

Análise preliminar das áreas em situação de vulnerabilidade socioambiental de São Sebastião (Litoral Norte, SP).

Tathiane Mayumi Anazawa
Flávia da Fonseca Feitosa
Antônio Miguel Vieira Monteiro
Felipe Augusto Ventura da Silva Alfaya

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{tathiane; miguel; flavia}@dpi.inpe.br; alfaya@dsr.inpe.br

Abstract. The present work aims to obtain a preliminary analysis of the expression of territorial socio-environmental vulnerability in São Sebastião, Litoral Norte, SP, seeking to answer the following question: is the population equally exposed to the same risks and hazards? As an *a priori* response, the Socio-Environmental Vulnerability Index (IVSA) was elaborated, through which is made the overlap of variables that represent the dimensions of vulnerability: (a) socioeconomic variable: State Social Vulnerability Index (IPVS), (b) environmental variables, expressed through the construction of risk zones that consider the proximity to the ocean (risk of mean sea level elevation) and slope (risk of landslides), (c) sanitation variables, whose inaccessibility and the resulting condition of precariousness can be expressed by data from the water mains, sewage disposal and solid waste. The IVSA was superimposed on the urbanized area of the two areas of São Sebastião, obtained through the fusion of multispectral Landsat 7 images (ETM+ - 30 m) and a CBERS 2B panchromatic image (HRC - 2.5 m) in order to determine which population is exposed to risks. The unit of analysis is the cellular space, which aims to mix information from different sources. The result of the IVSA to areas I and II showed that the population living near the ocean is in a very high exposure to social and environmental vulnerability. The populations of the remaining areas, further from the ocean, have a medium to high vulnerability in area II.

Palavras-chave: remote sensing, Geographic Information Systems (GIS), vulnerability index, image fusion, urbanized área, sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), índice de vulnerabilidade, fusão de imagens, área urbanizada.

1. Introdução

A noção de vulnerabilidade geralmente é definida como uma situação de suscetibilidade em que estão presentes três componentes: exposição ao risco; incapacidade de reação; e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco (MOSER, 1998). Em relação aos riscos, estes são tratados, em sua maioria, enquanto ambientais, considerando que possuem uma origem diversa (MMA, 2008). Estes riscos são naturais, pois estão relacionados à dinâmica dos ecossistemas, cujas transformações podem ou não ter indução antrópica. São também riscos sociais, pois estão relacionados a processos sociais que decorrem de formas de ocupação do espaço que resultam em carências sociais, cuja expressão mais evidente está nas condições de habitação (EGLER, 1996).

As abordagens sobre o estudo das vulnerabilidades são amplas. Hogan e Marandola (2006) anseiam em cartografar a vulnerabilidade, levantando duas grandes temáticas inseridas em várias tendências: o primeiro tema é a pobreza, exclusão e marginalização; o segundo tema é a problemática ambiental. Destacam as diferenças de abordagem entre os estudos sobre vulnerabilidade social e aqueles a respeito da vulnerabilidade ambiental. A vulnerabilidade social é analisada em relação a indivíduos, famílias ou grupos sociais (KAZTMAN et al., 1999). Por outro lado, a vulnerabilidade ambiental tem sido discutida em termos territoriais (regiões, ecossistemas) (CUTTER, 1996).

Portanto, esta lacuna entre as duas grandes temáticas de estudos sobre vulnerabilidade, em termos de escala e de tipo de objeto de análise, considera-se a construção da noção de

vulnerabilidade socioambiental, a qual pretende integrar as duas dimensões – a social e a ambiental (ALVES et al., 2010).

As dimensões social e ambiental apresentam sobreposição de riscos e problemas socioeconômicos e ambientais, que representam um desafio para as políticas públicas. As relações e interações das dimensões sociais e ambientais podem ser analisadas através da vulnerabilidade socioambiental, que pode ser definido como a coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de pobreza/privação social e de situações de exposição a risco e/ou degradação ambiental (ALVES, 2006).

Visando a importância da contextualização do tema vulnerabilidade socioambiental em áreas costeiras, o presente trabalho tem como o principal questionamento: Como a vulnerabilidade socioambiental é expressa no território de São Sebastião? A população está igualmente exposta aos mesmos riscos e perigos? Este trabalho parte da hipótese de que populações com características distintas, que ocupam áreas distintas, enfrentam e enfrentarão riscos também distintos.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

O presente trabalho tem como área de estudo o município de São Sebastião, localizado no Litoral Norte do Estado de São Paulo (Figura 1) possui área de 473 km², com população estimada em 2009 de 73.631 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 182,71 hab/km². Possui algumas características peculiares como a predominância do bioma Mata Atlântica, que se compõe na região pela floresta ombrófila densa, restingas, manguezais, floresta de planície e ilhas oceânicas (SMA, 2002).



Figura 1. Localização da área de estudo.

O Litoral Norte foi redescoberto nos anos 50, com a construção do atual Porto comercial de São Sebastião, e em 1969 foi inaugurado o terminal marítimo da Petrobrás. Esse fato desencadeou um movimento turístico relevante e um novo processo de ocupação, que trouxe consigo problemas típicos da zona costeira: conflitos de uso do solo, expulsão da população local, turismo de segunda residência, criação de unidades de conservação, além do *boom* da construção civil e uma série de novos empreendimentos previstos para um futuro próximo.

A metodologia geral do trabalho é a construção de um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA), através do qual se faz a sobreposição de variáveis, que representam as dimensões dessa vulnerabilidade: (a) variável socioeconômica: Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS, 2010), que corresponde aos dados do Censo Demográfico de 2000 (IBGE, 2010); (b) variáveis ambientais: expressas através da construção de zonas de

risco que consideram a proximidade ao oceano (risco a elevação do nível médio do mar) e a declividade (risco de escorregamentos); (c) variáveis de saneamento básico, cuja inacessibilidade e consequente condição de precariedade, pode ser expressa por dados do Censo Demográfico de 2000, de rede de água, esgoto e coleta de resíduos sólidos. O IVSA foi sobreposto a área urbanizada de dois recortes de São Sebastião, com a finalidade de verificar qual população que encontra-se exposta aos riscos.

A unidade de análise consiste no espaço celular, cujo objetivo é homogeneizar informações provenientes de diferentes fontes, em formatos distintos (dados vetoriais, matriciais e também outros planos celulares), agregando-os em uma mesma base espaço-temporal (AGUIAR et al., 2008). O espaço celular possibilita calcular valores para atributos de tabelas associadas a planos de informação do tipo celular.

2.2. Variável Socioeconômica

A opção por adotar tal índice neste trabalho deve-se à sua abrangência na dinâmica demográfica e socioeconômica do Estado de São Paulo. O Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) possibilita uma análise mais aproximada das diversas situações de heterogeneidade dos agrupamentos humanos do Estado, por apresentar os distritos censitários como unidade territorial básica de agregação de dados do Censo Demográfico 2000 (IPVS, 2010). Consiste em um indicador resultante em uma tipologia derivada da combinação entre duas dimensões (socioeconômica e demográfica), que classifica o setor censitário em seis grupos de vulnerabilidade social: (a) Grupo 1 – Nenhuma Vulnerabilidade; (b) Grupo 2 – Vulnerabilidade Muito Baixa; (c) Grupo 3 – Vulnerabilidade Baixa; (d) Grupo 4 – Vulnerabilidade Média; (e) Grupo 5 – Vulnerabilidade Alta; (f) Grupo 6 – Vulnerabilidade Muito Alta (IPVS, 2010).

2.3. Variáveis Ambientais

Partindo do pressuposto que a população interfere no ambiente ($P \rightarrow A$) e que o ambiente também interfere nessa ($A \rightarrow P$), é necessário dimensionar como estas influências ocorrem no espaço. Assim, o objetivo de analisar as variáveis ambientais é a espacialização do risco. Foram selecionados dois principais efeitos das mudanças ambientais para as populações costeiras: a elevação do nível do mar e a amplificação dos eventos extremos. Foram construídas zonas de risco para essas duas variáveis:

2.3.1. Proximidade ao oceano

Foram estipuladas zonas de risco para a variável proximidade ao oceano, adaptado de Silva (2010):

Tabela 1. Zonas de risco em relação a proximidade ao oceano.

Zonas de Risco	Valor
Proximidade ao oceano (200 m)	1
Proximidade ao oceano (200 – 400 m)	2
Proximidade ao oceano (400 – 600 m)	3
Proximidade ao oceano (600 – 800 m)	4
Proximidade ao oceano (800 – 1000 m)	5

2.3.2. Declividade

Conforme os dados do *International Disaster Database* - EM-DAT (2010), mais de 80% dos eventos extremos ocorridos no Brasil, no período de 1900-2010, foram computados a partir dos anos 70, demonstrando um aumento considerável de desastres nas últimas décadas. Os tipos mais frequentes foram as inundações (59% dos registros), seguidas pelos escorregamentos (14%).

Freire (1965) caracteriza o escorregamento como um deslocamento finito ao longo de uma superfície de deslizamento definida, preexistente ou de neoformação, classificando-os em dois tipos: rotacionais e translacionais. Esses movimentos ocorrem principalmente com elevados volumes de precipitação e/ou terremotos. Os perigos implícitos ao escorregamento, bem como o manejo de seus riscos, começam a ser investigados a partir do entendimento da detecção, isto é, o reconhecimento e a classificação de escorregamentos, que fornecem subsídios para a compreensão de suas ocorrências espacial e temporal (MANTOVANI et al., 1996; BRARDINONI et al., 2003).

A partir de informações obtidas em Marcelino (2004), foi possível definir os limites e as características de cada zona de risco, conforme Tabela 2. A partir do MNT, obtido a partir de dados de radar (SRTM, resolução 90 m), foi gerado o mapa de declividade em graus e realizado o fatiamento do mesmo.

Tabela 2. Zonas de risco de escorregamentos.

Zonas de Risco	Características	Valor
0° - 25,2°	Ausência de risco de escorregamento	1
25,2° - 45°	Risco de escorregamentos por indução antrópica	2
>45°	Risco de escorregamentos natural	3

2.4. Variáveis de Saneamento Básico

A situação de precariedade do saneamento básico a qual a população pode estar exposta pode ser expressa através de três variáveis (obtidas pelo Censo Demográfico 2000 – IBGE), segundo Alves et al. (2010):

Tabela 3. Organização das variáveis de saneamento básico.

Variáveis	Operações entre as variáveis	Categorias, em percentual (%)	Situação Precária	Valor	Situação Adequada	Valor
Rede Geral de Esgotos	V0030/V0003	Atendimento de Esgoto	< 50%	2	> 50%	1
Rede geral de Água Coleta de Resíduos Sólidos	V0018/V0003	Atendimento de Água Coleta de Resíduos Sólidos	< 80%	2	> 80%	1
	V0048/V0003		< 80%	2	> 80%	1

Onde (IBGE, 2010): V0003 – Domicílios particulares permanentes; V0018 – Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de rede geral; V0030 – Domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário e esgotamento sanitários via rede geral de esgoto ou pluvial; V0048 – Domicílios particulares permanentes com lixo coletado.

2.5. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) é composto por seis variáveis, as quais foram atribuídos valores, posteriormente normalizados para que pudessem ser incorporados ao índice. Tal normalização visou proporcionar os índices relativos, ao invés dos valores absolutos de cada um dos fatores em questão, e assim, viabilizar a agregação.

2.6. Área Urbanizada de São Sebastião

Um dos problemas em se trabalhar com dados agregados em setores censitários é que, para uma mesma população estudada, a definição espacial das fronteiras das áreas afeta o resultado obtido. Resultados que podem ser diferentes na medida em que se alteram os limites territoriais. Visando a minimização desse problema, optou-se por trabalhar com os limites das

áreas urbanizadas de São Sebastião, procurando observar a população que de fato está exposta aos riscos.

A imagem multiespectral utilizada foi do satélite LANDSAT 7 ETM+ (30 m), cena 218/76 de 14/08/2006, com as bandas 3 4 2 na composição RGB. Estas bandas correspondem à mesma faixa espectral observada na imagem pancromática, obtida do satélite CBERS 2B, sensor HRC (2.5 m) cena 153/127-D de 03/09/2008. Embora o ideal seja que as cenas multiespectral e pancromática apresentem datas próximas, a melhor imagem HRC obtida para a área foi a utilizada neste estudo. As duas imagens foram adquiridas no acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para obter a área urbanizada, as imagens foram pré-processadas, fusionadas pelo método IHS, para a integração da alta resolução espacial da banda pancromática com a resolução espectral das demais bandas, com baixa resolução espacial, gerando uma imagem sintética multiespectral com alta resolução espacial (Figuras 2 A e 2 B). A imagem sintética foi classificada pelo classificador Bhattacharya e pelo recurso de edição matricial do software Spring 5.1 (CAMARA et al., 1996). O dado de saída foi uma imagem classificada (Figuras 3 A e 3 B), que delimitou as áreas urbanizadas de São Sebastião.



Figura 2 A. Imagem fusionada pelo método IHS (Parte do recorte I).
 Figura 2 B. Imagem fusionada pelo método IHS (Parte do recorte II).

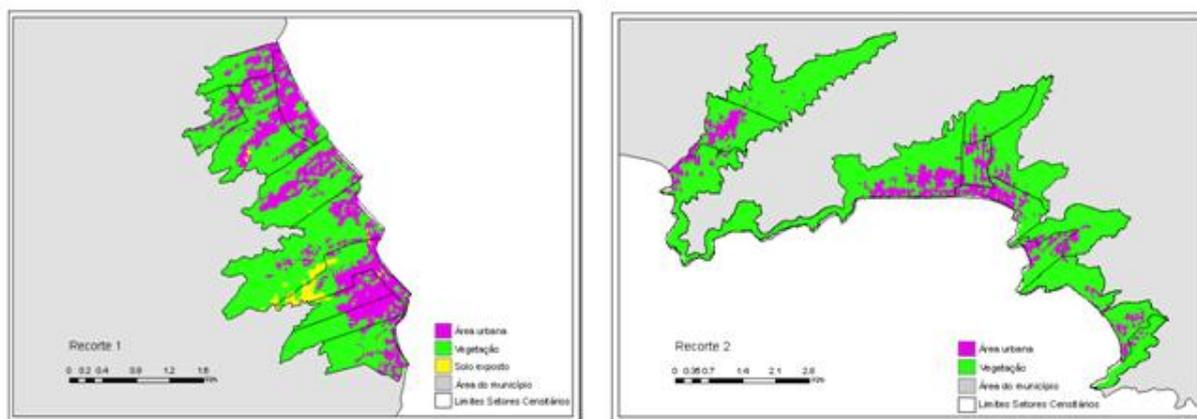


Figura 3 A. Classificação das imagens fusionadas para recorte I.
 Figura 3 B. Classificação das imagens fusionadas para recorte II.

3. Resultados e Discussões

3.1. Espacialização dos Índices Parciais

Para o Índice Parcial, somando as variáveis de risco ambiental e o IPVS, o recorte I (Figura 4 A) e o recorte II (Figura 4 B) apresentaram a predominância de uma vulnerabilidade socioambiental alta, quando espacializadas as variáveis declividade, proximidade ao oceano e

o IPVS. A maior contribuição dessa condição é a proximidade ao oceano, que se apresenta como um valor constante por toda a orla. O recorte I apresenta pequenas áreas de vulnerabilidade socioambiental média a baixa, enquanto no recorte II, observa-se uma vulnerabilidade socioambiental média a alta. Em ambos, a população mais exposta encontra-se mais próxima ao oceano.

Com a espacialização do índice parcial das variáveis de saneamento básico somadas ao IPVS, percebe-se que o recorte I (Figura 5 A) apresenta todas as classes de vulnerabilidade socioambiental, ao passo que o recorte II (Figura 5 B) tem como prevalência a vulnerabilidade socioambiental média a alta, cujo fator agravante são as condições precárias de saneamento básico presentes nesse recorte. O recorte I continua apresentando a área mais próxima ao oceano com a maior vulnerabilidade socioambiental. Por outro lado, a população do recorte II, encontra-se em uma situação de vulnerabilidade socioambiental média a alta, igualmente distribuída ao longo do território.

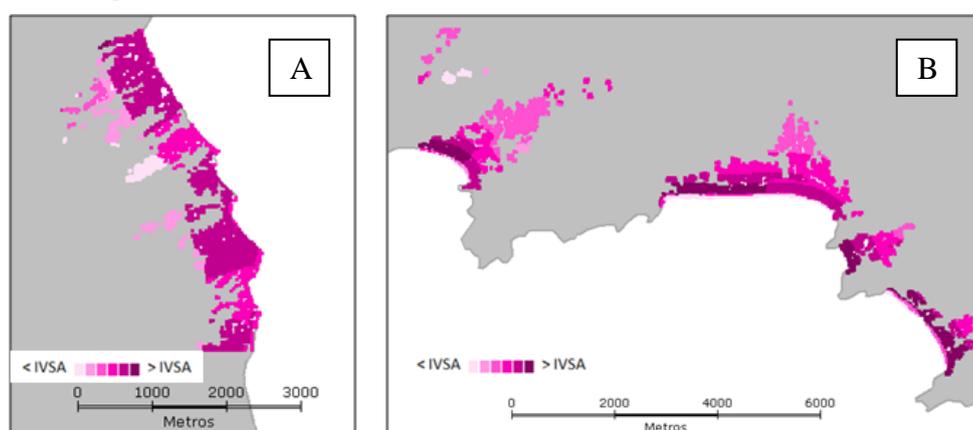


Figura 4 A. Espacialização das variáveis de risco ambiental e o IPVS no recorte I.
 Figura 4 B. Espacialização das variáveis de risco ambiental e o IPVS no recorte II.

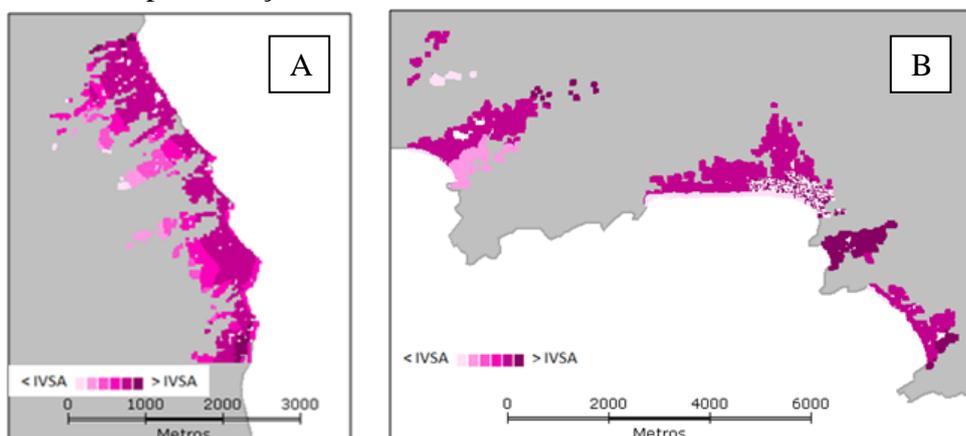


Figura 5 A. Espacialização das variáveis de saneamento básico e o IPVS no recorte I.
 Figura 5 B. Espacialização das variáveis de saneamento básico e o IPVS no recorte II.

3.2. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

O recorte I (Figura 6 A) apresenta todas as classes de vulnerabilidade socioambiental, com a situação de alto valor em uma estreita faixa próxima ao mar. Apresenta também uma população que está exposta a todas as situações de vulnerabilidade socioambiental, onde o menor valor de IVSA encontra-se distante da costa, área esta não afetada por risco de escorregamentos. O recorte II (Figura 6 B) apresenta a população próxima ao oceano em uma exposição muito alta a vulnerabilidade socioambiental. As populações das áreas restantes, distantes do oceano, apresentam uma situação de vulnerabilidade socioambiental média a alta.

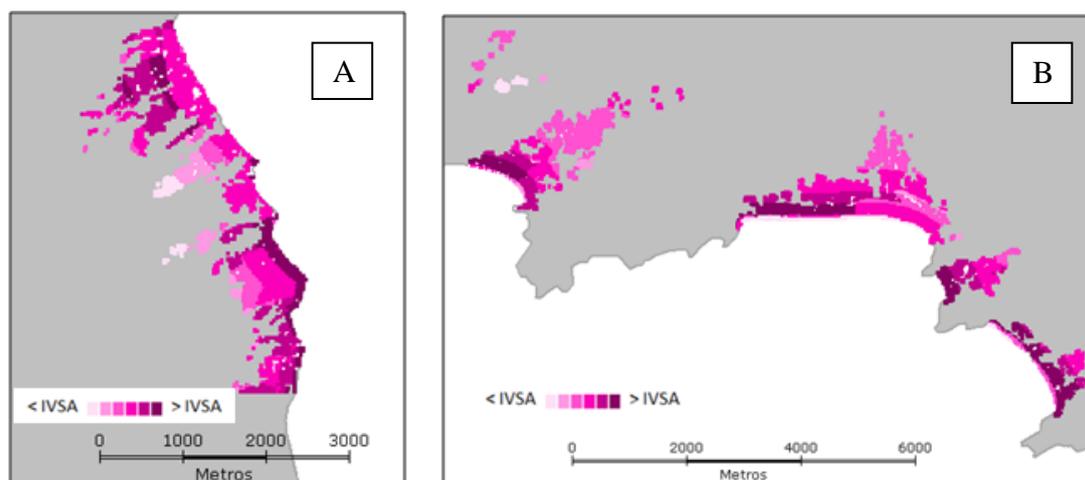


Figura 6 A. Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental no recorte I.
 Figura 6 B. Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental no recorte II.

4. Considerações Finais

Os dados do Censo Demográfico e do IPVS estão agregados por área, ou seja, setores censitários, impedindo que a análise da vulnerabilidade socioambiental seja feita na escala das famílias e domicílios. A tentativa em se trabalhar com a área urbanizada de São Sebastião aproxima esses limites entre área e indivíduo, mas na verdade está sendo considerada a vulnerabilidade de áreas, onde se localizam estas famílias e domicílios. Cabe enfatizar que não estamos medindo a vulnerabilidade do território, mas sim a vulnerabilidade da população residente naquele território.

O presente trabalho apresenta como resultados, um panorama das características socioeconômicas e ambientais de São Sebastião, procurando caracterizar inicialmente as diversas áreas em situação de vulnerabilidade socioambiental. Essa análise preliminar permitiu identificar áreas de baixa a alta vulnerabilidade socioambiental, obtidas através da sobreposição espacial entre as variáveis das dimensões sociais e ambientais. Ao espacializar o IVSA, foi possível verificar que populações com características distintas estão, de fato, expostas aos diferentes riscos, com intensidades diferentes.

Como um primeiro olhar, a metodologia mostrou-se satisfatória ao ser espacializada, onde populações com características diferentes encontram-se expostas a riscos distintos. Porém, enfatiza-se a necessidade de estudos aprofundados na área de interesse, pois sua complexidade relacional (dimensões social e ambiental) requer uma tradução minimalista para o espaço. Trabalhos futuros deverão repensar a questão das variáveis, principalmente as variáveis ambientais e de saneamento básico e suas expressões no IVSA.

5. Referências Bibliográficas

Aguiar, A. P.; Andrade, P. R.; Ferrari, P. G. **Preenchimento de Células**, 2008. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/docs/tutorial/Aula15.pdf>. Acesso em 18 jun. 2010.

Alves, H. P. F. **Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais**. Revista Brasileira de Estudos de População, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.

Alves, H. P. F.; Mello, A. Y. I.; D'antona, A. O.; Carmo, R. L. Vulnerabilidade socioambiental nos municípios do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 17,

2010, Caxambu. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2010. Artigos. CD-ROM, On-line. Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs_pdf/tema_3/abep2010_2503.pdf. Acesso em: 09 set. 2010.

Brardinoni, F.; Slaymaker, O.; Hassan, M. A. Landslide inventory in a rugged forested watershed: a comparison between air-photo and field survey data. **Geomorphology**, v.54, n.3-4, p.179–196, 2003.

Camara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, n.20, v.3, p.395-403, 1996.

Cutter S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v.20, n.4, p.529-539, Dec. 1996.

Egler, C. A. G. Potencial de Risco Ambiental na Zona Costeira. In: Moraes, A. C. R. de et al. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União**. BRASÍLIA: MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZONIA LEGAL, 1996.

Freire, E. S. M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. **Construção**, n.8, p.10-18, 1965.

Hogan, D. J.; Marandola, E. Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade. In: CUNHA, J. M. P. **Novas metrópoles Paulistas. População, vulnerabilidade e segregação**. Campinas: Núcleo de Estudos de População/Unicamp, 2006.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 23 de junho de 2010.

IPVS – **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social**. Disponível em <http://www.seade.gov.br/produtos/ipvs/>. Acesso em 23 de junho de 2010.

Kaztman, R.; Beccaria, L.; Filgueira, F.; Golbert, L.; Kessler, G. **Vulnerabilidad, activos y exclusión social en Argentina y Uruguay**. Santiago de Chile: OIT, 1999.

Mantovani, F.; Soeters, R.; Van Westen, C. Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. **Geomorphology**, v.15, n.3-4, p.213– 225, 1996.

Marcelino, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto**. 2004. 230p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

MMA. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília, 2008. 241p.

Moser, C. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. **World Development**, New York, v.26, n. 1, 1998.

Silva, C. A. M. **População e Riscos às mudanças ambientais em zonas costeiras da Baixada Santista: um estudo sócio-demográfico sobre os municípios de Bertioga, Guarujá e São Vicente**. 2010. 146 p. Dissertação (Mestrado em Demografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

SMA (Secretaria do Meio Ambiente). **Subsídios para Elaboração do Plano de Ação e Gestão para o Desenvolvimento Sustentável do Litoral Norte**. São Paulo, 2002. 92p.

The International Disaster Database - **EM-DAT**. Disponível em: <http://www.emdat.be/>. Acesso em: 29 de abril de 2010.