus atributos inseridos em bases de dados.

Quase sempre, na análise cartográfica do risco, se começa pela elaboração de cartografia de suscetibilidade, ou seja, por cartografia que pretende estabelecer a probabilidade espacial de ocorrência de fenômenos perigosos. Ainda que para alguns autores (Cunha, 2012, p.52), na maior parte dos casos, os mapas de suscetibilidade respondam também à probabilidade de ocorrência temporal, o que, de certo modo, os transforma em mapas de periculosidade, outros consideram necessário estabelecer mapas de probabilidade espacial de ocorrência para cenários conhecidos com diferentes períodos de retorno, chegando assim aos mapas de periculosidade (Garcia, 2012).

No que diz respeito à cartografia de suscetibilidade, nos estudos realizados em Portugal têm sido utilizados, com sucesso, métodos heurísticos/qualitativos, métodos quantitativos e métodos determinísticos. A seleção do método é basicamente ditada por

---

rochas calcárias, ocorrência de evaporitos (gesso, sal-gema), em que as cavidades surgem por dissolução dessas rochas.

fatores tão diversos como o tipo de risco em análise, a escala de trabalho e, relacionada com ela, a existência ou não de dados rigorosos sobre as suas manifestações que permitam a aferição dos modelos.<sup>9</sup> Em regra, a escala de análise dita a metodologia a seguir. Assim, o método heurístico-qualitativo parece mais adaptado para trabalhos a escalas médias e pequenas (1/50.000 a 1/100.000), em que as diferentes ponderações dos fatores condicionantes são o resultado de um processo empírico interativo de análise causa-efeito entre os diferentes fatores considerados e a distribuição no espaço dos movimentos conhecidos. Os métodos estatístico-quantitativos aplicam-se bem a escalas médias a grandes (1/25.000 a 1/50.000), em que as diferentes ponderações decorrem da utilização de métodos estatísticos mais ou menos elaborados (por exemplo, Yin & Yan, 1988, e Van Westen, 1998, citados por Zêzere, 2001, e por Santos, 2002). Finalmente, os métodos determinísticos, com a criação de modelos geotécnicos determinados caso a caso, são, em regra, apenas aplicados a trabalhos a grande escala – 1/2.000 a 1/10.000 (Quinta-Ferreira, 2006).

---

9. No caso dos riscos geomorfológicos, não existem verdadeiras bases de dados com a distribuição, magnitude e consequências dos diferentes tipos de movimentos, pelo que, quase sempre, é necessário fazer levantamentos exaustivos que passam por trabalho de campo, fotointerpretação e levantamento de notícias em órgãos de comunicação (fundamentalmente nos jornais nacionais e regionais). Recentemente foi desenvolvido o Projeto Disaster (desastres naturais de origem hidrogeomorfológica em Portugal: base de dados SIG para apoio à decisão no ordenamento do território e planeamento de emergência), coordenado por J. L. Zêzere, do Centro de Estudos Geográficos (CEG) da Universidade de Lisboa, e que envolve parceiros de diferentes universidades nacionais. Trata-se de um projeto ambicioso que pretende um inventário exaustivo das manifestações de processos perigosos de caráter hidrológico e geomorfológico em nível nacional. Uma apresentação desse projeto encontra-se em trabalho de Zêzere et al. (2010).

## Método empírico/qualitativo

A utilização desse procedimento baseia-se na seleção de fatores ou critérios que sejam condicionantes da ocorrência de determinado processo geomorfológico perigoso (ex.: litologia, declives, rede de fraturação, uso dos solos). O segundo passo reside na atribuição de um peso relativo a cada fator e às diferentes classes dentro dele no desencadear do processo geomorfológico em causa, de acordo com critérios empíricos e subjetivos de valorização. No caso do *software* ArcGIS 10 e da sua extensão Spatial Analyst, constroem-se matrizes numéricas de cada um dos temas (fatores), com os respectivos valores das classes, multiplicadas pelos fatores de ponderação. Por fim produzem-se mapas-síntese de suscetibilidade através da combinação de matrizes, utilizando o método de álgebra de mapas (Tomlin, 1991). A classificação dos resultados finais é extremamente importante na articulação, necessariamente subjetiva, entre o modelo e as manifestações de risco conhecidas (Cunha & Dimuccio, 2002; Cunha & Leal, 2012).

## Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process – AHP)

Esse método, criado por Saaty (1991), é um método de análise multicritério e pode ser usado na quantificação de características qualitativas, permitindo a sua ponderação. Trata-se, assim, de um método a que podemos chamar de semiquantitativo. Tem sido utilizado com sucesso, por exemplo, na aplicação ao estudo da afetação potencial de usos do solo (Figueiredo, 2001), na avaliação da suscetibilidade à erosão hídrica (Correia, 2007) e na cartografia de suscetibilidade a deslizamentos (Ramos et al. 2012a, 2012c, 2012d).

O método fundamenta-se em comparação dos diversos fatores condicionantes, dois a dois. A partir da construção de uma matriz quadrada (Quadro 1) avalia-se a importância relativa de uma característica sobre a outra, utilizando-se para isto uma escala adequada.

Saaty (1991) propõe a utilização da escala mostrada no Quadro 2. Preenchida a matriz de comparação, calcula-se o autovalor e seu correspondente autovetor. O autovetor dá a ordem de prioridade ou hierarquia das características estudadas. Esse resultado é importante para a avaliação de suscetibilidade, pois será usado para dar a importância relativa de cada característica, bem como a sua ordenação hierárquica. O autovalor é a medida que permitirá avaliar a consistência ou a qualidade da solução obtida. Esta é outra vantagem do método, a possibilidade de verificação da consistência.

Quadro 1 – Matriz de comparações e cálculo do vetor próprio

| <i>Critérios</i> | $C_1$               | $C_2$               | $C_3$               | ... | $C_n$               | $W_i$          |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|---------------------|----------------|
| $C_1$            | $1/\Sigma C_1$      | $W_{21}/\Sigma C_2$ | $W_{31}/\Sigma C_3$ | ... | $W_{n1}/\Sigma C_n$ | $\Sigma C_1/n$ |
| $C_2$            | $W_{12}/\Sigma C_1$ | $1/\Sigma C_2$      | $W_{32}/\Sigma C_3$ | ... | $W_{n2}/\Sigma C_n$ | $\Sigma C_2/n$ |
| $C_3$            | $W_{13}/\Sigma C_1$ | $W_{23}/\Sigma C_2$ | $1/\Sigma C_3$      | ... | $W_{n3}/\Sigma C_n$ | $\Sigma C_3/n$ |
| ...              | ...                 | ...                 | ...                 | ... | ...                 | ...            |
| $C_n$            | $W_{1n}/\Sigma C_1$ | $W_{2n}/\Sigma C_2$ | $W_{3n}/\Sigma C_3$ | ... | $1/\Sigma C_n$      | $\Sigma C_n/n$ |
|                  | $\Sigma C_1$        | $\Sigma C_2$        | $\Sigma C_3$        | ... | $\Sigma C_n$        |                |

## Método do valor informativo

O método do valor informativo surge com o objetivo de aferir a importância relativa dos fatores de predisposição, os fatores condicionantes, através da distribuição espacial dos fenômenos geomorfológicos perigosos. Trata-se, basicamente, de comparar, matematicamente, a distribuição espacial dos fenômenos perigosos com a dos fatores que condicionam a sua distribuição. O método aplicado, em regra, a territórios de pequena dimensão (escalas 1/10.000 a 1/25.000), uma vez que implica o conhecimento rigoroso da distribuição das manifestações dos diferentes processos geomorfológicos perigosos, tem permitido aos investigadores que o utilizam não só ponderar as diferentes classes de cada um dos fatores condi-

cionantes, como, sobretudo, distinguir entre os fatores que mais contribuem para melhorar a *performance* do modelo de suscetibilidade e aqueles que pouco ou nada acrescentam aos resultados finais (Zêzere et al., 2005; Garcia, 2012; Oliveira, 2012).

Quadro 2 – Escala proposta por Saaty, 1991

| <i>Intensidade de importância de cada característica</i> | <i>Definição</i>                             | <i>Explicação</i>  |
|--|--|--|
| 1  | Mesma importância                            | Duas características contribuem igualmente para o objetivo                                     |
| 3  | Importância pequena de uma sobre a outra     | A experiência e o julgamento favorecem levemente uma característica em relação à outra         |
| 5  | Importância grande ou essencial              | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma característica em relação à outra        |
| 7  | Importância muito grande ou demonstrada      | Uma característica é fortemente favorecida; o seu grau de importância é demonstrado na prática |
| 9  | Importância absoluta                         | A evidência favorece uma característica em relação à outra com elevado grau de certeza         |
| 2, 4, 6, 8   | Valores associados a julgamentos intermédios | Quando se deseja maior compromisso   |

De fato, a possibilidade de validar os modelos através da distribuição espacial das manifestações conhecidas dos processos perigosos permite estabelecer os modelos mais adequados a cada uma das áreas em estudo e a cada um dos fenômenos perigosos em análise, tendo-se concluído que, apesar de por vezes muito próximos, não é interessante extrapolar os modelos de área para área.

Uma crítica a esse método está no fato de ele não prever uma ponderação diferenciada dos diferentes fatores condicionantes. Estes são em regra hierarquizados em função da sua importância para

a construção e validação dos modelos, mas a única ponderação efetiva é a do peso das diferentes classes dentro de cada fator.

Uma possibilidade é a utilização combinada do método de análise sensitiva (para ponderação das classes dentro de cada fator) com outros métodos estatísticos, como as redes de neurônios artificiais, para obter melhores *performances* dos modelos<sup>10</sup> (Dimuccio et al., 2006).

## Métodos determinísticos: o método geotécnico

Esse método, baseado fundamentalmente no conhecimento das leis físicas que regem os movimentos em vertentes, aplica-se à análise desses movimentos com o objetivo de calcular parâmetros que permitam estabelecer um ângulo de estabilidade das vertentes e taludes artificiais, de forma a prever e, conseqüentemente, evitar deslizamentos ou fluxos de materiais no sentido do maior declive dos mesmos. O método é usado sobretudo quando as vertentes no seu estado natural se tornaram instáveis devido a intervenções antrópicas, nomeadamente construções de infraestruturas, como vias de comunicação ou zonas residenciais, cujos processos de abertura de traçado ou instalação de fundações têm como conseqüência a alteração da forma da vertente, tornando-a dinamicamente instável.

O método baseia-se na caracterização geológica e geotécnica detalhada dos terrenos potencialmente afetados, de forma a prever e prevenir a instabilidade dos taludes (Quinta-Ferreira, 2006). Os estudos e ensaios geotécnicos efetuados nos materiais das vertentes (rocha *in situ*, mantos de alteração e solos) são em regra feitos em laboratório, de acordo com normas portuguesas (NP) e normas

---

10. Esse tipo de metodologia, com combinação do método de análise sensitiva com a análise de redes de neurônios artificiais, foi utilizado com sucesso na cartografia de suscetibilidade a incêndios florestais no Centro de Portugal (Dimuccio et al., 2012).

européias (EN) que podem ser consultadas no Instituto Português da Qualidade.<sup>11</sup> Incluem métodos e técnicas de campo e de laboratório, tão diversas e específicas como a análise granulométrica para determinação da textura dos solos e das formações superficiais, a determinação dos limites de liquidez, plasticidade e retração de Atterberg, os ensaios de compactação Proctor com vista à determinação do teor de água dos solos e sedimentos, ou azul de metileno para determinação da quantidade de materiais argilosos dos solos.

Pela complexidade das relações geotécnicas com os movimentos de materiais em vertentes que variam de caso para caso e que são únicas em cada vertente, esse método, que implica uma análise detalhada, apenas pode ser aplicado à escala da vertente (escalas 1/1.000 a 1/5.000) e dificilmente pode ser extrapolado ou generalizado para áreas diferentes daquelas para que foi estabelecido (Garcia, 2012, p.186).

## **A avaliação e a cartografia da vulnerabilidade**

Independentemente do tipo de risco geomorfológico, é fundamental inventariar as manifestações dos processos geomorfológicos perigosos e construir modelos que permitam prever a sua distribuição no tempo e, sobretudo, no espaço. Mas se os processos até podem ser relativamente semelhantes nos modos como se manifestam, as suas consequências decorrem, sobretudo, de como pessoas e bens a eles se expõem, e do modo como as características econômicas, sociais e culturais permitem à sociedade enfrentar, resistir e se recuperar das manifestações desses processos. Dito de outro modo, quer do ponto de vista teórico, quer do ponto de vista da aplicação ao ordenamento do território, não basta o estudo da periculosidade dos fenômenos. É essencial conhecer a vulnerabi-

---

11. Disponível em <[www.IPQ.pt](http://www.IPQ.pt)>.

lidade dos territórios, das comunidades e dos indivíduos, para apreender completamente e poder aplicar, de modo correto, os estudos de riscos.

O exemplo de algumas das principais catástrofes geomorfológicas à escala global ou à escala nacional mostra que a exposição de pessoas e bens, o valor real ou simbólicos destes, bem como as características socioeconômicas e culturais das populações, elementos que conjugados correspondem à noção de vulnerabilidade, desempenham um importante papel na compreensão dos riscos.

Se a exposição de pessoas e a determinação do valor dos bens possíveis de ser afetados por um processo potencialmente perigoso podem ser facilmente calculadas através de alguns dados estatísticos, a vulnerabilidade social parece de mais difícil avaliação.

Trata-se, em regra, de encontrar um índice ou uma fórmula que sintetize a complexidade de relações econômicas, sociais e culturais, que caracterizam a comunidade e o seu suporte territorial e que lhe permitem resistir e se recuperar de um processo perigoso. Como referimos atrás, esse conceito de vulnerabilidade social pode ser decomposto em duas componentes: a criticidade, que corresponde ao conjunto de características e comportamentos dos indivíduos que podem contribuir para a rutura do sistema e dos recursos das comunidades que lhes permitem responder ou lidar com cenários de desastre ou catástrofe, e a capacidade de suporte, que diz respeito ao conjunto de infraestruturas territoriais que permite à comunidade reagir em caso de desastre ou catástrofe. Assim, enquanto a primeira tem essencialmente a ver com a resistência das comunidades, a segunda tem a ver com a resiliência ou capacidade de recuperação destas ante a ocorrência de um evento perigoso. Para sintetizar os valores da vulnerabilidade social podem ser utilizados índices que combinem elementos estatísticos diversos (demografia, economia, educação, saúde, cultura, organização social, infraestruturas territoriais etc.) ou, como propõe Cutter (1996), através de uma análise multivariada por componentes principais. Essa técnica tem sido utilizada com sucesso, quer em estudos à escala nacional (Mendes et al., 2011; Cunha et al., 2011b), quer em

trabalhos realizados à escala regional (Freitas & Cunha, 2012; Freitas et al., 2013) ou municipal (Mendes et al., 2011; Cunha et al., 2011b; Cunha & Leal, 2012).

O estudo da vulnerabilidade, ou melhor, das diferentes vulnerabilidades, depende, desde logo, do tipo de risco considerado, uma vez que diferentes processos afetam diferentes elementos de diferentes modos. Por exemplo, os deslizamentos e a erosão hídrica têm impactos completamente distintos nas comunidades humanas por eles afetadas. Enquanto no primeiro caso são afetadas, sobretudo e um pouco por esta ordem, edifícios, vias de comunicação e terrenos (rurais ou urbanos; agrícolas, florestais ou de pastagem), no segundo caso são afetados, em regra, terrenos agrícolas, de pastagem ou matos. Por isso, os modelos de análise e de cartografia da vulnerabilidade (no que se refere à exposição de pessoas e bens e à vulnerabilidade social) têm de ter em conta diferentes elementos de partida.

Outra questão importante é, como sempre, quando se trata de riscos, a da escala. Os modelos de avaliação e cartografia da vulnerabilidade social, ao sintetizarem informação estatística, dependem muito da escala de trabalho e não podem ser extrapolados do nível nacional para os níveis regional e local.

Finalmente, um outro problema tem relação com o significado das unidades territoriais utilizadas para cartografar os diferentes elementos da vulnerabilidade. Sobretudo quando se trabalha à escala local (municipal), as unidades territoriais com significado estatístico (freguesias, secções e subsecções estatísticas) não representam objetivamente as realidades territoriais, seja porque com as freguesias não se atinge o nível de discriminação conseguido com os mapas de periculosidade ou suscetibilidade baseados em dados geomorfológicos, geológicos, hidrográficos e de uso do solo, seja porque, quando se pretende maior nível de pormenor, isto é, quando se trabalhar ao nível da secção ou da subsecção estatística, verificamos que essas unidades não apresentam homogeneidade nem coerência territorial capazes de justificar lógicas de planeamento ou ordenamento do território. Daí que, por vezes, seja

necessário recorrer à delimitação de novas unidades territoriais, dotadas de coerência e homogeneidade internas e capazes de suportar a informação estatística das unidades menores, as subseções estatísticas (Cunha & Leal, 2012).

Independentemente das escalas de análise, o processo de gestão dos riscos geomorfológicos não fica completo se não considerar os níveis de percepção sobre os riscos, sobre os territórios em que se manifestam e sobre a vulnerabilidade das comunidades, quer das populações em si, quer dos agentes intervenientes no processo de proteção civil e dos decisores políticos (*stakeholders*). Por isso, se propõe em alguns trabalhos (Cunha et al., 2011b) que os estudos de vulnerabilidade social integrem ou sejam de algum modo aferidos, no caso da criticidade, por inquéritos à população sobre a percepção do risco, e, no caso da capacidade de suporte, por entrevistas ou inquéritos aos *stakeholders*.

## Conclusão

Apesar da sua reduzida dimensão espacial, o território português apresenta uma clara diferenciação nos riscos naturais e, particularmente, nos tipos de risco geomorfológico a que está sujeito. Diante dos condicionalismos geomorfológicos e climáticos, os riscos geomorfológicos afetam sobretudo as regiões Norte e Centro do país.

São muitos, de diferentes tipos e com distintos objetivos os estudos sobre riscos geomorfológicos feitos em Portugal. No que diz respeito à cartografia de riscos geomorfológicos, a análise a diferentes escalas e o tipo de dados disponíveis impõem a utilização de diferentes métodos, aqui apresentados numa síntese necessariamente breve. Seja como for, ressalte-se a importância dos métodos utilizados à escala municipal, uma vez que é no município que são feitas a gestão territorial, com maior significado em termos de riscos geomorfológicos, e a gestão operacional dos serviços de proteção civil.

Afirmamos que não haveria métodos melhores e métodos menos bons, mas que eles serão diferentes consoante o tipo de risco e o grau de conhecimento que deles, das suas manifestações e das suas consequências, se tem. No entanto, duas ideias parecem fundamentais:

- 1) A primeira está em considerar o risco em todos os seus componentes (periculosidade e vulnerabilidade). Em muitos casos de planos municipais de ordenamento do território e de planos municipais de emergência, o estudo da vulnerabilidade está ausente ou centra-se apenas no valor patrimonial dos bens potencialmente afetados. Mesmo no estudo da periculosidade, privilegia-se quase sempre o estudo do “onde” pode acontecer, em detrimento do “quando” poderá ocorrer, ou seja, privilegia-se sempre o estudo da suscetibilidade relativamente ao da probabilidade. Ora, entende-se que é no quadro geral do risco que a prevenção, o socorro e a remediação das manifestações de risco encontram verdadeiro significado.
- 2) Os mapas de risco têm hoje uma importância que vai muito para lá da “simples” gestão municipal em termos de proteção civil. De fato, os mercados imobiliários, a especulação em torno do valor dos terrenos, o funcionamento dos seguros, as decisões sobre projetos urbanísticos ou rodoviários impõem os estudos de riscos naturais em praticamente todas as etapas do processo de ordenamento. Por isso, os mapas de risco têm de:
  - a) ser controlados em todos os passos da sua execução. Deve-se ter um cuidado particular com a seleção da informação de base e das escalas de entrada da informação, bem como com as técnicas de classificação dos resultados dos modelos criados;
  - b) ser validados, sempre que isso seja possível, através de casos concretos.

Em jeito de síntese, os estudos sobre riscos geomorfológicos em Portugal tiveram nos últimos anos um avanço significativo. Trate-se de trabalhos académicos, como dissertações de mestrado e doutorado,<sup>12</sup> bem como de artigos científicos, trate-se de trabalhos aplicados ao ordenamento do território a diferentes escalas, trate-se, ainda, de trabalhos normativos e orientadores, como guias metodológicos, tem-se assistido a um avanço significativo do ponto de vista metodológico, sobretudo no que se refere à utilização de métodos quantitativos, que não pode deixar de se refletir na qualidade da cartografia produzida.

Na procura de novas abordagens à temática dos riscos geomorfológicos, o estudo dos chamados territórios de risco parece-nos ser uma das vias promissoras em termos de resultados. Com efeito, a associação dos diferentes tipos de processos perigosos, das vulnerabilidades das populações e dos riscos que representam a determinadas unidades territoriais pode constituir, tanto em escala regional como em escala local, uma abordagem muito interessante, quer em termos teóricos, quer em termos aplicados de planeamento e de ordenamento do território (Cunha et al., 2011a; Ramos et al., 2011; Ramos et al., 2012b). Esse tipo de abordagem vem dar uma maior importância ao papel integrador da Geografia na charneira entre as Ciências da Terra e as Ciências Sociais e, sobretudo, vem relançar a importância dos estudos geomorfológicos de base, nomeadamente, da cartografia geomorfológica ou da cartografia de geossistemas na análise do risco geomorfológico.

---

12. Sem carácter exaustivo, mas apenas a título de exemplo, incluem-se, nesse grupo, as dissertações de doutorado de Zêzere (1997), Tavares (2000), Bateira (2001), Ferreira (2008), Pereira (2010), Garcia (2012) e Oliveira (2012).

## Referências bibliográficas

- ABREU, U. A. V. *Riscos naturais no ordenamento do território: aplicação ao município da Câmara de Lobos. Construção de um sistema de gestão ambiental em ambiente SIG*. Coimbra, 2007. 208p. Dissertação (mestrado) – Universidade de Coimbra.
- BACHMANN, A., ALLGÖWER, B. The need for a consistent wildfire risk terminology. In: PROCEEDINGS FROM THE JOINT FIRE SCIENCE CONFERENCE AND WORKSHOP. Boise, Idaho, jun. 1999. p.15-7.
- BATEIRA, C. *Movimentos de vertente no NW de Portugal, suscetibilidade geomorfológica e sistemas de informação geográfica*. Portugal, 2001. 475p. Dissertação (doutorado em Geografia Física) – Universidade do Porto.
- CARRARA, A. et al. GIS Technology in mapping landslide hazard. In: CARRARA, A., GUZZETTI, F. (Ed.). *Geographical Information Systems in assessing natural hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1995. p.135-75.
- CORREIA, R. B. *Modelação cartográfica em ambiente SIG de suscetibilidade à erosão hídrica dos solos, caso da bacia da Ribeira dos Picos, Santiago (Cabo Verde)*. Coimbra, 2007. 162p. Tese (mestrado) – Universidade de Coimbra.
- CUNHA, L. Riscos climáticos no centro de Portugal. Uma leitura geográfica. *Revista Geonorte (Manaus)*, ed. esp., v.4, n.4, p.105-15, 2012.
- \_\_\_\_\_, DIMUCCIO, L. Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição: exercícios cartográficos numa área a sul de Coimbra. *Territorium (Coimbra)*, n.9, p.37-51, 2002.
- \_\_\_\_\_, et al. Territórios de risco no município de Torres Novas. In: VII CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA. Lisboa, 2011a. *Atas do...* (CD-Rom)
- \_\_\_\_\_, et al. Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos: o desafio das escalas. In: SANTOS, N., CUNHA, L. *Trunfos de uma Geografia ativa: desenvolvimento local, ambiente, ordenamento e tecnologia*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011b. p.627-37.

- CUNHA, L., LEAL, C. Natureza e sociedade no estudo dos riscos naturais: exemplos de aplicação ao ordenamento do território no município de Torres Novas (Portugal). In: PASSOS, M. M., CUNHA, L., JACINTO, R. As novas geografias dos países de língua portuguesa: paisagens, territórios e políticas no Brasil e em Portugal. *Geografia em Movimento (São Paulo)*, p.47-66.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. Ondas de calor e ondas de frio no município de Torres Novas. *Cadernos de Geografia (Coimbra)*, n.32, p.81-93, 2013.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v.20, n.4, p.529-39, 1996.
- \_\_\_\_\_, BORUFF, B. J., SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, n.84(1), p.242-61, 2003.
- DAUPHINE, A. *Risques et catastrophes: observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris: Armand Colin, 2001.
- DIMUCCIO, L., FERREIRA, R., CUNHA, L. Aplicação de um modelo de redes neuronais na elaboração de mapas de suscetibilidade a movimentos de vertente: um exemplo numa área a sul de Coimbra (Portugal Central). *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos (Coimbra)*, n.3, p.281-9, 2006.
- \_\_\_\_\_, FIGUEIREDO, R., CUNHA, L., ALMEIDA, A. C. Regional forest-fire susceptibility analysis in Central Portugal using a probabilistic ratings procedure and artificial neural network weights assignment. *International Journal of Wildland Fire*, n.20(6), p.776-91, 2011.
- FAUGERES, L. La dimension des faits et la théorie du risque. *Le Risque et la Crise (Malta, Fondation for International Studies)*, p.31-60, 1990.
- FERREIRA, C. *Degradação do solo no concelho de Gondomar: uma perspectiva geográfica. Contribuição para a definição de estratégias de planeamento e ordenamento do território*. Porto, 2008. 256p. Dissertação (doutorado) – Universidade do Porto.
- FIGUEIREDO, R. F. Modelação cartográfica em ambiente SIG para apoio à decisão: aplicação ao estudo da afectação potencial de usos do solo no sector Norte do Maciço Marginal de Coimbra. Coimbra, 2001. Dissertação (mestrado) – Universidade de Coimbra.

- FREITAS, M. I. C., CUNHA, L. Modelagem de dados socioambientais visando estudos de vulnerabilidade: o caso de 17 conselhos do Centro de Portugal. *Revista Geonorte (Manaus)*, ed. esp., v.1, n.4, p.816-29, 2012.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, RAMOS, A. Vulnerabilidade socioambiental de Concelhos da Região Centro de Portugal por meio de sistema de informação geográfica. *Cadernos de Geografia (Coimbra)*, n.32, p.313-22, 2013.
- GARCIA, R. *Metodologias de avaliação da perigosidade e risco associado a movimentos de vertente: aplicação na bacia do rio Alenquer*. Lisboa, 2012. 430p. Dissertação (doutorado) – Universidade de Lisboa.
- GARCIA, R. A. C., ZÊZERE, J. L., CRUZ DE OLIVEIRA, S. A importância do processo de classificação de dados na cartografia: um exemplo na cartografia de suscetibilidade a movimentos de vertente. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos (Lisboa: APGeom)*, v.V, p.265-79, 2007.
- GUZETTI, F. et al. Landslide hazard evaluation: a review of corrent techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, n.31, p.181-216, 1995.
- JULIÃO, P. R. et al. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal, Lisboa, 2009.
- LOURENÇO, L., LEMOS, L. Considerações acerca da movimentação em massa ocorrida na vertente poente da av. Elísio de Moura, em Coimbra. *Territorium (Coimbra)*, n.8, p.93-112, 2001.
- MENDES, J. M. et al. Vulnerabilidade social aos riscos naturais e tecnológicos em Portugal. In: GUEDES SOARES, C. et al. (Org.). *Riscos industriais e emergentes*. Lisboa: Edições Salamandra, 2009. p.67-84.
- \_\_\_\_\_ et al. A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n.93, p.95-128, jun. 2011.
- OLIVEIRA, S. Incidência espacial e temporal da instabilidade geomorfológica na bacia do rio Grande da Pipa (Arruda dos Vi-

- inhos). Lisboa, 2012. 452p. Dissertação (doutorado) – Universidade de Lisboa.
- PEREIRA, S. *Perigosidade a movimentos de vertente na região Norte de Portugal*. Porto, 2010. Dissertação (doutorado) – Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- QUINTA-FERREIRA, M. Natural and man-made causes for “Elísio de Moura” earth flow in Coimbra, Portugal. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v.66, n.1, p.35-43, 2006.
- RAMOS, A. M., CUNHA, L. S., CUNHA, P. P. Diferenciação territorial e caracterização dos riscos naturais na área entre a Figueira da Foz e a Nazaré. In: VIII CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA. *Proceedings Book: Geograph*. 4p. Lisboa: Portuguese Association, 2011.
- \_\_\_\_\_. Utilização do método de análise hierárquica na elaboração de cartografia de suscetibilidade a deslizamentos à escala regional (Figueira da Foz – Nazaré). In: I FÓRUM SOBRE RISCOS E SEGURANÇA DO ISCIA. Aveiro, 2012. *Atas VII Encontro Nacional de Riscos*. Aveiro, 2012a. p.54.
- \_\_\_\_\_. Cartografia geomorfológica aplicada ao ordenamento do território área da Figueira da Foz – Nazaré (Portugal Central). *Revista Geonorte (Manaus)*, ed. esp., v.3, n.4, p.1.433-49, 2012b.
- \_\_\_\_\_, FREITAS, M. I. C. Cartografia de suscetibilidade a deslizamentos e unidades territoriais de risco à escala regional (Figueira de Foz-Nazaré). In: VII COLÓQ. GEOG. COIMBRA. *Abstract book...* 1p. 2012c.
- \_\_\_\_\_. Cartografia de suscetibilidade a deslizamentos e unidades territoriais de risco à escala regional (Figueira da Foz – Nazaré). *Cadernos de Geografia (Coimbra)*, n.30-31, p. 269-82, 2012d.
- REBELO, F. A teoria do risco analisada numa perspetiva geográfica. *Cadernos de Geografia (Coimbra)*, n.18, p.3-13, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Riscos naturais e acção antrópica*. 274p. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2001.
- \_\_\_\_\_. *Geografia Física e riscos naturais*. 215p. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2010.
- SAATY, T. L. *Método de análise hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

- SANTOS, J. G. Cartografia automática do risco de movimentos de vertente, estudo aplicado à área de Peso da Régua, bacia do Douro (Norte de Portugal). *Xeográfica (Santiago de Compostela)*, n.2, p.33-57, 2002.
- TAVARES, A. *Condicionantes físicas ao planeamento: análise da suscetibilidade no espaço do Concelho de Coimbra*. Coimbra, 2000. 346p. 26 mapas. Dissertação (doutorado em Engenharia Geológica) – Geologia do Ambiente e Ordenamento – Universidade de Coimbra.
- \_\_\_\_\_. A gestão territorial dos riscos naturais e tecnológicos e o ordenamento do território: a perspectiva a partir do Plano Regional de Ordenamento do Território – Centro. *Revista CEDOUA*, n.22, p.59-73, 2008.
- TOMLIN, C. D. Cartographic modelling. In: GOODCHILD, M., MAGUIRE, D., RHIND, D. (Ed.). *Geographical Information Systems: principles and application*. Harlow: Longman, 1991. p.361-70.
- VAN WESTEN, C. J. *Hazard, vulnerability and risk analysis: prediction of occurrence of slope instability phenomena through GIS based hazard zonation*. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1998.
- YIN, K. L., YAN, T. Z. Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. In: BONNARD, C. (Ed.). *Landslides: Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*. Lausanne, Balkema, Roterdã, 2, 1988. p.1.269-72.
- ZÊZERE, J. L. *Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na região a norte de Lisboa*. Lisboa, 1997. Dissertação (doutorado) – Faculdade de Letras – Universidade de Lisboa.
- \_\_\_\_\_. A classificação dos movimentos de vertente: tipologias, actividade e morfologia. *Apontamentos de Geografia (Lisboa: Centro de Estudos Geográficos)*, n.6, 2000.
- \_\_\_\_\_. *A avaliação da perigosidade geomorfológica: aplicação do método de valor informativo na área-amostra de Calhandriz*. Livro de Homenagem a Gaspar Soares de Carvalho. Braga, 2001. p.347-61.
- \_\_\_\_\_. *Distribuição e ritmo dos movimentos de vertente na região a norte de Lisboa*. Lisboa: C. E. G., 2001. (Relatório n.38)

- ZÊZERE, J. L. Distribuição e ritmo dos movimentos de vertente na região a norte de Lisboa. *Relatórios da Área de Geografia Física e Ambiente (Lisboa: C. E .G.)*, n.8, 2001.
- \_\_\_\_\_ et al. Análise sensitiva na avaliação da suscetibilidade a deslizamentos na região a norte de Lisboa. In: X COLÓQUIO IBÉRICO DE GEOGRAFIA. A Geografia Ibérica no contexto europeu. 15p. Évora, 2005.
- \_\_\_\_\_ et al. Disaster – Desastres naturais de origem hidrogeomorfológica em Portugal: base de dados SIG para apoio à decisão no ordenamento do território e planeamento de emergência. In: V CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Lisboa, 2010. *Actas/Proceedings...* Lisboa: Publicações da APGeom, 2010. p.451-6.



## 2

# RISCOS AMBIENTAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO DECORRENTES DE URBANIZAÇÃO E VULNERABILIDADES DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

*Magda Adelaide Lombardo<sup>1</sup>*

*Juliana Amorim da Costa<sup>2</sup>*

*Larissa Leite Tosetti<sup>3</sup>*

*Jefferson Lordello Polizel<sup>4</sup>*

*Demóstenes Ferreira da Silva Filho<sup>5</sup>*

### Introdução

As mudanças climáticas podem trazer efeitos negativos para as cidades brasileiras devido à ocorrência de fenômenos naturais como rajadas de ventos e pluviosidade intensas.

Para adaptar as cidades a essas mudanças, devem-se estudar as vulnerabilidades existentes a fim de que a sociedade brasileira possa reagir e estabelecer políticas públicas para modificar estruturas e

- 
1. Professora titular do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/campus de Rio Claro.
  2. Graduada em Gestão Ambiental e mestrado em Recursos Florestais.
  3. Graduada em Engenharia Agrônoma e mestrado em Recursos Florestais.
  4. Graduado em Tecnologia em Informática e doutorado em Geografia Física.
  5. Engenheiro agrônomo e doutorado em Agronomia (Produção Vegetal).

até mesmo transformar o tecido urbano para que as vulnerabilidades não sejam transformadas em riscos e acidentes reais.

A cidade de São Paulo e as demais cidades componentes da região metropolitana possuem características de crescimento e produção do espaço urbano estreitamente vinculados com o mercado imobiliário. Essas características determinaram valores diferenciados para os terrenos, com aqueles localizados distantes do centro possuindo menor valor e sendo usados para construção de condomínios de baixo padrão e aqueles localizados próximos das infraestruturas urbanas possuindo valores mais elevados. Tais terrenos muitas vezes demoram a ser urbanizados devido ao fenômeno da especulação imobiliária.

Essa característica, com o passar dos anos e décadas, desenvolveu cidades espraiadas com o deslocamento de pessoas do centro para uma enorme periferia cada vez mais distante de hospitais, escolas e empregos.

A necessidade do automóvel na região metropolitana é explicada pelo fenômeno da urbanização sem o devido controle do Estado, que não possuía instrumentos legais e poder de fiscalização para exercer uma política eficaz de produção do espaço urbano.

A partir da década de 1950, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) começou a expandir-se rapidamente. Com a alta industrialização da área, a oferta de emprego cresceu, fato que desencadeou uma convergência da população para a cidade, a qual, com a falta de planejamento estrutural urbano, foi aos poucos substituindo as áreas verdes pelas construídas.

Ao longo desse processo de urbanização, surgiram altos índices de poluição, exercendo pressão sobre o ecossistema urbano, reprimindo cada vez mais a biodiversidade das cidades. Esse desenvolvimento gerou mudanças nos fluxos pluviais de drenagem, causando enchentes devido à impermeabilidade e à canalização, assim como a diminuição da umidade relativa do ar, acarretando um aumento da temperatura, fenômeno chamado de ilhas de calor (Lombardo, 1985).

A escassez de mata ciliar devido à ocupação de regiões destinadas à preservação, acelerou o processo de assoreamento de rios e mananciais, principal fator que fragiliza o sistema de abastecimento da cidade, composto pelos sistemas Cantareira, Guarapiranga e Alto Tietê, tornando assim raros os fragmentos de vegetação remanescentes que não tenham sofrido nenhum tipo de alteração.

Estudar tais mudanças e quantificar desequilíbrios no tecido urbano é condição importante para reconhecer vulnerabilidades para que se possam desenvolver estratégias e políticas públicas eficientes para melhoria da qualidade de vida na região metropolitana de São Paulo.

O objetivo deste trabalho é o de contribuir para analisar a vulnerabilidade às mudanças climáticas da região metropolitana de São Paulo e avaliar os riscos socioambientais, definindo indicadores para as políticas públicas locais e regionais.

## **Material e métodos**

### **Áreas de estudo**

#### ***O município de São Paulo***

O município de São Paulo possui extensão de 1.530 km<sup>2</sup> de área, altitude de 500 m, localizada na latitude de 23°32,0'S e na longitude de 46°37,0'W, no estado de São Paulo, região Sudeste, Brasil (Cidade de São Paulo, 2008), com uma população de 10.886.518 habitantes (IBGE, 2007). Caracterizado por clima subtropical (tipo Cwa, segundo Köppenn), com temperaturas médias anuais de 19 °C.

Dentro dessa região, foram estudadas e analisadas as subprefeituras da Mooca, da Sé e de Pinheiros, que podem ser observadas na Figura 1.

A subprefeitura da Mooca possui uma área de 35,2 km<sup>2</sup> e se encontra na região Leste da cidade de São Paulo. Fazem parte dessa subprefeitura os seguintes bairros: Mooca, Água Rasa, Belém, Taupapé, Pari e Brás, com uma população de 308.161 habitantes, de acordo com o censo demográfico do IBGE de 2000 (Portal da Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2009).

Localizada no centro da cidade em estudo, a subprefeitura da Sé engloba uma área de 26,2 km<sup>2</sup>. Essa regional é responsável pelos bairros Bom Retiro, Santa Cecília, República, Sé, Consolação, Bela Vista, Liberdade e Cambuci, e possui uma população de 373.914 habitantes, de acordo com o censo demográfico do IBGE de 2000 (Portal da Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2009).

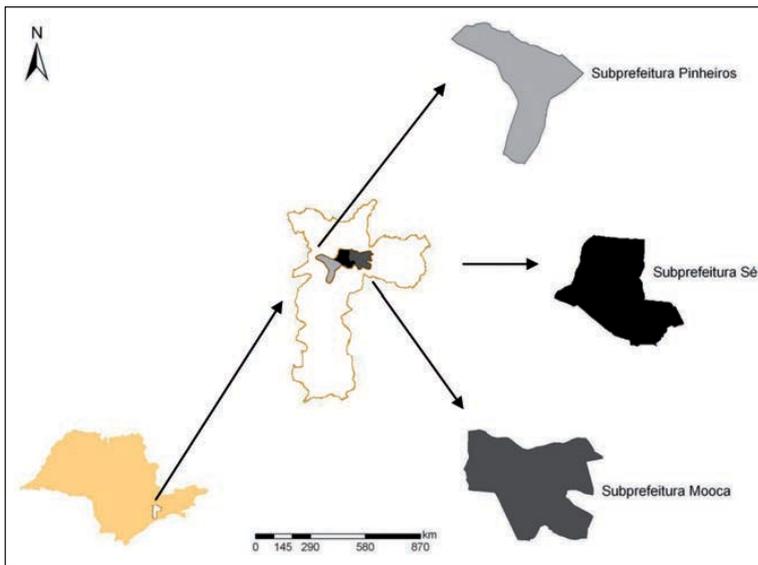


Figura 1 – Áreas de estudo.

A subprefeitura de Pinheiros, localizada na região Oeste da cidade, possui uma área de 31,7 km<sup>2</sup>. Os bairros que fazem parte da mesma são: Alto de Pinheiros, Pinheiros, Itaim Bibi e Jardim Paulista. Possui 272.574 habitantes, de acordo com o mesmo censo demográfico (Portal da Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2009).

## Processamento das imagens

Foram adquiridas imagens multiespectrais de alta resolução do satélite Quickbird do ano de 2008, desenvolvido pela DigitalGlobe, para a análise das regiões compreendidas pelas subprefeituras em estudo.<sup>6</sup> Este é um satélite de alta precisão que oferece imagens comerciais de alta resolução da Terra (Quickbird, 2008). Sendo de resolução de 0,61 m × 0,61 m de lado de pixel para as imagens pancromáticas e 2,5 m × 2,5 m de lado de pixel para as imagens multiespectrais. As imagens estão no sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM), zona 23, *datum* WGS-84.

As imagens do satélite Quickbird passaram por processo de fusão da imagem pancromática com a multiespectral, por meio de técnicas de geoprocessamento do programa TNTmips 2009, desenvolvido pela Microimages, sendo utilizado o método Brovey para tal processamento. Foram fusionadas as bandas do azul, do vermelho e do infravermelho próximo com a banda pancromática.

## Definição de áreas prioritárias para corredores verdes

Para esta pesquisa foram coletadas informações sobre a declividade do terreno e informações obtidas com a aplicação de um índice de vegetação. O índice de vegetação utilizado foi o Transformed Vegetation Index (TVI), gerado a partir do programa TNTmips 2009, da Microimages, que ressaltou de maneira mais eficiente as áreas verdes das regiões estudadas.

---

6. As imagens do satélite Quickbird foram adquiridas pela empresa Imagem Sensoriamento Remoto com a empresa DigitalGlobe com verba do projeto de auxílio à pesquisa da Fapesp em nome de Demóstenes Ferreira da Silva Filho (Processo Fapesp 2009/02186-9).

## Índices de vegetação e declividade

O TVI é um índice de vegetação derivado de imagens multiespectrais. Ele utiliza as bandas do vermelho e do infravermelho próximo para destacar as áreas vegetadas de uma imagem. É obtido pela fórmula (1):

$$TVI = \sqrt{[(IR - RED) + (IR + RED)]} \quad (1)$$

Onde: TVI é o índice de vegetação transformado; IR = banda do infravermelho; RED = banda do vermelho.

O mapa de TVI foi gerado no programa TNTmips 2009, a partir das imagens do satélite Quickbird das subprefeituras estudadas, e depois trabalhado e reclassificado no programa ArcGIS 9.2, da ESRI.

A reclassificação consiste em transformar os valores da imagem em valores compatíveis para se realizar uma álgebra de mapas. O mapa final desse índice de vegetação foi composto de quatro classes, de 0 a 3, em que o valor 0 representa uma área sem vegetação e o valor 3 uma área com o máximo de vegetação.

Para o mapa de declividade da região foi utilizado o Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) da região metropolitana de São Paulo gerado pela Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (Funcate) do ano de 2003, em projeção UTM. O MDT possui resolução vertical de 5 m e 10 m, para as áreas conturbadas e periféricas respectivamente compatível com as precisões altimétricas das cartas 1:10.000 e 1:25.000, utilizadas para compilação das informações sobre esta região.

No programa ArcGIS 9.2, a partir do MDT, foi gerado um mapa hipsométrico conhecido como TIN (*Triangulated Irregular Network*), que representa a superfície do terreno por meio de uma grade triangular.

A partir do TIN foi gerado o mapa de declividade, em porcentagem, das imagens de satélite. O mesmo foi classificado em faixas de declive de interesse para área urbana e depois reclassificado em

quatro classes, de 0 a 3, para a realização da álgebra de mapas, sendo a classe de valor 0 regiões de menor declividade e a de valor 3 as regiões mais declivosas.

Com os mapas de declividade e de TVI reclassificados realizou-se uma álgebra de mapas no programa ArcGIS 9.2 e no mapa resultante foi possível verificar quais são as áreas com menos vegetação e com declividades maiores, áreas estas indicadas para uma política de arborização voltada à implantação de corredores verdes.

Realizaram-se visitas a campo nos locais de mais alta prioridade para arborização a fim de observar a realidade do terreno.

### Estudo de valor e risco na bacia do córrego do Sapateiro

Foi elaborado um estudo na microbacia do córrego do Sapateiro localizado na região de Moema, onde está localizado o Parque Ibirapuera (Figura 2).

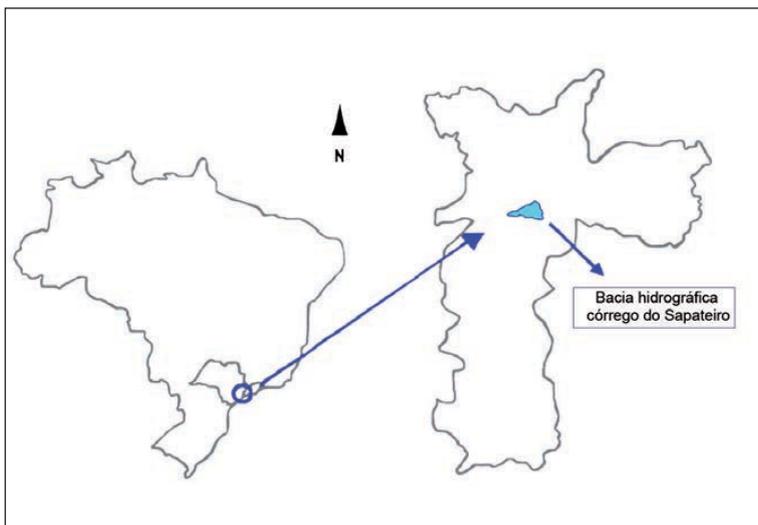


Figura 2 – Localização da área de estudo. Brasil, estado de São Paulo, município de São Paulo e bacia hidrográfica do córrego do Sapateiro.

## Materiais e métodos

### Detecção remota

Foram usadas imagens compostas com infravermelho do satélite Quickbird da cidade de São Paulo do ano de 2010 para quantificar a cobertura arbórea e demais superfícies urbanas.

### Classificação supervisionada

A imagem da microbacia foi editada no sistema de informações geográficas livre denominado Quantum GIS para conter dados somente do espaço delimitado da microbacia. Após essa edição, a imagem foi classificada usando procedimentos supervisionados no Sistema Multispec desenvolvido pela Universidade de Purdue, também gratuito.

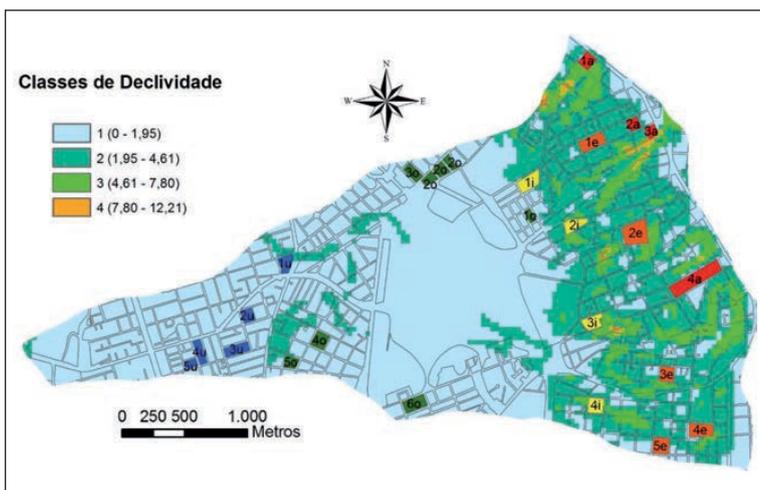


Figura 3 – Mapa contendo as unidades amostrais definidas por meio de classes de declividade.

## Inventário das árvores na microbacia do córrego do Sapateiro

Concomitante a essa análise foi elaborado inventário da vegetação arbórea e arbustiva das vias públicas da microbacia, assim como de todas as árvores do Parque Ibirapuera, e nas vias públicas foi elaborado inventário por amostragem com as quadras consideradas como unidades amostrais. Tais unidades foram estruturadas mediante classes de altitude e inclinação do terreno (Figura 3).

Todas as árvores foram mapeadas por meio de pontos com coordenadas geográficas. Foram elaborados procedimentos em bancos de dados relacionais adaptados de Silva Filho (2002) para armazenamento e tratamento dos dados de inventário e quantificação de riscos de queda de cada árvore, assim como o valor monetário das árvores da microbacia (Figura 4).

A imagem mostra a interface de um formulário web para o cadastro de árvores. O título principal é "Cadastro das árvores do Parque Ibirapuera". Abaixo do título, há uma barra de navegação com abas para "Especificação", "Dimensões", "Interferências", "Canteiro", "Raízes", "Coto", "Tronco", "Copa", "Avaliação Geral" e "Ações".

O formulário está dividido em seções:

- Estado geral:** Possui botões de seleção para "ótimo", "bom", "regular" (selecionado), "péssimo" e "morta".
- Equilíbrio geral:** Possui botões de seleção para "Desequilibrada" (selecionado) e "Vandalismo".
- Fenologia:** Possui botões de seleção para "Folha" (selecionado), "Flor" e "Fruto".
- Ecologia:** Possui botões de seleção para "Insetos", "Ninhos", "Líquens", "Epífitas", "Parasitas" e "Outra planta" (selecionado).
- Local na árvore:** Um menu suspenso com o valor "Caulo e Copa".
- Inclinação (sentido):** Um menu suspenso com o valor "SUDESTE".
- Ângulo de inclinação:** Um campo de entrada com o valor "25".
- Intensidade:** Um menu suspenso.
- Risco de queda:** Um menu suspenso com o valor "Baixo".
- Detalhe:** Um botão de seleção desativado.

Na base da janela, há uma barra de status que indica "Registro: 14 de 15066".

Figura 4 – Formulário do banco de dados relacional para cadastro das árvores do Parque Ibirapuera.

## Resultados e discussão

### Definição das áreas prioritárias para corredores verdes

#### *Índice de vegetação*

Índices de vegetação são utilizados em sensoriamento remoto para estudos sobre os elementos vegetativos presentes em dada imagem. Envolve medidas radiométricas que indicam a abundância e a atividade da vegetação, como porcentagem de cobertura vegetal, quantidade de biomassa verde e absorção fotossintética. Esses índices são ajustados para normalizar efeitos decorrentes de variações no dossel e no solo e diferenças na senescência e na parte lenhosa da planta (Jensen, 2007).

Neste trabalho optou-se por utilizar o Transformed Vegetation Index (TVI), por mostrar bons resultados para destacar a vegetação em imagens de satélite de alta resolução. O TVI utiliza as bandas do vermelho e do infravermelho próximo da imagem para detectar a vegetação existente (Microimagens, 2007).

O TVI foi aplicado às imagens das áreas de estudo por meio do programa TNTmips 2009, onde as áreas mais claras destacam a presença de vegetação (alto valor de pixel), enquanto as áreas mais escuras indicam ausência de vegetação (baixos valores de pixel).

Um estudo de Tucker (1979) mostrou que o TVI fornece resultados satisfatórios para monitorar a atividade fotossintética de copas de árvores. O autor utilizou dados coletados em campo com um espectrômetro para quantificar e avaliar as relações entre as radiancias do vermelho e do infravermelho próximo. E concluiu que a razão entre a radiação do infravermelho próximo e do vermelho é sensível para detectar atividade fotossintética e presença de biomassa.

Após a aplicação desse índice para destacar onde é marcante a presença de vegetação, o resultado foi trabalhado no programa ArcGIS 9.2. Foi feita uma reclassificação da imagem em quatro classes, onde os valores variam de 0 a 3, sendo que o valor 0 corres-

ponde à ausência de vegetação, e o valor 3 à presença marcante de vegetação.

O resultado da reclassificação está nas figuras 5, 6 e 7, onde o verde mais claro corresponde ao valor 0 e o verde mais escuro ao valor 3.

Fazendo uso do TVI foi possível destacar as áreas que possuem alta densidade de vegetação em contraposição àquelas áreas que não possuem tal elemento ou que não o possuem de forma tão abundante.

Bairros com arborização densa, praças e parques são facilmente identificados na imagem pela diferença de cor. Isto auxilia também no estudo da distribuição de florestas urbanas numa determinada região.



Figura 5 – Índice de vegetação aplicado para a subprefeitura da Mooca: a) Resultado da aplicação do TVI; b) TVI reclassificado em quatro classes.

É possível visualizar nas subprefeituras da Mooca e da Sé que as áreas mais densamente arborizadas são poucas e estão alocadas no terreno de forma dispersa. Já a região abrangida pela subprefeitura de Pinheiros possui uma maior quantidade de bairros densamente arborizados e locais que concentram florestas urbanas.

Dessa maneira, nota-se que a subprefeitura de Pinheiros, em comparação com as duas outras, possui uma maior quantidade de áreas em que o TVI indica como de forte presença de vegetação.

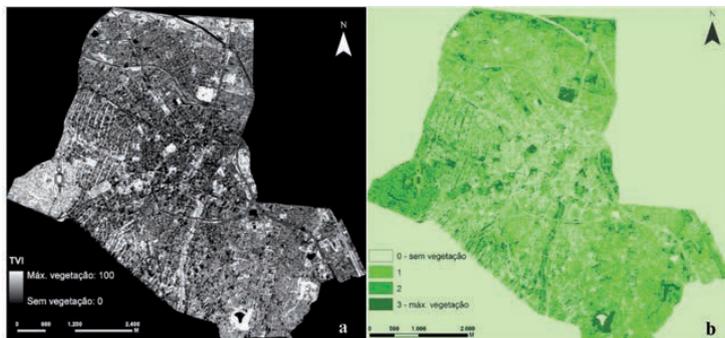


Figura 6 – Índice de vegetação aplicado para a subprefeitura da Sé: a) Resultado da aplicação do TVI; b) TVI reclassificado em quatro classes.



Figura 7 – Índice de vegetação aplicado para a subprefeitura de Pinheiros: a) Resultado da aplicação do TVI; b) TVI reclassificado em quatro classes.

## Declividade em áreas urbanas

O estudo de declividade em áreas urbanas é essencial para o planejamento ambiental. Por meio dessa variável é possível indicar quais as áreas mais favoráveis à ocupação humana, bem como quais áreas necessitam de atenção especial, em geral, as áreas mais declivosas.

De acordo com Torres (2003), declividades abaixo de 18% têm menor tendência a sofrer processos erosivos, sendo uma área favorável para ocupação; regiões com declividade entre 18% e 30% ainda são favoráveis para ocupação humana, entretanto já há certo risco de processos erosivos; áreas com declividade acima de 30% já possuem alto risco de processos erosivos, e a ocupação deve ser realizada com cautela.

A Lei Federal nº 6.766 de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no Brasil, em seu artigo 3º, parágrafo único, inciso III, diz que não será permitida construção em terrenos com declividade igual ou superior a 30%.

Ainda segundo Torres (2003), a eliminação da vegetação em regiões com declividade acima de 58% (30°) é a causa de processos erosivos e desmoronamento de morros.

Desta maneira, o planejamento das áreas verdes também deve considerar a declividade do local. Áreas declivosas devem receber atenção especial quanto à presença de elementos vegetativos, já que os mesmos auxiliam na diminuição das taxas de escoamento superficial e na contenção de escorregamentos de solo.

Assim, para este estudo foram gerados mapas de declividade a partir do MDT. Primeiro foram confeccionados mapas hipsométricos e então os mapas de declividade, no programa ArcGIS 9.2. Os mapas de declividade foram reclassificados como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Faixas de declividade

| <i>Faixas de declividade (%)</i> | <i>Reclassificação</i> |
|----------------------------------|------------------------|
| 0-5                              | 0                      |
| 5-10                             | 1                      |
| 10-30                            | 2                      |
| > 30                             | 3                      |

As figuras 8, 9 e 10 mostram os mapas de declividade das regiões de estudo e os mapas com a declividade já reclassificada.

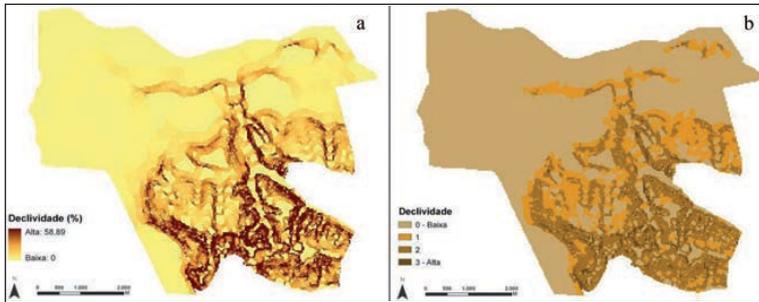


Figura 8 – Declividades referentes à subprefeitura da Mooca: a) Declividade gerada a partir do MDT e TIN; b) Declividade reclassificada em quatro classes.

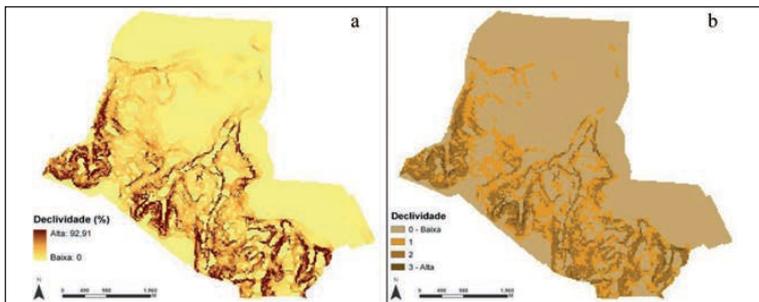


Figura 9 – Declividades referentes à subprefeitura da Sê: a) Declividade gerada a partir do MDT e TIN; b) Declividade reclassificada em quatro classes.

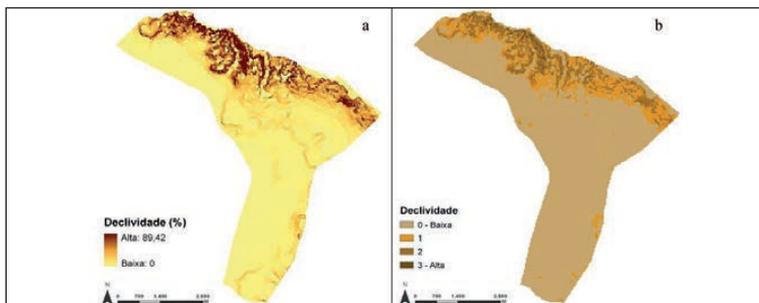


Figura 10 – Declividades referentes à subprefeitura de Pinheiros: a) Declividade gerada a partir do MDT e TIN; b) Declividade reclassificada em quatro classes.

## Áreas prioritárias para corredores verdes

Os resultados da combinação dos mapas de declividade com os mapas de TVI mostram as áreas prioritárias para uma política de arborização, que são as áreas mais declivosas e com menor presença de áreas verdes, de acordo com o índice de vegetação aplicado.

O mapa resultante para cada subprefeitura possui sete classes de prioridade.

Tabela 2 – Prioridade para arborização

| <i>Valores</i> | <i>Prioridade</i> |
|----------------|-------------------|
| -3             | muito alta        |
| -2             | alta              |
| -1             | média alta        |
| 0              | média             |
| 1              | média baixa       |
| 2              | baixa             |
| 3              | muito baixa       |

Foram feitas análises para cada subprefeitura, bairro a bairro. Com os resultados foi possível saber por quais bairros se deve iniciar um processo que leve ao aumento da arborização urbana, em cada subprefeitura, com foco em corredores verdes. A Figura 11 é o mapa representativo de áreas prioritárias para políticas de arborização da subprefeitura da Mooca.

Fez-se uma média dos valores de prioridade para cada bairro da subprefeitura representada na Figura 11 e chegou-se ao resultado apresentado na Tabela 3.

Essa média, então, considera os valores atingidos por cada pixel do mapa, representado na Figura 11, quando se cruzam valores de TVI e de declividade. Assim, quanto menor o número correspondente a uma classe, mais alta sua prioridade. Dessa maneira, quanto menor o valor da média da área correspondente a um bairro, maior é a necessidade de incremento da arborização urbana.

Tabela 3 – Média dos valores de prioridade para arborização nos bairros da subprefeitura da Mooca

| <i>Bairros</i> | <i>Média</i> |
|----------------|--------------|
| Água Rasa      | -0,53        |
| Mooca          | 0,07         |
| Tatuapé        | 0,35         |
| Brás           | 0,56         |
| Belém          | 0,58         |
| Pari           | 0,85         |

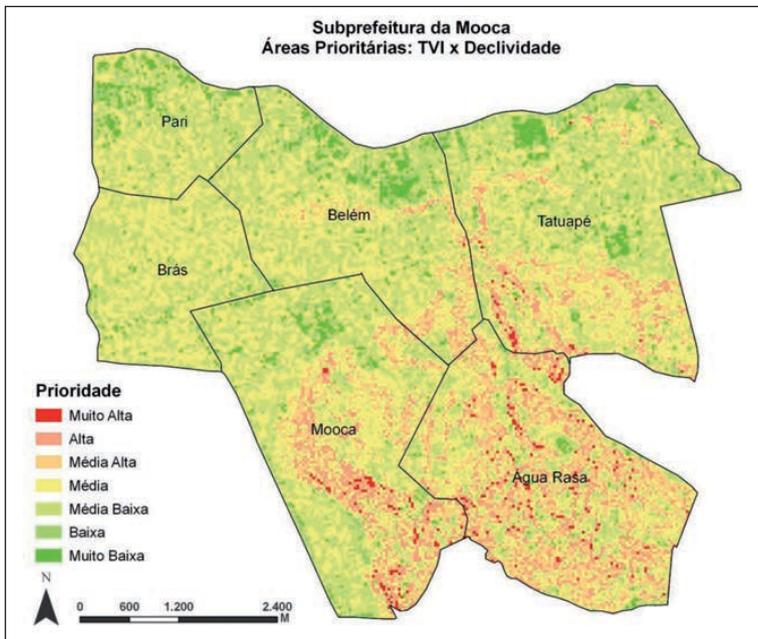


Figura 11 – Áreas prioritárias para políticas de arborização na subprefeitura da Mooca.

Como já foi possível visualizar no mapa, de acordo com as cores apresentadas, o bairro da Água Rasa é o que possui a maior necessidade de políticas de arborização, que teve uma média com

valor negativo. Outro bairro com um valor crítico é a Mooca, com um valor baixo como média. O bairro do Pari apresentou a melhor média.

A Figura 12 mostra o mapa representativo de áreas prioritárias para políticas de arborização da subprefeitura da Sé.

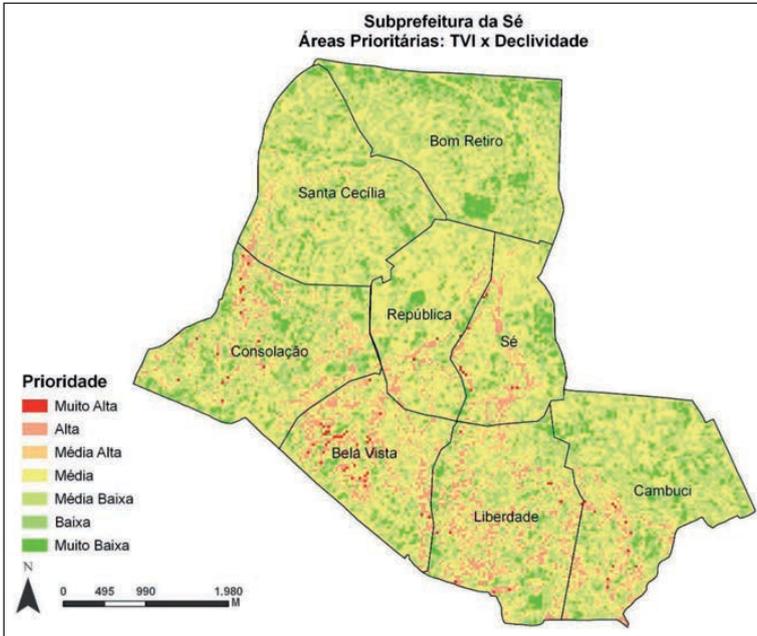


Figura 12 – Áreas prioritárias para políticas de arborização na subprefeitura da Sé.

Fez-se uma média dos valores de prioridade para cada bairro da subprefeitura apresentada na Figura 9, sendo que, como já explicado, quanto menor o valor da média para um bairro, maior a prioridade para sua arborização. Chegou-se ao resultado mostrado na Tabela 4.

Como já foi possível observar no mapa, de acordo com as cores apresentadas, o bairro da Bela Vista é o que possui a maior necessidade de incremento de arborização quando se considera as variáveis declividade e índice de vegetação, atingindo a menor média

quando comparado aos outros bairros. Outro bairro com um valor crítico é o bairro da Liberdade, com uma média de 0,23. E o bairro Bom Retiro apresentou a melhor média.

Tabela 4 – Média dos valores de prioridade para arborização nos bairros da subprefeitura da Sé

| <i>Bairros</i> | <i>Média</i> |
|----------------|--------------|
| Bela Vista     | 0,16         |
| Liberdade      | 0,23         |
| Consolação     | 0,58         |
| Sé             | 0,71         |
| Cambuci        | 0,82         |
| República      | 0,85         |
| Santa Cecília  | 1,04         |
| Bom Retiro     | 1,30         |

A Figura 13 mostra o mapa de áreas prioritárias para políticas de arborização da subprefeitura de Pinheiros.

Fez-se uma média dos valores de prioridade para cada bairro da subprefeitura apresentada na Figura 13, e chegou-se à Tabela 5.

Tabela 5 – Média dos valores de prioridade para arborização nos bairros da subprefeitura de Pinheiros

| <i>Bairros</i>    | <i>Média</i> |
|-------------------|--------------|
| Alto de Pinheiros | 0,88         |
| Jardim Paulista   | 0,90         |
| Pinheiros         | 1,10         |
| Itaim Bibi        | 1,45         |

De acordo com a análise da aplicação do TVI na região dessa subprefeitura, a mesma apresenta bons resultados quanto à arborização urbana, principalmente quando comparada com as outras subprefeituras analisadas neste estudo. Dessa maneira, a variável declividade teve peso fundamental no valor de prioridade dos bairros.

Esse mapa de áreas prioritárias, então, auxilia para novas ações de incremento de arborização a serem realizadas pela subprefeitura de Pinheiros. Assim, observa-se que os bairros Alto de Pinheiros e Jardim Paulista devem ser considerados como prioritários para novas políticas de arborização nessa regional. Itaim Bibi foi o bairro que apresentou a melhor média.

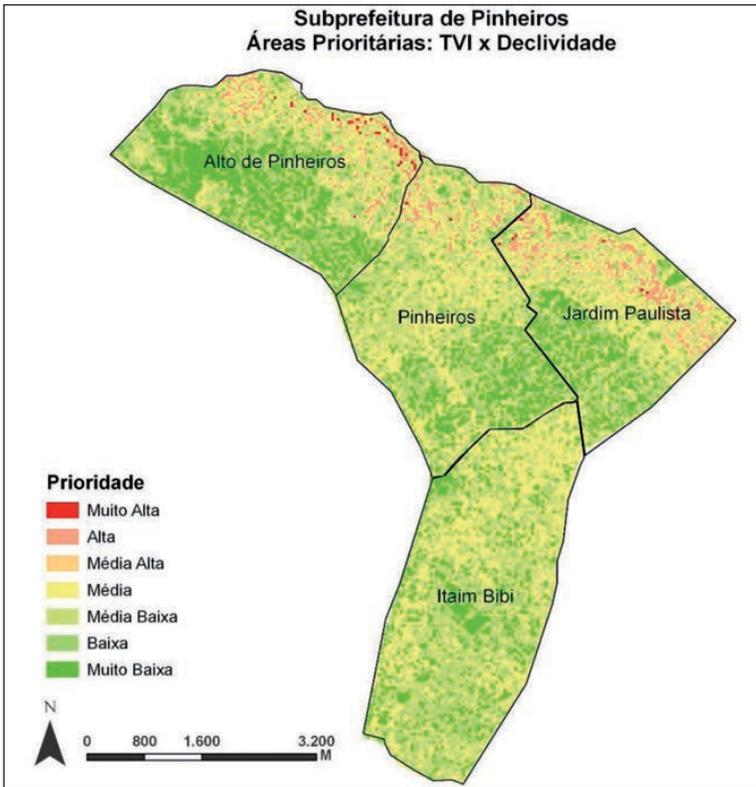


Figura 13 – Áreas prioritárias para políticas de arborização na subprefeitura de Pinheiros.

A partir da observação dos resultados evidenciados nas figuras anteriores das áreas prioritárias para arborização foi possível definir um corredor Leste-Oeste que ligue essas três subprefeituras, como mostra a Figura 14.

Verificou-se que as ligações realizadas por esse corredor conseguiram conectar parques, praças e outras áreas arborizadas, como o Parque da Aclimação, a Praça Visconde de Sousa Fontes e o terreno onde se localizava a Fundação Casa.

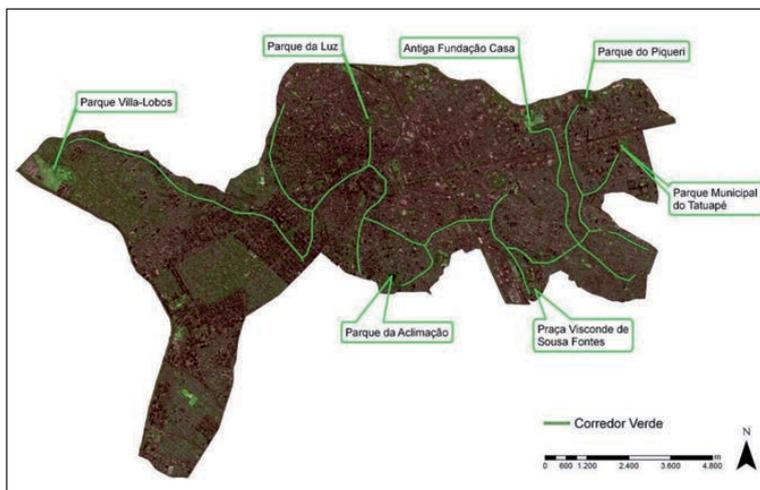


Figura 14 – Definição de corredores verdes para as subprefeituras da Mooca, da Sé e de Pinheiros.

### Índices de valores e riscos na bacia do córrego do Sapateiro

O resultado do processamento da imagem da bacia mostra que a quantidade de cobertura arbórea é similar ao mínimo recomendável para que a vegetação arbórea possa ter efeito benéfico no microclima urbano (Figura 15).

A estatística Kappa foi superior a 90%, indicando elevada acurácia no mapeamento temático. A Tabela 6 mostra o valor de cobertura arbórea acima de 30%, esse valor é considerado adequado para uma bacia que possui diferentes composições de uso e ocupação do solo que vão desde regiões comerciais contendo construções de vários pisos até regiões contendo residências unifamiliares.

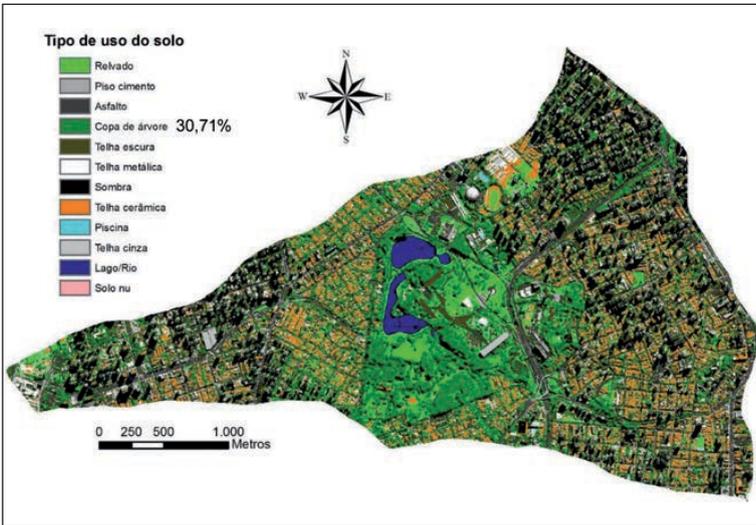


Figura 15 – Classificação temática obtida por meio de classificação supervisionada.

Tabela 6 – Quantificação das superfícies obtida por meio de classificação supervisionada

| <i>Classes de declividade 1, 2, 3 e 4</i> |                        |
|---|------------------------|
| <i>Classe de cobertura</i>                | <i>Porcentagem (%)</i> |
| Relvado                                   | 7,64                   |
| Piso cimento                              | 4,32                   |
| Asfalto                                   | 18,81                  |
| Copa de árvore                            | 30,71                  |
| Telha escura                              | 12,68                  |
| Telha metálica                            | 3,37                   |
| Telha cerâmica                            | 13,26                  |
| Piscina                                   | 0,17                   |
| Telha cinza                               | 7,24                   |
| Lago/Rio                                  | 1,68                   |
| Solo nu                                   | 0,11                   |
| Total                                     | 100,00                 |
| Área construída                           | 59,86                  |
| Área natural                              | 38,46                  |

Outro aspecto interessante nos dados produzidos pelo inventário é a valoração dos indivíduos arbóreos pelo método de fórmula e o índice de risco de queda das árvores. Aparentemente são dois indicadores complementares, mas pode-se utilizar ambos, para visualização em mapas em camadas diferentes, de árvores com elevado valor monetário e também elevado risco de queda, enquanto outras possuem apenas elevado risco mas baixo valor monetário. Tal modelo possibilita ações para conservação de árvores com elevado risco devido ao seu alto valor, ao passo que árvores de baixo valor, mas com igual risco, podem ser substituídas.

Assim, alternativas para a gestão das áreas arborizadas surgem a partir do reconhecimento de valores relativos para cada árvore e situação tanto em condições de parque urbano quanto em vias públicas ou propriedades particulares (figuras 16 e 17).

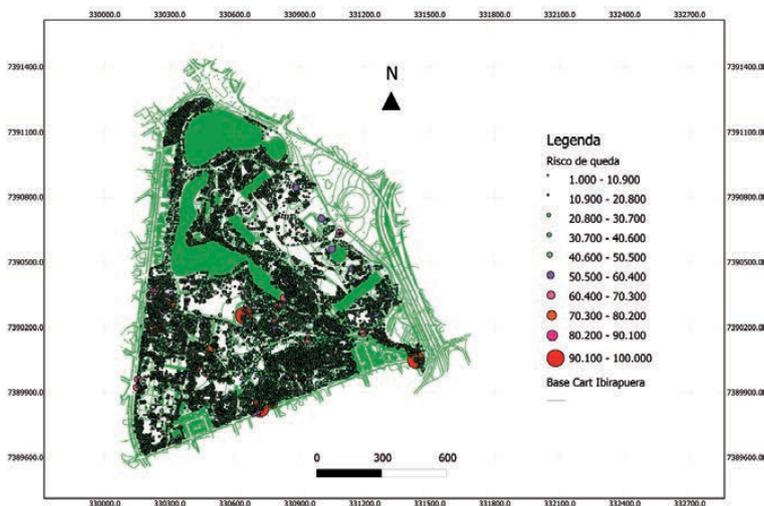


Figura 16 – Área do Parque Ibirapuera contendo os pontos de todas as árvores avaliadas segundo classes de risco de queda.

Na Figura 16, o mapa temático trata de todas as árvores do Parque Ibirapuera que foram avaliadas segundo suas vulnerabili-

dades individuais devido à presença de injúrias no tronco, inclinações e ocos na base e ou raízes com problemas de sanidade. Quando existe oportunidade de causar danos para usuários do parque, construções ou veículos em avenidas, as árvores recebem altos valores de risco, porém, quando estão mais isoladas, em locais pouco visitados e sem possibilidade de atingir avenidas ou construções, a preocupação com danos diminui e o índice de risco será menor.

O mapeamento de riscos e valores auxilia na gestão de riscos. Como exemplo, pode-se citar o parque infantil que poderá ter muitas árvores oferecendo riscos, porém existem outros espaços onde as árvores estão em melhores condições e, em vez de remover as árvores, o parquinho infantil poderá ser inteiramente deslocado para outra área no parque para abrigar atividades com maior segurança.

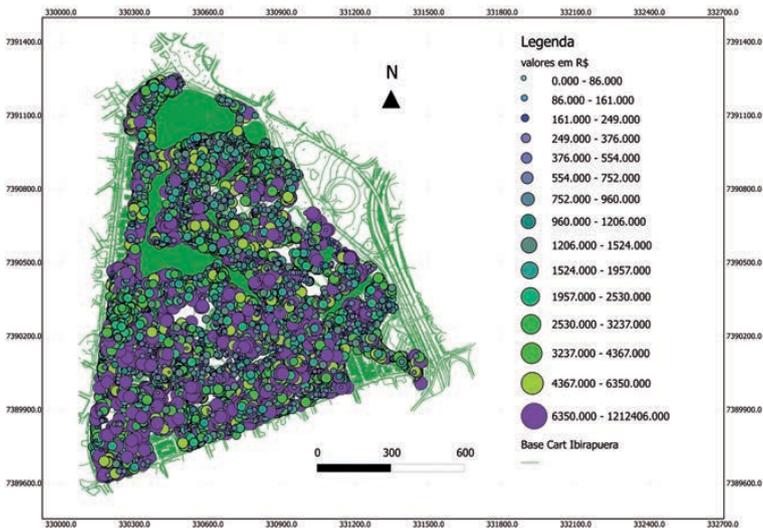


Figura 17 – Área do Parque Ibirapuera contendo os pontos de localização de todas as árvores avaliadas segundo classes de valor de importância relativo.

## Conclusões

Com a aplicação dos métodos desenvolvidos neste trabalho foi possível realizar análises da arborização urbana e identificar locais prioritários para corredores verdes nas regiões de estudo.

- O uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são fundamentais para análises do ambiente urbano, principalmente no que tange à arborização.
- A utilização das variáveis “índice de vegetação” e “declividade” em conjunto permitiu a localização de áreas prioritárias para corredores verdes nas subprefeituras da Mooca, da Sé e de Pinheiros.
- A utilização de banco de dados relacionais para o cálculo de índices de valor de importância e risco de queda é importante para complementar os dados para gestão do patrimônio arbóreo, importantes para o objetivo de gerar cidades com menor vulnerabilidade às mudanças climáticas.

## Referências bibliográficas

- CIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em <<http://www.cidadede.saopaulo.com/dados.asp>>. Acesso em 5/3/2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em 5/3/2007.
- JENSEN, J. R. *Remote sensing of the environment: an earth resource*. 2.ed. 592p. Nova Jersey: Prentice Hall, 2007.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. 210p. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MICROIMAGES. *TNTMIPS: Using Geospatial Formulas*. 20p. Lincoln: MicroImages, 2007.
- PORTAL DA PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em <<http://www.capital.sp.gov.br>>. Acesso em 2009.

- QUICKBIRD. Disponível em <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satellite/quickbird.html>>. Acesso em 20/6/2008.
- SAMUELS, R. et al. *Micro-urban-climatic thermal emissions: in a medium-density residential precinct*. City Futures Research Centre FBE/UNSW, Hassell (Sydney). 67p. Sidnei, 2010.
- SILVA FILHO, D. F. *Cadastramento informatizado, sistematização e análise da arborização das vias públicas da área urbana do município de Jaboticabal (SP)*. Jaboticabal, 2002. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.
- TORRES, E. M. *Metodologia para macroplanejamento de áreas verdes urbanas*. Viçosa, 2003. 68p. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.
- TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment (Nova York)*, v.8, n.2, p.127-50, 1979.



# 3

## IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS

*Íria F. Vendrame<sup>1</sup>*  
*Mateus A. R. Andrade<sup>2</sup>*  
*Marília C. Miranda<sup>3</sup>*

### Introdução

Algumas técnicas estatísticas têm sido empregadas para identificar tendências em dados hidrológicos em diferentes escalas temporais dada a crescente procura do entendimento dos impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2007). A precipitação tem sido analisada empregando-se testes não paramétricos estatísticos, como o teste Mann Kendall, os quais têm sido utilizados para confirmar o que é avaliado por meio de técnicas mais usuais, como médias móveis e análise de regressão (Kundzewicz & Robson, 2000; Burn & Hag Elnur, 2002; e Caloiero et al., 2011).

- 
1. Professora associada. Departamento de Recursos Hídricos – Divisão de Engenharia Civil – ITA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica – ITA/São José dos Campos (SP). *e-mail*: hiria@ita.br.
  2. Aluno de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica – ITA/São José dos Campos (SP). *e-mail*: mateus.andrade@saejacarei.com.br.
  3. Aluno de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica.

No Brasil, vários estudos de tendência de precipitação foram desenvolvidos com dados anuais e diários de precipitação (Blain, 2010; Santos et al., 2009; e Berlato et al., 2007).

Neste trabalho, utilizando-se os totais mensais do posto D-46 (SIGRH), a análise de tendência nos dados de precipitação foi realizada calculando a média para cada década do período 1970-1999 e a média de todo o período. Foram estimadas as relações entre os valores médios de precipitação, mês a mês, para cada década, e os valores médios de precipitação mês a mês, no período total, e essa relação foi denominada de *R*.

O transporte de sedimentos envolve desde os processos erosivos fonte de material até os processos de assoreamento nos locais de depósito do mesmo. Os processos erosivos possuem ocorrência natural, provocados por agentes como chuvas, ventos, tectonismo ou vulcanismo. No entanto, atualmente, percebe-se a crescente ação antrópica intensificando esse processo natural de forma drástica. Além disso, para o Brasil, o IPCC (2001) prevê para o século XXI um aumento de 4 a 4,5 °C na temperatura média do ar nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e um possível aumento de 10% a 15% nas precipitações no outono, o que aumentará o transporte de sedimentos, já que os sedimentos formados a partir dos processos erosivos são carregados pelos ventos e principalmente pelas chuvas para os cursos d'água. Há grande interesse econômico e socioambiental em estudar a alocação das áreas de assoreamento, a degradação dos locais em erosão e a própria descarga sólida levada pelo fluxo d'água. O Brasil, de modo geral, apresenta uma carência de estratégias nacional e regionais em relação à investigação de vulnerabilidades e medidas de adaptação para lidar com a questão da mudança climática (Marengo, 2010).

## Materiais e métodos

### Problemas relativos ao transporte de sedimentos na bacia do rio Claro

A bacia do rio Claro é uma sub-bacia do rio Juqueriquerê, localizada no litoral norte do estado de São Paulo, possui 70 m<sup>2</sup> de área nos municípios de São Sebastião e Caraguatatuba. A Figura 1a mostra a localização da bacia do rio Claro e a Figura 1b mostra a rede de drenagem e a localização da seção de medições. O transporte de sedimentos tem interferido no abastecimento de água do litoral norte, gerando diversos problemas na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Porto Novo. Essa bacia hidrográfica apresenta problemas relacionados ao assoreamento. No baixo curso do rio, há grande interferência antrópica e em seu médio curso há ocorrências de atividades rurais. Ao longo da bacia do rio Claro há vários pontos de erosão e locais onde esse material erodido das margens, juntamente com os sedimentos trazidos pelas chuvas, gera áreas de assoreamento.

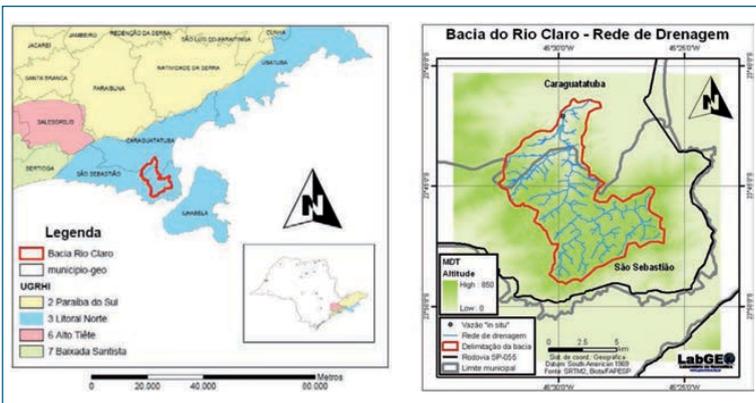


Figura 1a – Localização da bacia do rio Claro. Figura 1b – Rede de drenagem, altitude e localização da seção de medições.

Fonte: Andrade, 2009.

Na foz do rio Juqueriquerê há um pequeno porto que atende a comunidade de pescadores da região; atualmente, devido ao assoreamento, o porto pode ser utilizado somente no horário de pico da maré. Em momentos de maré baixa, ele possui apenas entre 20 e 30 cm de calado, sendo intransitável para as embarcações dos pescadores e turistas da região. A situação é apenas um dos exemplos da interferência negativa do assoreamento no cotidiano dos habitantes de Caraguatatuba e São Sebastião. A Figura 2a ilustra ponto de erosão nas margens do rio Claro, e a Figura 2b ilustra o assoreamento do porto localizado na foz do rio Juqueriquerê.



Figura 2a – Erosão nas margens do rio Claro. Figura 2b – Pequeno porto assoreado na foz do rio Juqueriquerê.

Fonte: Andrade, 2009.

Empregando-se os dados de batimetria e de velocidades no rio coletados nos anos de 2007, 2008 e 2009, podem-se traçar a curva-chave da seção a 30 m a montante da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) 32521. Para a obtenção da curva-chave dispunha-se de sete pontos nível  $\times$  vazão e optou-se por utilizar o método logarítmico para o ajuste da curva.

Obeve-se a seguinte equação para a curva-chave, na seção de medições do rio Claro:

$$Q = 1,103(\Delta h)^{0,2434} \quad (\text{Equação 1})$$

sendo:  $Q$  a vazão líquida no rio em  $\text{m}^3/\text{s}$  e  $h$  o nível da água no rio em m.

Calculada a curva-chave da seção em estudo no rio Claro, foram efetuados os cálculos de transporte de sedimentos. O transporte de sedimentos foi dividido em duas parcelas: o transporte de material sólido do leito formado por partículas saltitantes e material de arrasto, e o transporte de material sólido em suspensão.

A soma dessas duas parcelas resulta na descarga total de sólidos. A descarga de material do leito foi calculada de forma indireta através da fórmula de Yang para areias. A aplicação dessa fórmula, com o uso de dados do material de leito do rio Claro obtidos no dia 23 de fevereiro de 2008, por Perdomo (2010), resultou em:

$$Q_{\text{SML}} = 9,8135Q \text{ (kg/s}^{-1}\text{)} \quad \text{(Equação 2)}$$

sendo:  $Q_{\text{SML}}$  a vazão sólida do material do leito em kg/s e  $Q$  a vazão líquida no rio em L/s.

O transporte de sedimentos em suspensão foi calculado com o uso de dados da coleta direta na seção em estudo nos dias 23 de fevereiro de 2008 e 31 de março de 2009. Assim, foram obtidas as descarga de sólidos em suspensão de 16,918 kg/s, em fevereiro de 2008, e 45,689 kg/s, em março de 2009.

## Disponibilidade hídrica do ribeirão Guaratinguetá

O ribeirão Guaratinguetá é um dos principais contribuintes da margem esquerda do rio Paraíba do Sul. O ribeirão nasce na serra da Mantiqueira e tem todo o seu trajeto inserido no município de Guaratinguetá, desaguando em sua área urbana. Ocupa uma área aproximada de 164 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 20% da área total do município de Guaratinguetá, que é de 734 km<sup>2</sup>. Os principais afluentes do ribeirão Guaratinguetá a montante, em área de cabeceira e médio curso superior, são os ribeirões Taquaral, Gomeral e do Sino (Figura 3), e, em sua porção a jusante, nas áreas de várzea, não há contribuições expressivas. Sua nascente principal localiza-se a aproximadamente 1.997 metros de altitude, na serra da Man-

tiqueira (Ferreira et al., 2011). É o principal fornecedor de água para a população da cidade de Guaratinguetá. Além do abastecimento, esse ribeirão fornece água para a prática da agricultura irrigada no município. A captação no ribeirão Guaratinguetá localiza-se cerca de 400 m da ETA, em área reservada que pertence à Aeronáutica, com cessão de uso para a Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (Saeg). Estudo elaborado pela Saeg estima o  $Q_{7,10}$  de  $0,516 \text{ m}^3/\text{s}$  para o ribeirão (Saeg, 2010). Este trabalho pretende colaborar para a análise das vulnerabilidades enfrentadas na questão do abastecimento urbano futuro em face da variabilidade dos fenômenos climáticos na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá, parte constituinte da bacia do rio Paraíba do Sul, no município de Guaratinguetá. Para isso, investigou-se a existência de tendências em séries temporais de dados hidrológicos de precipitação na bacia.

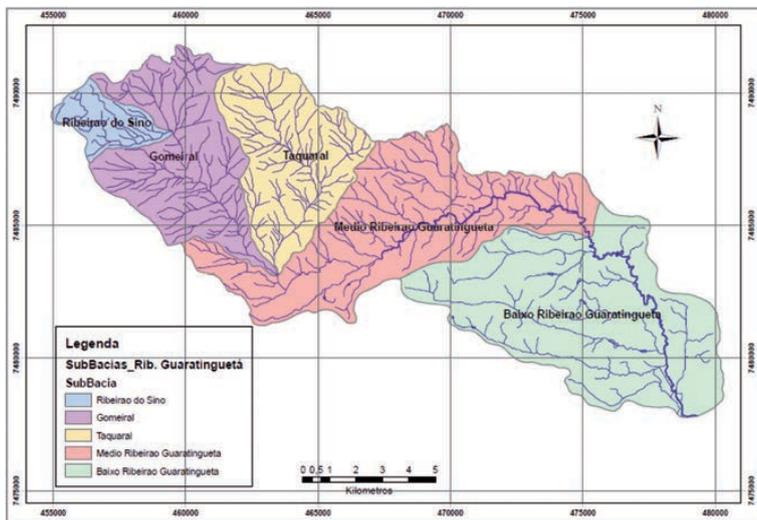


Figura 3 – Sub-bacias formadoras da bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá.

Fonte: Adaptado de Ferreira, 2011.

## Análise de tendência na precipitação

A identificação, período de registros e localização das estações, localizadas na bacia do rio Juquerirê, bem como a fonte fornecedora dos dados, podem ser visualizados na Tabela 1. Escolheram-se os postos de observação de dados pluviométricos mais próximos do local de captação da Sabesp, e fez-se o preenchimento de falhas nos dados de precipitação do posto E2-046 usando-se os dados do posto vizinho E2-045. Nos quatro últimos anos de observações havia muitos dias sem dados, por isso, optou-se por desconsiderar essas observações.

Tabela 1 – Identificação das estações pluviométricas do SigRH – rio Claro

| Código | Coordenadas |           | Início | Final  | Fonte |
|--------|-------------|-----------|--------|--------|-------|
|        | Latitude    | Longitude |        |        |       |
| E2-046 | 23°38'S     | 45°26'O   | 1/1970 | 8/2004 | SigRH |
| E2-045 | 23°46'S     | 45°25'O   | 1/1970 | 8/2004 | SigRH |

Para a bacia do ribeirão Guaratinguetá, escolheram-se estações localizadas na bacia hidrográfica que estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Identificação das estações pluviométricas da ANA e do SigRH– ribeirão Guaratinguetá

| Código  | Coordenadas<br>(UTM/WGS 1984) |         | Início   | Final    | Fonte |
|---------|-------------------------------|---------|----------|----------|-------|
|         | X                             | Y       |          |          |       |
| D2-015  | 479463                        | 7485977 | ago/1957 | dez/2002 | SigRH |
| D2-077R | 464056                        | 7487793 | ago/1957 | ago/2002 | ANA   |

Assim, para análise de tendências de variações climáticas, a partir das séries temporais, utilizaram-se dados disponíveis para períodos sucessivos de pelo menos 30 anos.

A análise dos dados de precipitação foi realizada calculando-se os totais mensais de precipitação, a média mensal de precipitação para cada década do período 1970-1999 e a média mensal de precipitação de todo o período. Foram estimadas as relações entre os valores médios de precipitação em cada década e o valor médio de precipitação no período total; essa relação foi denominada de  $R$ .

Para verificar a análise de tendência de crescimento dos totais precipitados foram elaborados gráficos exibindo a razão entre as médias dos valores de precipitação por década, resultantes dos totais anuais de precipitação, e a média total do período analisado. A Figura 4 exemplifica um desses gráficos, no caso, o posto D2-015, onde a razão  $R$  apresentou o valor de 1,43 para a década 1990.

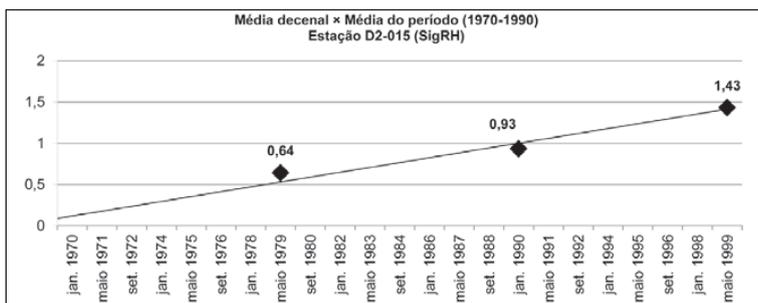


Figura 4 – Média decenal/média do período 1970-1999 – estação D2-015.

## Resultados e discussão

O gráfico da Figura 5 apresenta os valores de  $R$ , para os dados de precipitação, mês a mês, para as três décadas analisadas, no período 1970-1999, para o posto D-46 localizado em Caraguatutuba (SP). Comparando-se os valores de  $R$  para a base anual, nas três décadas, observa-se que a década de 1990, apresentou o maior valor (1,043), seguido pela década de 1980 (0,981). A década de 1970 apresentou  $R$  igual a 0,976, portanto, ligeiramente menor do que o apresentado pela década de 1980. Na década de 1980, a re-

lação  $R$  foi maior do que 1,0 em quatro meses, apresentando uma tendência positiva, e foi menor do que 1,0 em seis meses do ano, apresentando uma tendência negativa. Comparando-se os valores de  $R$  mês a mês, nas duas últimas décadas, os valores foram maiores na década de 1990, excetuando-se os meses de abril, junho e dezembro. Comparando-se a relação  $R$ , mês a mês, nas décadas de 1970 e 1980, percebe-se que, em sete meses do ano, os valores de  $R$  foram levemente maiores na década de 1970. Para o período chuvoso (outubro a março), o valor médio da precipitação na década de 1990 foi 17,26 mm maior do que o valor médio da década anterior. O valor médio da precipitação na década de 1980 foi 1,38 mm menor que o valor médio da década de 1970. O posto D-46 apresentou simultaneamente aumento das menores e maiores taxas de precipitação para os valores médios de precipitação e para os valores acima da média.

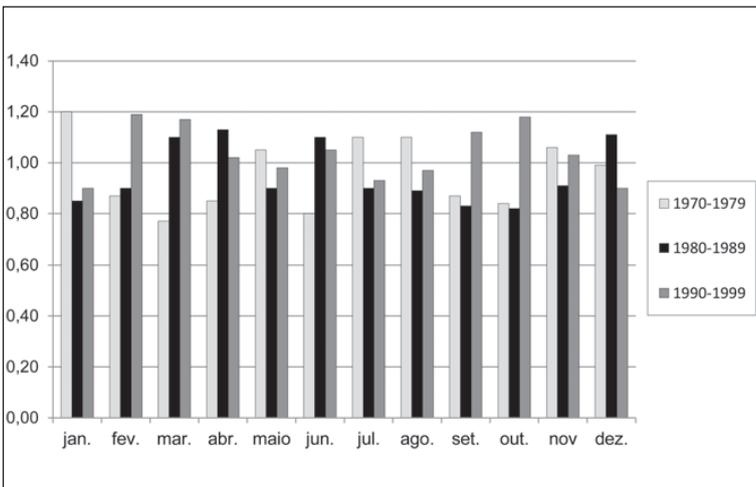


Figura 5 – Valores da relação entre a média da precipitação mensal na década e a média da precipitação mensal do período, mês a mês, para o posto D-46, em Caraguatatuba.

Fonte: Vendrame & Andrade, 2012.

O gráfico da Figura 4 mostra que há uma tendência positiva para o valor da razão entre a média das décadas e a média do período. O gráfico da Figura 6 exhibe, para o posto D2-015, em Guaratinguetá, a frequência de eventos diários de precipitação no período: nota-se que mesmo as chuvas de menor intensidade ( $> 30$  mm/dia) ocorrem com uma frequência maior na última década analisada, e aquelas de maior intensidade ( $> 50$  e  $> 100$  mm/dia) apresentam-se com maior frequência no período 1987-1997, para a estação D2-015.

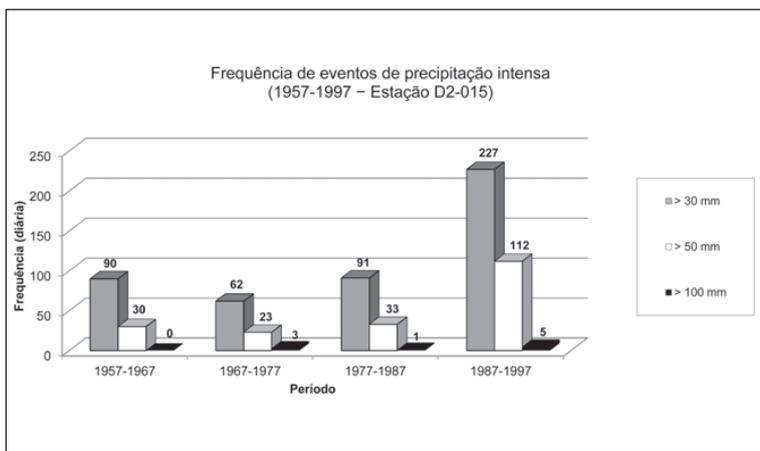


Figura 6 – Frequência de eventos diários de precipitação entre 1957 e 1997 para a estação D2-015, Guaratinguetá.

Fonte: Miranda & Vendrame, 2012.

## Conclusões

Os resultados apresentados nas figuras 5 e 6 indicam, respectivamente, aumento na frequência e intensidade das chuvas na região.

No período chuvoso (outubro a março), a década de 1990 apresentou uma tendência positiva na precipitação, com precipitação média 9,6% maior que a da década anterior. Para a base anual, a

relação valor médio na década e o valor médio do período foi maior na década de 1990, em relação às duas décadas anteriores, sendo mais significativa em relação à década de 1980 e ligeiramente maior quando se comparam as décadas de 1970 e a de 1980. Foram obtidas as descarga de sólidos em suspensão de 16,918 kg/s em 23/2/2008 e 45,689 kg/s em 31/3/2009.

O relatório do IPCC (2001) prevê para o século XXI um possível aumento de 10% a 15% nas precipitações no outono, para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, e o relatório do IPCC (2007) prevê um aumento na frequência e na intensidade das precipitações para as próximas décadas para a região Sudeste do Brasil.

De acordo com as equações 1 e 2, o transporte de sedimentos é acentuado com o aumento das vazões, que, por sua vez, dependem da magnitude das precipitações; portanto, pode-se concluir que ocorrerão futuras vulnerabilidades no abastecimento de água dos municípios, e que as enchentes, que já ocorrem na duas bacias hidrográficas analisadas, serão mais frequentes e alcançarão maiores níveis. O calado do porto, na foz do rio Juquerirê, decrescerá em função da aceleração do processo de assoreamento no canal.

A região do litoral norte paulista costuma sofrer problemas no abastecimento de água no período de veraneio. Para uma programação da captação de água bruta, a fim de evitar a entrada excessiva de sedimentos na ETA e prejuízos ao tratamento, torna-se importante quantificar a descarga sólida média anual no rio Claro em função de previsões de chuva.

A identificação de variabilidade climática, a ocorrência de chuvas mais intensas no período chuvoso e de maior número de dias com chuva no período seco pode gerar a necessidade de alterações no método de dimensionamento e na operação do sistema de captação de água na bacia do ribeirão Guaratinguetá.

## Agradecimentos

Agradecemos à Fapesp, projeto 2008/58161-1, e ao CNPq pelo auxílio à pesquisa.

## Referências bibliográficas

- BERLATO, M. A. et al. Tendência observada da precipitação pluvial anual e estacional do estado do Rio Grande do Sul e relação com a temperatura da superfície do mar do oceano Pacífico. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Aracaju, 2007. (CD-Rom).
- BLAIN, G. C. Tendência e variações climáticas em séries anuais de precipitação pluvial do estado de São Paulo. *Bragantia*, v.69, n.3, p.765-70, 2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php/pid=S0006->>.
- BURN, D. H., HAG ELNUR, M. A. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, v.255, p.107-22, 2002.
- CALOIERO, T. et al. Trend detection of rainfall in Calabria Italy. *International Journal of Climatology*, v.31, p.44-56, 2011.
- FERREIRA, M. C. et al. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR). Curitiba, 2011. *Anais...* Paraná: Inpe, 2011. p.1.368.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2001: the scientific basis*. 881p. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- \_\_\_\_\_. In: SOLOMON, S. et al. (Ed.). *Climate Change 2007: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 996p. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- KUNDZEWICZ, Z. W., ROBSON, A. Detecting trend and other changes in hydrological data, World Climate Programme-Water. *World Climate Programme Data and Monitoring*, WCDMP-45, WMO/TD (Genebra), n.1.013, 158p, 2000.

- MARENCO, J. A. *Assessment of impacts and vulnerability to climate change in Brazil and strategies for adaptation options*. Fapesp Research Program on Global Climate Change, 2010.
- MIRANDA, M. C., VENDRAME, I. F. Indicadores de impactos climáticos para o abastecimento de água em uma sub-bacia do rio Paraíba do Sul. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Gramado, 2012. *Incertezas e desafios para a sustentabilidade planetária: o papel da ciência meteorológica*. v.1. Rio de Janeiro: Editora da SBMET, 2012. p.260-66.
- PERDOMO, C. *Influência das propriedades físico-mecânicas e hídricas do solo na susceptibilidade a escorregamentos em vertente declivosa na serra do Mar em Caraguatatuba*. Campinas, 2010. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Estadual de Campinas.
- SAEG. Plano Municipal de Abastecimento de Água de Guaratinguetá (SP). Revisão 3 – 08/11/2010.
- SANTOS, C. A. C., BRITO, J. I. B., RAMANA RAO, T. V., MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, p.39-47, 2009.
- VENDRAME, I. F., ANDRADE, M. A. R. Variabilidade climática na bacia hidrográfica do rio Juqueriquerê, no litoral norte de São Paulo. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Gramado, 2012. *Incertezas e desafios para a sustentabilidade planetária: o papel da ciência meteorológica*. v.1. Rio de Janeiro: Editora da SBMET, 2012. p.223-30.



# 4

## BANCO DE DADOS DE EVENTOS ATMOSFÉRICOS SEVEROS E A RELAÇÃO COM RISCOS AMBIENTAIS

*Geórgia Jorge Pellegrina<sup>1</sup>*

### Introdução

Atualmente, o estudo da ocorrência de tempo severo ganha cada vez mais importância, pois esses eventos geram inúmeros impactos socioeconômicos e/ou ambientais, como a perda de bens e vidas humanas. Entre os eventos severos atmosféricos, as tempestades merecem destaque, pois, segundo Marcelino (2003): “As ocorrências de tempestades intensas podem provocar diferentes tipos de fenômenos atmosféricos extremos potencialmente danosos”. O monitoramento de informações relativas a esses eventos é muito importante, uma vez que tornam mais eficazes as possíveis medidas mitigadoras das consequências das desastres naturais.

O aumento das ocorrências de desastres naturais de natureza atmosférica pode ter sido decorrente das mudanças ambientais globais. No relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), os estudos têm mostrado que eventos extremos de precipitação estão aumentando.

Os desastres naturais de diferentes naturezas (hidrometeorológicos e geofísicos) têm afetado um grande número de pessoas, con-

---

1. Bióloga, mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Doutoranda em Geografia.

forme mostram os dados do EM-DAT. O Brasil se destaca com mais de cem mil pessoas afetadas em 2010, o que ressalta a importância de estudo dentro dessa temática em nosso país.

A Figura 1 destaca a relação dos prejuízos financeiros e o número de afetados, e é possível observar a diminuição de pessoas mortas no período; esse fato pode ser atribuído aos sistemas de prevenção e alerta que estão sendo desenvolvidos para preparar a população em áreas de risco. É importante levar em consideração que, atualmente, as ocorrências são registradas com maior eficácia e conta com a facilidade da Internet para divulgação imediata; isso ajuda a explicar essa tendência dos últimos 15 anos.

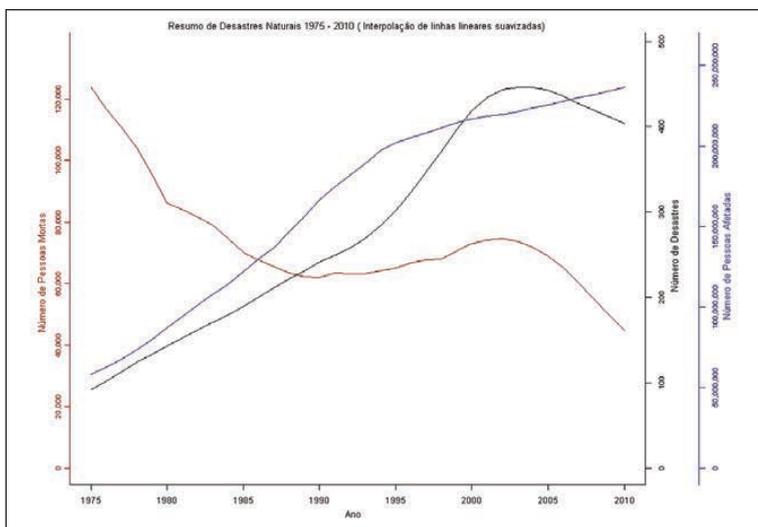


Figura 1 – Tendência mundial dos desastres naturais (linha preta), número de pessoas afetadas (linha azul) e número de mortos (linha vermelha), no período de 1975 a 2010.

Fonte: EM-DAT, 2010.

Diante do impacto das diversas ações antrópicas e dos danos causados pelos desastres naturais, não podemos deixar de associar esses eventos à dinâmica climática. Embora a variabilidade seja

uma componente dessa dinâmica, ela pode causar reflexos significativos nas mais diversas áreas.

Segundo Nunes (2009), o peso dos desastres de natureza atmosférica é substancial: 90% dos eventos, 72,5% das vítimas e 75% das perdas estão relacionados a secas, inundações, tempestades extremas, queimadas, além de escorregamentos de encostas, epidemias e infestações de insetos diretamente associados às condições meteorológicas.

A United Nations – International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR, 2009) define desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de enfrentá-los com seus próprios recursos.

O banco de dados Emergency Disasters Database (EM-DAT) é uma compilação de dados e informações sobre a ocorrência de desastres obtidos de diversas fontes, como as agências das Nações Unidas, as organizações não governamentais, as companhias de seguros, os institutos de pesquisa e as agências de notícias.

Os critérios objetivos adotados no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT sobre desastres consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios: dez ou mais mortes; cem ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência ou pedido de auxílio internacional. Segundo estatísticas do EM-DAT, mais de 320 mil pessoas morrem por ano em decorrência dos desastres naturais, sendo que 99% ocorrem em países em desenvolvimento.

A Figura 2 mostra as informações do número de mortos em 2010 segundo o EM-DAT, destacando o Brasil com um número significativo de afetados.

Segundo Alcântara-Ayala (2002), a ocorrência dos desastres naturais está ligada não somente à suscetibilidade física, devido às características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, isto é, o sistema econômico-social-político-cultural.

Já no glossário da Defesa Civil Nacional, desastre é definido como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Para Castro (1998), a intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.

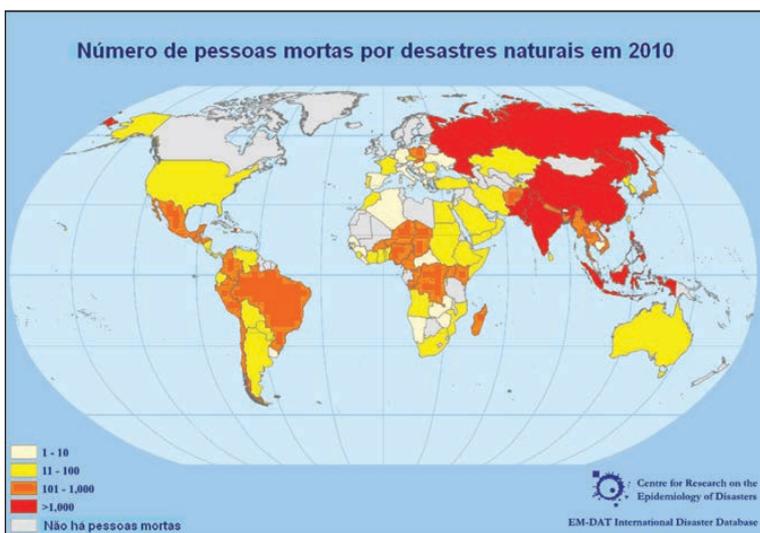


Figura 2 – Número de mortos por desastres naturais em 2010 em todo o mundo.

Fonte: EM-DAT, 2010.

Na natureza ocorrem diversos tipos de fenômenos que fazem parte da dinâmica natural da Terra. Mas, se ocorrerem ou se deslocarem sobre um sistema social, tem-se uma situação potencial de danos a pessoas e bens (perigo). Caso o impacto produza danos e prejuízos extensivos e/ou de difícil superação pelas comunidades afetadas, será então considerado um desastre. Se as consequências forem mínimas ou nulas, será considerado somente um evento natural (Marcelino, 2008).

Para exemplificar, uma tempestade severa (evento natural) produz fortes chuvas e ventos. Quando se desloca em direção a uma área urbana, densamente ocupada, torna-se um perigo, principalmente para as áreas consideradas de alto risco. Atingindo essas áreas, casas são alagadas e destruídas, pessoas morrem e outras tantas são obrigadas a procurar locais seguros, como os abrigos temporários e, conforme a magnitude das consequências, torna-se um desastre natural.

Dependendo da magnitude ou intensidade, os danos podem acarretar um desequilíbrio dos serviços essenciais vinculados ao fornecimento de água, luz, comunicação e transporte, caracterizando um cenário típico de desastre. Entretanto, na continuação da trajetória, quando atinge áreas não ocupadas (campos e matas), a tempestade volta a ser considerada um evento natural.

A questão do risco ambiental envolve tanto aspectos físicos como sociais. Em termos de condicionantes físicos, a ocorrência de qualquer evento meteorológico, como um tornado em áreas desabitadas, é considerada apenas evento natural; entretanto, quando esse fenômeno ocorrer em áreas ocupadas pelos seres humanos, é considerado um risco ambiental (Augusto et al., 1990).

Diversos autores fazem suas definições sobre o termo risco e perigo, como Augusto Filho (2001), Cerri & Amaral (1998), Zucquete (1993), Ogura (1995), Cutter (2001), Mileti (1999), Kovach (1995), entre outros. Algumas definições relacionam os termos entre si, confundindo riscos com vulnerabilidade, suscetibilidade, desastres e perigo.

A definição de risco ambiental inclui também os processos induzidos pela ação antrópica em sua caracterização. Sendo assim, Cerri & Amaral (1998) apresentam uma classificação para esse termo, como mostra a Figura 3.

Risco ambiental também pode ser definido, segundo Bryant (1991), como uma situação de perigo, perda ou dano aos seres humanos e às suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência dos acidentes ambientais.

Marchand (2005) assinala que os riscos climáticos, em princípio, apresentam similaridades com os de outras naturezas, pois suscitam considerações quanto às suas casualidades, continuidade e/ou descontinuidade no espaço, escalas espaciais e temporais de abrangência e estabilidade dos sistemas espaciais. No entanto, os riscos climáticos possuem características que diferenciam suas complexidades: alguns apresentam caráter de multifuncionalidade, por serem agentes diretos de riscos (tempestades) ou indiretos (inundações) ou, ainda, agentes que agravam a vulnerabilidade.

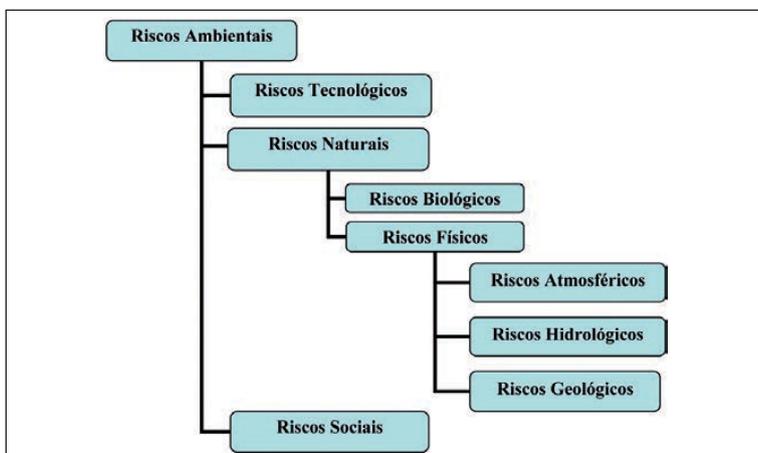


Figura 3 – Classificação de riscos ambientais.

Fonte: Adaptado de Cerri & Amaral, 1998.

Os riscos climáticos podem também assumir distintas funções, como no caso de ciclones tropicais. É importante assinalar que, ainda que episódios de natureza atmosférica com potencial para deflagrar desastres sejam, em alguma extensão, randômicos, eles são mais previsíveis do que fenômenos geofísicos, aspecto que carrega importantes implicações operacionais e até políticas relacionadas à tomada de medidas para evitar ou diminuir as consequências dessas manifestações calamitosas (Nunes, 2009).

Uma das principais ferramentas para a gestão de risco são as geotecnologias, representadas especialmente pelo sistema de in-

formação geográfica (SIG), o sensoriamento remoto (imagens de satélite) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS). As geotecnologias possibilitam a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados, que, devido à complexidade dos desastres naturais, seriam praticamente inviáveis de ser tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais.

Com essas ferramentas, produzem-se dados em pouco tempo e com baixo custo, combinando dados espaciais multifontes, a fim de analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte às tomadas de decisões (Bonham-Carter, 1996).

Devido à grande complexidade de variáveis e tipos de dados, assim como a forma de mensuração, as avaliações de risco geralmente envolvem muita incerteza. Segundo Balaji et al. (2002), os principais dados requeridos numa avaliação de risco são:

- Dados sobre o perigo: tipo, data, local de ocorrência, magnitude etc.
- Dados sobre o ambiente físico: geologia, geomorfologia, hidrologia, climatologia, uso da terra etc.
- Dados sobre a exposição local: infraestrutura urbana, edificações, população, dados socioeconômicos, agropecuários etc.

Além disso, a incerteza pode aumentar com a combinação ou complexidade do risco, principalmente quando envolve múltiplos perigos. Sempre que possível, devem-se utilizar dados quantitativos, de fontes oficiais, longas séries históricas e métodos de análises que envolvam modelos matemáticos e físicos. A intenção é que essa avaliação torne-se passível de repetição e comparação, refletindo de forma mais precisa a realidade local e não a percepção do especialista responsável pela análise.

Por esse motivo, a partir de 2006, foi iniciada a formalização de um banco de dados de ocorrências registradas no estado de São Paulo pela Defesa Civil (Pellegrina, 2011), complementadas por

informações obtidas através de jornais locais e edições *on-line*, determinando vários fenômenos relacionados aos eventos severos.

Por meio desse banco de dados, é possível indicar as principais características e espacializar as informações em um sistema de informação geográfica (SIG), possibilitando um entendimento dos padrões espaciais e temporais associados aos riscos e desastres. Dessa maneira, é viável inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, censitários, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Em acréscimo, são oferecidos mecanismos para combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados (Ribeiro & Câmara, 2004).

Sendo assim, é interessante mostrar à comunidade científica a existência desse banco de dados e seu conteúdo abrindo a possibilidade do desenvolvimento de inúmeras pesquisas, uma vez que possibilita relacionar os eventos severos como granizo, vendaval, ocorrência de raios, enchentes repentinas, chuvas fortes e tornados, com os danos causados, sendo esses: queda de barreira, queda de árvore, transbordamento de rio, queda de pontes, inundações, enchentes repentinas, alagamentos, destelhamento, deslizamento de terra, escorregamento de encostas, desbarrancamento, rompimento de barragens, erosão, além do número de desabrigados, desalojados, feridos e mortos.

Além disso, a pesquisa foi complementada em Pellegrina (2011), com a espacialização das áreas atingidas por tempo severo e que tiveram, como consequência, os movimentos de massa: escorregamentos de encostas, deslizamentos de terra e quedas de barreiras. Foram considerados os eventos ocorridos em três períodos chuvosos: o primeiro entre setembro de 2009 a fevereiro de 2010, o segundo entre setembro de 2010 a fevereiro de 2011, e o terceiro entre os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2012.

## Metodologia

O banco de dados de eventos severos utilizado foi o proposto por Pellegrina (2011), a partir dos boletins de ocorrência da Defesa Civil do estado de São Paulo, e deles extraídas as informações mais importantes, contendo os danos ocorridos, os fenômenos atmosféricos que os propiciaram, localização, data e hora dos sinistros.

As informações para a elaboração do banco de dados foram obtidas na página eletrônica da Defesa Civil do estado de São Paulo, disponibilizados desde 1995 até os dias atuais. Outros dados foram coletados através de jornais locais e de edições *on-line*.

Todas as ocorrências foram codificadas e digitadas numa planilha Excel. Para facilitar a digitação dos dados, foi criado um código numérico para cada evento meteorológico e outro código para os danos ocorridos (Pellegrina, 2011).

The image shows a screenshot of the IPMet website. At the top left is the UNESP logo and the text 'UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Baurão'. At the top right is the text 'Página Inicial | Fale Conosco | Portal UNESP'. Below this is a blue header with 'IPMet - Instituto de Pesquisas Meteorológicas'. On the left is a vertical navigation menu with items: 'Instituição', 'Cadastro', 'Imagem do Radar', 'Boletim do Radar', 'Alertas no Twitter', 'Sistema de Alerta', 'Previsão IPMet/CPTEC', 'Previsão Cidades', 'Previsão Numérica', 'Estação Meteorológica', 'Banco de Dados', 'Serviços', 'Observador Voluntário', 'Estações do Ano', 'Pesquisas', 'Saiba Mais', 'Sites Relacionados', 'Deixe sua Sugestão', and 'Como Chegar'. The main content area is titled 'SIMPAT - SINAL - SOS / FINEP / IPMet' and 'Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e Alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil'. Below this is the heading 'BANCO DE DADOS DE DESASTRES NATURAIS' and a sub-heading 'Busca no Banco de Dados'. The search form includes: 'Data Início:' with dropdowns for '01', '01', and '1980'; 'Data Fim:' with dropdowns for '16', '08', and '2012'; 'Fenômeno:' with a dropdown set to 'Todos'; 'Dano:' with a dropdown set to 'Todos'; 'Estado:' with a dropdown set to 'Todos'; and 'Cidade:' with an empty text input field. A 'Consultar' button is at the bottom of the form.

Figura 4 – Página de acesso ao Banco de Dados de Desastres Naturais.

Fonte: Site do IPMet, disponível em <www.ipmet.unesp.br>.

**Busca no Banco de Dados**

|              |             |      |        |
|--------------|-------------|------|--------|
| Data Início: | 01 ▾        | 01 ▾ | 2000 ▾ |
| Data Fim:    | 16 ▾        | 08 ▾ | 2012 ▾ |
| Fenômeno:    | Todos ▾     |      |        |
| Dano:        | Todos ▾     |      |        |
| Estado:      | São Paulo ▾ |      |        |
| Cidade:      | São Paulo   |      |        |

*Clique Aqui para fazer download destes dados no formato txt.*

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 01/01/2000  
**Hora:** tarde  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Chuvas fortes  
**Dano(s):** Alagamentos, Congestionamento/Interdição de Via Pública e Corte no fornecimento de energia água

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 26/01/2000  
**Hora:** sem informação  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Chuvas fortes  
**Dano(s):** Inundações Graduais, Alagamentos e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 09/01/2001  
**Hora:** início da noite  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Granizo  
**Dano(s):** Queda de Árvores, Transbordamento de Rios e Córregos, Inundações Graduais, Alagamentos, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis, Corte no fornecimento de energia e água e Acidente com Aeronave/Aeroporto Fechado

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 12/01/2001  
**Hora:** sem informação  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Ralo  
**Dano(s):** 1 Víctima(s) fatal(is)  
**Total de Danos:** 1  
**Total de Víctimas:** 1

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 14/01/2001  
**Hora:** sem informação  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Ralo

Figura 5 – Resultado da pesquisa.

Fonte: Site do IPMet, disponível em <www.ipmet.unesp.br>.

Essas informações, no momento, estão disponíveis no *site* do Instituto de Pesquisas Meteorológicas – UNESP (IPMet), de forma a contribuir para a verificação de áreas de risco, padrões temporais de ocorrências calamitosas e assim servir como suporte

para órgãos que trabalham com a assistência aos vitimados, além de facilitar estudos de casos de tempestades severas. Essas informações são alimentadas continuamente no banco de dados.

As consultas são disponibilizadas com opções como data, fenômeno, danos causados e localidade. É possível escolher o tipo de dano a ser estudado ou todas as ocorrências daquele dia, naquele local. Além disso, é possível estudar um município específico dentro do limite do estado de São Paulo.

Na Figura 4, está exemplificada a opção de todos os fenômenos que podem ser selecionados para um período desejado, no caso de 1º de janeiro de 1980 até 16 de agosto de 2012.

Na Figura 5, é apresentado o resultado dessa pesquisa, contendo todas as informações da localidade desejada, constando horário da ocorrência, o fenômeno causador e todos os danos decorrentes, inclusive com número de mortos, feridos, desabrigados e desalojados. Também pode ser selecionado um dano específico ou se considerar todos para um determinado evento. Dessa maneira, vários estudos podem ser realizados, principalmente quando os dados aqui obtidos são confrontados com a geologia, a geomorfologia, a densidade demográfica e a hidrologia.

Para o procedimento metodológico proposto, adotou-se a base espacial de informações municipais do estado de São Paulo – no formato *shapefile* do Sistema de Informações Georreferenciadas EstatCart, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) – como plano de informação espacial.

## Resultados e discussões

Os mapas apresentados nas figuras 6 a 8 foram elaborados com dados envolvendo movimentos de massa no estado de São Paulo.

Para a elaboração deste trabalho, as buscas no banco de dados foram concentradas em três tipos de danos informados pela Defesa Civil no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010, setembro de 2010 a fevereiro de 2011 e setembro de 2011 a fevereiro de 2012.

Os tipos de danos foram: escorregamento de encostas, deslizamento de terra e queda de barreira. Cabe ressaltar novamente que esse órgão considera esses danos como ocorrências quando afetam diretamente o município, caso contrário, as ocorrências não são notificadas, e assim não incluídas no sistema.

Embora escorregamento de encostas, deslizamento de terra e queda de barreiras envolvam os mesmos conceitos geotécnicos, a Defesa Civil os trata separadamente, segundo os seguintes critérios:

- Escorregamento de encostas: refere-se a uma ampla variedade de processos envolvendo movimentos coletivos de solo e/ou rocha, regidos pela ação da gravidade. As áreas atingidas são passíveis de zoneamento, podendo ser monitoradas a partir do acompanhamento de dados de precipitações pluviométricas, principal agente deflagrador do processo.
- Deslizamento de terra: caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados.
- Queda de barreira: caracteriza-se por escorregamentos que atingem o leito de uma pista de rodagem, provocando a interrupção parcial ou total da trafegabilidade da estrada.

O objetivo de realizar o mapeamento de risco de desastres naturais associados às condições atmosféricas severas para o estado de São Paulo é a identificação de áreas propensas ao risco. Busca-se correlacionar a probabilidade de ocorrência de eventos futuros com a estimativa de danos potenciais com o intuito de minimizar as consequências.

A partir do mapeamento das áreas de risco, é possível elaborar medidas preventivas junto com os tomadores de decisões, numa ação imediata, para criar planos de emergência e estabelecer ações

conjuntas entre a população e o poder público para promover o alerta e a defesa permanente.

As medidas preventivas devem ser tomadas a partir da identificação das áreas com maior potencial de serem afetadas. O banco de dados proporciona a localização e a quantificação de diversas ocorrências decorrentes de eventos meteorológicos extremos no estado de São Paulo. Definido o município, o banco de dados aqui desenvolvido pode fornecer, através de uma consulta específica, a localização aproximada dos registros.

Por outro lado, no que se refere à análise dos dados, é necessário o conhecimento da duração (tempo), características (tipologia), magnitude (abrangência) e intensidade (impacto) dos fenômenos.

Nas figuras 6 a 8, são demonstradas as espacializações desses danos.

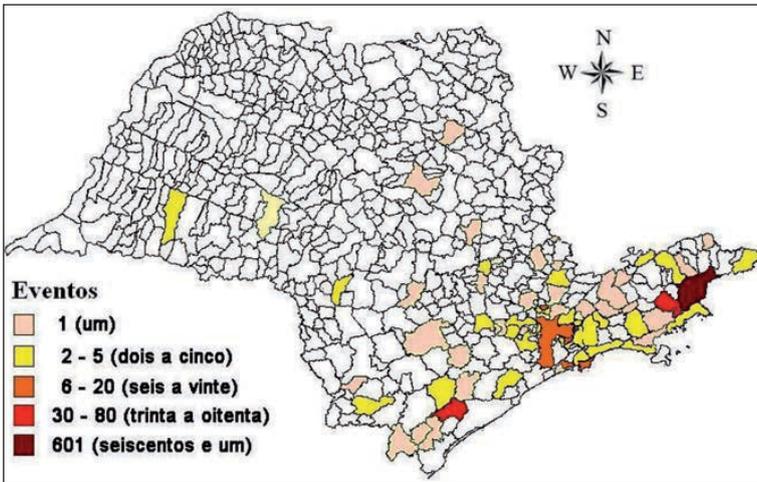


Figura 6 – Ocorrências de movimentos de massa no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010.

Fonte: Pellegrina, 2011.

A Figura 6 refere-se às áreas de risco no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010, quando ocorreram grandes catástrofes causadas por eventos extremos de chuva, na região do vale do

Paraíba, na capital e em outros municípios no estado de São Paulo. Os movimentos de massa deflagrados por esses eventos causaram muitas mortes e prejuízos em todas essas regiões, chamando a atenção da mídia e causando comoção nacional.

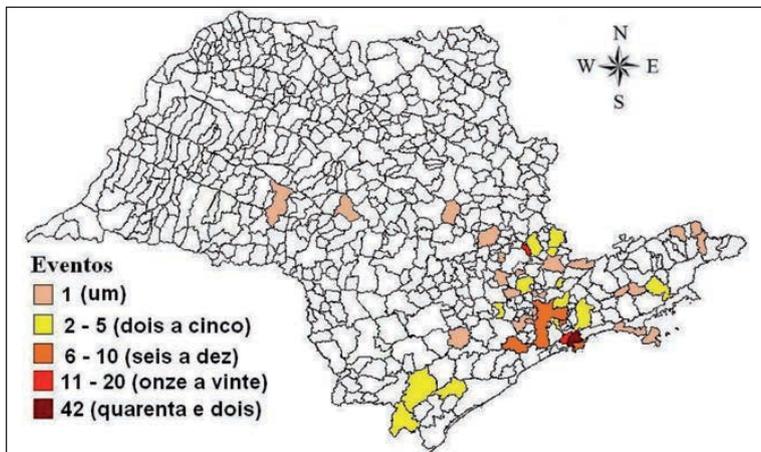


Figura 7 – Ocorrências de movimentos de massa no período de setembro de 2010 a fevereiro de 2011.

Fonte: Pellegrina, 2012.

Esses mapas foram confrontados com as análises dos principais sistemas meteorológicos nos três períodos. As ocorrências de deslizamento de terra, queda de barreira e escorregamento de encosta, concentrados, em sua maioria, na faixa leste do estado, está diretamente associado com a pluviosidade, a geologia e a geomorfologia, favorecendo as ocorrências nessas regiões. Isso mostra, nesse caso, que a análise e a tomada de medidas mitigadoras não podem ser generalizadas, devendo ser específicas por região.

Foi realizado um acompanhamento dos principais sistemas meteorológicos que atuaram no estado de São Paulo nesses três períodos para verificar e analisar a intensidade e a duração dos sistemas que causaram as diversas ocorrências.

Foi constatado através das informações do banco de dados que, no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010, foram 892

ocorrências, num total de 18.520 pessoas atingidas, dentre elas: 6.331 desabrigados, 12.085 desalojados, 49 feridos e 55 mortos (Figura 6).

A precipitação analisada nesse período que deflagrou os movimentos de massa, apresentou aumento significativo das médias históricas nos meses de dezembro e janeiro, favorecidos pelo sistema da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). O fenômeno El Niño com intensidade fraca influenciou a distribuição das chuvas e temperaturas na região Sudeste do Brasil, indicando um total pluviométrico entre o normal e acima do normal.

No período de setembro de 2010 a fevereiro de 2011, foram notificadas 151 ocorrências, com 4.077 pessoas atingidas, sendo estas, 611 desabrigados, 3.435 desalojados, 19 feridos e 12 mortos (Figura 7). E no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2012, os dados indicam apenas 22 ocorrências com 342 pessoas atingidas, resultando em 188 desabrigados, 152 desalojados, 2 feridos e não houve mortes (Figura 8).

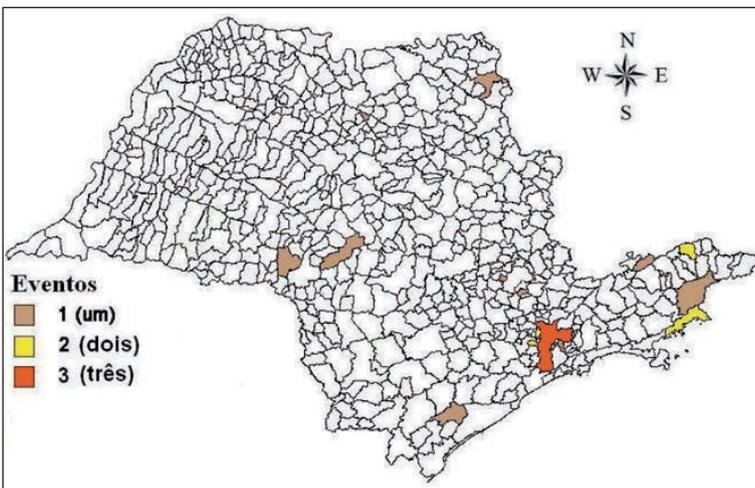


Figura 8 – Ocorrências de movimentos de massa no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2012.

Fonte: Pellegrina, 2012.

Nesses dois períodos, a distribuição espacial das chuvas em todo o Brasil esteve sob a influência do La Niña, com chuvas acima da média no norte da região Norte e abaixo da média no sul das regiões Centro-Oeste e Sudeste e em toda a região Sul. A escassez da chuva foi uma característica marcante na maior parte do Brasil. Houve a configuração da ZCAS nos meses de dezembro e janeiro, que deflagrou os escorregamentos.

Para entendimento dos processos, reforça-se que a chuva intensa é aquela na qual se registra grande volume de água precipitada em curto período de tempo. Dependendo de vários fatores, como o grau de saturação, a permeabilidade e a infiltração do solo, a inclinação e a forma da bacia hidrográfica, a intensidade e a velocidade de deslocamento da tempestade, as condições podem ser mais favoráveis à ocorrência de enchentes ou de deslizamentos.

No caso das enchentes e inundações, a maior parte da água da chuva escoar superficialmente, elevando rapidamente o nível dos rios. Tratando-se de escorregamentos e deslizamentos, dependendo da impermeabilização do local e/ou capacidade de infiltração do solo, o excesso de chuva ocasiona um aumento da pressão neutra e conseqüente diminuição da tensão efetiva. Em caso de solo inicialmente não saturado, a saturação acarreta a perda da parcela referente à coesão aparente (tensão capilar).

Um evento extremo de chuva envolve critérios, pois é necessário estabelecer ocorrência relativamente rara de precipitação, que por sua anormalidade tenha potencial para causar impactos ambientais e sociais.

Uma das razões para monitorar os valores pluviométricos locais em áreas suscetíveis ao risco é elaborar uma estimativa da probabilidade do evento extremo de precipitação, baseada na distribuição generalizada de Pareto (Sugahara et al., 2010). Este trabalho realizou uma análise estatística do evento extremo que ocorreu na região do vale do Paraíba, utilizando dez estações meteorológicas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (Dae), inserindo os dados no modelo de distribuição generalizada de Pareto ajustado aos valores de precipi-

tação acumulada de cinco dias em cada estação distribuída naquela região.

Os períodos mais quentes do ano são os preferenciais para a ocorrência de tempestades e episódios de chuva intensa, uma vez que a maior disponibilidade de energia solar favorece a instabilização do ar na baixa atmosfera. No entanto, alguns mecanismos podem favorecer a ocorrência de chuvas em qualquer época do ano, como os sistemas frontais, a topografia, as ilhas de calor formadas pelos grandes centros urbanos.

El Niño, fenômeno caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais da parte central e leste do oceano Pacífico e La Niña, fenômeno correlato, causam uma alteração na circulação atmosférica no Pacífico, que se reflete na mudança dos padrões globais de circulação. Com isso, seus efeitos são sentidos no comportamento médio climático da atmosfera em várias partes do planeta, inclusive no Brasil. Neste sentido, a identificação de El Niño e de La Niña pode indicar a possibilidade de estações mais ou menos chuvosas.

Os sistemas meteorológicos identificados e as taxas de precipitação intermitentes ou contínuas são suficientes para causar a instabilidade do solo, e o tipo do solo e a declividade, entre outros fatores, determinam diferentes áreas suscetíveis ao escorregamento para uma mesma taxa de precipitação. Dessa forma, é recomendada a análise com mapas geológicos, geomorfológicos, de uso e ocupação do solo.

A elaboração de mapas de risco é importante porque demonstra a situação do município em relação aos fenômenos meteorológicos, e faz-se necessário um acompanhamento dessas análises diante das mudanças dos índices, juntamente com o trabalho dos órgãos competentes em coibir a ocupação de áreas de risco, protegendo a população, pois os eventos de escorregamentos continuarão a ocorrer nessas regiões.

## Considerações finais

As informações contidas no banco de dados, compiladas continuamente ao longo de um determinado período, certamente contribuirão para a determinação de possíveis áreas de riscos, elaboração de mapas e sazonalidade das ocorrências, servindo de suporte logístico para os órgãos tomadores de decisão e que trabalham com a assistência aos vitimados pelos desastres naturais, também possibilitando medidas preventivas para diminuir os riscos.

A maior parte das ocorrências catastróficas esteve associada às formações geológicas cristalinas, de modo que alguns municípios demandam atenção especial para instabilidades geotécnicas em situações de chuvas elevadas e constantes, com assentamentos urbanos.

A relação de períodos longos de chuva com declividades acentuadas aumenta consideravelmente o número de escorregamentos na faixa leste, provocando danos severos. Vale enfatizar que tanto as Zonas de Convergência do Atlântico Sul como as frentes frias são sistemas que produzem chuvas por um período que pode se estender por dias, podendo ocasionar a saturação do solo e levar a escorregamentos.

Apesar de grande número de fatores e agentes condicionantes influenciar os escorregamentos, é possível estabelecer relações entre os sistemas meteorológicos, os quais dão indicação da probabilidade de movimentação do solo.

Essa avaliação pode ser realizada por meio de análises de eventos passados, aplicando esse conhecimento a níveis locais, conhecendo a geologia, a geomorfologia, a hidrologia, as condições atmosféricas e a ocupação do solo. Recomenda-se que esses estudos sejam atualizados a cada estação chuvosa.

O banco de dados mostrou ser uma ferramenta importante no auxílio aos estudos dos principais danos causados à população direta ou indiretamente. Além da identificação de áreas vulneráveis e das áreas de risco, referentes a movimentos de massa, é possível relacionar outros danos, como número de mortos, feridos, desa-

brigados, desalojados em cada evento, ou cada estação chuvosa. E através de estudos de casos e suas reincidências, é possível diagnosticar e estudar áreas de risco e verificar ações de prevenção e alerta.

## Referências bibliográficas

- ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention for natural disasters developing countries. *Geomorphology*, v.47, p.107-24, 2002.
- AUGUSTO FILHO. *Carta de risco de escorregamentos quantificada em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)*. Rio Claro, 2001. 195p. Tese (doutorado de Pós-Graduação em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP/Rio Claro.
- \_\_\_\_\_, CERRI, L. E. S., AMENOMORI, C. J. Riscos geológicos: aspectos conceituais. In: I SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO. São Paulo, 1990. *Anais...* São Paulo: ABGE, 1990. p.334-41.
- BALAJI, D., SANKAR, R., KARTHI, S. *GIS approach for disaster management through awareness: an overview*. Geospatial Application Papers – Natural Hazard Management. 2002. Disponível em <[http://www.gisdevelopment.net/application/natural\\_hazards/overview/nho0012.htm](http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/overview/nho0012.htm)>. Acesso em 27/10/2009.
- BONHAM-CARTER, G. F. *Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS*. 398p. Ottawa: Pergamon, 1996.
- BRYANT, E. A. *Climate process and change*. 209p. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- CASTRO, A. L. C. de. *Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres*. 2.ed. 173p. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento; Departamento de Defesa Civil, 1998.
- CERRI, L. E. da S., AMARAL, C. P. do. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S., BRITO, S. N. A. *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.301-10.

- CUTTER, S. *The changing nature of risks and hazards*. American Hazardscapes. The regionalization of Hazards and Disasters. 179p. Washington: Joseph Henry Press, 2001.
- EMERGENCY EVENTS DATABASE (EM-DAT). *The OFDA/CRED International Disaster Database*. 1988. Disponível em <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em 10/2/2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Sistema de Informações Georreferenciadas*. EstatCart. Rio de Janeiro, 2004. (CD-Rom)
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2007: the physical science basis*. Working Group I, AR4, Chapter 11. Regional Climate Projections. Paris, 2007. Disponível em <[http://www.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas/](http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/)>. Acesso em 20/5/2009.
- KOVACH, R. L. *Earth's fury: an introduction to natural hazards and disasters*. 189p. Nova Jersey: Prentice Hall, 1995.
- MARCELINO, E. V. *Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos*. INPE-15208-PUD/193. Santa Maria, 2008.
- MARCELINO, I. P. V. *Análise episódica de tornados em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados*. São José dos Campos, 2003. Tese (mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- MARCHAND, J. P. Systèmes territoriaux et risques climatiques. In: LAMARRE, Denis (Org.). *Les risques climatiques*. Paris: Belin, 2005. p.65-78.
- MILETI, D. *Disasters by Design: a reassessment of natural hazards in the United States*. 351p. Washington: Joseph Henry Press, 1999.
- NUNES, L. H. Compreensões e ações frente aos padrões espaciais e temporais de riscos e desastres. *Revista Territorium (Portugal)*, v.16, p.179-89, 2009. ISBN 0872-8941. Disponível em <[http://www1.ci.uc.pt/nicif/riscos/downloads/t16/frentes\\_espaciais.pdf](http://www1.ci.uc.pt/nicif/riscos/downloads/t16/frentes_espaciais.pdf)>. Acesso em 20/5/2012.
- OGURA, A. T. Análise de riscos geológicos em planos preventivos de defesa civil. In: BITAR, O. Y. *Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995.

- PELLEGRINA, G. J. *Proposta de um procedimento metodológico para o estudo de problemas geoambientais com base em banco de dados de eventos atmosféricos severos*. Bauru, 2011. 184p. Dissertação (mestrado na Área de Geotecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em <<http://www2.feb.unesp.br/pos/bibliotecavirtual/documento.php?COD=045117b0e0a11a242b9765e79cbf113f>>.
- \_\_\_\_\_. Variabilidade climática, desastres naturais e a relação com eventos severos no estado de São Paulo. *Revista Climep – Climatologia & Estudos da Paisagem*, v.7, n.1-2, 2012. Disponível em <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/issue/view/910>>.
- RIBEIRO, G., CÂMARA, G. *Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica*. 2004. Disponível em <[www.dpi.inpe.br/gilberto](http://www.dpi.inpe.br/gilberto)>. Acesso em mar. 2008.
- SUGAHARA, S., SILVEIRA, R. B., ROCHA R. P. Estimativa da probabilidade do evento extremo de precipitação de janeiro de 2000 no vale do Paraíba, baseada na distribuição generalizada de Pareto. *Revista Brasileira de Geofísica*, p.193-208, 2010.
- UNITED NATIONS – INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). Press Release UN-ISDR. Genebra, 2009. Disponível em <<http://www.unisdr.org/eng/media-room/press-release>>. Acesso em 1º/5/2010.
- ZUQUETE, L. V. *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração*. 2v. São Carlos, 1993. 368p. Tese (livre-docência) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.



**PARTE II**  
**G**EOTECNOLOGIAS NA  
CARTOGRAFIA DE RISCOS



# 5

## GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL: UM ESTUDO PILOTO EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

*Maria Isabel Castreghini de Freitas*<sup>1</sup>

*Lúcio Cunha*<sup>2</sup>

### Introdução

No âmbito das geotecnologias, muitas são as alternativas para a cartografia do potencial de ocorrência de eventos perigosos relacionados com o ser humano e com o ambiente que permitem o desencadear de ações de planejamento, ordenamento do território ou mesmo de gestão de impactos decorrentes de desastres ou catástrofes.

As ações, reflexões e resultados apresentados neste artigo têm como base a pesquisa *Geotecnologias aplicadas na análise da vulnerabilidade social e ambiental*: um estudo metodológico comparativo

- 
1. Professora livre-docente do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento. Supervisora do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (Ceapla). Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/campus de Rio Claro.
  2. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (Cegot). Universidade de Coimbra (UC) – Coimbra, Portugal.

entre Portugal e Brasil, desenvolvida durante o Programa de Pós-Doutorado da autora no Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (Cegot) da Faculdade de Letras – Universidade de Coimbra, Portugal, entre 2011 e 2012, que foram em parte divulgados nos artigos publicados por Freitas, Cunha & Ramos (2012) e Freitas & Cunha (2012).

A autora buscou, com esse estudo, responder às seguintes questões:

- em que medida o modelo adotado para a análise de vulnerabilidade na região Centro de Portugal, tomando por base Mendes et al. (2009) e Cunha et al. (2011), pode ser adaptado para o contexto brasileiro, tendo como unidades de estudo municípios do estado de São Paulo?;
- a análise da vulnerabilidade socioambiental em nível municipal, apoiada em dados censitários e em geotecnologias, permite a definição de temas e áreas prioritárias para nortear a ação da administração pública?

Nesse sentido, este artigo objetiva apresentar os resultados da experiência de modelagem de dados socioeconômicos e ambientais com vista à cartografia da vulnerabilidade socioambiental de vinte municípios selecionados do estado de São Paulo usando como referência metodologia de análise da vulnerabilidade baseada em dados censitários por meio de análise fatorial, cuja especialização se deu por meio de um sistema de informação geográfica (SIG).

Esse objetivo se concretizou por meio das seguintes etapas de trabalho:

- revisão da literatura relacionada à conceituação de vulnerabilidade social, riscos naturais e tecnológicos, bem como da metodologias adotadas para a elaboração de modelos de vulnerabilidade social e obras relacionadas à representação cartográfica de tais fenômenos no Brasil, em Portugal e em outros países;

- levantamento de dados censitários visando definir os índices de vulnerabilidade para o Brasil e Portugal, bem como as convergências e diferenças de vulnerabilidades decorrentes de suas características socioeconômicas e ambientais;
- aplicação do modelo de vulnerabilidade social adotado para a região Centro de Portugal no contexto brasileiro, tendo como unidade de estudo o estado de São Paulo;
- manipulação em SIG dos dados decorrentes da análise estatística e apresentação da classificação dos municípios com base nos principais fatores relativos à vulnerabilidade socioambiental, com vistas a ilustrar os cenários relativos ao tema;
- análise crítica dos procedimentos metodológicos e dos resultados alcançados na quantificação e na representação cartográfica da vulnerabilidade socioambiental, por meio de cartografia digital, sistema de informação geográfica e cartografia temática.

## **Conceitos de vulnerabilidade e seus indicadores**

O Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres tem sido referência na organização dos países membros por meio de reuniões para diagnóstico e traçado de diretrizes para melhor preparar a sociedade envolvida em situações de riscos. A Estratégia Internacional para Redução de Desastres das Nações Unidas (UN-ISDR), a partir de 2007, vem realizando reuniões globais a cada dois anos, de acordo com UN-ISDR (2009a), mostrando o aumento nas políticas para gerenciar riscos.

Tais organizações buscam compreender aspectos conceituais e metodológicos, dentre os quais destaca-se o glossário que define vulnerabilidade como “o conjunto das características e circunstâncias de uma comunidade, de sistema, ou de bens que fazem-nos suscetíveis aos efeitos nocivos de um perigo” (UN-ISDR, 2009b, p.28).

No entendimento de Cutter (1996), vulnerabilidade é um conceito complexo, do qual advêm dimensões sociais, econômicas, políticas e culturais, cuja definição tem sido abordada também em perspectivas epistemológicas muito diversas. Em trabalho recente, Cutter (2012) define vulnerabilidade como “potencial para a perda” (idem, p.60) e argumenta que a ciência da vulnerabilidade se dedica à análise de fatores que influenciam as capacidades locais para se preparar, responder e se recuperar de desastres, sempre numa abordagem que integre sistemas sociais, naturais e artificiais.

Desde a década de 1990, Cutter (1996) considera que os indicadores de vulnerabilidade podem ser relativos à vulnerabilidade social, que engloba indicadores socioeconômicos, percepção e capacidade de resposta ao risco por parte dos indivíduos, seja de forma individual ou coletiva. Segundo a autora, complementarmente a essa, tem-se a vulnerabilidade biofísica, que envolve a localização, proximidade da ameaça, estrutura e características do território.

No artigo de Cutter (2012), tem-se o detalhamento da experiência americana de quantificar a vulnerabilidade por meio do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI®),<sup>3</sup> tomando por base dados censitários na escala do município. Nesse modelo, a avaliação quantitativa das características que contribuem para uma classificação de vulnerabilidade aos riscos tem por base procedimentos estatísticos para reduzir o número de variáveis a um conjunto menor de fatores que descrevam a vulnerabilidade, tendo como referência os trabalhos de Cutter (1996, 2003).

O modelo foi aplicado e reaplicado nos Estados Unidos, usando censos atuais e antigos, fazendo uso de diferentes escalas de análise, como condados, unidades censitárias e unidades territoriais, cujos resultados alcançados são apresentados de acordo com os dados do censo de 2000, no qual o nível mais baixo de vulnerabilidade social aparece na zona costeira oriental – com destaque para

---

3. Social Vulnerability Index (SoVI®). Disponível em <<http://webra.cas.sc.edu/hvri/products/sovi.aspx>>. Acesso em 25/6/2012.

Boston, Washington D. C. e Nova York – e nos condados da costa da Califórnia, áreas consideradas ricas e sem níveis extremos de população envelhecida e feminina. Já os condados com alta vulnerabilidade aparecem, por exemplo, ao longo do rio Mississipi, região tradicionalmente pobre e com população predominantemente afro-americana, com pouca oferta de emprego e baixos níveis de escolaridade.

Para os estudo da vulnerabilidade socioambiental, Mendes et al. (2009) e Cunha et al. (2011) se pautam pelos conceitos de criticidade e capacidade de suporte do território. Os autores definem criticidade como o conjunto de características individuais e comportamentais que podem contribuir para a ruptura do sistema, e capacidade de suporte como o conjunto de infraestruturas territoriais que permitem à comunidade reagir em caso de desastre.

A metodologia usada para a análise da vulnerabilidade social baseou-se em análise fatorial que incluiu aspectos sociais e ambientais. A experiência dos autores na análise em escala nacional em Portugal, seguida da análise regional, adotando alguns conselhos na região Central, com análises no nível da freguesia, levou-os a concluir que o modelo apresentou-se como consistente em diferentes escalas, permitindo a definição de estratégias de mitigação do risco e medidas de proteção civil adaptadas para os locais em estudo (Mendes et al., 2009, p.81).

No cenário brasileiro, Fonseca Alves et al. (2010) tratam da aplicação de um modelo de vulnerabilidade socioambiental, no contexto das mudanças climáticas, para municípios do litoral paulista. O trabalho apresenta resultados relativos à vulnerabilidade socioambiental considerando variáveis socioeconômicas associadas com os setores censitários de renda, escolaridade, atendimento pela rede de esgotos, rede de água e coleta de resíduos sólidos, Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) e variáveis ambientais relativas à altimetria e declividade. Os resultados apresentados indicam a adequação das condições de saneamento básico dos municípios do litoral paulista no acesso à rede de água e coleta de resíduos sólidos, mas com problemas relacionados ao esgoto. Quanto à

escolaridade, os autores observam que, dentre as pessoas responsáveis pelos domicílios, ocorre maior proporção de pessoas com quatro a dez anos de estudo e, quanto à renda, com exceção do município de Santos, os municípios concentram mais do que 30% de pessoas com renda igual ou inferior a dois salários mínimos. O estudo aponta, ainda, áreas de risco a deslizamento associadas com um perfil socioeconômico de baixa renda e baixo nível de escolaridade. Porém, nesse contexto, também aparecem setores com renda média ou alta e elevado grau de escolaridade. Nesses casos, predominam instalações habitacionais em encostas com alta declividade, muitas vezes sem cobertura do solo, numa área altamente irrigada devido à densa drenagem e presença de chuvas torrenciais em certas épocas do ano, colocando em risco seus moradores, independentemente da classe social.

Esta breve revisão de literatura mostra o potencial de metodologias apoiadas em geotecnologias em estudos de vulnerabilidade global ou local.

## **Caracterização dos municípios da área de estudo no estado de São Paulo**

Os vinte municípios do estado de São Paulo em estudo compõem as regiões metropolitanas de São Paulo e de Santos, regiões administrativas de Sorocaba e Registro:

- região metropolitana de São Paulo: Cotia, Embu, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, Juquitiba, São Lourenço da Serra e Vargem Grande Paulista (7 municípios);
- região metropolitana de Santos: Itanhaém, Mongaguá e Peruíbe (3 municípios);
- região administrativa de Sorocaba: Alumínio, Ibiúna, Mairinque, Piedade, São Roque, Salto do Pirapora, Sorocaba, Votorantim (8 municípios);

- região administrativa de Registro: Itariri e Pedro de Toledo (2 municípios).

A localização da área de estudo é apresentada na Figura 1.



Figura 1 – Área de estudo no estado de São Paulo.

Fonte: Fundação Seade (2011) e IBGE (2007).

Os vinte municípios ocupam uma superfície territorial de 4.841 km<sup>2</sup> e abrigam um total de 1.990.071 habitantes. Dentre os aspectos socioeconômicos relativos aos municípios em estudo destaca-se Sorocaba, considerada a quinta cidade em desenvolvimento econômico do estado de São Paulo, com produção industrial que chega a mais de 120 países, atingindo um PIB de R\$ 9,5 bilhões, de acordo com Sorocaba (2012). Tem no setor industrial e comercial suas principais atuações econômicas, com cerca de 1.700 indústrias

e mais de 15 mil pontos comerciais, fazendo parte do Complexo Metropolitano Estendido da Cidade de São Paulo, o que a torna uma das mais importantes cidades do estado e do Brasil.

Embu, ou Embu das Artes, é uma estância turística que faz parte da região metropolitana de São Paulo e é o segundo município mais populoso da área de estudo, com 243.496 habitantes e a mais alta densidade demográfica da área de estudo (3.475 hab/km<sup>2</sup>). Possui como principal setor econômico o setor terciário do comércio e serviços: comércio especializado em antiguidades, mobiliário, artesanato, objetos de arte, voltado ao mercado turístico. Além disso, possui atuação no setor primário, principalmente agropecuária, além de indústrias predominantemente de transformação.

Cotia, com 206.775 habitantes, corresponde a uma área de expansão dos bairros do município de São Paulo e tem a economia centrada no setor industrial: materiais elétricos, químicos, cerâmicos, brinquedos, dentre outros. A agricultura é voltada para culturas anuais e fruticultura.

Os demais municípios em estudo têm um caráter predominantemente rural ou urbano-rural, com atuação e características decorrentes de sua localização geográfica, como é o caso das estâncias balneárias Itanhaém, Mongaguá e Peruíbe, com atividades econômicas voltadas para o turismo.

Nas áreas da serra do Mar, os municípios de São Lourenço da Serra, Ibiúna, Juquitiba, dentre outros, situados em área de proteção de mananciais, são dotados de atrativos turísticos relacionados com a natureza e esportes ecológicos.

Outros municípios, de menor população, possuem a economia centrada na agricultura, especialmente culturas anuais, como milho, hortaliças, bem como frutas e flores, voltadas para o abastecimento da capital, como é o caso de Vargem Grande Paulista. Outros municípios possuem agricultura especializada em cultivos típicos, como São Roque, cujos vinhedos abastecem a indústria de vinhos e possibilitam atividades turísticas locais. O município de Alumínio, que abriga a Companhia Brasileira de Alumínio

(CBA) desde 1955, possui expressivo desenvolvimento e qualidade de vida, embora com pequena dimensão demográfica.

Após a caracterização da área de estudo apresentam-se os procedimentos relativos ao desenvolvimento metodológico do estudo de vulnerabilidade socioambiental.

## Material e métodos

O material utilizado para o desenvolvimento da pesquisa correspondeu aos dados socioeconômicos e ambientais obtidos dos censos organizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em Brasil (2011), dados locais e regionais coletados da Fundação Seade, no estado de São Paulo. Documentos cartográficos foram obtidos por meio do IBGE em Brasil (2007).

Os programas computacionais adotados na pesquisa são o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS<sup>4</sup> e o programa estatístico SPSS,<sup>5</sup> com vasta aplicação nos estudos sociais e ambientais.

A metodologia adotada para a análise da vulnerabilidade baseou-se em técnicas estatísticas de análise fatorial, que incluiu aspectos econômicos, sociais e ambientais estudados por meio de programa de análise estatística para as Ciências Sociais, o SPSS R.18, associado ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3.

Dentre os procedimentos metodológicos da pesquisa destacam-se:

- a) levantamento bibliográfico e dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos e publicados no Brasil e em Portugal sobre as principais abordagens acerca da vulnerabilidade social aos riscos naturais e tecnológicos;

---

4. ArcGIS R.9.3. Fabricante: Esri.

5. Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS Statistics 18). Fabricante: IBM.

- b) levantamento de documentação cartográfica correspondente aos mapas e cartas topográficas e temáticas da área de estudo nos órgãos oficiais e institutos de pesquisa;
- c) definição da área de estudo, que correspondeu a um conjunto de vinte municípios no estado de São Paulo;
- d) levantamento de dados censitários da Fundação Seade e Fundação IBGE para a seleção de variáveis relativas à população, socioeconomia e meio ambiente dos municípios em estudo;
- e) definição e classificação das variáveis correspondentes aos níveis de criticidade e da capacidade de suporte do sistema territorial do estado de São Paulo. As principais categorias para análise foram: demografia, economia, educação, justiça, saúde, habitação, apoio social e investimento ambiental, proteção civil, dentre outras;
- f) normalização das variáveis fazendo uso de análise fatorial, especificamente análise dos componentes principais (ACP), por meio do programa estatístico SPSS. Essa metodologia baseia-se nos estudos de Cutter (1996, 2003), Mendes et al. (2009) e Cunha et al. (2011). Nesse estudo, a vulnerabilidade social resulta do produto da criticidade com a capacidade de suporte, determinadas através de uma soma ponderada dos principais fatores, ponderação baseada na percentagem da variância explicada, no nível do município;
- g) Análise fatorial<sup>6</sup> executada no SPSS, por meio do método de extração análise por componentes principais, rotação Varimax com normalização Kaiser;

---

6. Nesse caso, adotamos para um número reduzido de casos (vinte municípios), um elevado número de variáveis (quarenta), o que é pouco adequado a uma análise fatorial, tendo em conta o comportamento das variáveis em termos de normalidade, linearidade e homocedasticidade. No entanto, optamos por esta técnica de análise estatística, com o intuito de sintetizar informação estatística sobre a sociedade e o ambiente dispersa por um conjunto tão variado de parâ-

- h) representação espacial dos principais fatores da criticidade, capacidade de suporte e vulnerabilidade socioambiental da área de estudo, por meio de classificação de mapas no SIG ArcGIS;
- i) análise dos resultados obtidos para os municípios selecionados para o estado de São Paulo.

## Análise da criticidade

Para a análise da criticidade realizou-se um levantamento dos dados censitários dos aspectos da vida da população, na busca de características dos municípios que dessem indicativos de sua vulnerabilidade socioambiental.

Tabela 1 – Grupos de variáveis relativas à criticidade

| <i>Grupos de variáveis</i>             | <i>Explicativas</i> |
|--|---------------------|
| Economia e condição de vida            | 2                   |
| População                              | 8                   |
| Saúde e proteção social                | 1                   |
| Condição de alojamento e dos edifícios | 2                   |
| Educação                               | 3                   |
| Território e ambiente                  | –                   |
| Justiça                                | 2                   |
| Total                                  | 18                  |

Fonte: Freitas, 2012.

Foram inicialmente selecionadas 75 variáveis, de acordo com os grupos indicados na Tabela 1. Numa série de três execuções do programa estatístico SPSS, após a análise da matriz de correlação

---

metros, diante da indisponibilidade de outra técnica que tivesse semelhante desempenho.

entre as variáveis, foi possível a redução, para evitar redundâncias, para 64 variáveis, num primeiro momento, até se chegar às quarenta variáveis que compuseram o modelo aqui apresentado. Na Tabela 1 pode observar-se o número de variáveis explicativas para cada um dos grupos de variáveis selecionadas.

Da execução do modelo de análise fatorial resultaram 18 variáveis explicativas das quais foi possível selecionar cinco fatores que detêm 67% da variância acumulada, considerando-se os 20 municípios em estudo. As comunalidades das variáveis foram todas superiores a 0,78.

De posse de tais dados, realizou-se a exportação para o ArcGIS dos resultados relativos aos cinco fatores mais significativos para cada município em estudo, realizando-se sua espacialização tendo como referência os limites dos municípios fornecidos pelo IBGE.<sup>7</sup>

A criticidade foi calculada com ponderação baseada na percentagem da variância explicada pelos fatores. Após o cálculo da criticidade, realizou-se a representação temática de seus resultados por meio da classificação em cinco grupos, aplicando-se numa primeira aproximação o classificador Natural Breaks (Jenks), seguido de classificação manual, para pequenos ajustes visando melhorar a distribuição dos conselhos por classe.

A Tabela 2 apresenta os principais fatores e suas variáveis explicativas para criticidade na área de estudo do estado de São Paulo.

Na análise dos fatores relativos à criticidade, observa-se que o fator 1, que explica 22% da variância, está relacionado com a demografia e investimento no campo, dando indicativo do predomínio de população jovem dos municípios, por meio de variáveis negativas para a população com mais de 65 anos e para o envelhecimento da população e da taxa de natalidade, que aparece com valor positivo. O menor investimento no campo aparece na porcentagem de

---

7. A malha municipal dos municípios brasileiros no formato do ArcGIS (*shape*) foi obtida em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas\_digitais/municipio\_2007/Malha\_Municipal\_Digital\_2007\_2500/Disseminacao\_2007/>. Acesso em 27/7/2011.

valor adicionado ao PIB da agropecuária, que apresenta valor negativo. Deve-se destacar que o êxodo rural é situação presente nessa região do estado de São Paulo, decorrente da grande concentração de população nas cidades, fenômeno marcante nas últimas décadas.

Tabela 2 – Fatores e variáveis dominantes para criticidade

| <i>Fator</i> | <i>Descrição do fator</i>          | <i>Variáveis dominantes</i>   |
|--------------|------------------------------------|---|
| 1            | Demografia e investimento no campo | Envelhecimento da população (-)<br>Taxa de natalidade (+)<br>Valor adicionado do PIB à agropecuária (-) |
| 2            | Violência urbana e saúde           | Furtos consumados (+)<br>Tráfico de drogas (+)<br>Ocorrências de crimes (+)<br>Morte por aids (+)       |
| 3            | Condição de vida e educação        | Presença de crianças e adolescentes (+)<br>Incidência de pobreza (+)<br>Evasão escolar (+)              |
| 4            | Educação, demografia e violência   | Reprovação escolar (+)<br>Taxa de fecundidade (+)<br>Mortalidade por agressão (+)                       |
| 5            | Condição de vida nas áreas urbanas | Taxa de crescimento populacional (+)<br>Existência de áreas de risco com moradias (+)                   |

Fonte: Freitas, 2012.

O fator 2, que responde por 16% da variância total, diz respeito à violência urbana e saúde, dando destaque para as ocorrências de furtos consumados e crimes. Associada à violência está a mortalidade por Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (sida ou aids). Em síntese, observa-se que, enquanto o fator 1 enfatiza os aspectos relacionados com a população e o menor investimento no campo, o fator 2 reflete questões relacionadas com a violência.

O fator 3, que explica 14% da variância dos municípios em estudo, trata da condição de vida e educação, relativamente à presença de população jovem, com 14 anos ou menos, incidência de

pobreza e evasão escolar no ensino fundamental e médio, todas variáveis com valores positivos.

O fator 4, que explica aproximadamente 8% da variância, diz respeito à educação, demografia e violência, ao enfatizar a taxa de reprovação escolar, a taxa de fecundidade e a mortalidade por agressão. O fator 5, com 9% de variância, trata da condição de vida nas áreas urbanas, expressa nos valores negativos da taxa de crescimento populacional e na existência de áreas de risco com moradias.

## **Análise da capacidade de suporte**

Em procedimento análogo, realizou-se o estudo da capacidade de suporte dos vinte municípios, levantando-se os dados censitários que indicassem o nível de infraestruturas territoriais que permite a reação das comunidades em caso de desastre associado a risco natural ou tecnológico.

Tabela 3 – Grupos de variáveis relativas à capacidade de suporte

| <i>Grupos</i>   | <i>Explicativas</i> |
|---|---------------------|
| Condição dos alojamentos e edifícios                      | 6                   |
| Infraestrutura para monitoramento territorial e ambiental | 2                   |
| Condições econômicas                                      | 4                   |
| Condição de vida da população                             | 1                   |
| Condições agrícolas                                       | –                   |
| Infraestrutura em saúde                                   | 4                   |
| Total   | 17                  |

Fonte: Freitas, 2012.

Foram selecionadas 54 variáveis, sendo que, após duas execuções do programa estatístico SPSS, foi possível a redução para 45 variáveis, até se chegar às 38 variáveis que compuseram o modelo.

A eliminação de variáveis ocorreu por critérios análogos aos apresentados para a criticidade.

A Tabela 3 apresenta o número de variáveis explicativas para cada um dos grupos de variáveis selecionadas, no caso da capacidade de suporte.

Da execução do modelo de análise fatorial resultaram 17 variáveis explicativas, das quais foi possível selecionar cinco fatores que detêm 68% da variância acumulada, considerando-se os vinte municípios em estudo. As comunalidades das variáveis foram sempre superiores a 0,706, o que aponta para o seu significativo contributo para a formação dos fatores.

De forma análoga à criticidade, o cálculo da capacidade de suporte (CS) foi realizado com base em ponderação de acordo com a porcentagem da variância explicada pelos fatores. Após tais procedimentos, realizou-se sua representação temática no ArcGIS.

Tabela 4 – Fatores e variáveis dominantes para capacidade de suporte

| <i>Fator</i> | <i>Descrição do fator</i>   | <i>Variáveis dominantes</i>   |
|--------------|---|---|
| 1            | Transformações econômicas e habitacionais na passagem do meio rural para o urbano | Valor adicionado ao PIB (-)<br>Agropecuário (-)<br>Domicílios rurais (-)<br>Taxa de urbanização (+)<br>População residente urbana (+)       |
| 2            | Condições de alojamento e infraestrutura em saúde                                 | Porcentagem de domicílios em apartamentos (+)<br>Médicos e dentistas com registro (+)   |
| 3            | Economia e condições de alojamento  | Porcentagem do Produto Interno Bruto (PIB) adicionado à indústria (+) e o PIB <i>per capita</i> (+)<br>Domicílios com espaço suficiente (+) |
| 4            | Infraestrutura em saúde e pobreza   | Domicílios coletivos (+)<br>Leitos hospitalares (+)<br>Existência de favelas (+)  |
| 5            | Condições de alojamento   | Domicílios particulares não ocupados (vagos) (+)  |

Fonte: Freitas, 2012.

A Tabela 4 apresenta os principais fatores e suas variáveis explicativas para a capacidade de suporte na área de estudo da região Centro de Portugal.

Quanto à capacidade de suporte, observa-se que as principais variáveis explicativas do fator 1, que concentram 21% da variância, estão relacionadas com as transformações econômicas e habitacionais na passagem do do meio rural para o urbano, dando indicação da diminuição dos investimentos econômicos relacionadas às atividades agropecuárias na área de estudo e também da diminuição dos domicílios rurais, em contraponto com o aumento da taxa de urbanização das cidades.

O fator 2, que responde por 15% da variância total, diz respeito às condições de alojamento e infraestrutura em saúde e, destacando a ampliação de domicílios em apartamentos, a presença de médicos e dentistas. Em síntese, observa-se que o fator 1 enfatiza a capacidade de suporte em relação às transformações na passagem do meio rural para o urbano, tanto em termos econômicos quanto habitacionais, enquanto o fator 2 destaca as condições de alojamento e saúde nas cidades.

O fator 3, que explica 13% da variância, trata da economia e condições de alojamento, permitindo inferências sobre a melhora das condições econômicas (aumento do PIB) e das habitações no setor em estudo.

O fator 4, que explica aproximadamente 10% da variância, diz respeito à infraestrutura em saúde, com o número de leitos hospitalares, fundamentais em ocorrências de eventos perigosos, assim como a presença de domicílios coletivos e de favelas na região. É evidente aqui o contraste da realidade de nossas cidades, que, embora tenham melhorado em condições econômicas e de infraestrutura para as camadas mais desprovidas da população, ainda enfrentam sérios problemas decorrentes da concentração populacional e da pobreza.

O fator 5, que explica 8% da variância, aponta a presença de domicílios vagos, que podem indicar tanto a especulação imobiliária quanto o abandono e desvalorização das áreas centrais das

idades, aspectos que demandam estudos mais aprofundados do tema.

## Vulnerabilidade socioambiental

De posse dos dados relativos à criticidade e à capacidade de suporte, realizou-se o cálculo da vulnerabilidade socioambiental dos 20 municípios tendo em conta a expressão 1:

$$VS = C \times CS \quad (1)$$

Sendo:

VS = vulnerabilidade socioambiental

C = criticidade

CS = capacidade de suporte

De acordo com as classes definidas para a criticidade e para a capacidade de suporte, realizou-se o produto entre esses dois mapas no ArcGIS, definindo-se a legenda final para a vulnerabilidade socioambiental com cinco classes, definidas como muito baixa, baixa, média, elevada e muito elevada vulnerabilidade.

A Figura 2 apresenta a representação espacial dos resultados obtidos no que se refere à vulnerabilidade socioambiental dos vinte municípios em estudo no estado de São Paulo.

Os resultados indicam como principais fatores de vulnerabilidade socioambiental as condições relativas ao menor desenvolvimento econômico e às limitadas condições de infraestrutura e ambiental ante as situações de risco. Os municípios com vulnerabilidade elevada ou muito elevada aparecem no interior, como é o caso de Ibiúna, Embu-Guaçu, Juquitiba, São Roque, Piedade e Salto de Pirapora. Destacam-se os municípios que estão na região serrana, de economia predominantemente relacionada ao turismo rural, como Ibiúna, Embu-Guaçu, Juquitiba e Piedade. No outro extremo, a muito baixa ou baixa vulnerabilidade decorre das boas condições econômicas relacionadas ao turismo em estâncias bal-

neárias como Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, ou ao turismo ecológico e rural, como é o caso de São Lourenço da Serra. Possuem evidência também cidades com desenvolvimento industrial e extrativismo mineral, como é o caso de Sorocaba e Alumínio. Deve-se enfatizar, ainda, a infraestrutura em saúde de Sorocaba, polo regional quando se considera o atendimento médico especializado, com bom desempenho em termos de vulnerabilidade, mesmo com os altos índices de violência urbana, variável de destaque na análise da criticidade.

## Considerações finais

A pesquisa realizada indica que o modelo adotado para a análise de vulnerabilidade na região Centro de Portugal pode ser adaptado para o contexto brasileiro.

Os resultados obtidos indicam como principais fatores de vulnerabilidade socioambiental aqueles associados à economia e à violência urbana, indicando os municípios com maior ou menor potencial de exposição. Nos municípios em estudo, aparecem os contrastes sociais nos itens relativos à violência, deficiências na educação e nas taxas de pobreza, coerentes com o conhecimento geográfico e socioeconômico que se tem da área de estudo.

A análise fatorial e a espacialização utilizando programas computacionais de análise estatística e SIG permitiram agilidade na obtenção de uma visão integrada e de síntese das realidades municipais, evidenciando os seus principais problemas socioambientais e destacando municípios com maior vulnerabilidade.

O estudo permitiu a definição de temas e municípios de maior vulnerabilidade, podendo tornar-se subsídio para a definição de áreas prioritárias para nortear a ação da administração pública quando da ocorrência de eventos perigosos, dando ao administrador público a possibilidade de organizar ações preventivas e mitigadoras.

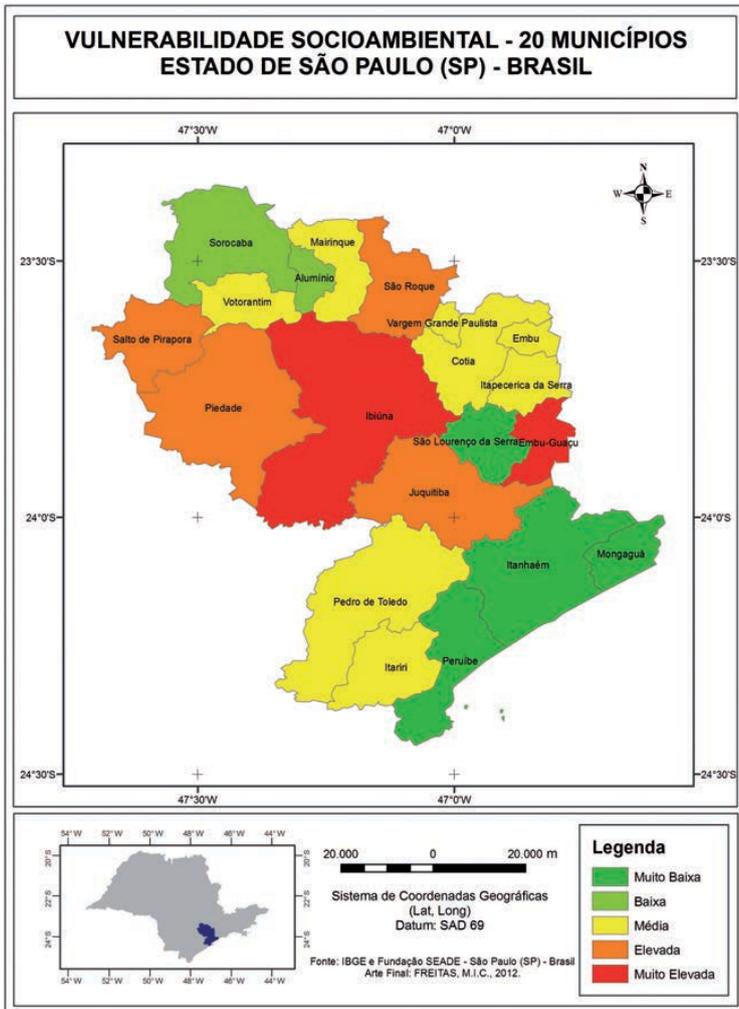


Figura 2 – Vulnerabilidade socioambiental dos vinte municípios do estado de São Paulo.

Fonte: Fundação Seade (2011) e IBGE (2007).

## Referências bibliográficas

- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Divisão territorial brasileira*. 2007. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_dtb\\_int.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_dtb_int.shtm)>. Acesso em 29/8/2011.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo 2010*. 2011. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em 29/8/2011.
- CUNHA, L. et al. Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos. O desafio das escalas. In: SANTOS, N., CUNHA, L. (Org.). *Trunfos de uma Geografia Activa*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011. p.627-37.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v.20, n.4, p.529-39, 1996.
- \_\_\_\_\_. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n.93(1), p.59-70, 2012.
- \_\_\_\_\_. et al. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, v.84, n.2, p.242-61, 2003.
- FONSECA ALVES, H. P., MELLO, A. Y. I., D'ANTONA, A. O., CARMO, R. L. Vulnerabilidade socioambiental nos conselhos do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. v.1. Caxambu: Abep, 2010. p.1-3.
- FREITAS, M. I. C. *Geotecnologias aplicadas na análise da vulnerabilidade social e ambiental: um estudo metodológico comparativo entre Portugal e Brasil*. Rio Claro, 2012. Relatório final de estágio de Pós-Doutorado no Exterior – CNPq – Universidade Estadual Paulista.
- \_\_\_\_\_, CUNHA, L. C. Vulnerabilidade socioambiental como subsídio para a prevenção de riscos: modelação aplicada à escala municipal em Portugal e no Brasil. In: VII COLÓQUIO DE GEOGRAFIA DE COIMBRA. *Anais...* Coimbra, 2012.

- FREITAS, M. I. C., CUNHA, L. C., RAMOS, A. Vulnerabilidade socioambiental de conselhos da região Centro de Portugal por meio de sistema de informação geográfica. In: VII COLÓQUIO DE GEOGRAFIA DE COIMBRA. *Anais...* Coimbra, 2012.
- FUNDAÇÃO SEADE. Produtos. Disponível em <<http://www.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em 29/8/2011.
- MENDES, J. M. et al. Vulnerabilidade social aos riscos naturais e tecnológicos em Portugal. In: GUEDES SOARES, C. et al. (Org.). *Riscos industriais e emergentes*. Lisboa: Salamandra, 2009. p.67-84.
- SOROCABA. Prefeitura Municipal de Sorocaba. *Conheça Sorocaba*. 2012. Disponível em <<http://www.sorocaba.sp.gov.br/pagina/238/conheca-sorocaba.html>>. Acesso em 20/6/2012.
- UNITED NATIONS – INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). *Global Platform 2011*. 2009a. Disponível em <<http://www.unisdr.org/>>. Acesso em 10/8/2010.
- \_\_\_\_\_. *Terminology on disaster risk reduction*. 2009b. Disponível em <<http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>>. Acesso em 20/6/2013.



# 6

## RISCOS AMBIENTAIS: UMA DISCUSSÃO COM BASE GEOMORFOLÓGICA

*Cenira Maria Lupinacci da Cunha<sup>1</sup>*

### Introdução

Os ambientes litorâneos foram as primeiras áreas ocupadas pelo homem europeu no Brasil e apresentam, nos dias atuais, elevados índices de urbanização. Aliado a esse fato, considera-se que tais ambientes apresentam elevado grau de suscetibilidade ambiental devido às suas características intrínsecas, tais como propriedades litológicas, hidrológicas, geomorfológicas, climáticas e biogeográficas. A correlação entre esses índices de urbanização e a suscetibilidade natural do terreno tem levado ao desenvolvimento de situações de risco, principalmente na região litorânea do estado de São Paulo, onde a intensa atividade turística, associada a sua fragilidade, gera um alto grau de alteração causada pelas atividades antrópicas.

Considerando que a definição das situações de risco envolve probabilidade de ocorrência de um evento e consequências desse evento, o objetivo deste artigo é discutir dois aspectos tipicamente geomorfológicos dos riscos em ambientes litorâneos, a saber: a suscetibilidade natural do relevo à morfogênese e a ação antrópica sobre tal suscetibilidade.

---

1. Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – IGCE – UNESP/campus de Rio Claro. e-mail: cenira@rc.unesp.br.

Para isso, discutem-se as características geomorfológicas do litoral paulista e seu significado em termos de suscetibilidade. A partir dessa discussão, toma-se como exemplo um setor da Baixada Santista, o qual abarca os municípios de Praia Grande (Souza, 2010), Bertioga (Travalini, 2012) e Cubatão (Pinton, 2011).

Na avaliação de Tessler (2008, p.100), na Baixada Santista,

a alta densidade populacional da região, suas peculiares características socioeconômicas e sua configuração geomorfológica de reentrância acentuada no domínio do complexo cristalino são os critérios que determinam, para a quase totalidade da área, a atribuição de um grau de risco natural elevado (alto a muito alto).

## Metodologia

Os estudos do setor da Baixada Santista, elaborados por Souza (2010), Travalini (2012) e Pinton (2011), foram conduzidos a partir de adaptações da proposta metodológica de Mateo Rodrigues, Silva & Cavalcanti (2004), sendo desenvolvidos por meio das seguintes fases de trabalho:

- fase de inventário (solo, geologia, morfometria, geomorfologia, uso da terra em cenários diferenciados, características climáticas);
- fase de análise dos dados, na qual se destacam os trabalhos de campo para reambulação dos dados mapeados;
- fase de diagnóstico, na qual se integraram e correlacionaram as informações obtidas nas fases anteriores;
- fase propositiva, adaptada às condições locais, para a identificação das necessidades de manejo das áreas.

A partir da análise desses estudos, que apresentam ampla documentação cartográfica sobre os aspectos físico-naturais e de uso da terra, é possível compreender que a suscetibilidade natural

dos terrenos aos processos morfogenéticos tem sido dinamizada pelo uso da terra, gerando algumas situações de risco que necessitam ser gerenciadas pelo poder público local. Dessa forma, discutem-se os resultados obtidos por Souza (2010), Travalini (2012) e Pinton (2011) a partir dessa ótica, enfatizando inicialmente as características naturais da geomorfologia regional e, posteriormente, aspectos específicos dos municípios enfocados que geram situações de risco.

## **Resultados e discussões**

### **Características geomorfológicas e suscetibilidade natural do litoral paulista**

As feições geomorfológicas atualmente presentes na Baixada Santista relacionam-se à origem da serra do Mar e aos movimentos glácio-iso-eustáticos, ocorridos durante o Quaternário, na costa brasileira. Portanto, apresenta-se uma discussão sobre o contexto regional, dada a complexidade de fatores envolvendo as escarpas da serra do Mar e as planícies litorâneas, que devem ser consideradas na análise da suscetibilidade natural da área.

#### ***A serra do Mar***

A serra do Mar, em São Paulo, representa o rebordo do planalto Paulistano, sendo um conjunto de escarpas originadas pela ação tectônica quebrantável que organizou tais terrenos na forma de blocos desnivelados e caracterizados, regionalmente, como um extenso *horst*.

Um dos primeiros autores a tratar desses terrenos foi De Martonne (1943), que fez considerações sobre a serra do Mar, estabelecendo as relações do relevo com a estrutura. Referindo-se aos traços gerais do relevo, sugere a ideia de um bloco antigo levantado e fra-

turado. Afirma que, nas serras litorâneas, o relevo e a rede hidrográfica, encaixada nas camadas de gnaisses, apresentam grandes desnivelamentos que resultaram de deslocamentos dos blocos, provocados por falhas ou flexuras, associados às direções das antigas dobras, estando frequentemente voltadas para o oceano.

O autor considera que a serra do Mar e a serra da Mantiqueira representam degraus topográficos cujos recuos de borda resultam da erosão paralela ao eixo do desnivelamento. Desse modo, a erosão atua mais intensamente nas linhas de deslocamento da superfície flexurada e/ou em afloramentos de rochas menos resistentes, como gnaisses escuros ou micaxistos, observados por De Martonne (1943) na serra do Mar, gerando sulcos paralelos na frente do bloco, os quais se relacionam com a estrutura antiga.

Segundo Freitas (1944, p.16), a remodelação da costa brasileira ocorreu a partir do Jurássico, com o esfacelamento dos restos do Gondwana, que

parece ter sido efetuada por rejuvenescimento de falhas correspondentes a antigos dobramentos laurencianos, escalonados, orientados segundo NE-SW. Estas falhas operaram do sul do Espírito Santo até Santa Catarina, gerando diversos patamares paralelos, com lado abrupto sobre a linha da costa, e cujo degrau mais alto formou a conhecida serra do Mar.

Ainda segundo o autor citado, os argumentos geológicos a favor da tese geomorfogênica da serra do Mar relacionada às falhas rejuvenescidas e escalonadas estariam associados ao seu alinhamento quase perfeito. Assim,

por outro lado a serra da Mantiqueira e o vale do Paraíba reproduzindo mais para o interior a mesma topografia da serra do Mar, consoantes a orientação NE-SW, reforçam os argumentos a favor do falhamento escalonado da serra do Mar, sugerindo um levantamento recente por epirogênese. (Freitas, 1944, p.18)

Freitas (1951), analisando os relevos policíclicos do Escudo Brasileiro, visava demonstrar a conjugação de causa e efeito entre a geomorfologia dos planaltos e a tectônica do Brasil. Segundo Freitas (1951, p.3), “a existência de relevos policíclicos, em áreas estáveis como os escudos cristalinos, tem sido encarada como uma prova geológica do mecanismo de compensação isostática”.

Almeida (1953) definiu a serra do Mar como um sistema de escarpas e montanhas que limita a costa brasileira, entendendo-se do norte do estado de Santa Catarina até o estado do Rio de Janeiro. O desnivelamento das escarpas estaria associado a acidentes tectônicos, falhamentos ou fortes flexuras. A morfologia das escarpas e sua relação com a erosão remontante estariam associadas à resistência dos granitos e gnaisses pré-cambrianos. De acordo com Almeida (1953), quando tais rochas orientam-se paralelamente ao litoral oferecem máxima resistência à erosão remontante. O autor exemplifica esse fato com o caso da bacia do rio Ribeira de Iguape, estudado por Moraes Rego e Almeida (1946, citado por Almeida, 1953). O recuo das escarpas na bacia ocorreu através das rochas xistosas, menos resistentes, até encontrarem os granitos, possibilitando a grandeza da bacia do Ribeira, resultando na adaptação das formas topográficas à resistência diferencial.

Outro fato apontado por Almeida (1953, p.15), associado à resistência heterogênea das rochas, ocorre na região de Santos, onde a serra do Mar apresenta uma morfologia similar a uma pinça de caranguejo.

Ab'Saber (1955) refere-se à serra do Mar como o campo mais complexo das interferências dos processos geológicos na história do relevo brasileiro. Considera a área como sendo a última no estado de São Paulo a definir o relevo e a drenagem, atribuindo à evolução geomorfológica uma idade posterior ao Cretáceo, relacionando-a ao tectonismo que fragmentou a porção sul-oriental do Escudo Brasileiro.

Segundo Ab'Saber, a origem da fachada atlântica estaria relacionada a um passado geológico mais remoto, referente aos fins do Cretáceo e Eoceno, período em que se processaram os grandes

falhamentos do Brasil de Sudeste, responsáveis pela gênese das principais escarpas de falha do planalto Atlântico; e a um passado mais recente, ocorrido no Cenozoico e no Quaternário, associado aos relevos epicíclicos da zona costeira, balizados pelos seus baixos níveis e relacionados com a interferência dos movimentos epirogênicos e eustáticos.

Em 1965, Ab'Saber explicou a atuação dos falhamentos na formação das escarpas da serra do Mar. Segundo ele, durante o Cretáceo e no decorrer do Paleogeno processaram-se falhamentos simultâneos com o soerguimento epirogênico do núcleo sul-oriental do Escudo Brasileiro, os quais acompanharam as direções estruturais antigas dos gnaisses regionais (NE-SW). Desse modo, “no alinhamento principal de tais falhas restou o embrião da grande escarpa tectônica chamada serra do Mar” (Ab'Saber, 1965, p.50).

Para Almeida & Carneiro (1998,) a serra do Mar corresponde a um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000 km de extensão, estendendo-se do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina. Segundo esses autores, “a origem dos sistemas montanhosos subparalelos que compõem a Serra do Mar e da Mantiqueira remonta provavelmente ao Paleoceno” (Almeida & Carneiro, 1998, p.135).

Vários autores consideram que a origem da serra do Mar estaria relacionada a processos geológicos ocorridos no Escudo Brasileiro, que acarretaram em diferentes fases (Freitas, 1951; Ab'Saber, 1962; Almeida & Carneiro, 1998).

Freitas (1951, p.18), referindo-se à morfologia da serra do Mar, faz as seguintes considerações sobre sua origem, inter-relacionando outras topografias associadas:

A epirogênese deu-se em três etapas, a partir do fim do Mesozoico, sendo a segunda mais importante pelos resultados morfológicos, pois acarretou a fraturação e falhamento do Escudo Brasileiro em blocos escalonados, muralhas e fossas, e vales de afundamento [sic], surgindo os principais acidentes tectônicos do

relevo do país como sejam a serra do Mar, a Mantiqueira, o Espinhaço, a Borborema, fossas como a do Salvador e Itaboraí, vales de afundimento como os do Paraíba e São Francisco etc., cuja idade é cenozóica (Período Terciário).

As três fases epirogênicas do Escudo Brasileiro citadas por Freitas (1951, p.14) estariam relacionadas aos três ciclos erosivos identificados por ele. Essas três fases epirogênicas correspondem ao:

- primeiro levantamento: referente ao fim do Mesozoico. Fez cessar a sedimentação cretácea generalizada em todo país, podendo ter entrado em parte do Cenozoico Superior;
- segundo levantamento: ocorrido no Cenozoico Superior (Plioceno/Pleistoceno). Os falhamentos de tensão do Escudo Brasileiro correlacionados pelo autor citado como contemporâneos a esse levantamento são representados pelas escarpas da serra do Mar, da Mantiqueira e do Espinhaço;
- terceiro levantamento: responsável pelo entalhe hidrográfico do peneplano de “nível A” (nível de erosão) localizado junto à serra do Mar e da Mantiqueira.

Ab'Saber (1962) definiu duas fases de deformações tectônicas (Serra do Mar I e Serra do Mar II) para explicar a gênese da serra do Mar e dos pequenos maciços costeiros regionais.

- a fase Serra do Mar I refere-se à ação da tectônica quebrável, responsável pelos falhamentos do Terciário (Paleoceno ou Eoceno). Nessa época, as águas atlânticas encontravam-se a dezenas de quilômetros para leste. Assim, formou-se o corpo do maciço chamado planalto Atlântico, domínio de terras planálticas, sujeitas preferencialmente a epirogênese positiva e a compartimentação

erosiva; ainda houve rebaixamento irregular de uma série de blocos de estruturas antigas (porção sul-oriental do Escudo Brasileiro), estendendo-se um domínio de terrenos fortemente influenciados pelas ações secundárias da tectônica quebrável;

- a fase Serra do Mar II é representada pela acentuada reativação epirogenética do bloco continental, ocasionando na área aplainada da vertente atlântica paulista uma flexura continental, acompanhada de reativações da tectônica quebrável, delineando-se as primeiras incisões hidrográficas.

A história da serra do Mar, de acordo com Almeida & Carneiro (1998), remonta à complexa história registrada entre o pré-Cambriano e o eo-Paleozoico, que originaram as diversas associações migmatíticas e metamórficas, assim como inúmeros complexos ígneos. Influenciada pelo embasamento geológico, a serra do Mar acompanha “a orientação ENE das estruturas do Escudo Atlântico” (Almeida & Carneiro, 1998, p.135).

Os núcleos do embasamento englobam rochas e estruturas representativas de três grandes colagens proterozoicas vinculadas aos supercontinentes Atlântica (paleoproterozoico), Rodínia (mesoproterozoico – neoproterozoico), e Gondwana Ocidental (final do neoproterozoico). “As sucessivas colagens e interações de placas formaram faixas móveis acrescionárias, colisionais ou transpressionais, retomadas sucessivas vezes” (Almeida & Carneiro, 1998, p.136).

Já no Mesozoico, a partir da fragmentação de Gondwana e início da configuração atual dos continentes, iniciaram-se os processos que originariam a serra do Mar.

Durante a separação mesozoica, que subdividiu o supercontinente Gondwana e culminou na abertura do oceano Atlântico, inúmeras descontinuidades mais antigas foram reativadas em pulsos descontínuos que perduraram desde o Cretáceo até o Ter-

ciário. As rochas das falhas reativadas e mesmo das zonas de cisalhamento antigas, devido à baixa resistência à erosão diferencial, governam o traçado da rede de drenagem. [...] Rochas resistentes sustentam planaltos e escarpas, enquanto falhas, zonas de cisalhamento, fraturas e grandes domínios de rochas supracrustais condicionam lineamentos maiores e segmentos locais de drenagem. (Almeida & Carneiro, 1998, p.136-7)

Ross (2008) concorda que a serra do Mar é um registro de ocorrências de cadeias orogênicas antigas (Pré-Cambriano), de grande complexidade litológica e estrutural. A essa origem antiga, o autor acrescenta as influências mais recentes.

O processo de orogenia andina iniciou-se no Mesozoico e prolongou-se até o Cenozoico; durante este último ocorreu a epirogenia (movimento lento e generalizado de soerguimento ou abaixamento da crosta continental) do continente sul-americano. Acompanhando esses movimentos ocorreram os falhamentos que geraram a serra do Mar, a serra da Mantiqueira, o Graben do médio vale do Paraíba, entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, bem como vulcanismo e intrusões ao longo do litoral do Pacífico, induzindo a retomada dos processos erosivos mais agressivos. (Ross, 2008, p.36)

Na visão de Almeida & Carneiro (1998), a atual serra do Mar tem sua origem associada à Falha de Santos, um falhamento normal que limita a bacia de Santos e a linha de costa, como “resultado de abatimentos do planalto durante o magno evento tectônico iniciado no Paleoceno” (Almeida & Carneiro, 1998, p.140). O recuo da serra, de três a quatro dezenas de quilômetros, ocorreu durante o Cenozoico, como resultado da erosão pela ação dos rios, mar e movimentos de massa em suas vertentes. Esse recuo abandonou “numerosas ilhas e baixios próximos à costa atual, entalhando a superfície Japi e mais tarde as superfícies neogênicas” (Almeida & Carneiro, 1998, p.142).

Assim, dada sua complexidade estrutural, derivada dos aspectos anteriormente abordados, referentes à sua origem e evolução, a serra do Mar caracteriza-se pelo predomínio de altas declividades, que, aliadas a um clima úmido, desencadeiam reações de instabilidade. Desse modo, trata-se de ambiente de grande grau de dinamismo morfoгенético o qual, quando ocupado, gera riscos vinculados principalmente às possibilidades de ocorrência dos movimentos de massa.

Em direção ao oceano, os sopés da referida serra são caracterizados por uma sequência de terrenos sedimentares que estabelecem a ligação entre estas e as águas oceânicas. Tais terrenos variam espacialmente no estado de São Paulo, sendo mais amplos no setor sul e reduzidos no setor norte. Assim, a seguir discutem-se as origens e variações espaciais do que se denomina de planícies litorâneas ou costeiras.

### ***As planícies litorâneas***

O litoral do estado de São Paulo caracteriza-se por planícies litorâneas de dimensões variadas e, por essa razão, comumente a bibliografia classifica a linha de costa do estado de São Paulo em dois setores: o Litoral Norte e o Litoral Sul. O primeiro é marcado por esporões serranos e morros isolados que atingem o mar, formando as enseadas. No Litoral Sul, as escarpas se distanciam das águas oceânicas, gerando uma extensa planície costeira retilínea formada por cordões litorâneos (IPT, 1981).

Essas planícies caracterizam-se pela suavidade do relevo, no qual as declividades são muito baixas, em contraste nítido com as escarpas da serra do Mar. As planícies apresentam uma morfologia plana, com tendências deposicionais, sendo preenchidas por sedimentos arenosos de origem marinha e fluvial. Assim, os sistemas resultantes são em certos casos produtos “mistos destes agentes” (IPT, 1981, p.17). O material é altamente permeável e suas dimen-

sões estão “subordinadas às reentrâncias do fronte serrano” (IPT, 1981, p.47).

Assim, a diferença entre as planícies costeiras do Litoral Norte e do Litoral Sul, para Almeida (1974), deve-se à proximidade da serra do Mar com o oceano no primeiro setor, o que não possibilita que haja uma ampla área para deposição de sedimentos. Segundo Muehe (1998, p.318), a partir de São Vicente a linha de costa torna-se retilinizada, “com longos arcos de praia à frente de planícies costeiras e importantes estuários como os de Santos e Cananeia”, e a plataforma continental interna segue o mesmo padrão retilinizado.

Conforme Suguio (1999, p.311), a diferenciação entre o Litoral Norte e Sul também estaria relacionada à largura e declividade da plataforma continental:

A diferenciação morfológica existente entre as partes norte e sul desta costa poderia ser explicada por diferenças na dinâmica de sedimentação, bem como por influência tectônica. Desta maneira, poderia ser postulado que o suprimento sedimentar tenha sido mais abundante ao sul que ao norte, ou que a metade sul tenha sido soerguido enquanto a metade norte sofria subsidência.

Contudo, como a maior parte dos rios segue em direção ao interior, exceto o Ribeira de Iguape,

[...] a primeira hipótese parece ser inaceitável e não poderia explicar as diferenças na distribuição de sedimentos quaternários. Se a segunda hipótese estiver correta, a costa mostraria uma tendência à submersão ao norte e à emersão ao sul, conforme tem sido aventado por alguns autores. Esta diferenciação entre os setores norte e sul é também observável nas larguras e nas declividades da plataforma continental. Em frente à região de Parati (RJ), caracteristicamente montanhosa, a isóбата de 50 m situa-se a 8 km da linha costeira, enquanto que em Santos está a cerca de 30 km e em Cananeia a 50 km. (Suguio, 1999, p.311)

Assim, a planície costeira ou litorânea, formada por sedimentos cenozoicos, apresenta grande complexidade que se relaciona ao balanço glácio-eustático (variação do nível do mar) e balanço tectônico. A diversidade e peculiaridade dos sedimentos que compõem a planície é fruto do contato entre oceano e continente. Segundo o IPT (1981), transgressões e regressões marinhas são os marcos mais importantes utilizados para a datação dos sedimentos.

As flutuações do nível relativo do mar, para Suguio et al. (1985), resultam da eustasia, ou seja, das variações reais do nível do marinho, e das modificações do nível dos continentes, como resultado da tectônica e da isostasia. “As mudanças eustáticas constituem fenômenos complexos, que não podem ser explicados somente por episódios de glaciação e deglaciação, embora esta seja talvez a causa de maior alcance global” (Suguio, 2001, p.73).

Tricart (1960), em estudo sobre os problemas geomorfológicos do litoral entre Recife e Santos, atenta para a existência de cordões litorâneos bem desenvolvidos ao longo desse trecho da costa. Segundo o autor citado, o exame dos processos vigentes não permite explicar a atualidade dessas formações arenosas ao longo do trecho estudado, pela desproporção entre as fontes de areia e o volume de tais cordões.

Suguio & Martin (1978) identificaram várias fases transgressivas e regressivas marinhas durante o Quaternário. Os autores citados, através da datação de evidências relacionadas a testemunhos fósseis, afirmam terem ocorrido duas fases transgressivas: a Transgressão Cananeia e a Transgressão Santista.

A Transgressão Cananeia – 123 mil anos A. P., no estado de São Paulo (ou Penúltima Transgressão nas planícies costeiras dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco), corresponde a um nível relativo do mar, entre 2 m e 8 m acima do nível atual. Segundo Suguio et al. (1985), os testemunhos relacionados à Transgressão Cananeia referem-se aos terraços de construção marinha essencialmente arenosos encontrados na região de Cananeia (SP), estudada pelos autores. A idade da Transgressão Cananeia foi estabelecida através de datações realizadas em amostras de corais, ob-

tidas na porção basal de terraços presentes na região costeira do estado da Bahia, encontrando-se “uma idade média de  $123.500 \pm 5.700$  anos A. P.” (Suguio, 2001, p.247).

Já a Transgressão Santista, última fase transgressiva de acordo com Suguio (2001), tem sua datação com base em evidências geológicas, biológicas e pré-históricas, encontradas na porção central da costa brasileira, que possibilitaram o melhor conhecimento dos últimos 6.500 anos.

Os registros desse nível do mar no Holoceno são representados por terraços situados entre 4 e 5 metros acima do nível atual nas porções internas, exibindo suave declividade em direção ao oceano, sugerindo, segundo Suguio (2001, p.247), que sua construção ocorreu durante o rebaixamento do nível do mar.

Na superfície desses terraços ocorrem cristas praias bem preservadas, em contraste com o que ocorre nos terraços pleistocênicos (Martin et al., 1980). As estruturas sedimentares são bem preservadas e são representadas por estratificações características de faças praias.

[...] As idades obtidas pelo método de radiocarbono, de afloramentos de terraço de construção marinha foram inferiores a cerca de 7.000 anos A. P., exceto algumas amostras de depósitos paleolagunares, obtidas por sondagens, que forneceram idades pouco mais antigas.

Os ambientes formados pelo recuo da linha de costa a partir do último período transgressivo, atualmente são caracterizados pela presença de planícies fluviomarinhas, morros isolados, vales fluviais, terraços e planícies marinhas.

Além disso, a organização da rede de drenagem também é bastante complexa, gerando planícies e terraços fluviais. De acordo com Gomes (2000), os rios provenientes da serra do Mar, ao encontrarem a planície costeira, perdem energia, inserindo-se num ambiente de intrincada rede de canais, com intensa ação das marés. A interação entre as águas continentais e oceânicas possibilita o

desenvolvimento do ambiente de manguezal, diretamente relacionado à baixa amplitude altimétrica e ao acúmulo de sedimentos areno-argilosos. Vinculam-se também à salinidade adequada e à disposição de nutrientes. As águas, que percorrem em baixa velocidade as áreas de fraca declividade, transportam matéria orgânica proveniente das áreas florestadas da serra do Mar.

Circundados por essas planícies fluviomarinhas, pelas planícies marinhas e terraços marinhos, encontram-se ainda, no litoral paulista, inúmeros morros isolados, de constituição litológica vinculada diretamente ao conjunto de rochas do embasamento cristalino da serra do Mar.

[...] as rochas cristalinas foram cortadas por falhas normais, escalonadas, separando blocos tectônicos progressivamente mais rebaixados em direção ao mar. Foi durante esses eventos que se formaram páleo-relevos que estão na origem da serra do Mar. (Ab'Saber, 1965)

Assim, as planícies costeiras caracterizam-se pela complexidade de processos de sedimentação, atuais e passados, vinculados tanto aos agentes marinho e fluvial como aos materiais coluvionares advindos dos processos gravitacionais que ocorrem nas escarpas da serra do Mar. Além disso, partes das antigas escarpas encontram-se inseridas nessas planícies, na forma de morros isolados, devido à história geológica desses terrenos. Dessa forma, considera-se que esse cenário complexo representa um desafio ao gerenciamento das situações de risco. Esse desafio deve-se à diversidade natural dos terrenos que geram variados tipos de riscos, associados a diferenciados processos geomorfológicos, a seguir discutidos.

## Os principais riscos geomorfológicos na Baixada Santista

Considerando os documentos cartográficos e os dados apresentados por Souza (2010), Travalini (2012) e Pinton (2011), é possível constatar que três aspectos geomorfológicos principais ocorrem nos municípios estudados por tais autores e podem criar situações de risco. Dessa forma, destacam-se os riscos relacionados às enchentes, à erosão dos estirâncios e aos movimentos de massa.

No que se refere às enchentes, destaca-se em específico os dados apresentados por Pinton (2011) sobre Cubatão. O mapa geomorfológico produzido pelo autor demonstra que boa parte da área urbana de Cubatão estabeleceu-se sobre terrenos que originalmente eram planícies fluviomarinhas, dominadas pelo alagamento e pela vegetação de mangue.

Assim, para possibilitar a ocupação urbana, uma das alterações principais registradas referiu-se às mudanças na organização espacial dos cursos fluviais (Figura 1).

Na Figura 1 é possível observar que muitos rios que existiam em 1962, hoje não são mais registrados. Assim, os cursos que se mantiveram apresentam atualmente intenso alargamento, chegando, como na área II, a se transformar em lâminas de água expressivas, aproximando-se de uma morfologia lacustre. Esse fato deve-se principalmente pela realocação da água através de dutos e canais, os quais objetivam drenar os terrenos, viabilizando dessa forma sua ocupação. Assim, tem-se um aumento dos terrenos drenados e concentra-se a água em canais, criando situações de risco às enchentes. As águas, que encharcavam livremente os terrenos, são drenadas por canais com limite de capacidade. Assim, eventos chuvosos, comuns na área, já provocam eventos de cheia excepcional, alagando áreas ocupadas por diversas atividades antrópicas.

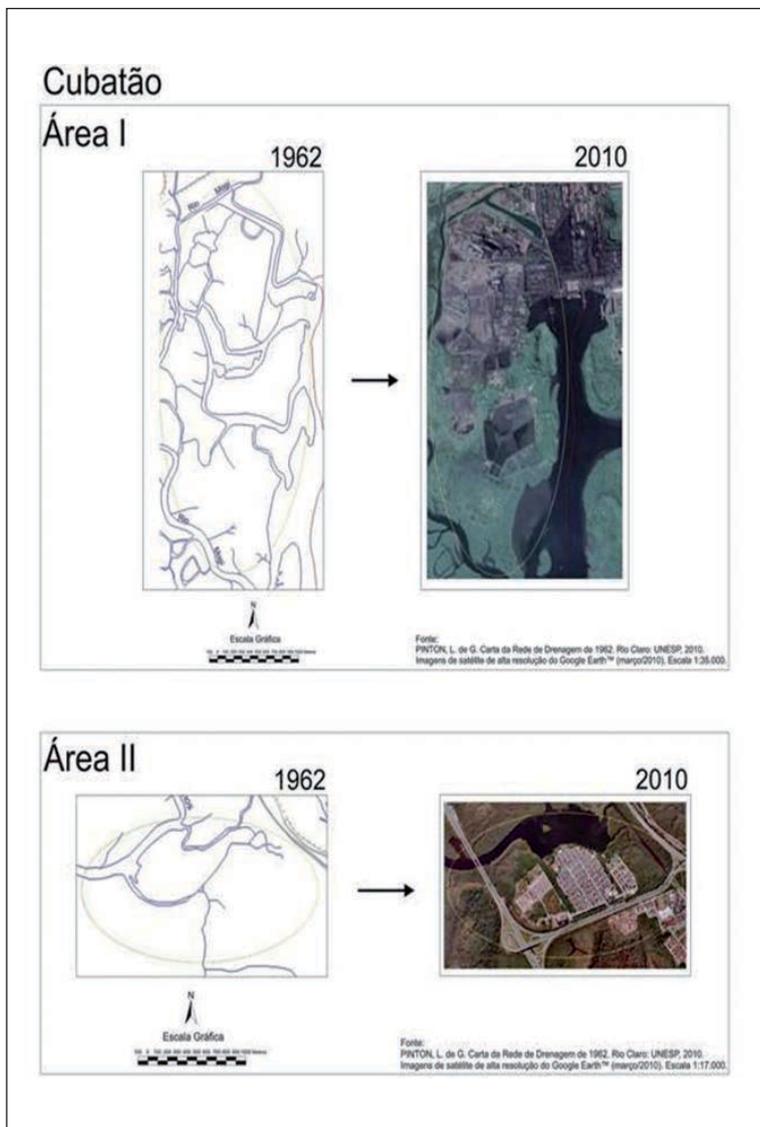


Figura 1 – Comparação entre o traçado da hidrografia em 1962 e 2010, em Cubatão.

Fonte: Pinton, Travalini & Cunha, 2011.

Alterações na hidrografia são registradas tanto em áreas de intensa e antiga ocupação, como Cubatão, que se constitui também em um núcleo industrial, como em áreas de ocupação mais recente, voltadas para atividades turísticas (Figura 2).

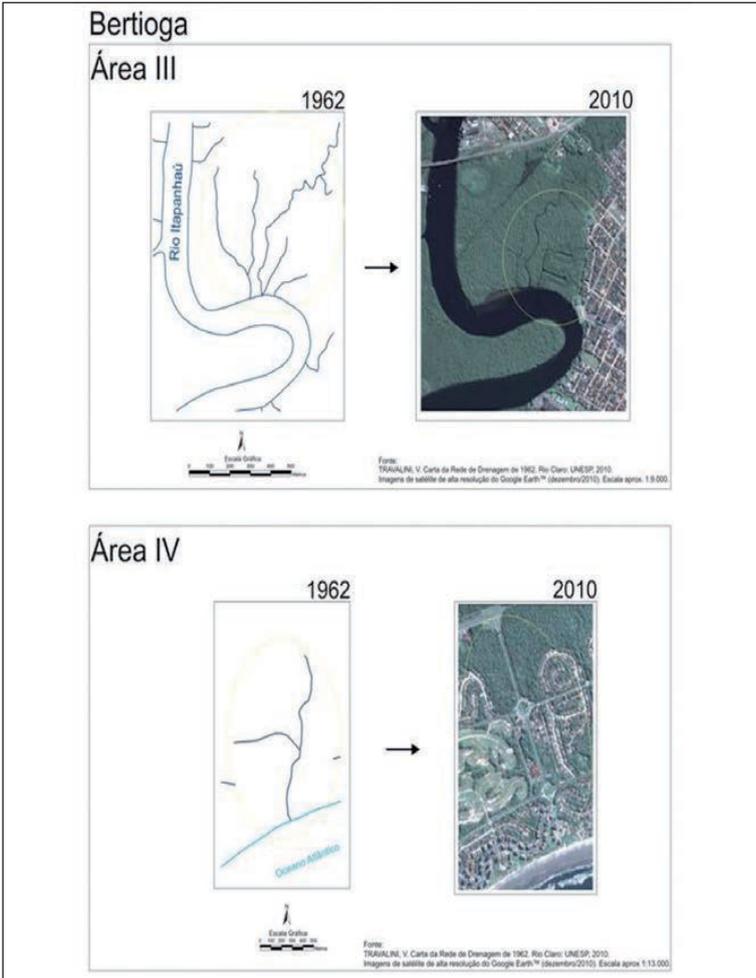


Figura 2 – Comparação entre o traçado da hidrografia em 1962 e 2010, em Bertioga.

Fonte: Pinton, Travalini & Cunha, 2011.

Constata-se a presença de ações de retilinização (área III) e alteração do traçado dos cursos, assim como o desaparecimento em superfície de drenagens preexistentes (área IV). Nesse contexto, a natureza alagadiça dos terrenos transforma em um risco as enchentes devido às alterações provocadas pelo uso antrópico desses terrenos.

As alterações na hidrografia em áreas de planícies costeiras já urbanizadas mantêm também intrínseca relação com os processos erosivos que se registram nas linhas de praia, principalmente no setor de estirâncio (Figura 3), assim como com as mudanças morfológicas do ambiente praiial (Figura 4).



Figura 3 – Canais de drenagem em Praia Grande, no cenário de 1962 (à esquerda) e 2000 (à direita).

Fonte: Souza, 2010.

Em Praia Grande (Figura 3) o aumento dos canais de drenagem urbana de um cenário para o outro provoca diminuição notável da área de sedimentação das linhas de praia. Já em Mongaguá (Figura 4), em 8 anos, a alteração na morfologia da linha de costa é notável, constatando-se uma mudança na morfologia do limite entre o continente e o mar; dessa forma, o limite que era linear, em 2002, apresenta-se entrecortado, em 2010, marcado por reentrâncias, as quais também são provocadas por canais de drenagem urbana. Dessa forma, a suscetibilidade natural à erosão das linhas de praia, a qual se deve à natureza inconsolidada dos sedimentos, transforma-se em um risco eminente diante do atual uso da terra.



Figura 4 – Alterações da morfologia da praia em Mongaguá através da comparação dos cenários de 2002 e 2010.

Fonte: Cunha, 2011.

Assim, se a urbanização altera drasticamente os sistemas hidrográficos na planície, verifica-se que efeitos um tanto preocupantes ocorrem quando ela atinge os setores serranos (Figura 5), como constatado por Pinton (2011).

A urbanização, que preferencialmente se inicia nos terrenos planos da planície costeira, em muitas situações na Baixada Santista atinge os setores serranos. Assim, o sopé serrano, composto por material coluvionar, é ambiente propício para escorregamentos, sendo a retirada da vegetação original e sua substituição pela urbanização uma das principais causas de ocorrência de escorregamentos nessas áreas de risco, cuja suscetibilidade natural do relevo é bastante significativa.

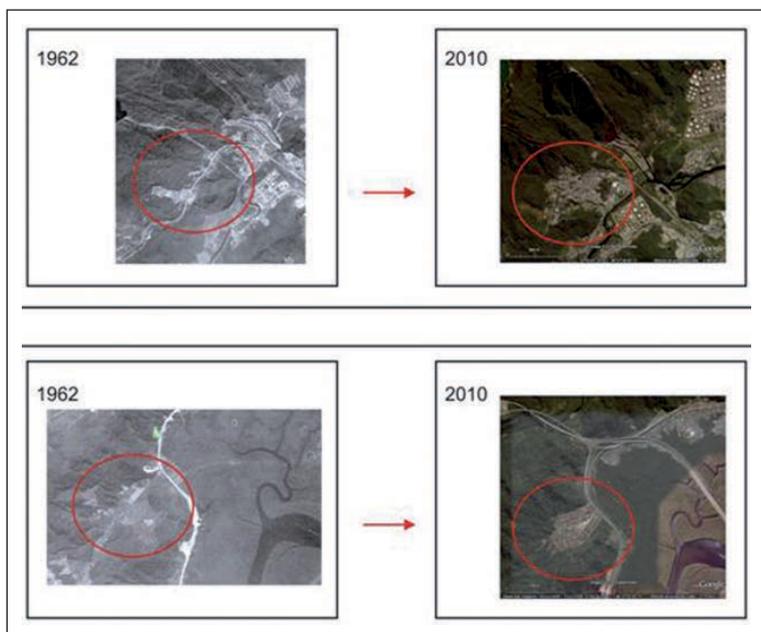


Figura 5 – Evolução do uso da terra no sopé serrano, em Cubatão.

Fonte: Pinton, 2011.

## Considerações finais

Em suma, os ambientes litorâneos são áreas de intenso uso da terra e, portanto, necessitam ser ocupados tendo por base orientações geradas por um adequado processo de planejamento, o qual deve considerar também as características físicas do ambiente. Para isso, as informações geomorfológicas são essenciais, visto que “é sobre as formas de relevo que o homem se assenta” (Christofolletti, 1994, p.416). Os ambientes litorâneos são dinâmicos e morfogeneticamente complexos e ativos. Assim, avaliar a suscetibilidade natural do relevo desses setores e compreender como ela se comporta quando utilizada pelo homem é um desafio a ser enfrentado, visando a um melhor entendimento do significado dessa suscetibilidade para a geração de riscos à sociedade.

## Referências bibliográficas

- AB'SÁBER, A. N. Contribuição à geomorfologia do litoral paulista. *Revista Brasileira de Geografia (Rio de Janeiro)*, v.18, n.1, p.3-48, jan.-mar. 1955.
- \_\_\_\_\_. A serra do Mar e o litoral de Santos. *Notícia Geomorfológica (Campinas)*, v.5, n.9, p.70-7, abr.-ago. 1962.
- \_\_\_\_\_. A evolução geomorfológica. In: AZEVEDO, A. (Org.). *Baixada Santista: aspectos geográficos. As bases físicas. v.I.* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1965. p.49-66.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Considerações sobre a geomorfogênese da serra do Cubatão. *Boletim Paulista de Geografia (São Paulo)*, n.15, p.3-17, 1953.
- \_\_\_\_\_. *Fundamentos geológicos do relevo paulista.* 99p. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974. (Igeop-USP Série Teses e Monografias, n.14)
- \_\_\_\_\_, CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências (São Paulo)*, v.28, n.2, p.135-50, jun. 1998.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p.415-36.
- CUNHA, C. M. *A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas.* Rio Claro, 2011. 105f. Tese (livre-docência em Geomorfologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista.
- DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. *Revista Brasileira de Geografia (Rio de Janeiro)*, v.5, n.4, p.3-31, out.-dez. 1943.
- FREITAS, R. O. de. Geomorfogênese da ilha de São Sebastião. *Boletim da Associação de Geógrafos Brasileiros (Rio de Janeiro)*, v.4, n.4, p.16-30, maio 1944.
- \_\_\_\_\_. Relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. *Geomorfologia (São Paulo)*, n.7, p.3-19, 1951.

- GOMES, A. D. *Análise geoambiental do município de Santos (SP): o caso das planícies fluviomarinhas e dos morros isolados*. Rio Claro, 2000. 177f. Dissertação (mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1981. (1 mapa. Escala 1:1.000.000. Acompanha nota explicativa)
- MARTIN, L. et al. Le quaternaire marin brésilien (littoral pauliste, sud-fluminense et bahianais). *Cahiers ORSTOM, Série Géologie*, v. XI, n.1, p.96-125, 1980.
- MATEO RODRIGUEZ, J. M., SILVA, E. D., CAVALCANTI, A. P. B. *Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: Editora UFC, 2004.
- MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: GUERRA, A. T., CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.273-350.
- PINTON, L. G. *Zoneamento geoambiental da área urbana do município de Cubatão (SP)*. Rio Claro, 2011. 156f. Dissertação (mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista.
- \_\_\_\_\_, TRAVALINI, V., CUNHA, C. M. L. O uso do Google Earth na análise de mudanças na morfologia da rede hidrográfica: casos de municípios litorâneos brasileiros. *Ar@cne. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales (Barcelona: Universidad de Barcelona)*, n.149, 1/7/2011. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-149.htm>>. Acesso livre.
- ROSS, J. L. S. Os fundamentos da Geografia da Natureza. In: \_\_\_\_\_. *Geografia do Brasil*. 5.ed. São Paulo: Edusp, 2008. p.13-65.
- SILVA, T. C. da. *Demanda de instrumentos de gestão ambiental: zoneamento ambiental*. Brasília: Ibama, 1997. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/ambtec/documentos/Zoneamento.pdf>>. Acesso em 20/9/2007.
- SOUZA, T. A. *Zoneamento geoambiental do município de Praia Grande – Baixada Santista (SP)*. Rio Claro, 2011. 121f. Dissertação (mes-

- trado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista.
- SUGUIO, K. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?* 366p. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?* 2.ed. 366p. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 2001.
- \_\_\_\_\_ et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências (São Paulo)*, v.15, n.4, p.273-86, ago.1985.
- \_\_\_\_\_, MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. 55p. São Paulo, 1978. *Proceedings...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia (SBG), 1978.
- TESSLER, M. Potencial de risco natural. In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil*. 242p. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. p.93-120.
- TRAVALINI, V. *Zoneamento geoambiental do município de Bertioga (SP)*. Rio Claro, 2012. 108f. Dissertação (mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista.
- TRICART, J. Problemas geomorfológicos do litoral oriental do Brasil. *Boletim Baiano de Geografia (Salvador)*, v.1, n.1, p.5-39, jun. 1960.



# 7

## O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ANÁLISE E MAPEAMENTO DE RISCO A EVENTOS GEODINÂMICOS

*Cláudio José Ferreira<sup>1</sup>*

*Denise Rossini-Penteado<sup>2</sup>*

*Antonio Carlos Moretti Guedes<sup>3</sup>*

### Introdução

O desenvolvimento das geotecnologias já constitui um marco de mudanças nos padrões da sociedade. Pautada no compartilhamento de informações em nível global, em alguns aspectos, é comparada com a invenção da imprensa no século XV (Miller, 1996). A significativa redução dos custos da tecnologia de geoprocessamento e o desenvolvimento de *softwares* especializados capazes de manipular e integrar grandes e complexos volumes de informações, permitiram avançar nos processos de análise e mapeamento de risco.

Os SIGs ou sistemas de informação espacial (Laurini & Thompson, 1992), são sistemas computacionais usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos (Marble, 1990;

- 
1. Instituto Geológico – Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SP). *e-mail*: cferreira@igeologico.sp.gov.br.
  2. Instituto Geológico – Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SP). *e-mail*: denise@igeologico.sp.gov.br.
  3. Instituto Geológico – Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SP). *e-mail*: acguedes@igeologico.sp.gov.br.

Bonham-Carter, 1994; Câmara et al., 1996). Suas principais características são: a) capacidade para gerar informação a partir da análise e manipulação em banco de dados gráfico e alfanumérico espacialmente referenciado; b) capacidade de realizar análise espacial e de otimizar a atualização de dados sujeitos a contínuas mudanças que modificam a projeção territorial dos fenômenos econômicos e sociais; c) possuem ferramentas de tratamento de dados que permitem a aplicação de modelos matemáticos na análise espacial; d) otimização da espacialização dos fenômenos, gerando informação que pode ser correlacionada a outras adquiridas em outros modelos; e) aplicação a ações de planejamento, uma vez que permite a definição e a análise quantitativa de componentes físicos e socioeconômicos, além da análise qualitativa, atribuindo pesos às características identificadas dentro de uma escala de valores estabelecida (Moura, 2003).

Em síntese, SIGs apresentam agilidade na manipulação de dados e sobreposições de mapas temáticos, permitindo a elaboração de mapas sintéticos; a facilidade de integração de informações provenientes de fontes diversas (dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelo numérico do terreno) em uma única base de dados; a facilidade no processo de análise da distribuição espacial de dados e fenômenos (análise espacial); e de ajuste de mapas em diferentes formatos; além de permitir diferentes representações gráficas de mesmo tipo de dados.

As geotecnologias permitem uma gama de novos procedimentos de análise, sendo determinante a adoção de novas visões no campo do mapeamento temático. Como lembram Martinelli & Pedrotti (2001), esforços devem ser direcionados na busca de uma cartografia de reintegração e reconstrução do todo, evitando-se, assim, representações analíticas e fragmentadas da realidade espacial/territorial. Nesse campo, Lacoste (1976) já apontava a necessidade de estruturar novos métodos que considerem a articulação dos diferentes níveis de análise compatíveis com as ordens de grandeza em que os fenômenos se manifestam, bem como as combi-

nações e contradições que ocorrem entre conjuntos espaciais de conteúdos distintos, definidos pelos fenômenos estudados, num mesmo nível têmporo-espacial.

O uso de sistemas de informação geográfica apontam para a necessidade de conceituação numérica do risco e suas variáveis; reforcem a possibilidade de se obter múltiplas respostas a uma mesma pergunta; facilitam a redução da temporalidade na atualização de dados e modelos; expõem a desatualização do conceito de escala, diante do conceito de resolução; e favorecem a democratização da informação.

A necessidade do uso de uma abordagem numérica e integrada aplicada à análise de risco em SIG vem ao encontro do uso de indicadores para se avaliar as condições ambientais (Berger, 1997; Chaves & Alipaz, 2007; Ferreira, 2010). Ainda que a avaliação de risco compreenda uma situação complexa – resultante da combinação de múltiplos fatores de análise, em grande parte difíceis de definir, subjetivos e condicionados pela percepção social –, os indicadores têm a capacidade de mostrar, de forma sistemática, uma medida do estado do meio ambiente, baseada em critérios claramente definidos e passíveis de replicação e reprodução, ainda que os resultados não reflitam de forma absoluta as condições ambientais (Cendrero, 1997; Cendrero et al., 2004; Revenga, 2005).

Sistemas de informação geográfica (SIG) permitem a disponibilização da massa de dados utilizados na elaboração de um mapa. Diferentes usuários podem criar diferentes mapas que contam diferentes histórias (Walji, 2010). O mapa torna-se o resultado de apenas uma das muitas possibilidades de consulta ao sistema. Ainda que, supostamente, fosse possível elaborar um mapa ideal por meio de um SIG, o ponto-chave em seu uso é a capacidade de compartilhar dados que permitam aos diferentes usuários criar seus próprios mapas.

Destaca-se ainda sua aptidão à atualização contínua dos dados, em dependência com suas resoluções temporais. Os dados podem ser estáticos (variação temporal de milhares a milhões de anos) ou dinâmicos (variação temporal de horas a meses). Do mesmo modo,

alterações na amostragem dos dados implicam adequações nos modelos utilizados, o que enfatiza a transitoriedade dos assim chamados resultados finais.

Dias (2012) aponta o fim do uso prático do conceito de escala cartográfica, justificando que não se fazem mais estudos e projetos sobre mapas estáticos em papel e ressalta que a manipulação das informações espaciais e os produtos finais operacionais já são e serão inexoravelmente digitais, o que permite variar livremente sua escala com o *zoom*. O autor propõe a adoção do conceito de resolução espacial como o que melhor se adequaria às novas tecnologias.

O uso de SIGs facilita também o entendimento e aplicação do conceito de escala como um escalonamento de processos sociais, em que as escalas geográficas não são dadas, nem fixadas e exibem profunda imbricação mútua, o que requer metodologias que enfatizem relações e transformações multiescalares, e não apenas de uma só escala (Becker, 2009; Brasil, 2010).

As geotecnologias, em uma perspectiva mais ampla do que o uso de SIGs, já afetam o modo como se estruturam as etapas de gestão de risco. Um exemplo na questão de monitoramento é o trabalho de Lima et al. (2012), que propõem um modelo para uso de redes sociais em situações de desastres, no qual o principal “sensor” para monitoramento de um evento perigoso seria o usuário dessas redes. Esse campo de desenvolvimento também é denominado informação geográfica voluntária. O projeto Open Street Map talvez seja o melhor exemplo de sucesso dessa abordagem (Openstreetmap Wiki Contributors, 2012).

O objetivo do trabalho é rever as principais implicações do uso de SIGs no mapeamento de risco a eventos geodinâmicos. Tomam-se como elementos fundamentais para a análise, o entendimento do contexto no qual se dá a gestão de risco, a importância da conceituação de risco e de seus componentes e a caracterização da abordagem da paisagem como método para classificação do meio físico, no qual unidades reconhecíveis do território são utilizadas como unidades básicas de gerenciamento de banco de dados em sistemas de informações geográficas.

## Contexto e importância da gestão de risco

Eventos geodinâmicos de escorregamento, inundação, subsidência, colapso e erosão acelerada têm ocorrido com intensidade e frequência crescentes, provocando significativos prejuízos econômicos e perda de vidas. O gerenciamento do risco, no entanto, não se restringe ao entendimento desses processos (Figura 1). Estratégias cada vez mais amplas precisam ser gradativamente incorporadas às políticas públicas voltadas à adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

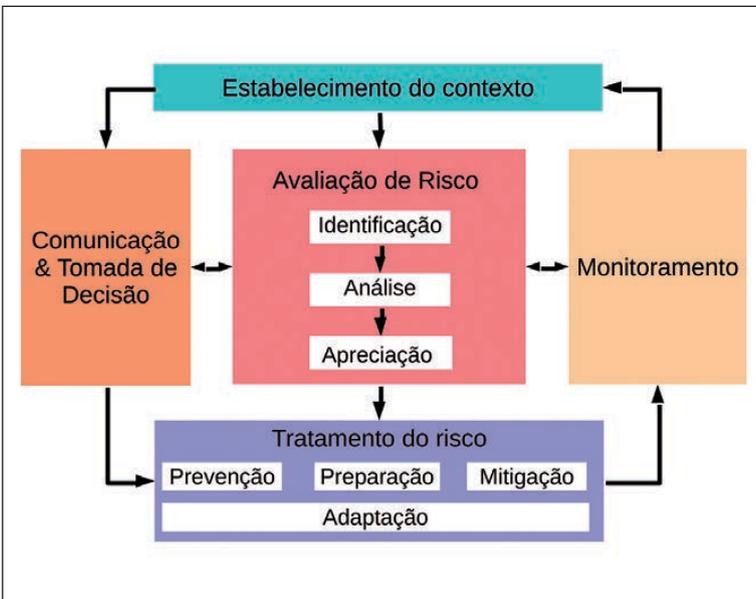


Figura 1 – Modelo de gerenciamento de risco.

Fonte: Autores, modificado ISO (2009).

No estado de São Paulo, o tema mudanças climáticas e risco a desastres foi tratado recentemente pela legislação (São Paulo, 2009, 2010, 2011). A Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, e o Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010, instituíram e regulamentaram a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) e

estabeleceram diretrizes a serem adotadas pelo governo a fim de garantir a adaptação às mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável. A Tabela 1 mostra os principais itens dos referidos instrumentos diretamente relacionados com a avaliação de risco e desastres, incluindo o mapeamento de risco.

Tabela 1 – Principais referências da PEMC à redução de risco e desastres

| <i>Seção</i>                                   | <i>Artigo</i>   | <i>Inciso</i>   |
|--|-----------------|---|
| Dos objetivos                                  | 5 <sup>a</sup>  | XV – Promover um sistema de planejamento urbano sustentável de baixo impacto ambiental e energético, inclusive a identificação, estudo de suscetibilidade e proteção de áreas de vulnerabilidade indireta quanto à ocupação desordenada do território.  |
| Das diretrizes                                 | 6 <sup>a</sup>  | X – Mobilizar a Defesa Civil do Estado, em resposta a eventuais desastres naturais, como deslizamentos e inundações, ou para a proteção de áreas de risco, como encostas e fundos de vale.  |
| Do disciplinamento do uso do solo              | 10 <sup>a</sup> | II – Atenuar os efeitos de desastres de origem climática, prevenir e reduzir os impactos, principalmente sobre áreas de maior vulnerabilidade.<br>IX – Identificar e mapear as vulnerabilidades existentes nos territórios municipais.                  |
| Do planejamento emergencial contra catástrofes | 20 <sup>a</sup> | O Poder Executivo estabelecerá um Plano Estratégico para Ações Emergenciais (Peae), para resposta a eventos climáticos extremos que possam gerar situação de calamidade pública em território paulista, notadamente em áreas de vulnerabilidade direta. |
| Da articulação e operacionalização             | 27 <sup>a</sup> | XIII – Apoiar a Defesa Civil dos municípios.  |

Fonte: Autores.

O Decreto nº 57.512, de 11 de novembro de 2011, que instituiu o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos (PDN) procura integrar as políticas de diferentes secretarias de Estado e dos municípios paulistas. O

PDN visa, ainda, articular estratégias de planejamento ambiental e de uso e ocupação do solo com as ações de gestão de risco e defesa civil, o que inclui o diagnóstico de áreas sujeitas a escorregamentos, inundações, erosão, colapso e subsidência de solo, bem como a priorização de intervenções estruturais (obras civis) e não estruturais (monitoramento e gerenciamento de emergências).

No âmbito federal (Brasil, 2012), a Lei de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608, de 8 de abril de 2012) estabeleceu diretrizes e competências dos entes federados, indicando que os estados, dentre outras atribuições, devem “identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os municípios”, além de “apoiar, sempre que necessário, os municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil”.

Em nível mundial, a Estratégia Internacional para Redução de Desastres, da Organização das Nações Unidas (ISDR-UN) pauta-se pela Convenção Quadro para a Ação de Hyogo (ONU, 2005), adotada por 168 membros das Nações Unidas em 2005. Seu objetivo principal é reduzir substancialmente as perdas com desastres até 2015, pelo aumento da resiliência das nações e comunidades aos desastres. A Tabela 2 mostra uma comparação entre as diretrizes estabelecidas nos níveis internacional, nacional e estadual para a redução de risco e desastres.

No contexto das mudanças climáticas, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) publicou recentemente (IPCC, 2012) relatório especial sobre o gerenciamento de riscos a eventos extremos e desastres. As avaliações preocupam-se com: a) aspectos da interação de fatores climáticos, ambientais e humanos que podem levar a impactos e desastres; b) alternativas para o gerenciamento dos riscos impostos por impactos e desastres; e c) a importância do papel que os fatores não climáticos exercem na questão (Figura 2).

Tabela 2 – Diretrizes dos principais instrumentos legais no campo da redução de risco e desastres

| <i>Convenção de Hyogo, 2005</i>  | <i>Plano Nacional, 2012</i>  | <i>Programa Estadual, 2011</i>   |
|--|--|--|
| Prioridade nacional e local com uma forte base institucional                         | Atuação articulada entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios             | Sistematizar ações institucionais  |
| Identificar, avaliar e monitorar riscos a desastres e melhorar os sistemas de alerta | Planejamento com base em pesquisas e estudos   | Promover o diagnóstico atualizado dos perigos e de riscos                      |
| Usar conhecimento, inovação e educação para construir uma cultura de resiliência     | Participação da sociedade civil  | Capacitação, treinamento e disseminação do conhecimento                        |
| Reduzir os fatores de risco indiretos  | Priorizar ações preventivas  | Planejamento de uso e ocupação do solo   |
| Fortalecer a preparação contra desastres   | Abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação    | Monitoramento e fiscalização em áreas de risco e sujeitas a perigos geológicos |
|  | Adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações relacionadas a corpos d'água; |  |

Fonte: Autores.

## Análise de risco

No processo de análise de risco estão envolvidas as etapas de avaliação dos perigos potenciais e das condições de vulnerabilidade que, juntos, podem potencialmente provocar danos às pessoas, propriedades, meios de subsistência e ao meio ambiente dos quais a sociedade depende. A Tabela 3 mostra a terminologia dos componentes da avaliação de risco segundo diversas fontes.



Figura 2 – Conceitos fundamentais de risco e desastres segundo o IPCC.

Fonte: IPCC (2012), traduzido pelos autores.

Tabela 3 – Componentes da análise de risco

| <i>ISDR-ONU</i>   | <i>Perigo</i>      | <i>Vulnerabilidade</i> | <i>Exposição</i>      |
|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Política Nacional | Ameaça             | Vulnerabilidade        | Dano, perda, prejuízo |
| ISO-31.000        | Fatores de risco   | Controle               | Consequências         |
| IPCC              | Eventos climáticos | Vulnerabilidade        | Exposição             |

Detalhando-se as definições da ONU (2009), temos:

(1) Perigo (P): fenômeno, substância, atividade humana ou condição que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos às propriedades, perda de bens e serviços, distúrbios sociais e econômicos e danos ao meio ambiente.

(2) Vulnerabilidade (V): características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem que a fazem suscetível aos efeitos de um perigo.

(3) Exposição (E): pessoas, propriedades, sistemas ou outros elementos presentes em zonas perigosas que estão, portanto, sujeitas a danos potenciais.

(4) Risco (R): é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas.

Fonte: Autores, a partir de ONU, 2009; Brasil, 2007; ISO, 2009; IPCC, 2012.

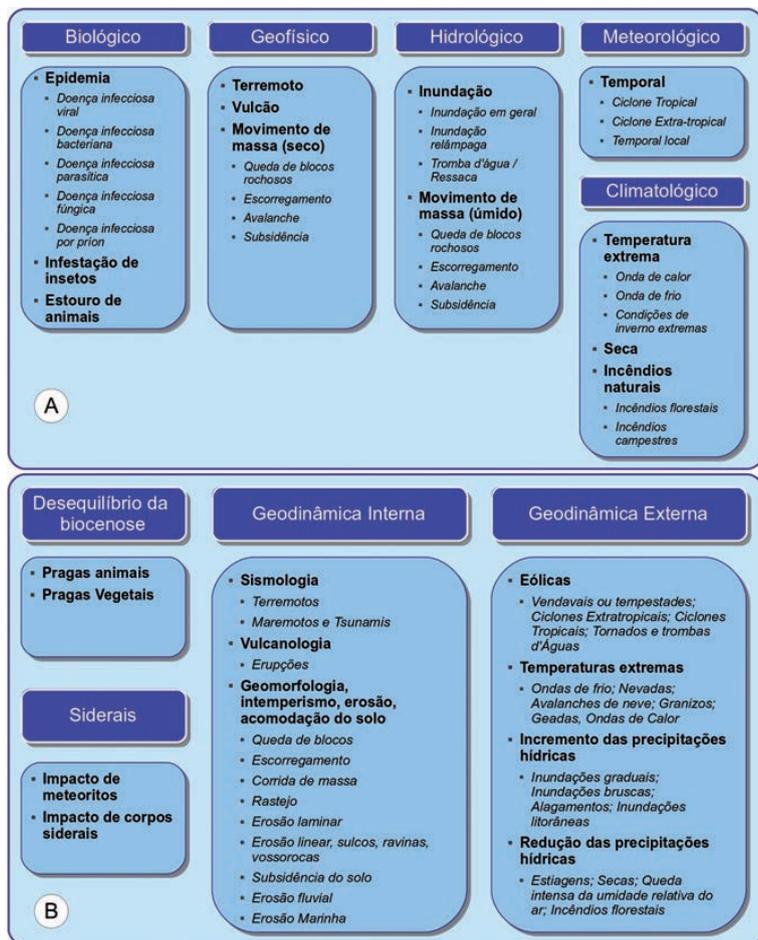


Figura 3 – Classificação internacional (A) e nacional (B) dos desastres com base em eventos naturais

Risco = função (perigo);

Risco = função (perigo, vulnerabilidade);

Risco = função (perigo, dano);

Risco = função (perigo, vulnerabilidade, dano).

Fonte: Guha-Sapir et al. (2012) e Brasil (2003), traduzido e modificado pelos autores.

A expressão “eventos geodinâmicos” está sendo utilizada com base na classificação de desastres do Código de Desastres, Ameaças e Riscos (Codar), adotada pelo Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e aprovada pelo Conselho Nacional Proteção de Defesa Civil (Brasil, 2007), o que difere em alguns aspectos da classificação internacional adotada pelo Centro de Pesquisas sobre a Epidemiologia de Desastres (Cred) (Guha-Sapir et al., 2012). A Figura 3 mostra ambas as classificações. Apesar de as classificações citadas ainda utilizarem a expressão “desastres naturais”, há uma tendência de abandonar-se essa nomenclatura em razão da efetiva contribuição do fator humano na natureza dos desastres relacionados a eventos naturais (Mora, 2009, 2010; Toro, 2011; Ferreira, 2012b).

Ainda que os conceitos de risco e perigo relacionados a eventos geológicos estejam consolidados desde a década de 1980 (Varnes, 1984; Einstein, 1988) e que os componentes da avaliação de risco estejam bem definidos e sejam facilmente correlacionados (Tabela 3), a expressão utilizada para o cálculo do risco carece de padronização. Basicamente reconhecem-se quatro variações principais:

Inicialmente, percebe-se uma sobreposição dos conceitos de perigo e risco, como apontado por Rodrigues-Carvalho (1998). Entretanto, gradualmente, a aplicação dos conceitos de vulnerabilidade e de valor do dano do elemento em risco passou a ser feita.

A ONU (2004) considera dois elementos como essenciais para a formulação do risco (R), sendo eles: o perigo (P), definido como evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente perigosa; e a vulnerabilidade (V), definida como o grau de suscetibilidade dos elementos expostos a determinada fonte de risco. A equação de risco seria  $R = P \times V$ . Nesse caso, as consequências seriam informações qualificadoras do risco.

Anbalaghan & Singh (1996), em estudo na região dos Himalaias, aplicam a equação  $R = P \times D$ , em que D = dano potencial, não levando em consideração a vulnerabilidade do elemento em risco.

Remondo et al. (2008) adotam um procedimento quantitativo para mapear o risco a escorregamentos considerando perigo, vul-

nerabilidade e valoração dos elementos expostos. No estado de São Paulo, diversos trabalhos buscaram aplicar a equação  $R = P \times V \times D$  no mapeamento de risco a escorregamentos, quer na escala regional 1:50.000 (Tominaga et al., 2004, 2005; Ferreira & Rossini, 2011), quer na escala semirregional 1:10.000 (Rossini et al., 2007; Tominaga et al., 2008) e mesmo na escala local 1:3.000, em áreas degradadas pela mineração (Santoro et al., 2007; Ferreira, 2012a).

## **Sistemas de classificação do meio físico aplicados à análise de risco**

Na cartografia geoambiental são reconhecidas duas abordagens: a paramétrica ou analítica e a sintética ou integrada, também denominada de fisiográfica ou da paisagem (Cendrero et al., 1979, 2004; Vedovello, 2000; Fernandes da Silva & Cripps, 2011; Ferreira & Rossini-Penteado, 2011). A primeira trata cada atributo como um empilhamento vertical de camadas ou planos de informação. Nesse caso, a unidade de análise corresponde à intersecção dessas múltiplas camadas a partir de grupos de pixel ou pixel a pixel.

Na segunda abordagem, a forma e a distribuição espacial de feições do terreno são analisadas de maneira integrada, permitindo a delimitação de unidades de análise que guardam correspondência com representações identificáveis na paisagem. Dessa perspectiva, a paisagem compõe uma realidade visível, definida a partir da observação e do interesse individual do sujeito que a apreende.

A abordagem sintética é mais bem configurada, e tem seu potencial intrínseco consubstancializado, quando suas unidades são definidas com base em variações tonais e espectrais de elementos presentes em imagens de sensoriamento remoto. Apesar disso, Cendrero et al. (2004) consideram válida a aplicação dessa abordagem até mesmo com a utilização de unidades administrativas como municípios, distritos, bairros e setores censitários. Como

exemplo, é possível citar o método definido pela Emplasa (2012) que organiza informações socioeconômicas e ambientais em recortes territoriais intraurbanos, denominadas unidades de informações territorializadas (UIT).

Vedovello et al. (2002; 2005) apontam as vantagens do uso de unidades básicas de gerenciamento de banco de dados (UBGBDs) em sistemas gerenciadores de informações geográficas. Elas constituiriam as menores unidades de análise do terreno na escala adotada e a base para o armazenamento dos dados e informações. Essa organização permite a operacionalização otimizada dos procedimentos de aquisição de mapas derivados, bem como de consulta. Além das unidades de análise guardarem uma correspondência direta com feições reais do terreno, podem ser usados um grande número de atributos na definição das funções sem que isso implique a geração de novos elementos gráficos, pois a análise desses parâmetros está condicionada aos limites das unidades básicas de compartimentação. No caso da abordagem analítica ou paramétrica, as unidades geradas não têm uma correspondência direta com feições reais do terreno, podendo representar limites meramente funcionais e/ou abstratos, pois resultam da superposição de diversos atributos e feições previamente mapeadas, muitas vezes aferidas em unidades/escalas/resoluções diversas. Em consequência, o processamento computacional torna-se mais complexo, pois há a necessidade de cruzamento (e operações algébricas) entre muitas variáveis espacializadas.

O presente trabalho revisa o método baseado na abordagem sintética ou da paisagem conforme sistematizado em Ferreira & Rossini-Penteado (2011). O conceito de paisagem, segundo Monteiro (2001), implica um sistema integrador, uma entidade espacial delimitada segundo um nível de resolução do pesquisador a partir dos objetivos centrais da análise, sendo resultante da combinação dinâmica, portanto instável, de componentes relativamente homogêneos de suporte e cobertura, podendo ser elementos físicos (processos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e climatológicos), biológicos (vegetação) e antrópicos (sistemas socioeconômicos),

expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas, que organizam um todo complexo (sistema), verdadeiro conjunto solidário e único em perpétua evolução. Como uma cartografia de síntese, as unidades de paisagem se comportam como geossistemas, dotadas de morfologia, funcionamento e comportamento (Bertrand, 1968). Segundo Martinelli & Pedrotti (2001), a paisagem envolve aspectos social e natural, sendo subjetiva e objetiva, real e simbólica, espacial e temporal, produção material e cultural. Para a sua completa apreensão não basta a análise separada de seus elementos; é preciso compreender sua complexidade, que é dada pela forma, estrutura e funcionalidade. A estrutura corresponde a um dos aspectos básicos no estudo da paisagem, sendo determinada pela configuração específica dos elementos da paisagem quanto a forma, tamanho, tipo, distribuição e arranjo. Esses elementos, por sua vez, definem padrões espaciais específicos passíveis de serem compartimentados ou setorizados em unidades homogêneas e hierarquizadas, que se encaixam umas nas outras (Bertrand, 1972; Lang & Blaschke, 2009).

## **Sistema de classificação do uso e cobertura da terra e do padrão de ocupação urbana**

As diversas atividades humanas sobre o território implicam ações sobre o meio físico que modificam a paisagem. Os diferentes tipos de uso e cobertura da terra resultantes desse processo imprimem padrões espaciais de ocupação em diferentes níveis hierárquicos (Tabela 4) que atuam como elementos intrínsecos à análise e mapeamento de risco, condicionando as três variáveis da equação de risco (perigo, vulnerabilidade e dano).

O mapeamento do uso e ocupação do solo permite identificar qual elemento está em risco e, enquanto elemento modificador/indutor de processos, contribui na análise de perigo geoambiental. Sendo o solo o elemento que sofre os impactos dos fenômenos perigosos, os padrões de seu uso e ocupação atuam como indicadores

dos prováveis danos (grau de perda) decorrentes de um perigo, expresso pelo número de pessoas ou pelo valor das propriedades e bens em risco, e contribuem de forma decisiva nas avaliações de vulnerabilidade, entendida como o conjunto de condições determinadas pelos fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade da população e de bens/propriedades ao impacto dos perigos. O conceito de vulnerabilidade inclui tanto os aspectos físicos, relacionados a resistência de construções e proteções decorrentes da existência de infraestrutura, como fatores humanos relacionados aos aspectos econômicos, sociais, políticos, técnicos, ideológicos, culturais, educacionais, ecológicos e institucionais. Sendo assim, o conhecimento das características da ocupação associadas a um determinado uso é de fundamental importância nas avaliações de risco.

O desenvolvimento do sistema de classificação do uso e ocupação do solo, conforme Rossini-Penteado et al. (2007), inicia-se com a identificação e delimitação de unidades homogêneas de uso e cobertura da terra (UHCT). As UHCTs figuram como as menores unidades geográficas de análise do uso e cobertura da terra e do padrão de ocupação urbana, e são resultantes da associação ou combinação de diferentes elementos da paisagem que definem padrões espaciais específicos.

Essa abordagem metodológica baseada em UHCTs consiste na setorização ou parcelamento do território em áreas com características semelhantes quanto a determinados aspectos físicos, forma e textura intrínsecos da ocupação (Kurkdjian, 1986; Manso et al., 1978). O critério básico para a delimitação das unidades homogêneas é a textura que resulta, segundo Dolfus (1975, apud Kurkdjian, 1986), “da repetição de um certo número de formas, de um jogo de combinações que se reproduzem de maneira semelhante, mas não perfeitamente idêntica, numa superfície”.

As UHCTs são definidas por processos de classificação automática e interpretação visual de produtos de sensoriamento remoto em diferentes resoluções espaciais e níveis hierárquicos, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Níveis hierárquicos e resoluções do sistema de classificação do uso e cobertura da terra

| <i>Categoria</i>         | <i>Tipologia</i>               | <i>Padrão</i>         | <i>Atributos de infraestrutura sanitária e socioeconômicos</i> |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|--|
| Área urbana ou edificada | Residencial comercial serviços | Densidade de ocupação | Esgotamento sanitário  |
|                          |                                |                       | Abastecimento de água  |
|                          |                                | Estágio de ocupação   | Destinação do lixo   |
|                          |                                |                       | Instrução população residente                                  |
|                          |                                | Ordenamento urbano    | Renda população residente                                      |
|                          |                                |                       | Número de habitantes   |
|                          | Loteamento                     |                       |  |
|                          | Grande equipamento             |                       |  |
|                          | Área desocupada                |                       |  |
|                          | Espaço verde urbano            |                       |  |
| Solo exposto             |                                |                       |  |
| Vegetação arbórea        |                                |                       |  |
| Vegetação arbustiva      |                                |                       |  |
| Vegetação rasteira       |                                |                       |  |
| Corpos d'água            |                                |                       |  |
| Imagem resolução 30 m    | Imagem resolução 1-5 m         | Imagem resolução 1 m  | Setor censitário IBGE  |

Fonte: Autores.

## Sistema de classificação do substrato geológico-geomorfológico

O substrato geológico-geomorfológico-pedológico é resultado da evolução de processos geodinâmicos endógenos e exógenos (Ohara et al., 2003) e orienta as condições evolutivas atuais, resultantes da interação entre sistemas naturais e humanos (Cendrero, 1997). O estudo das características do substrato, no desenvolvimento metodológico ou tecnológico e nas formas de representação, deve, portanto, adequar-se à análise integrada com outras variáveis ambientais e socioeconômico-culturais (Vedovello, 2000), especialmente no campo da análise de risco. O mapeamento do substrato geológico-geomorfológico permite identificar e caracterizar os fenômenos perigosos e suas relações com os padrões de uso e ocupação do solo na definição dos impactos e vulnerabilidades do cenário de risco.

A caracterização de unidades homogêneas do substrato geológico-geomorfológico com base na abordagem fisiográfica ou de paisagem vem sendo aplicada em diversos estudos, com destaque para a questão de indicadores da qualidade ambiental por meio de unidades geoambientais (Cendrero et al., 1992, 2003), aptidão de terrenos para diversos fins (Vedovello, 2000; Ohara et al., 2003; Oliveira et al., 2007; Cardoso et al., 2009; Fernandes da Silva et al., 2010) e para mapeamento de risco a escorregamentos (Tominaga et al., 2004; 2008).

O procedimento para definição da unidade fisiográfica consiste na identificação de setores que apresentem a menor heterogeneidade possível em função da resolução e dos elementos texturais observáveis em produtos de sensoriamento remoto (Vedovello, 2000; Zuquete & Gandolfi, 2004). Adota-se no presente trabalho a terminologia de Vedovello (2000), que denomina a unidade homogênea do substrato geológico-geomorfológico de unidade básica de compartimentação (UBC).

Como apontado por Marchetti & Garcia (1977), por mais complexa que seja a superfície topográfica, ela pode ser analisada a

partir de dois elementos principais: as vertentes, representadas por planos, e suas ligações, representadas por linhas (linhas de crista, talvegues etc.). Na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, inclui-se o elemento tonalidade, que indica a quantidade de luz refletida por um objeto.

Dentre os critérios básicos relacionados aos elementos texturais aplicados na delimitação das unidades homogêneas (Marchetti & Garcia, 1977; Vedovello, 2000; Cardoso et al., 2009) destacam-se:

- a) densidade: refere-se à quantidade de elemento da imagem (de um mesmo tipo) por unidade de área da imagem;
- b) padrão: refere-se ao arranjo ou à disposição espacial dos elementos analisados, por exemplo, padrão de drenagem dendrítico ou paralelo;
- c) tropia: indica a presença ou não de orientações preferenciais dos elementos de análise;
- d) forma: refere-se aos componentes elementares do relevo, elevações e depressões e suas expressões compostas, tais como colina, monte, morro, chapadas, planície etc.

A compartimentação ou setorização fisiográfica pode ser efetuada em diferentes escalas, às quais uma classificação hierárquica/taxonômica se aplica (Vedovello, 2000). Como exemplo, destaca-se a proposição de Ross & Moroz (1997) para a elaboração do mapa geomorfológico do estado de São Paulo que reconhece três táxons: a) unidades morfoestruturais; b) unidades morfoesculturais; c) unidades morfológicas ou dos padrões de forma ou tipos de relevo. Ross (1992) reconhece outros três táxons, além daqueles representados no mapa geomorfológico do estado de São Paulo, sendo o quarto táxon as formas de relevo, o quinto os setores ou elementos de cada uma das formas de relevo e o sexto as menores formas produzidas pelos processos atuais, inclusive antrópicos. Esses táxons apresentam correspondência em unidades geotectônicas e geológicas como cinturões orogênicos, bacias sedimentares, complexos

metamórficos ou magmáticos, grupos, formações, fácies, litotipos e demais subunidades. Vedovello (2000) utiliza, de forma mais descritiva, quatro níveis taxonômicos para a compartimentação fisiográfica na região de Ubatuba: província, zona, subzona e unidade.

## A unidade de paisagem

A interseção dos planos de informação das unidades representativas do uso e cobertura da terra e padrão de ocupação urbana (UHCTs) e do substrato geológico-geomorfológico (UBCs) definem as unidades territoriais básicas (UTB).

As UTBs (Brasil, 2006) constituem as unidades de paisagem deste trabalho, exprimindo o conceito geográfico de zonalidade. São as menores unidades de análise, representativas dos aspectos geológico, geomorfológico, pedológico, climatológico e do uso e cobertura da terra, reconhecíveis no terreno e na paisagem. Cada zona é definida por meio de critérios específicos que permitem a diferenciação entre zonas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que possibilitam sua articulação com uma complexa rede composta por outras unidades territoriais (Lucena, 1998; Brasil, 2006). Com base nas UTBs é possível associar a uma mesma região do espaço diferentes atributos ou fatores ambientais (físicos e socioeconômicos) que descrevem e qualificam os processos em análise.

A UTB, como uma unidade de paisagem, compreende uma unidade dimensional ideal que abrange a integralidade da realidade concreta, sendo, portanto, uma construção teórica. Conforme apontam Beroutchachvilli & Bertrand (1978), a unidade de paisagem, sendo uma entidade, resulta da conjunção de distintos fatores, como a morfogênese do relevo, o clima em seu movimento, a dinâmica biológica e a participação da ação humana em sua evolução histórica.

Uma das formas de mensurar unidades de paisagem é por meio do cálculo de índices que tem a função de simplificar, quantificar e

expressar fenômenos complexos a partir da agregação de dados e informações, sendo o resultado da combinação de um conjunto de parâmetros associados por meio de uma relação preestabelecida que dá origem a um novo e único valor (Santos, 2004).

## **Definição de atributos e modelagem do risco a eventos geodinâmicos**

Após a definição das unidades de análise, a etapa seguinte compreende a definição dos atributos e das fórmulas de cálculo para cada variável da equação de risco adotado. Definem-se, assim, os parâmetros ou índices simples ou compostos que permitirão caracterizar os perigos, as condições de vulnerabilidade e os danos potenciais.

Em termos gerais, os atributos qualificadores dos processos geodinâmicos perigosos devem exprimir cinco grupos de forças motrizes: formas do relevo (perfis de vertente, inclinação, variação altimétrica etc.), material afetado (tipo, qualidade, quantidade etc.), água (atmosférica, superficial e subterrânea), descontinuidades (limites entre materiais) e as características do uso e cobertura da terra e do padrão de ocupação urbana.

A vulnerabilidade, como característica intrínseca do elemento em risco, pode ser expressa considerando-se cinco dimensões: física (padrão construtivo, ordenamento urbano etc.), social (escolaridade, gênero, idade etc.), econômica (renda, bens etc.), ambiental (infraestrutura sanitária, degradação ambiental etc.) e cultural (percepção do risco).

O dano potencial ou exposição, a exemplo da vulnerabilidade, é uma propriedade do elemento exposto aos eventos perigosos e também pode ser expresso em relação a cinco dimensões: humana (pessoas mortas, afetadas etc.), material (quantidade de bens danificados), social (serviços essenciais interrompidos ou danificados), ambiental (intensidade dos danos ambientais) e econômica (quan-

tificação em valores monetários dos danos e prejuízos de cada item registrado).

Os atributos são selecionados em função da resolução necessária ou disponível. A caracterização das unidades territoriais básicas (UTBs) é realizada a partir da geração de planos de informação ou camadas individuais de atributos, os quais, por meio de procedimentos de interpolação geoestatísticos, são transformados em grades numéricas ou matrizes. Em seguida, são aplicadas operações zonais, utilizando-se como restrição os polígonos das unidades de análise sobre as matrizes numéricas. Com esse procedimento, são obtidos os valores (mínimos, médios, máximos ou amplitudes) dos atributos de interesse, os quais são atualizados automaticamente na tabela de atributos.

A modelagem compreende a definição de fórmulas e os respectivos pesos dos fatores selecionados, bem como o cálculo dos índices da variável em análise. Ferreira & Rossini-Penteado (2011) modelam as variáveis perigo, vulnerabilidade, dano potencial e risco a escorregamento e inundação, a partir de 16 atributos, conjugando a aplicação de fórmulas e regras para obtenção dos diversos índices.

Na etapa seguinte, para a geração dos mapas temáticos, é realizado o agrupamento dos índices em cinco classes de criticidade crescente (C0, C1, C2, C3, C4), onde C = classe da variável em análise. Destaca-se que os limites das classes e criticidade associada são dependentes da amostragem. O estabelecimento de valores padrões para as variáveis de risco ainda está por ser estabelecida. A Figura 4 mostra o fluxograma do método e suas relações com sistemas de informação geográfica.

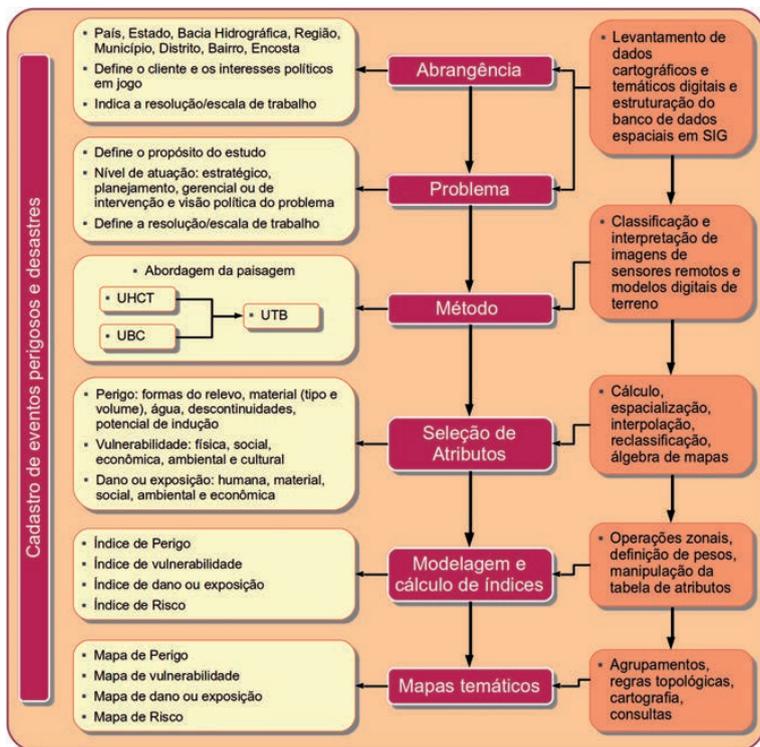


Figura 4 – Fluxograma do método de mapeamento de risco e relações com procedimentos em SIG.

Fonte: Autores.

## Conclusões

SIGs constituem instrumentos imprescindíveis ao mapeamento de risco, devido à possibilidade de armazenamento, manipulação e análise de grande volume de dados e agilidade na obtenção e atualização de resultados. Por outro lado, o uso de ferramenta tecnológica de imensa capacidade analítica requer, na mesma proporção, responsabilidade em seu uso quanto à necessidade de delimitação do contexto onde os resultados serão aplicados, a quais instrumen-

tos de políticas públicas eles servirão e uma conceituação precisa do risco e suas variáveis.

Com o advento dos sistemas de informação geográfica, novos aspectos metodológicos devem ser levados em consideração, entre os quais destacam-se: a) a adoção de abordagens numéricas, expressas preferencialmente por indicadores passíveis de monitoramento; b) a possibilidade de obtenção de variações significativas nos resultados ante a multiplicidade de métodos disponíveis; c) a expressiva redução da temporalidade na atualização de dados e modelos; d) a desatualização do conceito de escala em detrimento do conceito de resolução; e) a democratização da informação e a possibilidade de construção e gestão participativa na produção de mapas.

A adoção de abordagens que permitam definir, *a priori*, objetos ou entidades de análise que atuam como unidades básicas de gerenciamento de banco de dados, fornece o subsídio teórico metodológico necessário para explorar o potencial intrínseco dos SIGs. Nesse sentido, a abordagem da paisagem que integra unidades homogêneas do uso e cobertura da terra e padrão de ocupação urbana (UHCT) e do substrato geológico-geomorfológico (UBC) permite um conhecimento mais amplo e integrado dos processos geodinâmicos, da dinâmica biológica e da ação humana na composição do território, quando comparada à abordagem paramétrica ou analítica, ao mesmo tempo que facilita os procedimentos de inserção, armazenamento, atualização, análise e consulta ao banco de dados. Nessa abordagem, as unidades de análise guardam correspondência direta com feições reais do terreno; além disso, possibilitam a utilização de um grande número de atributos para o cálculo das variáveis temáticas, sem que isto implique a geração de novos elementos gráficos. Tal fato é possível porque a análise desses parâmetros está condicionada aos limites das unidades territoriais básicas (UTB), de forma que o trabalho limita-se a um único plano de informação e seus atributos. O desafio que se apresenta no mapeamento de risco é o estabelecimento de padrões de perigo, vulnerabilidade, dano e risco em níveis estaduais e nacional, considerando

que os resultados obtidos em SIG são relativos à amostragem selecionada.

## Agradecimentos

O presente trabalho desenvolveu-se com apoio financeiro do Termo de Cooperação entre a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil e o Instituto Geológico para mapeamento de risco de municípios do estado de São Paulo.

## Referências bibliográficas

- ANBALAGAN, R., SINGH, B. Landslides hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains: a case study from Kumaun Himalaya, India. *Engineering Geology*, n.43, p.237-46, 1996.
- BECKER, B. K. O governo do território em questão: uma perspectiva a partir do Brasil. *Parc. Estrat.*, n.14(28), p.33-50, 2009. Disponível em <[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/339/332](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/339/332)>. Acesso em 16/11/2012.
- BERGER, A. R. Assessing rapid environmental change using geoindicators. *Environmental Geology*, n.32, p.36-44, 1997.
- BEROUTCHACHVILLI, N., BERTRAND, G. Le géossystème ou système territorial naturel. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, n.49(2), p.167-80, 1978.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et Sud-Ouest*, n.39(3), p.249-72, 1968.
- \_\_\_\_\_. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. *Cadernos de Ciências da Terra*, n.13, p.1-27, 1972.
- BONHAM-CARTER, G. F. *Geographic information systems for geoscientists*. Reino Unido: Pergamon, 1994.

- BRASIL. *Diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil*. 3.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 2006.
- \_\_\_\_\_. *Política Nacional de Defesa Civil*. Ministério da Integração Nacional. Publicação seriada, 2007. Disponível em <[http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157)>. Acesso em 24/8/2012.
- \_\_\_\_\_. *Macrozoneamento da Amazônia Legal: estratégias de transição para a sustentabilidade*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA) – SDS, 2010. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/225/\\_arquivos/macrozee\\_amaznia\\_legal\\_publicacao\\_final\\_225.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/225/_arquivos/macrozee_amaznia_legal_publicacao_final_225.pdf)>. Acesso em 23/5/2012.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília (DF), ano 149, n.70, p.1-4, 11/4/2012. Seção 1. Disponível em <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=11/04/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=204>>. Acesso em 24/8/2012.
- CÂMARA, G. et al. *Anatomia de sistemas de informação geográfica*. São José dos Campos: Inpe, 1996. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em 1º/2/2012.
- CARDOSO, D. et al. Compartimentação fisiográfica do município de Peruíbe, litoral de São Paulo: uma abordagem metodológica como subsídio à avaliação geotécnica de terrenos. *Pesquisas em Geociências*, n.36(3), p.251-62, set.-dez. 2009.
- CENDRERO, A. Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. *Naturzale*, n.12, p.5-25, 1997.
- \_\_\_\_\_. et al. Integrated Assessment and Evaluation of the Coastal Environment of the Province of Vizcaya, Bay of Biscay, Spain. *Environmental Geology*, n.2(6), p.321-31, 1979.
- \_\_\_\_\_. et al. Geoenvironmental units as a basis for the assessment, regulation and management of the Earth's surface. In: \_\_\_\_\_, LÜTTIG, G., WOLFF, F. C. (Ed.). *Planning the use of the Earth's surface*. Nova York: Springer Verlag, 1992.

- CENDRERO, A. et al. Indicators and indices of environmental quality for sustainability assessment in coastal areas. Applications to case studies in Europe and the Americas. *Journal of Coastal Research*, n.19, p.919-33, 2003.
- \_\_\_\_\_, FRANCES, A., DEL CORRAL, D. Environmental quality indices: a tool for assessing and monitoring geoenvironmental map units. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL. São Carlos, 2004. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2004. p.525-64.
- CHAVES, H. M. L., ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the Watershed Sustainability Index. *Water Resour Manage*, n.21, p.883-95, 2007.
- DIAS, R. W. O ocaso da escala. *MundoGEO*, n.66, p.50-1, 2012. Disponível em <<http://mundogeo.com/mundogeo66.php>>. Acesso em 16/11/2012.
- EINSTEIN, H. H. Landslides risk assessment procedure. In: IV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES. Lausanne, 1987. *Proceedings*. v.2. Roterdã: A. A. Balkema, 1988. p.1.075-90.
- EMPLASA. *Projeto UITs* – unidades de informações territorializadas. Disponível em <<http://www.emplasageo.sp.gov.br/uits/>>. Acesso em 19/11/2012.
- FERNANDES DA SILVA, P. C., CRIPPS, J. C. Geo-environmental terrain assessments based on remote sensing tools: a review of applications to hazard mapping and control. In: BRONIEWICZ, E. (Ed.). *Environmental management in practice*. Rijeka: InTech, 2011. Disponível em <[http://cdn.intechopen.com/pdfs/16284/InTech-Geo\\_environmental\\_terrain\\_assessments\\_based\\_on\\_remote\\_sensing\\_tools\\_a\\_review\\_of\\_applications\\_to\\_hazard\\_mapping\\_and\\_control.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/16284/InTech-Geo_environmental_terrain_assessments_based_on_remote_sensing_tools_a_review_of_applications_to_hazard_mapping_and_control.pdf)>. Acesso em 19/11/2012.
- \_\_\_\_\_, et al. Geo-environmental mapping using physiographic analysis: constraints on the evaluation of land instability and groundwater pollution hazards in the Metropolitan District of Campinas, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v.59, p.124, 2010.

- FERREIRA, C. J. Aplicação de geoindicadores na gestão de áreas degradadas e na gestão de bacias hidrográficas. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEO-AMBIENTAL. Maringá, 2010. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2010. (CD-Rom). Disponível em <<https://docs.google.com/open?id=0B0J5AK7clDOaWXNUa3V2eGxZaEU>>. Acesso em 16/11/2012.
- \_\_\_\_\_. Análise de risco a escorregamento e quantificação da degradação em apoio ao licenciamento ambiental da mineração, Litoral Norte (SP). In: I CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS. Rio Claro, 2012a. *Anais...* Rio Claro: IGCE – UNESP, 2012. (CD-Rom). Disponível em <<https://docs.google.com/open?id=0B0J5AK7clDOaOE5RS1hT01VYWc>>. Acesso em 19/11/2012.
- \_\_\_\_\_. Gestão de riscos e desastres (relacionados a perigos) naturais. In: GONÇALVES JR. et al. (Ed.). *ZEE zoneamento ecológico-econômico: base para o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo*. Seminário de 12 a 14 de dezembro de 2011. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente (SMA), 2012b. Disponível em <[https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.ambiente.sp.gov.br%2Fwp%2Fcp%2Ffiles%2F2011%2F05%2FSeminario\\_ZEE\\_web.pdf](https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.ambiente.sp.gov.br%2Fwp%2Fcp%2Ffiles%2F2011%2F05%2FSeminario_ZEE_web.pdf)>. Acesso em 30/8/2012.
- \_\_\_\_\_, ROSSINI-PENTEADO. Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. São Paulo, 2011. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. (CD-Rom). Disponível em <<https://docs.google.com/open?id=0B0J5AK7clDOaZTU3OTBiNDctZWZjMS00NTE5LTgyNDEtMjQwNDMxM2YzYjUy>>. Acesso em 16/11/2012.
- GUHA-SAPIR, D. et al. *Annual Disaster Statistical Review 2011: the numbers and trends*. Bruxelas: Cred, 2012. Disponível em <[http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR\\_2011.pdf](http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2011.pdf)>. Acesso em 24/11/2012.

- IPCC. Summary for policymakers. In: FIELD, C. B. et al. (Ed.). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. p.1-19. Disponível em <<http://ipcc-wg2.gov/SREX/report/>>. Acesso em 24/8/2012.
- KURKDJIAN, M. L. N. O. *Um método para identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto com vistas ao planejamento urbano*. São Paulo, 1986. Tese (doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo.
- LACOSTE, Y. *La Géographie, ça sert, d'abord, à faire la guerre*. Paris: Maspero, 1976.
- LANG, S., BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LAURINI, R., THOMPSON, D. *Fundamentals of spatial information systems*. Londres: Academic Press, 1992.
- LIMA, M. T., BARBOSA, A. C., FANTATO, F. Proposta de um modelo estruturado e de ferramentas de *software* livre para uso de redes sociais digitais em situações de desastres no Brasil. In: I CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS. Rio Claro, 2012. *Anais...* Rio Claro: IGCE – UNESP, 2012. (CD-Rom). Disponível em <<https://docs.google.com/open?id=0B0J5AK7cldOaS0h2MGFSbU83TU0>>. Acesso em 19/11/2012.
- LUCENA I. S. *Projeto de interfaces para álgebra de mapas em geoprocessamento no ambiente Spring*. São José dos Campos, 1998. Dissertação (mestrado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe.
- MANSO, A. P., BARROS, M. S. S., OLIVEIRA, M. L. N. *Determinação de zonas homogêneas através de sensoriamento remoto*. São José dos Campos: Inpe, 1978.
- MARBLE, D. A. Geographic information systems: an overview. In: PEUQUET, D. J., MARBLE, D. A. (Ed.). *Introductory readings in geographic information systems*. Londres: Taylor & Francis, 1990. p.8-17.

- MARCHETTI, D. A. B., GARCIA, G. J. *Princípios de fotogrametria e fotointerpretação*. São Paulo: Nobel, 1977.
- MARTINELLI, M., PEDROTTI, F. A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. *Revista do Departamento de Geografia*, n.14, p.39-46, 2001.
- MILLER, R. B. Information technology for public policy. In: GOODCHILD, M. F. et al. (Ed.). *GIS and environmental modeling: progress and research issues*. Nova York: John Wiley & Sons, 1996. p.7-10.
- MONTEIRO, C. A. *Geossistema: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2001.
- MORA, S. Disasters are not natural: risk management, a tool for development. Geological Society. *Engineering Geology Special Publication (Londres)*, v.22, p.101-12, 2009. doi 10.1144/EGSP22.7.
- \_\_\_\_\_. Disaster should not be the protagonists of disaster risk management. In: WILLIAMS, A. et al. (Ed.). *Geologically Active*. Londres: Taylor and Francis Group, 2010. p.89-110.
- MOURA, A. C. M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. 294p. Belo Horizonte: Editora da Autora, 2003.
- OHARA, T. et al. Zoneamento geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. *Revista Brasileira de Geociências*, n.33(2-suplemento), p.173-82, 2003.
- OLIVEIRA, T. A. et al. Utilização de técnicas de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do município de Cananeia (SP): apoio ao planejamento territorial e urbano. *Geociências (São Paulo)*, v.26, p.55-65, 2007.
- ONU. *Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives – 2004 version*. Nova York: United Nations, 2004. Disponível em <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>>. Acesso em 2/12/2012.
- \_\_\_\_\_. *Hyogo Framework for Action 2005-2015: building the resilience of nations and communities to disasters*. Nova York: United Nations, 2005. Disponível em <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/1037>>. Acesso em 17/9/2012.

- ONU. *Terminology on disaster risk reduction*. Nova York: United Nation, 2009. Disponível em <<http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng.htm>>. Acesso em 6/5/2009.
- OPENSTREETMAP WIKI CONTRIBUTORS. *Main page* [Internet]. OpenStreetMap Wiki. Disponível em <[http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Main\\_Page&oldid=833409](http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Main_Page&oldid=833409)>. Acesso em 21/11/2012.
- REMONDO, J., BONACHEA, J., CENDRERO, A. Quantitative landslide risk assessment and mapping on the basis of recent occurrences. *Geomorphology*, n.94, p.496-507, 2008.
- REVENGA, C. Developing indicators of ecosystem condition using geographic information systems and remote sensing. *Reg Environ Change*, n.5, p.205-14, 2005.
- RODRIGUES-CARVALHO, J. A. Perigos geológicos, cartografia geotécnica e proteção civil. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL. Florianópolis, 1998. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1998. (CD-Rom).
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia (São Paulo: FFLCH-USP)*, n.6, 1992.
- \_\_\_\_\_, MOROZ, I. C. *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo*. 2v. Mapas e Relatório. São Paulo: Departamento de Geografia – FFLCH – USP, 1997.
- ROSSINI-PENTEADO, D., FERREIRA, C. J., GIBERTI, P. P. C. Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco, escala 1:10.000, Ubatuba (SP). In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS. Santos (SP), 2007. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2007. (CD-Rom)
- SANTORO, J. et al. Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos. Escala 1:3.000, em áreas de mineração de saibro, Ubatuba (SP). In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS. Santos, 2007. *Anais...* (CD-Rom)

- SANTORO, J., ROSSINI-PENTEADO, D., VEDOVELLO, R. Hierarquização das situações de riscos associados a escorregamentos e inundações no município de Rio Grande da Serra (SP): subsídios para o planejamento de ações preventivas e emergenciais. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Florianópolis, 2005. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2005. p.866-79. (CD-Rom)
- SANTOS, R. F. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SÃO PAULO (estado). Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – Pemic. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo, v.119, n.209, 10/11/2009. Poder Executivo, Seção I. Disponível em <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>>. Acesso em 24/8/2012.
- \_\_\_\_\_. Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo, v.120, n.119, 25/6/2010. Poder Executivo, Seção I. Disponível em <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-55947-24.06.2010.html>>. Acesso em 24/11/2012.
- \_\_\_\_\_. Decreto nº 57.512, de 11 de novembro de 2011. Institui o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo, v.121, n.214, 12/11/2011. Poder Executivo, Seção I. Disponível em <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20111112&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=4>>. Acesso em 24/8/2012.
- TOMINAGA, L. K. et al. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do litoral norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL. São Carlos, 2004. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2004. p.205-16. (CD-Rom)

- TOMINAGA, L. K. et al. Ocupação urbana e risco a processos de movimentos de massa no litoral norte de São Paulo: avaliação dos fatores geoambientais. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. São Paulo, 2005. *Anais...* v.1. São Paulo: Departamento de Geografia – FFLCH – USP, 2005. p.1.143-59.
- \_\_\_\_\_ et al. Avaliação do perigo de escorregamentos por meio da análise de múltiplos fatores geoambientais. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Porto de Galinhas, 2008. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2008. (CD-Rom)
- TORO, J. *There is nothing natural in natural disasters*. Inside the web – the intersection of the web and the World Bank. 2011. Disponível em <<http://blogs.worldbank.org/latinamerica/comment/reply/526>>. Acesso em 20/5/2011.
- VARNES, D. J. *Landslides hazard zonation: a review of principles and practice*. 63p. Paris: Unesco, 1984. Disponível em <<http://www.bib.ub.edu/fileadmin/fdocs/landslidehazard.pdf>>. Acesso em 24/8/2012.
- VEDOVELLO, R. *Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação (UBCs)*. Rio Claro, 2000. 154p. Tese (doutorado) – IGCE – UNESP/Rio Claro.
- \_\_\_\_\_ et al. Modelagem e arquitetura de um sistema gerenciador de informações geoambientais (SGIG) como produto de avaliações geológico-geotécnicas. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Ouro Preto, 2002. *Anais...* São Paulo: ABGE, 2002. (CD-Rom)
- \_\_\_\_\_ et al. Modelo conceitual e de programação para a obtenção e atualização automática de cartas de riscos em sistemas gerenciadores de informações geoambientais (SGIGs) In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Florianópolis, 2005. *Anais...* São Paulo: ABGE, 2005. (CD-Rom)

- WALJI, A. *It's About the Data not Just the Maps*. Inside the web – The intersection of the web and the World Bank. 2010. Disponível em <<http://blogs.worldbank.org/insidetheweb/node/548>>. Acesso em 16/11/2012.
- ZUQUETE, L. V., GANDOLFI, N. *Cartografia Geotécnica*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.



**PARTE III**  
**O PAPEL DA DEFESA CIVIL E DA**  
**SEGURANÇA PÚBLICA**  
**NA GESTÃO DOS RISCOS**



## 8

# ASPECTOS NORMATIVOS DA POLÍTICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL E DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

*José Gustavo Viégas Carneiro<sup>1</sup>*

*Maria Cecília Vecchiato Saenz Carneiro<sup>2</sup>*

### Introdução

No transcorrer da Segunda Guerra Mundial surgiu a necessidade de articular ações dirigidas à defesa da população, primeiramente na Inglaterra, e que vai se estender por diversos países europeus. No Brasil, o naufrágio dos navios de passageiros *Arará* e *Itagiba*, na costa brasileira, no ano de 1942, com dezenas de mortes, motivou a adesão da nação em favor dos Aliados naquele conflito armado mundial, além de ser instituído pelo governo federal o Serviço de Defesa Passiva Antiaérea, que no ano seguinte foi renomeada de Serviço de Defesa Civil, sendo extinto em 1946. Após vinte anos, no dia 19 de dezembro de 1966, o então estado da Guanabara tornou-se o primeiro ente federado no Brasil a ter uma De-

- 
1. Doutorando em Geografia – UNESP/RC. Secretário Municipal de Segurança e Defesa Civil de Rio Claro (SP).
  2. Docente do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação – UNESP/RC. Coordenadora científica do Ceped/RC.

fesa Civil Estadual organizada, quando elaborou o Plano Diretor de Defesa Civil e o seu Sistema Estadual de Defesa Civil, bem como estabeleceu as primeiras coordenadorias regionais.

Com a criação, em 1967, do Ministério do Interior é-lhe atribuída a missão de também assistir as populações atingidas por calamidade pública em todo o território nacional. Transcorridos dois anos, aquele ministério regulamenta o Fundo Especial para Calamidades Públicas (Funcap) e o Grupo Especial para Assuntos de Calamidades Públicas (Geacap). Posteriormente, o Ministério do Interior foi extinto e em seu lugar é criado o Ministério da Integração Nacional, que, na sua estrutura organizacional, contempla a Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec).

Somente no ano de 1988, o Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec) é organizado de forma sistêmica. No ano de 1993, o Sindec é reformulado. Em fevereiro de 2005, por meio do Decreto nº 5.376/05, foi criado o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad), o Grupo de Apoio a Desastres; assim ocorre o compartilhamento de responsabilidades entre os governos federal, estaduais e municipais, que assumem um protagonismo com a descentralização das ações de Defesa Civil. Fortalece também a participação das comunidades, permitindo a criação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (Nudecs), promovendo mudança cultural no sentido dos cidadãos se conscientizarem da importância de participar da própria segurança (Lopes et al., 2009, p.16-7).

Em 2010 é editada a Medida Provisória nº 494 pela Presidência da República, com a finalidade de regulamentar as transferências de recursos financeiros para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução das áreas atingidas por desastres, estabelece novos procedimentos para o Fundo Especial para Calamidades Públicas, e dá outras providências. O artigo 1º do referido diploma legal elencou os objetivos do Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec), como responsável por planejar, articular e coordenar as ações de defesa civil em todo o território nacional. A definição legal de defesa civil está contemplada no parágrafo único do referido artigo: “entende-se como de-

fesa civil o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e minimizar seus impactos para a população e restabelecer a normalidade social”.

No plano normativo nacional, as principais legislações vigentes são a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), estruturou o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (Conpdec), bem como a Lei nº 12.340, de 1ª de dezembro de 2010, “dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos estados, Distrito Federal e municípios para a execução de ações de resposta e recuperação nas áreas atingidas por desastre, e sobre o Fundo Especial para Calamidades Públicas; e dá outras providências”.

No plano internacional, os esforços da Organização das Nações Unidas (ONU) estão coordenados em torno da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (Eird), instituída em 2000. Essa estratégia estrutura-se em torno de três conceitos fundamentais:

- *Perigos naturais*: compreendem fenômenos como terremotos, atividades vulcânicas, *tsunamis*, ciclones tropicais e outras tormentas severas, tornados e vendavais, inundações fluviais e costeiras, incêndios florestais e fumaça, tempestades de areia e pó, e pragas.
- *Vulnerabilidade*: definida em função das ações e do comportamento humanos. Descreve o grau de resistência ou suscetibilidade de um sistema socioeconômico em relação ao impacto dos perigos naturais e desastres tecnológicos ou ambientais. O grau de vulnerabilidade é determinado por uma combinação de fatores, que incluem a consciência da população acerca desses perigos, as condições de vida nos assentamentos humanos e a infraestrutura existente, as políticas e a administração públicas, e as habilidades organizativas em todos os campos relacionados com a gestão de desastres. A pobreza também é uma das causas

principais da vulnerabilidade, presente na maioria das regiões do mundo.

Desastre natural deve ser entendido como as consequências do impacto de um perigo natural em um sistema socioeconômico com um dado nível de vulnerabilidade, o que impede que a comunidade afetada faça frente ao impacto. A EIRD inclui os desastres tecnológicos e ambientais somente quando são causados por perigos naturais. Desse modo, a expressão “perigos naturais e desastres tecnológicos ou ambientais” descreve situações em que os desastres de origem natural se combinam com a ocorrência de danos tecnológicos e ambientais.

- *Risco*: é a probabilidade de que o desastre natural ocorra. A valoração do risco inclui a avaliação da vulnerabilidade e a predição do impacto, levando em consideração as margens que definem um risco aceitável em determinada comunidade.

Em 2002, na cidade de Johannesburgo, é instituído o plano para o desenvolvimento sustentável que incluiu uma seção sobre “um enfoque integrado, global e multiameaças para tratar o tema da vulnerabilidade, a avaliação do risco e a gestão de desastres”. No ano de 2005, a ONU adotou o Marco de Ação de Hyogo, com linhas prioritárias de ação destinadas a aumentar a resiliência das nações e comunidades relativamente aos desastres.

O Marco de Ação de Hyogo tem como prioridades: (i) cuidar para que a redução do risco de desastres constitua uma prioridade nacional e local com uma sólida base institucional de aplicação; (ii) identificar, avaliar e monitorar os riscos de desastres e melhorar os sistemas de alerta; (iii) utilizar o conhecimento, a inovação e a educação para criar uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis; (iv) reduzir os fatores de risco subjacentes; (v) fortalecer a preparação em caso de desastre, a fim de assegurar uma resposta eficaz em todos os níveis (Senado Federal, 2011).

## Da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC)



Figura 1 – Símbolo da Defesa Civil Nacional.

Fonte: Secretaria Nacional de Defesa Civil.

Instituída pela Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, nos seus artigos 3º ao 9º estão previstos os objetivos, diretrizes e as competências dos entes federados. Seus princípios estão previstos no artigo 3º, determinando que a PNPDEC deva abranger as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil. Subsidiariamente, suas ações devem integrar-se às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, educação, ciência e tecnologia e de outras políticas setoriais com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Dentre as diretrizes da PNPDEC (artigo 4º), destacamos: atuação articulada entre os entes federados para redução de desastres e apoio às comunidades atingidas; abordagem sistêmica; prioridade à prevenção; as bacias hidrográficas como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água; o planejamento estruturado em pesquisas e estudos; estímulo à participação da sociedade civil.

No que diz respeito aos seus objetivos (artigo 5º), destacamos: reduzir os riscos de desastres; prestar socorro e assistência às comunidades atingidas por desastres; estimular o desenvolvimento

de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização; recuperar as áreas afetadas por desastres; promover a identificação e a avaliação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidade a desastres; monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, nucleares, biológicos, químicos e outros potencialmente causadores de desastres; integrar informações em sistemas capazes de subsidiar os órgãos do Sinpdec; incentivar a instalação de centros universitários de ensino e pesquisa sobre desastres e de núcleos multidisciplinares de ensino, permanente e a distância, destinados à pesquisa, extensão e capacitação de recursos humanos, com vistas ao gerenciamento e à execução de atividades de proteção e defesa civil; desenvolver consciência nacional acerca dos riscos de desastre.

Sobre as competências dos entes federados, observadas as suas atribuições, todos são solidariamente responsáveis pela proteção e defesa civil.

Doravante, as universidades e as faculdades brasileiras adquirirão papel de suma importância diante da Política Nacional de Prevenção e Defesa Civil. As políticas públicas de educação, ciência e tecnologia são obrigadas a dedicar atenção específica às questões da segurança social, quer capacitando os integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec) ou desenvolvendo pesquisas que possam evitar desastres ou minimizar seus efeitos.

## **Do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec)**

Previsto no mencionado diploma legal, em seus artigos 10 a 12, o Sinpdec “é constituído pelos órgãos e entidades da administração pública federal, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios e pelas entidades públicas e privadas de atuação significativa na área de proteção e defesa civil”.

Sua estrutura organizacional (artigo 11) é composta por: I – órgão consultivo: Conpdec; II – órgão central, definido em ato do Poder Executivo federal, com a finalidade de coordenar o sistema;

III – os órgãos regionais estaduais e municipais de proteção e defesa civil; e IV – órgãos setoriais dos 3 (três) âmbitos de governo. Poderão participar do Sinpdec as organizações comunitárias de caráter voluntário ou outras entidades com atuação significativa nas ações locais de proteção e defesa civil.

No aspecto legal, a finalidade do Sinpdec “é contribuir no processo de planejamento, articulação, coordenação e execução dos programas, projetos e ações de proteção e defesa civil”.

O sistema conta com o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (Conpdec), previsto no artigo 12 do referido diploma legal, órgão colegiado que integra a estrutura do Ministério da Integração Nacional com a finalidade principal de auxiliar na formulação, implementação e execução do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil, além de propor normas para implementação e execução daquele plano. Sua composição contará com representantes da União, dos estados, do Distrito Federal, dos municípios e da sociedade civil organizada, incluindo-se representantes das comunidades atingidas por desastre e por especialistas de notório saber.

## **Outros aspectos da Lei nº 12.608/2012**

O aludido diploma legal determina a criação de sistema de informações de monitoramento de desastres, em ambiente informatizado, e que sua base de dados deverá ser compartilhada por todos os integrantes do Sinpdec, priorizando a prevenção e alertas, sem se descurar da resposta e recuperação em situações de desastres em todo o território nacional (artigo 13).

Os programas habitacionais com recursos públicos deverão priorizar a recolocação das comunidades atingidas por desastres e a remoção de pessoas em locais de risco (artigo 14). Prevê financiamentos oficiais para recuperação de locais de desastres e também incentivos aos municípios que destinarem habitações de interesse social para as comunidades atingidas por desastres ou para removê-las de locais de risco (artigos 15 e 16).

No caso de iminência ou ocorrência de desastres podem os órgãos integrantes do Sinpdec solicitar autorização para utilizar os bens apreendidos em operações de repressão a crimes, ressaltando-se, de qualquer natureza, desde os crimes ambientais, de natureza financeira e tributária etc. (artigo 17).

Para efeitos legais, são considerados agentes de proteção e defesa civil (artigo 18): I – os agentes políticos da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios responsáveis pela direção superior dos órgãos do Sinpdec; II – os agentes públicos responsáveis pela coordenação e direção de órgãos ou entidades públicas prestadores dos serviços de proteção e defesa civil; III – os agentes públicos detentores de cargo, emprego ou função pública, civis ou militares, com atribuições relativas à prestação ou execução dos serviços de proteção e defesa civil; e IV – os agentes voluntários, vinculados a entidades privadas ou prestadores de serviços voluntários que exercem, em caráter suplementar, serviços relacionados à proteção e defesa civil. Estimula que seja assegurada a profissionalização e a qualificação, em caráter permanente, dos agentes públicos de proteção e defesa civil.

Institui o Cadastro Nacional de Municípios em áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamento de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos. Esses municípios se obrigam a: I – elaborar mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; II – elaborar Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e instituir órgãos municipais de defesa civil, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo órgão central do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec); III – elaborar plano de implantação de obras e serviços para a redução de riscos de desastre; IV – criar mecanismos de controle e fiscalização para evitar a edificação em áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; e V – elaborar carta geotécnica de aptidão à urbanização, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a

segurança dos novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para a construção civil. Atendidos os requisitos legais, aqueles municípios poderão receber recursos federais para efetivação de medidas preventivas. Outros dispositivos legais regulamentam as demais situações e circunstâncias daqueles municípios, inclusive a expansão do seu perímetro urbano.

### **Os municípios brasileiros e a proteção e defesa civil. A Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil da cidade de Rio Claro (SP)**

O artigo 8º, da Lei nº 12.608/2012, fixa as competências dos municípios brasileiros, destacando-se as seguintes: I – executar a PNPDEC em âmbito local; II – coordenar as ações do Sinpdec no âmbito local, em articulação com a União e os estados; III – incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal; IV – identificar e mapear as áreas de risco de desastres; V – promover a fiscalização das áreas de risco de desastres e vedar novas ocupações nessas áreas; VI – declarar situação de emergência e estado de calamidade pública; VII – vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis; VIII – organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança; IX – manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres; X – mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre; XI – realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil; XII – promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre; XIII – proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres; XIV – manter a União e o estado informados sobre a

ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no município; XV – estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do Sinpdec e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e XVI – prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.

No contexto legal vigente, a Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil da cidade de Rio Claro é um departamento (conforme brasão da Figura 2) que integra a estrutura organizacional da Secretaria Municipal de Segurança e Defesa Civil, com excelente infraestrutura (figuras 3 e 4) e capacitado corpo técnico-operacional. O referido departamento recebeu a honraria concedida pelo Ministério da Integração Nacional como “Melhor Defesa Civil do Brasil” e, atualmente, é apontada como referência estadual e nacional, servindo de exemplo de sucesso para os demais municípios brasileiros.



Figura 2 – Brasão da Defesa Civil de Rio Claro.

Fonte: Defesa Civil de Rio Claro (SP).

A estrutura organizacional do Departamento de Proteção e Defesa Civil de Rio Claro é composta pelo setor de coordenação, setor operacional, setor técnico (engenharia), setor administrativo-financeiro, setor de relações públicas, centro de gerenciamento (Figura 5) e sala de situações (Figura 6) e estoque estratégico.



Figuras 3 e 4 – Fachada da Defesa Civil; e dependências internas.

*Fonte:* Departamento de Proteção e Defesa Civil de Rio Claro (SP).



Figuras 5 e 6 – Centro de Gerenciamento; e Sala de Situação.

*Fonte:* Secretaria Municipal de Segurança e Defesa Civil.

No aspecto da pesquisa sobre desastres e da formação e qualificação profissional dos seus agentes, no âmbito do Departamento de Proteção e Defesa Civil de Rio Claro, foi instituído pelo Decreto Municipal nº 9438/2011 o Centro de Pesquisa e Estudos sobre Desastres (Cepede), com atribuições de desenvolver conhecimento em defesa civil e gestão de desastres e formar, qualificar e especializar profissionais e voluntários que atuam em proteção e defesa civil. A cogestão do Cepede é compartilhada entre o secretário municipal de Segurança e Defesa Civil, o diretor de Defesa Civil, representante do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação (Demac) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, além de outro representante da Fundação Municipal “Ulysses Silveira Guimarães”. O fomento da pesquisa e da formação profissional é oriundo dos re-

cursos financeiros da própria Secretaria Municipal de Segurança e Defesa Civil e da Fundação Municipal “Ulysses Silveira Guimarães”. O Cepede já publicou inúmeras pesquisas que foram premiadas em nível internacional e nacional, além de participar na formação e qualificação de agentes de proteção e defesa civil de inúmeros municípios brasileiros.

Não obstante, o município de Rio Claro possui um corpo de bombeiros mantido com verbas públicas oriundas do governo estadual e da administração municipal, cujas principais missões são o combate a incêndios e salvamentos, além de vistorias preventivas em prédios públicos e privados. Os bombeiros militares integram a Defesa Civil local e recebem o apoio da Coordenadoria Municipal quando ocorrem desastres que extrapolam suas capacidades operacionais, motivo pelo qual a Defesa Civil de Rio Claro dispõe de um setor operacional composto de agentes públicos municipais treinados também para executar salvamentos e combate a incêndios, em especial, os florestais (Figura 7).



Figura 7 – Treinamentos dos agentes municipais de proteção e defesa civil.

*Fonte:* Departamento de Proteção e Defesa Civil de Rio Claro (SP).

Aspecto importante, de natureza preventiva, é que a Defesa Civil de Rio Claro avançou no sentido de priorizar as ações preventivas, o que a diferencia das demais. Foi criado um sistema de informação geográfica específico para identificar os riscos e as susceptibilidades do município. Também promove reuniões constantes de todos os setores envolvidos direta ou indiretamente com as questões de proteção e defesa civil. São realizados, constantemente,

simulações de desastres para verificar a qualificação e a articulação dos diversos setores de socorros emergenciais locais.

Dispõe de uma estação meteorológica digital (Figura 8), além de acessar os radares meteorológicos regionais, permitindo analisar os eventos climáticos e alertar sobre eventuais perigos e desenvolver ações preventivas.



Figura 8 – Estação Meteorológica Digital da Defesa Civil e Rio Claro.

*Fonte:* Departamento de Proteção e Defesa Civil de Rio Claro (SP).

O Departamento de Defesa Civil de Rio Claro dispõe de um estoque estratégico (Figura 9) que armazena cestas básicas de alimentos e remédios, materiais para acampamentos, equipamentos de salvamento etc., que socorre a cidade e outros municípios brasileiros que solicitam apoio emergencial.

A Defesa Civil de Rio Claro também atende alguns municípios vizinhos, assessorando-os ou auxiliando-os operacionalmente nas ações preventivas, de socorro e de recuperação de áreas afetadas por desastres.



Figura 9 – Estoque estratégico de assistência humanitária da Defesa Civil de Rio Claro.

*Fonte:* Departamento de Proteção e Defesa Civil de Rio Claro (SP).

## Conclusão

O Estado brasileiro dispõe de avançado arcabouço jurídico que institui, organiza e regulamenta as ações de proteção e defesa civil, porém, na prática, os entes federados e a sociedade brasileira são descompromissados com ações preventivas afetas à proteção e à defesa civil. Cidades resilientes ainda não passam de uma utopia no Brasil. Uma cidade resiliente é aquela que tem a capacidade de resistir, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre e de maneira organizada prevenir que vidas e bens sejam perdidos.

A cidade de Rio Claro é uma exceção no contexto nacional ao dispor de uma Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil cujo paradigma principal é a prevenção, evitando-se efeitos negativos decorrentes de desastres num contexto em que os eventos climáticos severos ocorrem em lapsos temporais cada vez mais curtos. No ano de 2013, a cidade de Rio Claro foi classificada pela Organização das Nações Unidas como sendo uma cidade resiliente.

## Referências bibliográficas

- LOPES, D. C. et al. *Construindo comunidades mais seguras: preparando para a ação cidadã em defesa civil*. Florianópolis: UFSC – Ceped; Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2009.
- SENADO FEDERAL. *Relatório final da Comissão Temporária Interna sobre Defesa Civil*. 2011. Disponível em <<http://www.senado.gov.br/atividade/materia/getPDF.asp?t=101025&tp=1>>. Acesso em 13/2/2013.



# ÁREAS DE RISCO: PLANEJAMENTO COMO PREVENÇÃO

*Denis Dorighello Tomás<sup>1</sup>  
Djalma Luiz Sanches<sup>2</sup>*

## Introdução

São compreendidos como riscos ambientais os riscos tecnológicos, os riscos naturais e os riscos sociais.

Conforme Boin (2005), incluem-se no primeiro grupo os riscos relacionados aos vazamentos de produtos tóxicos ou contaminantes, acidentes nucleares, entre outros. Os riscos naturais estão relacionados aos fenômenos naturais, tais como precipitações excepcionais, furacões, terremotos, vulcões, movimentos de massa, etc. No grupo dos riscos sociais inserem-se aqueles ligados aos assaltos, sequestros, atos terroristas, entre outros.

No Brasil, quando se fala de risco, normalmente está-se referindo a riscos naturais, os quais estão associados a locais onde ocorrem eventos de deslizamento ou escorregamento nas áreas de encostas, ou a locais onde há manifestação de enchentes e inundações, ou seja, áreas junto ou próximas a cursos d'água.

Segundo publicação do Ministério das Cidades (Brasil, 2007), são conceituadas como áreas de risco: área passível de ser atingida

- 
1. Assistente Técnico do Ministério Público de São Paulo. *e-mail*: denisd@mp.sp.gov.br.
  2. Assistente Técnico do Ministério Público de São Paulo. *e-mail*: djalma.sanches@mp.sp.gov.br.

por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Em geral, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Em publicação do Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG, 2009), é apresentada a informação de que o Brasil encontra-se entre os países do mundo mais atingidos por inundações e enchentes. De acordo com os registros disponíveis, 94 desastres cadastrados no período de 1960 a 2008, número que deve ser inferior à quantidade real, ocasionaram 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas (desabrigadas/desalojadas). Considerando os demais desastres hidrológicos que englobam inundações, enchentes e movimentos de massa, em 2008 o Brasil esteve entre os países do mundo com maior número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhão de pessoas afetadas.

Tais registros sofreram mudanças significativas com os desastres naturais ocorridos no planeta nos últimos anos, mas não devem ter causado alterações importantes na posição do Brasil, ainda mais se for considerado o número de pessoas mortas ou afetadas pelos movimentos de massa e enchentes ocorridos na região serrana do estado do Rio de Janeiro. Dados coletados em matérias jornalísticas após o desastre apontavam mais de 900 mortos, mais de 300 desaparecidos e mais de 30 mil desalojados e desabrigados.<sup>3</sup>

Dentre os fenômenos envolvidos em desastres naturais no Brasil, os escorregamentos têm sido responsáveis pelo maior número de mortes e por importantes prejuízos materiais.

De acordo com a publicação do Ministério das Cidades (2006), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) fez um levantamento das mortes causadas por acidentes associados a escorregamentos no Brasil e chegou a 1.606 óbitos no período de

---

3. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes\\_e\\_deslizamentos\\_de\\_terra\\_no\\_Rio\\_de\\_Janeiro\\_em\\_2011](http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes_e_deslizamentos_de_terra_no_Rio_de_Janeiro_em_2011)>.

1988 a 2006. Certamente, esse número cresce de forma significativa com a inclusão dos eventos ocorridos nos últimos anos.

Segundo o IG (Instituto Geológico, 2009), os acidentes e desastres naturais no estado de São Paulo estão associados predominantemente aos escorregamentos de encostas, inundações, erosão acelerada e tempestades (ventanias, raios e granizo).

Nos registros da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (Cedec), o IG constatou que, no período de 2000 a 2008, foram registrados 1.861 acidentes relacionados aos vários tipos de fenômenos: em torno de 50% (944) de inundações (incluindo enchentes e alagamentos), 19% (367) de escorregamentos, 4% (65) de raios, 27% (485) de acidentes diversos (chuvas fortes, vendavais, desabamentos de casas e muros etc.). Os danos identificados referem-se ao número de óbitos (225 registros) e de pessoas afetadas, que envolvem desabrigados e desalojados (50.347 registros). A região do Alto Tietê, que engloba a região metropolitana de São Paulo, apresentou, nesse período, o maior número de acidentes (567) e de óbitos (77).

Dada a vulnerabilidade das pessoas aos desastres hidrometeorológicos, que englobam inundações, enchentes e movimentos de massa, por estarem ocupando áreas inapropriadas, surge a imperiosa necessidade de o poder público tomar as devidas providências.

Dentre essas providências, está incluído o diagnóstico das áreas de risco, bem como o planejamento e a implementação de ações visando prevenir desastres ou controlar os riscos de forma a evitar a perda de vidas humanas.

## **Prevenção e redução de riscos**

As áreas de risco só são assim consideradas a partir do momento em que há ocupação humana de uma área em que as condições ambientais não são favoráveis a essa ocupação, sobretudo se destinada à moradia, e esta ocorrer de maneira precária.

As intervenções antrópicas em terrenos impróprios à ocupação, por meio de desmatamentos, cortes, aterros, alterações nas drenagens, lançamento de lixo e construção de moradias sem a implantação de infraestrutura adequada, aumentam os perigos de instabilização dos mesmos. Quando ocorre o adensamento de moradias nessas áreas, os desastres associados aos escorregamentos e inundações assumem proporções catastróficas, causando grandes perdas econômicas e sociais. No Brasil, há uma estreita relação entre o avanço da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e o aumento da vulnerabilidade humana.

Os impactos no ambiente onde se desenvolvem as cidades promovem uma série de alterações ambientais. Em consequência dessas alterações adversas, multiplicam-se as ocorrências de enchentes, erosões de encostas, deslizamentos de terra, assoreamento das coleções hídricas, poluição e tantas outras tragédias cotidianas que assolam as cidades brasileiras, sendo que grande parte dessas ocorrências está relacionada à ocupação das áreas de preservação permanente (APPs) com supressão de vegetação.

Dentre as funções ambientais exercidas por essas áreas protegidas destacam-se a preservação e manutenção dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico de fauna e flora, do equilíbrio físico, químico e biológico de ecossistemas terrestres e aquáticos, além da proteção do solo, evitando erosão e assoreamento dos cursos d'água.

Embora exista todo um arcabouço técnico e científico que demonstra a importância para a sociedade das APPs, notadamente a sua contribuição para a qualidade de vida e sustentabilidade em áreas urbanas, pouco se tem feito para a sua preservação e recuperação. O que se constata, são tentativas de afastar a aplicação de normas ambientais, como o Código Florestal, no ambiente urbano, o que se revela como visão fragmentada do meio ambiente.

De acordo com Carvalho & Galvão (2004), a prevenção de riscos urbanos é uma atribuição municipal. Nesse sentido, o Ministério das Cidades, criado em janeiro de 2003 com a missão de

elaborar uma nova política de desenvolvimento urbano no país, não poderia deixar de lado esse item.

Com objetivo de apoiar os municípios no campo da prevenção e redução dos riscos, elaborou uma ação específica como parte integrante do programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários, composta por duas modalidades: a) capacitação de equipes municipais para a elaboração de mapas de risco e a concepção de programas preventivos de gerenciamento de risco; e b) elaboração de planos municipais de redução de riscos (PMRR).

A primeira modalidade, que deveria ser desenvolvida em parceria com governos estaduais, visava contribuir para o fortalecimento das equipes de defesa civil organizadas em torno do Sistema Nacional de Defesa Civil.

Salienta-se que, com a entrada em vigor da Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec), impõe-se necessariamente a atuação articulada entre as diferentes esferas do poder público para a prevenção, mitigação e recuperação de áreas de risco, para a proteção da população.

A segunda modalidade visava apoiar diretamente os municípios no planejamento das intervenções estruturais de redução de risco, estabelecendo as intervenções mais adequadas para cada setor de alto risco, a ordem de prioridade de implantação, os recursos financeiros necessários e as possíveis fontes de recursos disponíveis. A partir do plano municipal de redução de risco, seria possível agregar os esforços e recursos dos três níveis de governo com vistas à implantação conjunta das intervenções identificadas como prioritárias.

Na análise das ações de prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários do Ministério das Cidades, Carvalho & Galvão (2004) verificaram que, no primeiro ano de operação, foram atendidas as solicitações de 19 municípios para elaboração de pla-

nos municipais de redução de riscos. Dentre estes, estavam os que apresentavam os maiores problemas e se encontram relativamente bem estruturados para gerenciá-los, incluindo cinco municípios paulistas, para os quais se tinha um quadro de magnitude de riscos de escorregamentos que pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Magnitude dos riscos de escorregamento

| <i>Município</i> | <i>Domicílios em risco alto ou muito alto</i> | <i>Total de domicílios (IBGE, 2000)</i> |                   |
|------------------|---|---|-------------------|
|                  |   | <i>Total</i>                            | <i>% em risco</i> |
| São Paulo        | 11.839  | 2.985.977                               | 0,40              |
| Embu             | 1.455   | 52.925                                  | 2,75              |
| Campos do Jordão | 700   | 11.442                                  | 6,12              |
| Santos           | 600   | 131.058                                 | 0,46              |
| Guarulhos        | 121   | 289.979                                 | 0,04              |

Fonte: Carvalho & Galvão, 2004.

No município de São Paulo, equipes do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP/*campus* Rio Claro e do IPT realizaram um mapeamento de risco em 214 áreas de encostas e margens de córregos, entre os meses de setembro de 2002 e maio de 2003.

Segundo Cerri et al. (2007), as equipes citadas, em conjunto com a Prefeitura Municipal de São Paulo, iniciaram os trabalhos com a padronização de procedimentos e critérios para classificação de áreas quanto à possibilidade de instabilização (escorregamento em encostas ocupadas e solapamento de margens de córrego), distinguindo-se os graus de probabilidade de ocorrência: Baixo (R1), Médio (R2), Alto (R3) e Muito Alto (R4).

Da mesma forma, definiram as tipologias de intervenções, tais como: serviços de limpeza e recuperação, obras de drenagem superficial, proteção vegetal (gramíneas) e desmonte de blocos de matacões, obras de drenagem de subsuperfície, estruturas de contenção localizadas ou lineares, obras de terraplenagem de médio a

grande portes, estruturas de contenção de médio a grandes portes, e remoção de moradias.

Dentre os procedimentos adotados para o mapeamento das áreas sujeitas a escorregamentos e solapamentos de margens destacam-se: o trabalho de campo de investigações geológico-geotécnicas de superfície, a delimitação de setores de risco com atribuição de grau de probabilidade de ocorrência de processos de instabilização, a representação de cada setor em fotografias aéreas oblíquas de baixa atitude obtidas por meio de sobrevoos de helicóptero, a avaliação das consequências potenciais do processo de instabilização, e a indicação de alternativas estruturais e não estruturais para controle ou minimização dos riscos determinados.

Com base nos resultados obtidos, a administração municipal elaborou um plano estratégico de intervenções para redução e controle de riscos, com estimativas de custos e definição de prioridades, visando orientar a dotação orçamentária municipal para esse fim, os planos anuais de obras, as medidas de remoção de moradias e as ações de monitoramento preventivo durante os períodos chuvosos.

Tabela 2 – Custos estimados das intervenções do PMRR

| <i>Município</i> | <i>Custos (R\$)</i> |
|------------------|---------------------|
| Embu             | 70.200,00           |
| Campos do Jordão | 37.321.400,00       |
| Santos           | 8.680.610,00        |
| Guarulhos        | 68.000.000,00       |

Fonte: PMRR dos municípios.

Os demais municípios citados seguiram a mesma metodologia utilizada em São Paulo, concluindo os seus planos municipais de redução de riscos em 2005/2006, com indicação de áreas e setores de risco com os graus diferenciados quanto à probabilidade, tipologia dos processos geodinâmicos envolvidos, severidade dos

potenciais eventos, as alternativas estruturais ou obras para a minimização dos riscos e escala de prioridades, bem como considerações sobre planos estratégicos de redução de riscos nos municípios.

Quanto aos riscos associados a enchentes e inundações, a metodologia empregada nesses planos não contemplou esses aspectos no sentido de mapear as áreas passíveis de serem afetadas e classificar os riscos, bem como apresentar as alternativas estruturais e não estruturais para minimizar os riscos.

Em relação aos cursos d'água, apenas as áreas de risco sujeitas a solapamento foram identificadas e caracterizadas. Obras de drenagem das águas pluviais foram indicadas para a estabilização das encostas.

Como previsto em planos de trabalho, os planos municipais de redução de riscos foram apresentados à população dos municípios em audiências públicas.

Em relação às ações não estruturais, associadas às medidas relacionadas às políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação, os referidos planos passam ao largo ou fazem breve menção.

No estado de São Paulo, desde o ano de 1997, por meio do Decreto estadual nº 42.565/97, busca-se uma atuação preventiva no que diz respeito a evitar danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais da população que vive em áreas de risco.

Esse decreto instituiu o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC). Editado especificamente para tratar dos escorregamentos nas encostas da serra do Mar, atualmente conta com mais sessenta municípios que fazem parte desse plano, o qual tem por objetivo principal dotar as equipes técnicas municipais de instrumentos de ação, de modo a, em situações de risco iminente, reduzir a possibilidade de perdas de vidas humanas.

O Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) visa à adoção de medidas não estruturais para reduzir a perda de vidas humanas e bens decorrentes de escorregamentos, enchentes e processos correlatos. São medidas antes da ocorrência, que pressupõem, portanto, um bom conhecimento do município e de suas áreas sensíveis.

O plano corresponde a uma ação de convivência com os riscos presentes nas áreas de ocupação de encostas, em razão da gravidade do problema e da impossibilidade de eliminação, no curto prazo, dos riscos identificados. Também consiste em manter o conhecimento das áreas de risco atualizado, os critérios e parâmetros técnicos do plano adequados às especificidades de cada município; e a capacitação das equipes técnicas municipais por meio de cursos específicos.

A estrutura básica do PPDC apresenta-se da seguinte maneira: Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (Cedec) é o órgão central, Coordenadoria Regional de Defesa Civil (Redec) cuida dos órgãos regionais, Comissões Municipais de Defesa Civil (Comdec) são os órgãos municipais, e Núcleos Comunitários de Defesa Civil (Nudec) atuam em nível municipal junto às comunidades e são constituídos basicamente por pessoas da comunidade.

## Áreas de risco e o Ministério Público

Em razão da ocorrência dos vários eventos de escorregamento e inundação no estado de São Paulo – os quais muitas vezes estão associados a intervenções antrópicas em terrenos impróprios à ocupação humana e à falta de atuação do poder público, sobretudo municipal, no que diz respeito às ações não estruturais, como políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação para evitar a existência de áreas de risco e ocorrência de tais eventos –, o Ministério Público é acionado por ofício ou por meio de representações.

Nesse contexto, o Ministério Público se vale de seu corpo de assistentes técnicos para embasar demandas relacionadas ao tema em termos técnicos. Predominantemente, as demandas de áreas de risco envolvem deslizamentos, solapamentos, enchentes, inundações e alagamentos, e podem estar no âmbito de um inquérito civil (IC) ou de uma ação civil pública (ACP).

Nas demandas que envolvem deslizamentos e solapamentos no âmbito dos inquéritos civis, os assistentes técnicos do Ministério Público realizam o trabalho de constatação de evidências que caracterizam as áreas de risco, constatação de estudos e levantamentos sobre o tema específico nas áreas investigadas, constatação de existência de obras ou intervenções de erradicação de situações de risco, e averiguação da eficiência e suficiência das intervenções executadas.

No âmbito das ações civis públicas, os assistentes técnicos subsidiam o Ministério Público por meio da constatação de existência de obras ou intervenções de erradicação de situações de risco e averiguação da eficiência e suficiência das intervenções executadas, em razão de que, nessa instância, não mais se discute a existência ou não da área de risco.

Em ambas as situações, os procedimentos adotados pelos assistentes técnicos são: vistoria da área de risco, solicitação de informações à Prefeitura por meio da Promotoria de Justiça, por exemplo sobre o Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), que deve conter, pelo menos, mapeamento de áreas de risco, proposição de intervenções contemplando os setores de risco alto e muito alto, estimativa dos custos de intervenção, hierarquização e prioridades de intervenção, estratégias para o levantamento de fontes potenciais de recursos, planejamento para execução das intervenções e audiências públicas. Na falta desse documento, solicita-se qualquer plano/projeto de erradicação de situações de risco.

Para as demandas que envolvem áreas de risco de enchentes, inundações e alagamentos nos inquéritos civis, os assistentes técnicos do Ministério Público realizam a constatação de existência de áreas de risco, averiguação das causas, constatação de existência de obras ou intervenções de erradicação de situações de risco e averiguação da eficiência e suficiência das intervenções executadas.

Nas ações civis públicas, realiza-se averiguação das causas, constatação de existência de obras ou intervenções de erradicação de situações de risco e averiguação da eficiência e suficiência das intervenções executadas.

Os procedimentos adotados para embasamento técnico são: vistoria, solicitação de informações à Prefeitura, pela Promotoria de Justiça, de Plano de Macrodrenagem, Plano de Microdrenagem ou qualquer plano/projeto para erradicação de situações de risco. Solicitação de informações ao Dae, pela Promotoria de Justiça, de manchas de inundação, estudos/levantamentos relacionados e solicitação também, quando for o caso, de informações às operadoras de reservatórios a montante, pela Promotoria de Justiça, de manchas de inundação e estudos/levantamentos relacionados.

Salienta-se que, em relação às áreas de risco de enchentes, inundações e alagamentos, a Lei nº 11.445/07 (institui a Política Nacional de Saneamento Básico) e o Decreto nº 7.217/10 (regulamenta a Lei nº 11.445/07) imputam aos municípios obrigações diretas de atuação para o equacionamento do problema da drenagem de águas pluviais, a saber:

Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007:

Artigo 3º – Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I – saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

[...]

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010:

Artigo 25 – A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano editado pelo titular, que atenderá ao disposto no artigo 19 e que abrangerá, no mínimo:

§1º – O plano de saneamento básico deverá abranger os serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de manejo de resíduos sólidos, de limpeza urbana e de manejo de águas

pluviais, podendo o titular, a seu critério, elaborar planos específicos para um ou mais desses serviços.

Em vistorias realizadas pelos assistentes técnicos do Ministério Público do Estado de São Paulo visando à instrução de inquéritos civis ou ações civis públicas, foi constatado que apenas uma parcela das obras sugeridas nos planos municipais de redução de riscos havia sido realizada, persistindo os riscos que tinham sido avaliados na maior parte das áreas mapeadas.

A ocorrência de novas ocupações ou reocupações, bem como de novas intervenções no meio físico (cortes, aterros, descarte/acúmulo de lixo etc.), alteravam as condições originais que haviam sido observadas nos mapeamentos, invalidando ou prejudicando as premissas que fundamentaram o PMRR.

Outro aspecto observado refere-se à presença de pequenos cursos d'água com grande carga de esgoto escoando junto a moradias, que, apesar de oferecer risco à saúde dos moradores, não implicava necessariamente em risco de solapamento de margem ou de arraste e, portanto, a remoção dessas moradias ou da coleta e afastamento do esgoto não haviam sido incluídos na relação de medidas sugeridas no PMRR.

Em muitas áreas vistoriadas, onde as moradias haviam sido afetadas por enchentes e inundações, essas não haviam sido identificadas e classificadas como áreas de risco.

## **Planejamento municipal para evitar a constituição de novas áreas de risco e manifestação de eventos de risco**

Os desastres em áreas de riscos têm-se tornado mais frequentes; esse fato leva à pergunta: os eventos hidrometeorológicos estão mais severos ou as cidades estão mais vulneráveis?

Entende-se a vulnerabilidade como grau de perda ou dano de elemento(s) sob o risco de ocorrência de uma ameaça com uma

dada severidade ou, na definição do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2011), como a propensão ou predisposição a ser adversamente afetado.

Salienta-se que a maior parte dos estudos dedicados a apreender as implicações das mudanças climáticas sobre as atividades humanas afirma que eventos climáticos extremos serão mais frequentes e com maior intensidade, sendo isto inclusive afirmado no relatório do IPCC de 2011 (Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation).

A gestão dos espaços urbanos envolve conhecer os cenários de risco e reduzir as suas vulnerabilidades.

A realidade mostra que as cidades brasileiras não estão preparadas para as questões de risco. No contexto do planalto Paulistano, as condições ambientais são menos adversas do que na serra do Mar. Contudo, os eventos de escorregamentos e enchentes acontecem e decorrem em muito da ocupação desordenada e sem controle do espaço urbano, apesar do controle da ocupação ser competência do poder público municipal.

Os riscos naturais estão associados à manifestação de chuvas torrenciais, chuvas contínuas intensas, furacões, terremotos, entre outros, e cada tipo de fenômeno que se manifesta exige um conhecimento diferenciado, assim como a vulnerabilidade de cada área, a qual está muito associada à forma como o ser humano ocupa o meio ambiente.

Devemos, assim, conhecer e reduzir as vulnerabilidades. A vulnerabilidade social assume dimensão importante, visto que os escorregamentos e enchentes se dão, na maior parte dos casos, em locais mais humildes, onde os padrões construtivos são normalmente precários. Em consequência, em muitos casos, há grande possibilidade de produzir mortes.

Por exemplo, na periferia da região metropolitana de São Paulo, em regra o relevo é mais acidentado e o padrão de ocupação é precário; trata-se de quadro de extrema vulnerabilidade.

A vulnerabilidade se encontra diretamente ligada à forma e padrão de uso e ocupação do solo. Em mapas de risco elaborados pelo

IPT para o município de São Paulo, as áreas de risco de escorregamento consideradas de alto grau de probabilidade de ocorrência estão associadas a pontos de relevo mais declivoso e ocupações precárias.

Necessário se faz trabalhar com indicadores e metas, por exemplo, meta de redução de áreas de risco ao ano, sobretudo as relacionadas a escorregamentos. Deve-se também ter metas anuais para reduzir as áreas de risco de enchentes e inundações.

Deve-se buscar a construção de cidades menos vulneráveis, mais seguras. Faz-se necessário reconhecer as situações de vulnerabilidade e reduzir tais vulnerabilidades por meio de políticas públicas de planejamento e controle.

Também devem estar presentes metas de recuperação e proteção de espaços territoriais especialmente protegidos, como APPs. Tal premissa deve existir não só pelo exposto anteriormente, mas também pelo contexto das mudanças climáticas, que exigem ações de adaptação e mitigação em relação a elas. Salienta-se que tanto a Política Nacional de Mudanças Climáticas como a Política Estadual de Mudanças Climáticas são taxativas em afirmar a necessidade de manutenção e aumento das áreas com vegetação, sobretudo dos espaços territoriais especialmente protegidos, para enfrentar o aquecimento global.

Embora tenham sido citados apenas cinco planos municipais de redução de riscos (municípios de São Paulo, Embu, Campos do Jordão, Santos e Guarulhos), há informações no *site* do Ministério das Cidades que outros municípios paulistas elaboraram seus planos, como Caraguatatuba, Cubatão, Guarujá, Itapeverica da Serra, Itaquaquetuba, Jacareí, Jundiaí, Osasco e Suzano.

Todos esses municípios seguiram metodologia semelhante àquela desenvolvida pelas equipes do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP/*campus* Rio Claro e do IPT, comentada anteriormente, focando os riscos de escorregamentos de encostas e solapamentos de margens de cursos d'água.

Considerando as constatações recorrentes da falta de aplicação das medidas recomendadas nesses planos e as alterações ocorridas

posteriormente nas áreas mapeadas, decorrentes da dinâmica da ocupação urbana, fica evidenciada a pouca eficácia dos planos para a redução ou eliminação dos riscos se não forem incorporados às políticas públicas. Além disso, fica evidenciada também a necessidade de revisões periódicas, principalmente nas áreas de maior dinâmica de ocupação e de menor controle ou fiscalização do poder público.

Em publicação do DOU, de 5 de maio de 2011, constata-se que vários municípios paulistas estavam revisando os seus planos municipais de redução de riscos, enquanto outros estavam iniciando a elaboração de um.

Apesar da perda de utilidade dos planos municipais de redução de riscos quando não implantadas as medidas sugeridas, deve-se ressaltar que os mesmos são de grande valia para as ações da Defesa Civil, principalmente na elaboração do plano preventivo de defesa civil (PPDC).

Quanto ao mapeamento das áreas de risco de inundação, na publicação “Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” (2007), disponível no *site* <[www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)>, o Ministério das Cidades informa que tem apoiado os municípios mais atingidos por deslizamentos de encostas, com a justificativa de que esses eventos apresentam maior registro de vítimas, embora as inundações causem maiores danos materiais.

Mesmo assim, a publicação citada dedica um capítulo para mostrar aspectos de interesse ao estudo de enchentes e inundações, apresentando métodos e técnicas para identificação, análise e mapeamento de áreas de risco de enchentes e inundações.

Deve-se ressaltar que os planos diretores de drenagem, tal como está sendo elaborado para a cidade de São Paulo ou que já foi concluído para Guarulhos, tem uma abrangência maior e visa estabelecer as diretrizes dos municípios em relação à gestão sustentável das águas em seus territórios, passando pelo diagnóstico das áreas afetadas por enchentes e inundações.

Outro aspecto a ser ressaltado é que a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, assim como o esgotamento sanitário, fazem

parte do saneamento básico do município e devem estar incorporados aos planos específicos ou ao plano de saneamento básico, conforme prevê a Lei nº 11.445/07.

Os planos municipais de redução de riscos, assim como os planos diretores de drenagem são instrumentos importantes para o planejamento urbano, sendo que os primeiros apresentam limitações por não abranger as áreas desabitadas que possam vir a configurar áreas de risco se ocupadas no futuro.

Nesse sentido, cabe ressaltar que o planejamento urbano municipal é essencial para evitar a constituição de novas áreas de risco. Instrumento básico nessa linha de atuação é o Plano Diretor, que a maior parte dos municípios deve possuir, sendo sua elaboração obrigatória pela Constituição Federal, Constituição do Estado de São Paulo e pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/01).

A Constituição do Estado de São Paulo e o Estatuto da Cidade estabelecem princípios, diretrizes e normas relativas ao desenvolvimento urbano; pela aplicação desses dispositivos legais, o estado e os municípios devem assegurar:

- pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantia do bem-estar de seus habitantes;
- a criação e manutenção de áreas de especial interesse histórico, urbanístico, ambiental, turístico e de utilização pública;
- a observância das normas urbanísticas, de segurança, higiene e qualidade de vida; e
- a restrição à utilização de áreas de risco geológico.

Como instrumento a garantir a efetividade de tais dispositivos, há necessidade de elaboração de diagnósticos que permitam subsidiar as tomadas de decisão. Entre os vários elementos técnicos que devem fazer parte dos diagnósticos, destaca-se a Carta Geotécnica.

Esta deve ser considerada um instrumento fundamental para subsidiar a elaboração do Plano Diretor; é um instrumento de planejamento do uso do solo e, apesar de expressar fundamental-

mente dados do meio físico (rocha, relevo, solo e água), sua abordagem pode envolver também aspectos de interesse do meio biótico (fauna e flora) e antrópico (relativos aos tipos de ocupação).

Cabe ainda destacar a Resolução nº 34, de 1º de julho de 2005, do Ministério das Cidades, que contém as orientações quanto ao conteúdo mínimo do Plano Diretor e recomenda a demarcação das áreas sujeitas a inundações e deslizamentos, bem como as áreas que apresentem risco à vida e à saúde.

Nesse contexto, de existência de dispositivos legais que permitem uma atuação do poder público de modo a evitar a constituição de novas áreas de risco e de buscar a erradicação das existentes, de modo a eliminar o risco à vida humana, os assistentes técnicos do Ministério Público solicitam aos órgãos competentes, por meio da Promotoria de Justiça, uma série informações e documentos, visando subsidiar a atuação ministerial a compelir as autoridades competentes a agir para equacionar as áreas de risco. A título exemplificativo, tais informações e documentos são:

1. Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), com apresentação do mesmo em caso positivo.
2. Justificativas da inexistência de Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR).
3. Cronograma de implementação das medidas preventivas e corretivas do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR).
4. Demonstração da implementação das medidas preventivas e corretivas do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR).
5. Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), com apresentação do mesmo em caso positivo.
6. Justificativas da inexistência de Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC).
7. Cronograma de implementação das medidas preventivas e corretivas do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), quando existente.

8. Demonstração da capacitação técnica para a implementação do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) e da articulação dos órgãos necessária para a eficácia do mesmo.
9. Demonstração da demarcação das áreas sujeitas a inundações e deslizamentos, bem como as áreas que apresentem risco à vida e à saúde em zonas especiais de interesse social (Zeis), conforme inciso III do artigo 5º da Resolução nº 34, de 1º de julho de 2005, do Ministério das Cidades.
10. No que se refere aos planos diretores municipais, avaliação crítica e acompanhamento permanente, com o objetivo de garantir que, no âmbito de sua elaboração, sejam devidamente mapeadas e delimitadas espacialmente em cartografia georreferenciada, com escala adequada, as determinações já explicitadas na legislação pertinente, passíveis de serem especialmente delimitadas, incluindo, no mínimo, aspectos como:
  - a) áreas de preservação permanente;
  - b) remanescentes de ecossistemas naturais legalmente protegidos (inclui ecossistemas da Mata Atlântica, cerrado, entre outros);
  - c) terrenos de Marinha (Decreto nº 9.760/46) ou outras áreas consideradas da União (quando for o caso);
  - d) unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável, segundo a Lei nº 9.985/2000;
  - e) áreas de risco, incluindo áreas sujeitas a deslizamentos, inundações e enchentes;
  - f) delimitação específica das áreas de características rurais e urbanas, promovendo-se a sua sobreposição com os limites oficiais de tais áreas;
  - g) identificação das áreas com processos de ocupação humana irregular;
  - h) áreas da várzea.

- 11) Verificação da existência de Plano Diretor de Macro-drenagem, com apresentação do mesmo em caso positivo, com as devidas licenças e situação de implementação.

Por fim, deve-se registrar que a gestão de riscos nas cidades passa por:

- reconhecer de forma ampla e mais detalhada possível as situações de vulnerabilidade e respectivos cenários de risco ou cenários de futuros acidentes;
- adaptação a mudanças climáticas: reduzir vulnerabilidades a eventos cada vez mais severos e fora de padrão;
- políticas públicas de planejamento que incluam a construção de cidades mais seguras e políticas de controle baseadas em metas quantitativas de redução e/ou erradicação de áreas de risco.

## Referências bibliográficas

- BOIN, M. N. *Áreas de preservação permanente: uma visão prática. Manual Prático da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente*. São Paulo: Ministério Público do Estado, Imprensa Oficial do Estado, 2005. p.849-59.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, 11/1/2007.
- \_\_\_\_\_. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacio-

- nais para o saneamento básico, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, 22/6/2010.
- CARVALHO, C. S., GALVÃO, T. *Ação do Ministério das Cidades de apoio à prevenção de riscos em assentamentos precários: análise das operações realizadas no primeiro semestre do ano de 2004*. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em 5/6/2011.
- CERRI, L. E. S. et al. Mapeamento de risco em assentamentos precários no município de São Paulo. *Revista Geociências (São Paulo)*, v.26, n.2, p.143-50, 2007.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG). In: TOMINAGA, L. K., SANTORO, J., AMARAL, R. (Org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 196p. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE SPECIAL REPORT ON MANAGING THE RISKS OF EXTREME EVENTS AND DISASTERS TO ADVANCE CLIMATE CHANGE ADAPTATION. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- PREFEITURA DE GUARULHOS. *Plano Diretor de Drenagem: diretrizes, orientações e proposta*. Guarulhos, 2008.
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. *Kassab anuncia implantação do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais em São Paulo*. Disponível em <<http://www.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em 14/6/2011.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Planos municipais de redução de risco*. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em 5/6/2011.
- \_\_\_\_\_, CITIES ALLIANCE. In: CARVALHO, C. S., GALVÃO, T. (Org.). *Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais*. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.
- \_\_\_\_\_, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). In: CARVALHO, C. S., MACEDO, E. S., OGURA, A. T. (Org.). *Mapeamento de riscos*

*em encostas e margem de rios*. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2007. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes\\_e\\_deslizamentos\\_de\\_terra\\_no\\_Rio\\_de\\_Janeiro\\_em\\_2011](http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes_e_deslizamentos_de_terra_no_Rio_de_Janeiro_em_2011)>.



# 10

## ○ PAPEL DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA GESTÃO MUNICIPAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE RISCOS

*Farid Nourani*<sup>1</sup>

*Maria Cecília V. S. Carneiro*<sup>2</sup>

### Introdução

Em 2002, o Censo do IBGE indicava que mais de 81% da população brasileira vivia em ambientes urbanos e, de acordo com o Censo de 2010, essa porcentagem aumentou para 84%, o que representa uma população de mais de 160 milhões de pessoas.

Processos acelerados de adensamento populacional e expansão das áreas urbanas, que têm ocorrido na maioria das cidades brasileiras, contribuíram para ampliar e agravar os problemas urbanos

- 
1. Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade de Fortaleza. Mestrado em Engenharia Elétrica, na área de computação e automação – Unicamp. Doutorado em Geografia, na área de Análise Ambiental e Sistemas de Informação Geográfica – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – UNESP. Atualmente exerce a função de professor assistente doutor no Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação (Demac) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – UNESP/campus de Rio Claro. *e-mail*: {faridn,mcsaenz}@rc.unesp.br.
  2. Graduação em Matemática – UNESP. Mestrado em Ciências da Computação e Matemática Computacional – USP. Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental – USP. Atualmente é professora assistente doutora do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – UNESP.

(Nogueira, 2002). Problemas esses provocados tanto pela necessidade de reformulação completa das práticas tradicionais e ineficazes de gestão do meio ambiente urbano, como pela incapacidade das municipalidades em planejar adequadamente o uso de recursos e espaços urbanos. O processo de ocupação nessas áreas, muitas vezes realizado de forma inadequada e sem planejamento, aumenta a vulnerabilidade das populações, promovendo uma combinação perigosa (FGV, 2012).

Considerando a diversidade, a crescente complexidade e o aumento das ocorrências de eventos extremos, bem como o escopo dos problemas ambientais de hoje em dia, aliados à dificuldade dos governos em analisar e compreender adequadamente as situações de risco a fim de conceber e implantar planos, programas e projetos que possam mitigar as vulnerabilidades socioambientais ao mesmo tempo que valorizam os recursos naturais disponíveis, a gestão séria e eficiente de riscos se mostra uma saída extraordinária para a manutenção do bem-estar e segurança da sociedade.

Obviamente, nesse cenário de urbanização desordenada, geradora de riscos de toda sorte, onde proliferam nas periferias as favelas e ocupações de espaços desvalorizados, que quase sempre apresentam geotécnica inadequada para habitação, um bom gerenciamento de riscos só se torna possível com apoio de ferramentas da tecnologia da informação, pois, mediante tamanha diversidade de variáveis e limitação de recursos, a única solução viável é se beneficiar com os sistemas de apoio à decisão com geotecnologias baseadas em recursos computacionais.

Como se sabe, a realidade urbana é dinâmica, composta por uma grande gama de relacionamentos e se altera a cada intervenção no espaço. Porém, muitas vezes ela é tratada, por diversas instâncias de planejamento público, como algo estático, o que dificulta a sua análise e compreensão. A questão de vulnerabilidade socioambiental é uma das características marcantes do processo de urbanização de muitos espaços em cidades brasileiras e como tal deve ser mais bem compreendida e analisada pelos agentes de planejamento públicos.

A utilização de tecnologias da informação que permitam ampliar o conhecimento sobre a realidade urbana, visualizar e analisar os efeitos dos fatores predominantes sobre a geografia do espaço urbano antes que eles ocorram, pode contribuir para corrigir a distorção de visão desses setores de planejamento públicos.

Neste trabalho, inicialmente é abordado o uso das tecnologias de informação no setor público brasileiro e posteriormente discute-se a sua utilização na gestão e monitoramento de riscos e desastres naturais. Algumas questões relacionadas à gestão de riscos também são descritas. Finalmente, apresenta-se uma tentativa de contribuição nessa área, através da qual está se desenvolvendo um sistema de informação de apoio à operação da Defesa Civil de Rio Claro.

## **Uso de tecnologias da informação no setor público brasileiro**

Com o avanço acelerado do uso de sistemas de banco de dados, sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão nas organizações privadas e o conseqüente aumento indiscutível da qualidade da administração e do lucro das empresas, o setor público resolveu lançar mão desses recursos em todas as áreas de gestão. Contudo, a grande maioria de esforços do setor público no Brasil ainda se concentra na área de automatização de rotinas administrativas e na disponibilização de serviços públicos à população (Rezende, 2005), sobretudo no setor de arrecadação de tributos. A construção de sistemas de apoio à decisão tem recebido atenção e investimentos diminutos e mesmo assim em poucas áreas estratégicas.

Como comenta Miranda (2004), o desenvolvimento de políticas públicas na formulação da sociedade da informação (Polizelli & Ozaki, 2007) no Brasil anda a passos vagarosos e desordenados. Esta constatação se torna ainda mais verdadeira especialmente no que diz respeito aos sistemas de informação que possam sustentar melhorias no processo decisório de gestores públicos em ações

sociais em prol da melhoria de qualidade de vida da coletividade. Sobretudo nas cidades de médio ou de pequeno porte, isto pode ser facilmente averiguado. Nessas cidades, geralmente, a existência de sistemas de apoio à decisão, em administrações municipais, ainda é algo bastante raro, senão inexistente.

Nesse sentido, toda e qualquer iniciativa no emprego de tecnologias da informação e comunicação, em setores da administração pública dos pequenos e médios municípios brasileiros, é de extrema importância na construção de uma sociedade da informação mais justa e democrática. Nesta era da informação, não se pode mais tomar decisões em políticas públicas sociais sem estar apoiado e assessorado por boas e adequadas análises de fatos e ocorrências correlacionadas.

No contexto do Estado, como menciona Ferreira (2003), a informação está voltada para a análise da realidade social e consequente elaboração, aplicação e controle de políticas públicas que promovam o bem-estar da coletividade.

No Brasil, foi criado o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, em 1975, com o intuito de estabelecer uma política nacional de informação, ideia recorrente na evolução dos serviços informacionais no país (Miranda, 2004).

Entretanto, naquele tempo, em razão da situação política do país, não houve avanços significativos nessa área, ao menos no sentido de disponibilizar informações públicas, a fim de fomentar discussões e articulações que pudessem promover maior bem-estar social. Pois, indubitavelmente, isto iria elevar o nível da transparência do Estado, o que não era de interesse dos dirigentes.

O governo brasileiro começou a articular a respeito disso e dar os primeiros passos somente a partir da década de 1990. As primeiras iniciativas do poder público se consolidam através do Programa Sociedade da Informação (Takahashi, 2000; Werthein, 2000), resultado da discussão promovida pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, realizada em 1996. A partir daí, o governo federal começou a promover, de forma institucional, o uso das novas tecnologias de comunicação na esfera social, estatal e privada

(Ferreira, 2003). O que se esperava desse programa era que elevasse o número de cidadãos conectados à Internet, possibilitando grande acesso à informação, inclusive à informação produzida pelo Estado e disponibilizada em *sites* governamentais.

Rumo a uma nova e sólida redemocratização, sempre há necessidade de grandes mudanças e profundas reformas conceituais e ideológicas, bem como, e principalmente, na reorganização da máquina estatal e de seus procedimentos operacionais.

Entretanto, grandes reformas sempre exigem dois ingredientes de suma importância: planejamento e tempo. Infelizmente, a cultura sociopolítica brasileira ainda não conseguiu assimilar e, muito menos, implementar planejamentos a longo prazo. Encontrar exemplos de planejamento a longo prazo na história política brasileira é algo bastante desafiador. Em parte, isto pode ser em razão de escassez de recursos, mas decorre, principalmente, da visão imediatista que predomina no pensamento da grande maioria dos gestores públicos. Outros autores também corroboram essa tese, por exemplo, Luiz Eduardo Soares, que afirma:

Dada a contradição, no Brasil, entre o ciclo eleitoral (bienal, posto que os detentores de cargos executivos engajam-se, necessariamente, nas disputas para as outras esferas federativas) e o tempo de maturação de políticas públicas de maior porte e vulto (aquelas mais ambiciosas, que exigem reformas e ferem interesses, provocando, em um primeiro momento, reações negativas e efeitos desestabilizadores), torna-se oneroso, politicamente, arcar com o risco das mudanças, e, portanto, do ponto de vista do cálculo utilitário do ator individual, torna-se irracional fazê-lo. (Soares, 2007, p.10)

Em grande parte, é em função desse paradigma que muitas boas ideias não se tornam frutíferas, na esfera das instituições públicas brasileiras. A implantação de sistemas informatizados e a consequente racionalização operacional e administrativa oriunda do seu uso competente representa a forma pela qual a informação

pode ser corretamente administrada e empregada em prol da melhoria de condições de vida da população.

Como foi comentado, uma das características marcantes das grandes mudanças na sociedade atual tem sido o potencial das tecnologias de informação e comunicação. Em se tratando da questão de gestão de riscos e de políticas públicas correlacionadas, as potencialidades e os recursos dessas tecnologias não são somente importantes, como se tornam obrigatórios, dada a complexidade do problema em si e da estrutura pública necessária para satisfazer as demandas de uma sociedade mais consciente e mais exigente. Pois uma solução adequada exige ações diversificadas, particularmente no que se refere à melhoria da qualidade de vida das populações mais vulneráveis.

Não obstante, os órgãos de administrações municipais, que incluem normalmente a Defesa Civil, constituem elementos essenciais nesse processo de melhoria. Pois, a fim de aumentar o bem-estar da sociedade, em particular a sua segurança, deve-se aumentar a capacidade das instituições públicas municipais envolvidas, visto que são elas que estão em contato próximo com a população e os agentes de efetivação das políticas públicas.

Como mostram os resultados de uma pesquisa realizada nas cidades médias paulistas (Nourani, 2010), os gestores públicos carecem de sistemas de informação especialmente desenvolvidos para apoiá-los em seus processos decisórios. Considerando que a grande parcela da população brasileira vive em cidades de pequeno e médio porte, as carências das administrações municipais dessas cidades, em termos de uso das tecnologias da informação, refletem-se drástica e negativamente na capacidade de gestão de riscos e, conseqüentemente, na promoção de bem-estar social.

Na verdade, as carências dessas administrações municipais vão além da falta de recursos da tecnologia da informação. Elas carecem também de recursos humanos especializados que tenham formação e capacitação para trabalhar adequadamente com os dados de diversas naturezas e prover subsídios necessários para a tomada de decisões em políticas públicas.

A melhor alternativa para aumentar a capacidade de gestão das administrações municipais é o investimento em tecnologia e em capacitação de recursos humanos para usar essa tecnologia, pois somente dessa forma se consegue um desenvolvimento sustentável, que não seja frágil a ponto de sofrer descontinuidade devido a acontecimentos que abalem a sensação de segurança da população. A modernização científico-tecnológica dos órgãos das administrações municipais aumenta sobremaneira a eficiência e eficácia do seu trabalho, permitindo um melhor planejamento de políticas públicas e a consequente melhoria do convívio social e desenvolvimento da sociedade.

Essa modernização, necessariamente, compreende a implantação de sistemas de informação que possam produzir o conhecimento necessário para uma gestão mais democrática e eficaz do complexo problema de gestão de riscos. Nos últimos anos, muitos avanços nesse sentido têm sido realizados, tanto por parte do governo federal quanto dos governos estaduais. Contudo, o ritmo desses avanços tem sido muito vagaroso e incompatível com as exigências da sociedade e, principalmente, com o constante aumento de situações de risco e do registro de desastres naturais. Além disso, esses avanços não têm ocorrido de forma igual e coordenada, em todas as regiões do país.

Vale ressaltar aqui algumas considerações importantes, que podem ajudar na compreensão dos fatores que contribuem para a morosidade desse processo de modernização. A primeira questão é o temor à transparência. Tradicionalmente, a cultura política brasileira sempre considerou a informação como uma propriedade do governo, cujo acesso pela população representaria uma ameaça à sua estabilidade.

Entretanto, na conjuntura atual da era da informação e do mundo globalizado, é necessário que o Estado veja a informação como um instrumento de gestão e desenvolvimento e permita, não somente o acesso da população a todo tipo de informação pública, como também a participação direta da sociedade nas decisões políticas e na gestão dos serviços públicos.

Infelizmente, ainda existem muitos que resistem a essa nova mentalidade e preferem negar o fornecimento de informações públicas, sem se dar conta de que o exercício da democracia, em seu primeiro nível, exige o compartilhamento da informação. O equívocado sentimento de temor à transparência ainda impede, em muitos lugares e instituições, o exercício da democracia, provocando a lentidão do processo de modernização do setor público.

Outra questão é a “síndrome do secretismo” (Menezes & Gomes, 2008), pela qual, em nome da proteção aos dados, setores públicos impedem a integração de diversas bases de dados, provocando, por um lado, a ineficiência dos procedimentos do setor e, por outro, desperdício considerável de recursos públicos.

Somente no setor da Segurança Pública existem dezenas de bases de dados em formatos diferentes, implantados com tecnologias diferentes, sem nenhuma preocupação com sua integração, e tudo isso nas instituições públicas, dentro de um mesmo estado, e muitas vezes sob comando de uma mesma secretaria. Como é o caso de base de dados da Polícia Civil, da Polícia Militar e da Polícia Técnico-Científica, sem mencionar outras secretarias do setor, como a da Justiça e a da Administração Penitenciária.

Sem sombra de dúvida, a falta de integração de dados, aliada à dificuldade de integração entre sistemas, repercute negativamente na qualidade das estatísticas e do conhecimento extraído dessas informações e causa grande desperdício de recursos financeiros, uma vez que cada governo investe volumosas somas na aquisição ou desenvolvimento desses sistemas e no treinamento e capacitação de recursos humanos para operá-los.

## Gestão de riscos

O conceito de *risco* está associado à potencialidade de que ocorra uma situação que resulte em perdas e danos sociais, econômicos ou ambientais. Uma situação dessa natureza pode abranger

um acidente, um desastre, um evento físico ou mesmo um fenômeno natural ou social, como estiagem e guerra.

Conforme a definição da geógrafa Yvette Veyret (2007, apud Corrêa, 2007), o risco é um objeto social, fruto da percepção de um perigo ou de uma possível catástrofe, por parte de um indivíduo ou uma sociedade. Assim, segundo ela, o risco só pode ser considerado quando há uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas.

O estudo de risco ambiental apareceu como disciplina formal nos Estados Unidos de 1940 a 1950, entretanto com enfoque para a segurança de instalações (*safety hazard analyses*), paralelamente ao lançamento da indústria nuclear e também de refinação de petróleo, indústria química e aeroespacial. No Brasil, mais especificamente em Cubatão, com o Plano de Controle da Poluição em 1983, desencadeou-se uma série de exigências para garantir a boa operação e manutenção de processos e tubulações e terminais de petróleo e de produtos químicos das unidades industriais locais, dando-se início ao uso institucional desse tipo de estudo de risco. Segundo Nogueira (2008), no Brasil, o campo de conhecimento disciplinar sobre a gestão de riscos, principalmente em áreas urbanas, é muito recente, não tendo mais do que 25 anos.

Além disso, as ações dos organismos de defesa civil no Brasil, tradicionalmente, têm sido direcionadas aos atendimentos emergenciais das populações vitimadas durante os desastres e à recuperação *a posteriori* dos espaços afetados. Entretanto, em decorrência da frequente ocorrência de eventos extremos de grande magnitude nos últimos anos, como as inundações ocorridas em Santa Catarina, em 2008; em Pernambuco e em Alagoas, em 2010; além das enxurradas e deslizamentos que assolaram a região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, os temas “gestão de riscos” e “defesa civil” foram colocados como prioridade nas agendas governamentais, com ênfase na prevenção.

Assim, houve o envolvimento de diversos órgãos em busca de uma solução integrada para a gestão do risco. Em nível federal, a

Presidência da República criou um grupo de trabalho, coordenado pela Casa Civil, para tratar do tema.

O trabalho desse grupo culminou no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres (PNGRD), lançado pela presidenta da República, em 8 de agosto de 2012, ocasião em que também foi inaugurado o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad). Conforme o PNGRD, serão destinados R\$ 18,8 bilhões até 2014 para mais de oitocentos municípios vulneráveis a eventos climáticos extremos. Desse montante, R\$ 15,6 bilhões são recursos novos, enquanto outros R\$ 3,2 bilhões já estão sendo aplicados em infraestrutura, como parte das obras em andamento do PAC.

De acordo com o *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais* (Ceped, 2012), no período 1991-2010 foi registrado no Brasil um total de 31.909 desastres naturais, relacionados com secas, inundações bruscas e graduais, vendavais, granizo, movimentos de massa, incêndios florestais, geadas, tornados, erosões linear, marinha e fluvial. O maior número de registros, 16.944, está relacionado às secas e estiagens, sendo as regiões Nordeste e Sul as mais afetadas (FGV, 2012).

No mesmo período, o segundo tipo de desastre mais frequente no Brasil, com 6.771 registros, foram as inundações bruscas, que ocorreram sobretudo na região Sul, totalizando 228 vítimas (FGV, 2012). Nessa região, também se concentrou a maior ocorrência de desastres provocados por vendavais e granizos. Outra região também muito afetada pelas inundações bruscas foi a região Sudeste, que, apesar de menor número de registros, apresentou maior número de vítimas (580).

Os impactos decorrentes desses processos não se refletem somente na economia, mas geram diversas consequências sociais sérias, como o endividamento dos agricultores, as migrações, as enfermidades, a desnutrição, dentre outras (FGV, 2012).

Em entrevistas realizadas para a elaboração do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres (PNGRD), chama a atenção o fato de que, no entendimento dos entrevistados, a re-

dução de danos e mortes depende essencialmente de um modelo de gestão que privilegie a urbanização e o conhecimento dos problemas, bem como a aplicação das medidas preventivas e emergenciais (FGV, 2012). Em particular, o conhecimento dos problemas provém principalmente de uma boa disposição de ferramentas de tecnologia da informação, tais como recursos de mapeamento e bases de dados georreferenciadas.

Assim, dentro do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, o mapeamento de áreas de risco e o uso de banco de dados georreferenciado foram considerados ações essenciais para um modelo adequado de gestão de riscos.

Em linhas gerais, as ações do plano estão divididas em quatro eixos temáticos: prevenção, mapeamento, monitoramento e alerta e resposta a desastres. Os eixos de mapeamento de áreas de risco e monitoramento e alerta preveem investimentos expressivos em tecnologias da informação, uma vez que estas são as principais ferramentas utilizadas na execução das ações dessa categoria.

Nos outros dois eixos, prevenção e resposta a desastres, por sua vez, são previstos bons investimentos tanto em sistemas de informação que possam aumentar o conhecimento de diversos cenários correlatos para implementação de melhores ações de prevenção, como em sistemas que possam potencializar e agilizar o atendimento às vítimas e a reconstrução dos espaços danificados.

## **Iniciativa da Defesa Civil de Rio Claro**

Uma das metas principais da Defesa Civil é atender a população no mais curto período de tempo possível, especialmente no caso da ocorrência de eventos extremos. Informações precisas e bem integradas em relação a eventos severos possibilitam que ações emergenciais e reparadoras possam ser tomadas rápida e eficazmente, além de permitir que os órgãos públicos e privados sejam acionados rapidamente para promover, com tempo de resposta adequada, as ações pertinentes.

A Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e, entre outras disposições, autoriza a criação de um sistema de informações para monitoramento de desastres. O Ministério da Ciência e Tecnologia será responsável pela criação do Sistema Nacional de Prevenção e Alerta para Desastres Naturais, que fará um levantamento das áreas de risco e montará uma rede coordenada para prevenção de novos desastres.

Dentro desse contexto, está sendo desenvolvido, através de um Projeto de Extensão Universitária do IGCE – UNESP, em parceria com a Secretaria Municipal de Segurança e Defesa Civil de Rio Claro, um sistema computacional de monitoramento de ocorrências da Defesa Civil, com o objetivo de agilizar o atendimento do órgão, principalmente em casos de eventos extremos, aumentando as possibilidades de preservação de vidas humanas.

Atualmente, a Defesa Civil de Rio Claro mantém informações relevantes, como séries históricas contendo o registro de ocorrências e mapas georreferenciados (mapas de risco, mapas de recursos, mapas de suscetibilidades). Contudo, tais informações estão armazenadas em diferentes formatos, sob várias plataformas de *softwares* que muitas vezes não interagem entre si.

Essa iniciativa objetiva o desenvolvimento de um *software* para a integração dessas informações, visando à criação do Plano Municipal de Defesa Civil, o qual é também o objetivo de um Projeto de Extensão Universitária junto à UNESP (Processo nº 1346/11).

O sistema, além de possibilitar o registro automático das ocorrências, auxiliará o atendente na determinação das ações que devem ser adotadas para cada tipo de ocorrência. Informações relativas aos contatos que devem ser acionados, por exemplo, bombeiros, Samu etc., também estarão disponíveis. Os dados serão armazenados em um banco de dados georreferenciado, mantido pelo próprio órgão (Figura 1).

A partir desse banco de dados poderão ser gerados relatórios e modelos de documentos usados pelos agentes e funcionários da Defesa Civil. Além disso, tais informações poderão servir de base

para a aplicação da nova lei (Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012) no seu artigo 5º, inciso VI, no qual é citado, como um dos objetivos do PNPDEC, o estímulo a cidades resilientes e a processos sustentáveis de urbanização. O sistema tem como estudo de caso a Defesa Civil Municipal de Rio Claro.

O *software* está sendo desenvolvido através do paradigma de orientação a objetos, utilizando Unified Modeling Language (UML) (Hofmeister, 1999), por meio do *software* de diagramação Dia 0.97.2, seguindo a metodologia de desenvolvimento constituído pelo Processo Unificado Ágil (Cockburn, 2000).

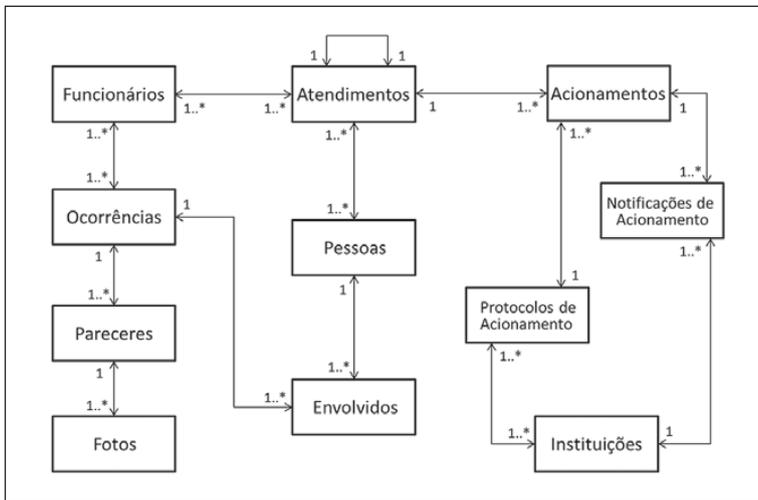


Figura 1 – Modelagem do banco de dados do Sistema de Gerenciamento de Ocorrências da Defesa Civil.

Essa metodologia permite o desenvolvimento iterativo e evolutivo do sistema, organizado em uma série de miniprojetos curtos, chamados iterações, sendo o produto de cada iteração um sistema parcial, executável, testável e integrável. O sistema está sendo implementado na linguagem Java através da Integrated Development Environment (IDE) NetBeans 7.2, utilizando-se o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) MySQL 5.5.25.

Os principais resultados obtidos até o momento são a elaboração da arquitetura para o sistema, definição dos requisitos funcionais e não funcionais dos registros, relatórios e requisitos suplementares, otimização do processo de gerenciamento de ocorrências da Defesa Civil e a concepção de interfaces diferenciadas para cada nível de usuário do sistema (Figura 2), a partir da elaboração de diagramas de classes e casos de uso (Figura 3).

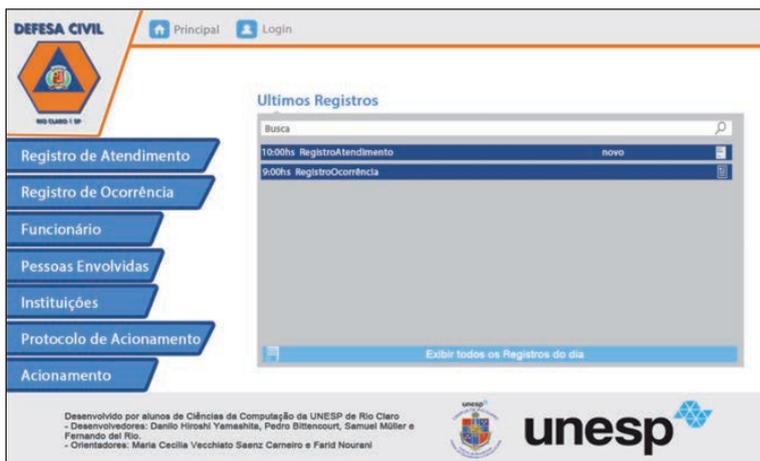


Figura 2 – Tela principal do Sistema de Gerenciamento de Ocorrências da Defesa Civil.

O sistema irá auxiliar no acompanhamento de ocorrências da Defesa Civil municipal, padronizando e centralizando o processamento das mesmas desde o momento do registro de uma ocorrência até o seu arquivamento. Além disso, permitirá a criação automática de relatórios e modelos de documentos utilizados pelos agentes desse órgão.

Outro resultado relevante é a codificação das ocorrências, a qual permite que tais registros possam ser visualizados e atualizados com rapidez, possibilitando que ações emergenciais e reparadoras possam ser tomadas eficazmente, bem como o rápido acionamento de órgãos públicos e privados para que, com tempo de resposta adequada, promovam as ações pertinentes.

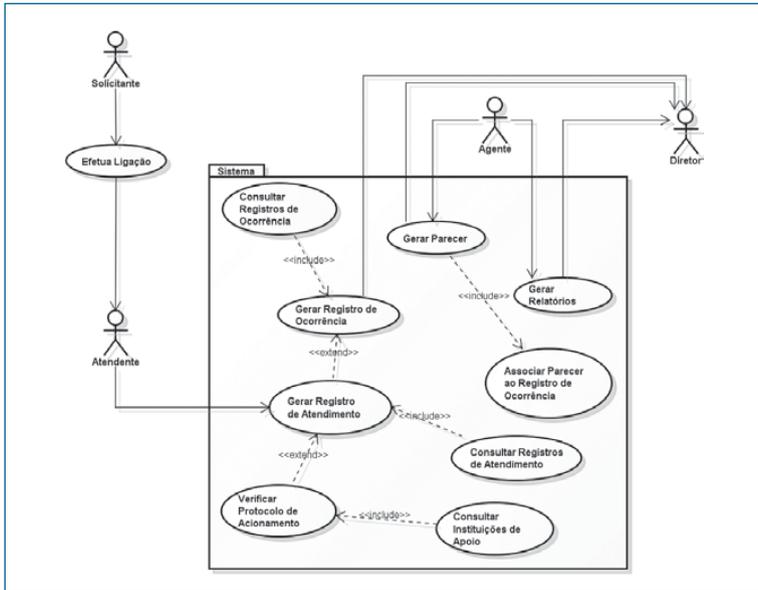


Figura 3 – Diagrama de caso de uso do Sistema de Gerenciamento de Ocorrências da Defesa Civil.

Futuros módulos do sistema permitirão que as ocorrências registradas no sistema sejam utilizadas para a elaboração de mapas de riscos e mapas de suscetibilidades do município, além de apoiar o desenvolvimento do Plano Municipal de Defesa Civil.

## Comentários finais

O presente trabalho faz uma pequena introdução sobre a cultura de utilização das tecnologias de informação como um apoio à tomada de decisão em políticas públicas, nas instituições públicas brasileiras, especialmente as de municípios de pequeno e médio porte, realçando a sua extrema carência.

No caso de órgãos públicos envolvidos na gestão de riscos ou no atendimento à população em eventos extremos, essa carência é mais acentuada, seja pelo pouco tempo de vida desses órgãos, seja

pela falta tradicional da existência de uma política mais específica e adequada.

Nos últimos anos, em decorrência dos últimos eventos nacionais e internacionais, a preocupação com a ocorrência de eventos extremos, em especial aqueles que acarretam desastres de grandes proporções, aumentou substancialmente. Essa preocupação tem levado as autoridades a investir maciçamente em órgãos e mecanismos de controle e, sobretudo, em prevenção de riscos de desastres.

Em casos de desastres, em geral a prevenção tem um custo muito menor do que a recuperação, além de evitar irreparáveis sequelas sociais e ambientais. Kobiyama et al. (2006) estimaram que cada R\$ 1,00 investido em prevenção equivale, em média, entre R\$ 25,00 a R\$ 30,00 de obras de reconstrução pós-evento.

Obviamente, pela natureza complexa do conhecimento envolvido no processo de gestão de riscos, visando primordialmente à prevenção, a saída mais acertada tem sido o grande emprego das tecnologias de informação. Nesse sentido, as universidades, através de suas atividades de extensão, podem contribuir significativamente para a capacitação e enriquecimento dos setores públicos estratégicos, como é o caso da Defesa Civil.

## Referências bibliográficas

- CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (Ceped). *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991-2010*: volume Brasil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- COCKBURN, A. *Agile software development*. Alistair Cockburn ed., 2000.
- CORRÊA, A. de M. Comentário sobre a matéria jornalística veiculada pelo jornal *O Globo* sob o título “A vida por um triz” e resenha da Introdução do livro *Os riscos: o homem como agressor e vítima*

- do meio ambiente, organizado por Yvette Veyret e publicado pela Editora Contexto, São Paulo, 2007. *Boletim Informativo do VII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)*, n.4, ago. 2007. Disponível em <<http://www.anpege.org.br/downloads/boletins/4.pdf>>.
- FERREIRA, R. S. A sociedade da informação no Brasil: um ensaio sobre os desafios do Estado. *Ciência da Informação*, v.32, n.1, p.36-41, 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v32n1/15971.pdf>>. Acesso em jul. 2009.
- FGV PROJETOS. *Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres (PNGRD)*. Fundação Getúlio Vargas, 2012. Disponível em <[www.fgv.br/fgvprojetos](http://www.fgv.br/fgvprojetos)>.
- HOFMEISTER, C., NORD, R. L., SONI, D. Describing software architecture with UML. In: FIRST WORKING IFIP CONFERENCE ON SOFTWARE ARCHITECTURE (WICSA1). *Proceedings of the...* Texas, 1999. Disponível em <<http://www.users.abo.fi/lpetre/SA10/paper99.pdf>>.
- KOBIYAMA, M. et al. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. 109p. Florianópolis: Organic Trading, 2006.
- MENEZES, R. F. B., GOMES, R. C. *Integração dos sistemas de inteligência: por uma mudança de paradigmas e mitigação da síndrome do secretismo*. *Jus Navegandi (on-line)*, 2008. Disponível em <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/imprimir.asp?id=8683>>. Acesso em jul. 2010.
- MIRANDA, A. Políticas e planejamento de sistemas de informação no Brasil: um caminho tortuoso. In: IV CINFORM – Encontro Nacional da Ciência da Informação, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004. *Anais do...* Disponível em <[http://www.cinform.ufba.br/v\\_anais/palestras/antoniomiranda.pdf](http://www.cinform.ufba.br/v_anais/palestras/antoniomiranda.pdf)>. Acesso em jul. 2009.
- NOGUEIRA, F. R. *Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal*. Rio Claro, 2002. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

- NOGUEIRA, F. R. A curta história de gestão de riscos ambientais urbanos. *Geociências (São Paulo)*, v.27, n.1, jan.-mar. 2008.
- NOURANI, F. *Sistema de informação sobre violência urbana (SiViU) como apoio à tomada de decisão em políticas públicas de cidades médias*. Rio Claro, 2010. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em <[http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2010/nourani\\_f\\_dr\\_rcla.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2010/nourani_f_dr_rcla.pdf)>.
- POLIZELLI, D. L., OZAKI, A. M. (Org.). *Sociedade da informação*. 258p. São Paulo: Saraiva, 2007.
- REZENDE, D. A. *Planejamento de informações públicas municipais: guia para planejar sistemas de informação, informática e governo eletrônico nas prefeituras e cidades*. São Paulo: Atlas, 2005.
- SOARES, L. E. A Política Nacional de Segurança Pública: histórico, dilemas e perspectivas. *Estudos Avançados (São Paulo)*, v.21, n.61, p.77-97, set.-dez. 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000300006&script=sci\\_arttext&tlng=in](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000300006&script=sci_arttext&tlng=in)>. Acesso em jul. 2010.
- TAKAHASHI, T. *Sociedade da informação no Brasil – Livro Verde*. Programa Sociedade da Informação (SocInfo) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Brasília, 2000. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/18878.html>>. Acesso em jul. 2009.
- VEYRET, Y. (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007.
- WERTHEIN, J. A sociedade da informação e seus desafios. *Ci. Inf. (Brasília)*, v.29, n.2, p.71-7, maio-ago. 2000. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v29n2/a09v29n2.pdf>>. Acesso em jul. 2009.

**SOBRE O LIVRO**

Formato: 14 x 21 cm

Mancha: 23,7p x 43,4p

Tipologia: Horley Old Style 10,5/14  
2013

**EQUIPE DE REALIZAÇÃO**

*Coordenação Geral*

Tulio Kawata

ISBN 978-85-7983-436-3



**CULTURA**  
**ACADÊMICA**   
*Editora*