

a serem enfrentadas pelas diferentes instâncias dos governos numa escala global.

Segundo Ross (2006), as ações humanas não modificam as leis que regem os sistemas ambientais naturais, o que muda é o grau de intensidade nos fluxos de energia e matéria, fazendo com que a natureza busque novos pontos de equilíbrio. Além disso, a complexidade dos mecanismos dos elementos naturais (solo, vegetação, fauna, clima e relevo) definem espaços territoriais específicos. Porém, as relações sociais e econômicas das populações humanas estão muito além da delimitação do lugar onde vivem, pois carregam consigo mecanismos de interação específicos.

No Brasil, de acordo com os dados do Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (BRASIL, 2013), a maior parte dos óbitos ocorridos neste ano foram os decorrentes de movimentos de massa e enxurradas, sendo que o maior número de feridos se relacionou com enxurradas e inundações.

Diante das tragédias ocorridas no mundo e no Brasil, principalmente nas últimas décadas, os desastres têm se intensificados devido aos fatores socioeconômicos, demográficos e ambientais como a pobreza, o aumento da densidade populacional em áreas urbanas, a migração, a degradação do meio ambiente e o aquecimento global (ONU, 2005).

A frequência com que têm ocorrido desastres naturais no Brasil, acarretando em perdas humanas e prejuízos materiais, tem feito com que o governo brasileiro invista no desenvolvimento e aplicação de políticas, estratégias e ações com o intuito de minimizar as vulnerabilidades e os riscos de desastres no território nacional.

O documento *Marco de Ação de Hyogo* (MAH) 2005-2015 (ONU, 2005) é um instrumento norteador para Redução de Riscos de Desastres (RRD) e tem como objetivo principal aumentar a resiliência das nações e comunidades sujeitas aos desastres. Dentre as prioridades elencadas no documento destacaram-se: i) a redução de riscos de desastres em nível nacional e local com uma sólida base institucional para a sua implementação; ii) a identificação, avaliação e observação dos riscos dos desastres e melhora dos sistemas de alerta; iii) a utilização do conhecimento, da inovação e da educação para

criar uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis da sociedade.

Em continuidade às estratégias estabelecidas no Marco de Ação de *Hyogo* realizou-se, em 2015 na cidade de Sendai (Japão), a Conferência Mundial sobre a Redução dos Riscos de Desastres. As diretrizes adotadas pautaram-se nas metas estabelecidas em *Hyogo* para 15 anos e foram ordenadas no Quadro de Ação de Sendai (2015-2030). Os compromissos assumidos na Conferência envolveram a participação política de todos os países membros e a adoção do novo quadro. Nesse contexto, definiram-se quatro prioridades: 1) entendimento da redução de desastres; 2) fortalecimento da gestão governamental quanto à redução de riscos de desastres; 3) investimento na redução de riscos de desastre e resiliência; e 4) ações voltadas ao fortalecimento da recuperação, reabilitação e reconstrução (ONU, 2015).

No ano de 2017 a Primeira Sessão da Plataforma Global para Redução de Riscos de Desastres ocorreu em Cancún, México e objetivou discutir os primeiros avanços na implementação do Quadro de Ações de Sendai, sendo que na Prioridade 1, mereceram destaques os exemplos práticos relacionados ao uso de plataformas abertas tanto para o setor público quanto privado, apresentando informações georreferenciadas sobre riscos através de dados de eventos e de exposição às situações de riscos de desastres.

Nessa perspectiva, este artigo apresenta uma metodologia que utiliza levantamento de dados censitários e de ocorrências de desastres, análise estatística e representação cartográfica visando detectar possíveis cenários de áreas sobre as quais se devem priorizar as ações de redução dos riscos de desastres em nível local, considerando aspectos socioeconômicos e ambientais.

Este estudo foi realizado no município de Santos SP, pertencente à Região Metropolitana da Baixada Santista (composta pelos municípios de Mongaguá, Peruíbe, Itanhaém, Praia Grande, São Vicente, Cubatão, Santos, Guarujá e Bertioga). Essa região está inserida na unidade morfoestrutural denominada Serra do Mar (ROSS, 1992), caracterizada por um conjunto de escarpas que marcam a borda oriental dos terrenos Pré-Cambriano do Planalto Atlântico

(CRUZ, 1990). É a terceira maior região do Estado em termos populacionais, com 1,7 milhão de moradores fixos em 2010. Nos períodos de férias, acolhe igual número de pessoas, que se instalam na quase totalidade de seus municípios (EMPLASA, 2015). As atividades industriais, em especial de Cubatão e atividades portuárias de Santos, bem como as voltadas ao comércio, serviços e turismo respondem por um produto interno bruto (PIB) de 60,08 bilhões de reais em 2012 (EMPLASA, 2015). De acordo com a Fundação SEADE, a Região Metropolitana da Baixada Santista apresentou desempenho positivo até o 4º trimestre de 2013, período a partir do qual ocorreu redução das expectativas em relação ao pré-sal. Conforme o estudo, a crise econômica refletiu-se também no setor de transportes, que se recuperou em 2015 graças ao aumento do movimento do porto de Santos (SEADE, 2016).

Tais informações reforçam o destaque de Santos no litoral paulista, motivo que justifica sua seleção para esse trabalho, aliado às características de sua localização geográfica, que apresenta contrastes de relevo (altas variações de altitude e declividade), alta densidade urbana e população vulnerável.

Além disso, o município de Santos apresenta um histórico de desastres por processos de movimentos de massa que remonta ao ano 1928, como o desastre ocorrido no Monte Serrat, levando a morte cerca de 22 pessoas e cerca de 200 afetados (GUTJAHR; RABELLO; GOMES; JESUS, 2010).

Nesse contexto, o objetivo desse artigo é apresentar os resultados das análises da vulnerabilidade socioambiental da área insular de Santos SP, integrados ao mapeamento do uso do solo urbano, com vistas a aferir a metodologia desenvolvida para a seleção de indicadores socioambientais e da espacialização dos bairros mais vulneráveis aos riscos de desastres.

A metodologia e os resultados apresentados nessa pesquisa fazem parte do Projeto Universal CNPq Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental do Estado de São Paulo – Brasil: Uma contribuição metodológica, desenvolvido na escala municipal, cujas áreas de estudo são Santos, Caraguatatuba, Rio Claro e Campos do Jordão.

Espera-se assim que, a experiência aqui relatada para o entendimento dos aspectos físicos, socioeconômicos, demográficos e ambientais

contribua para o estudo das vulnerabilidades das pessoas, dos sistemas e das comunidades frente aos desastres naturais.

2. AÇÕES GOVERNAMENTAIS E ACADÊMICAS PARA A GESTÃO E REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES

O conceito de Redução de Riscos de Desastre (RRD) pode ser entendido como “o desenvolvimento de políticas, estratégias e práticas voltadas à minimização de vulnerabilidades e riscos de desastres tendo como atores envolvidos toda a sociedade” (TWIGG, 2009, p.8).

Seguindo as prioridades estabelecidas pelo Marco de Ação de Hyogo, a primeira é garantir que a redução de riscos de desastres seja uma prioridade nacional e local com forte base institucional para sua implantação. Diante disso, para fortalecer as estratégias de RRD no Brasil, instituiu-se a Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012 criando a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Essa lei dispõe, ainda, sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), bem como autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres, passando a se concentrar nas ações de prevenção, resposta, socorro, assistência e recuperação. Com a aprovação dessa lei, a sistematização da gestão de riscos e de desastres no Brasil passa a ser denominada como Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC). De acordo com Furtado *et al.* (2014) estão em construção a regulamentação da Lei no 12.608 e o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil, que definirão o papel de cada órgão ou entidade que compõe o SINPDEC.

Uma importante contribuição da SINPDEC é a integração das políticas setoriais, principalmente no que concerne ao ordenamento do território, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

Segundo dados do Anuário Brasileiro de Desastres Naturais de 2012 (BRASIL, 2013, p.30), somando-se todos os eventos ocorridos no Brasil que causaram danos humanos mais significativos

no referido ano, verifica-se que os desastres que causaram maior número de óbitos foram os de movimentos de massa e de enxurradas (ambos 26 mortes representando 28% do total) seguidos de 16 óbitos por vendaval (17%) e de 14 mortes por inundação (15%). O maior número de afetados está àqueles inseridos nos processos de enxurradas e inundação (11 e 31%, respectivamente); e um número significativo de pessoas afetadas por seca/ estiagem (8.956.853 e 53%) para um total de 16.977.614 pessoas somando todos os eventos. Os critérios utilizados seguem os estabelecidos pela Base de Dados Internacional de Desastres (International Disasters Database - EM-DAT¹): 1 ou mais óbitos; ou 50 ou mais pessoas afetadas; ou declaração de situação de emergência ou declaração de estado de calamidade pública.

Com relação às políticas de gestão e ordenamento do território, novos elementos foram incorporados às Leis: no 10.257/2001 (Estatuto da Cidade) e no 6.766/1979 (Parcelamento do Solo Urbano) que passaram a observar, entre outros, a incorporação da redução de risco de desastres. Outra alteração importante foi a inclusão dos princípios de proteção e defesa civil e educação ambiental na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei n. 9.394/1996 (FURTADO *et al.*, 2014).

De acordo com Universidade Federal de Santa Catarina (2012) os trabalhos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente, em conjunto com a ONG Instituto de Estudos da Religião (ISER), nos anos de 1992, 1997, 2001 e 2006, mostraram que um percentual significativo de brasileiros não possui informações e conhecimentos suficientes que os oriente nas suas atitudes e escolhas nas áreas ambientais. Nota-se assim a importância de estudos de diagnósticos que indiquem ações de conscientização da população em relação aos riscos de desastres.

Em Burton *et al.* (1978), a questão da percepção do risco é fundamental na resposta que a população dará frente ao perigo. Dentre as ações destacadas pelo autor estão: ações de emergência, de evacuação de áreas e de prestação de auxílio às pessoas atingidas; adaptação biológica e cultural; ajustamentos e capacidade de absorção dos perigos. A adaptação biológica

e cultural se refere às diferentes situações vividas pela população, como a mudança de comportamento e de valores no decorrer dos períodos históricos. O ajustamento tem relação com as ações e escolhas individuais e coletivas da população resultando na diminuição dos desajustes que ocorrem entre a população e os perigos naturais, enquanto a capacidade de absorção, que está diretamente ligada aos ajustamentos, se refere à capacidade da população, do indivíduo e do meio ambiente em absorver o impacto das perdas e de se recuperar.

De acordo com Cutter (2011), a ciência da vulnerabilidade oferece a base empírica para a elaboração de políticas de redução de riscos por meio de métodos e métricas desenvolvidos para analisar a vulnerabilidade social frente aos riscos ambientais e aos eventos extremos, ajudando a compreender como um evento de equivalente intensidade produz impactos muito diferentes em locais distintos. Conforme a autora, os procedimentos metodológicos de análise de vulnerabilidade possibilitam o entendimento das complexas relações entre os sistemas sociais, naturais e artificiais utilizando dados referentes à infraestrutura territorial e socioeconômica, os quais podem ser analisados e espacializados por meio de tecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Nesse sentido, adotam-se os referenciais e a base metodológica de Cutter (2011), que antes de serem elucidados impõem a revisão de alguns conceitos fundamentais para o estudo.

3. CONCEITOS DE DESASTRE, RISCO E VULNERABILIDADE

Com base nas definições propostas pelo Departamento de Assuntos Humanitários das Nações Unidas (United Nations Department of Humanitarian Affairs - UNDHA), os autores Beier e Downing (1998, p.15) definem desastre como “uma interrupção grave da vida social causando perdas humanas, materiais e ambientais que superam a competência da comunidade afetada em recuperar-se com seus próprios meios”. No mesmo documento o perigo é definido como a probabilidade de que se reproduza um fenômeno potencialmente prejudicial em um determinado

¹ The International Disasters Database. Center for Research on the Epidemiology of Disasters. Université Catholique de Louvain. Brussels. Belgium.

período e lugar enquanto risco caracteriza-se por perdas previsíveis (de vidas, propriedades danificadas e atividades econômicas obstruídas, pessoas feridas) como consequência de um perigo específico em uma região, para um determinado período do ano.

Quanto à vulnerabilidade, Cutter (1996) sistematizou as diferentes abordagens sobre esse tema e enfatizou três abordagens principais:

1. Vulnerabilidade como condição existente, que é composta pela probabilidade de exposição (biofísica ou tecnológica), pela probabilidade de consequências adversas (vulnerabilidade social) e pela combinação das duas anteriores representadas por estudos voltados à distribuição da condição perigosa;
2. Vulnerabilidade como resposta controlada ou respostas da sociedade frente às situações de risco;
3. Vulnerabilidade como perigo do lugar, que se concentra na mensuração do risco biofísico (ambiental), na produção social do risco e nas capacidades de respostas da sociedade e dos indivíduos.

Ainda, de maneira objetiva, a referida autora define vulnerabilidade como o potencial para perdas.

Beier e Downing (1998) definem a vulnerabilidade como grau de prejuízo de um fenômeno potencialmente danoso, a qual está condicionada, sobretudo, às circunstâncias sociais, econômicas e políticas. Os autores destacam que a pobreza e a marginalização são responsáveis, em grande parte, pelo grau de vulnerabilidade das pessoas, no que diz respeito à perda de vidas, de bens ou a deterioração das condições sanitárias. Concorda-se com a argumentação dos autores de que embora a pobreza e a vulnerabilidade estejam muito relacionadas entre si, a melhora das condições econômicas de um grupo social não conduz, de modo sistemático, à adoção de medidas apropriadas de redução de sua capacidade vulnerável.

O trabalho de Mendes *et al.* (2009) apresenta proposta de índices de vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal, na escala nacional e regional. Esses índices estão pautados na vulnerabilidade biofísica, resiliência social e na capacidade de suporte infraestrutural. Também foi analisada a

cartografia da vulnerabilidade social que permite a comparação entre lugares. A metodologia adotada permitiu a estruturação da avaliação da vulnerabilidade das pessoas e da comunidade, definida como criticidade; e a territorial, definida como capacidade de suporte; possibilitando a adoção de estratégias de prevenção, de resposta, de mitigação e sensibilização ao risco.

De acordo com Cunha *et al.* (2011), o perigo e a vulnerabilidade são fatores relacionados com a probabilidade de provocar situações adversas, que combinados formam o risco, que é a probabilidade de acontecer um determinado evento num determinado período e lugar, considerando a exposição das pessoas e do lugar frente a um desastre. Os autores salientam que os danos causados às pessoas e à infraestrutura local e ao ambiente, tem uma repercussão além do limite do território. Esses desastres podem alterar, muitas vezes, de forma significativa, o desenvolvimento econômico do lugar impedindo as pessoas de realizarem suas atividades.

Freitas e Cunha (2013) adotam o conceito de vulnerabilidade socioambiental com base em Cutter (2011), considerando que “a vulnerabilidade inclui quer elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), quer de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder a e recuperar de ameaças ambientais)” (CUTTER, 2011, p.60).

Nesse contexto tornam-se importantes os estudos de vulnerabilidade socioambiental, cuja base está na análise dos indicadores que contribuem para a vulnerabilidade das pessoas, comunidades e sistemas e no fortalecimento das suas capacidades e resiliências.

De acordo com Jannuzzi (2001) um indicador social é uma medida quantitativa com significado social, usada para substituir, quantificar um conceito social abstrato, de interesse teórico, para pesquisa acadêmica; ou programático, para formulação de políticas. É um recurso metodológico empírico, que informa algo sobre um aspecto ou sobre mudanças da realidade social.

Salienta-se que, para se identificar as comunidades que vivem em áreas de riscos de desastres, além da dimensão espacial, devem-

se considerar as questões socioeconômicas, os vínculos e as dinâmicas da área de risco analisada, para assim, compreender os diversos fatores que contribuem para a vulnerabilidade socioambiental.

4. ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NO BRASIL

Nesse tópico são apresentados alguns estudos de vulnerabilidade socioambiental no cenário nacional, traçando as bases para a apresentação da metodologia da pesquisa.

No estudo realizado por Almeida (2010) sobre as vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos, com enfoque para a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, pertencente à Região Metropolitana de Fortaleza/Ceará, o autor analisou quatro fatores da vulnerabilidade socioambiental: educação, infraestrutura e habitação, presença de idosos e de jovens, juntamente com a análise dos aspectos físicos da bacia em estudo, e obteve como resultado o mapa de vulnerabilidade socioambiental. O autor apresenta os setores censitários com maior vulnerabilidade: educação, infraestrutura e habitação, comprovando a hipótese da existência de coincidência entre as áreas de risco e as da cidade que apresentam as comunidades mais vulneráveis, levando em conta os indicadores socioeconômicos e de acesso a serviços e infraestrutura urbana.

Freitas e Cunha (2013) analisaram a vulnerabilidade socioambiental aos riscos naturais apoiada em algoritmos estatísticos e na representação de seus resultados por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG). O estudo foi realizado tendo como base informações socioeconômicas de 20 municípios do estado de São Paulo – Brasil e 17 concelhos da Região Centro de Portugal. Os autores consideraram vulnerabilidade como o resultado do produto entre a Capacidade de Suporte e a Criticidade. Adotaram como procedimento metodológico a coleta de dados censitários relativos aos aspectos socioeconômicos das áreas de estudo, no nível municipal, e realizaram análises baseadas na Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando o programa estatístico SPSS/IBM. Os resultados da análise estatística para os componentes Criticidade e Capacidade de Suporte, bem

como a Vulnerabilidade Socioambiental foram classificados e representados cartograficamente por meio de mapas temáticos elaborados no SIG ArcGis. Os resultados obtidos para a área de estudo de Portugal indicaram como principais fatores de vulnerabilidade socioambiental o baixo dinamismo econômico, a queda da população infanto-juvenil e o êxodo rural. No caso dos municípios brasileiros, os principais fatores de vulnerabilidade estavam associados ao menor desenvolvimento econômico e às condições de infraestrutura e do ambiente urbano, ou seja, populações ou territórios providos de baixas condições para o enfrentamento e recuperação no caso de eventos perigosos ou desastres.

A situação analisada no caso brasileiro ressalta o que Jacobi (2006) denomina de a cidade informal, resultado do fenômeno da expansão urbana ilegal associada à exclusão social. Tais espaços são marcados pela exclusão social e pelo acesso diferenciado aos investimentos públicos.

Uma outra experiência que é referência para este artigo corresponde ao trabalho de Rossini-Penteado e Ferreira (2015) que mapearam e quantificaram a vulnerabilidade no contexto da análise de risco de escorregamentos e inundações para 11 municípios paulistas: Aparecida, Caçapava, Campos do Jordão, Guaratinguetá, Pindamonhangaba, Potim, Redenção da Serra, Roseira, Taubaté e Tremembé, localizados no Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, além de São José do Rio Preto, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo. Para os autores, o risco é uma função das variáveis: 1) perigo de escorregamentos, 2) vulnerabilidade do elemento em risco, e 3) potencial de dano do elemento em risco. A abordagem do estudo é a de paisagem em escala regional, que está baseada na definição de “unidades territoriais homogêneas do meio físico e de uso e ocupação do solo urbano” (ROSSINI-PENTEADO; FERREIRA, 2015, p.79). Para o mapeamento e quantificação da vulnerabilidade, consideraram-se os aspectos do meio físico e socioeconômico, do uso e cobertura da terra, do padrão de ocupação urbana, da infraestrutura sanitária e renda. Os aspectos relativos à infraestrutura urbana e os socioeconômicos foram obtidos do IBGE Censo 2010, na escala de setores censitários, e as outras informações por meio de ortofotos e imagens de sensores remotos. Para o cálculo da vulnerabilidade

foram considerados atributos indicadores do padrão de ocupação urbana e das condições socioeconômicas. Os resultados mostraram que as áreas classificadas com muito alta e alta vulnerabilidade, correspondem às áreas mais precárias e ou deficientes quanto à infraestrutura urbana e às condições socioeconômicas da população.

Tais estudos contribuíram para a definição da metodologia adotada nesta pesquisa, bem como nortearam a seleção dos tipos de variáveis que caracterizaram aspectos socioeconômicos como educação, renda, presença de jovens e idosos e tipo de habitação, dentre outros, combinados com aspectos de infraestrutura tanto das habitações quanto dos bairros que compõem a área de estudo.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Santos SP está localizado na região da Baixada Santista, latitude de 23°56'27"S e longitude de 45°19'48"W, conforme ilustra a Figura 1. Sua área compreende 280,674 km² e uma população estimada em 433.966 habitantes, sendo que deste total 419.400 se refere à população residente no município, sendo a densidade demográfica de 1.494,26 (hab./km²), segundo Ibge (2015). Ainda de acordo com o mesmo documento, o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) é 0,840 e o rendimento médio nominal mensal dos domicílios urbanos é de R\$4.891,93 reais.



Fig. 1 - Localização da área de estudo. Fonte: IBGE (2011)

O município insere-se na Serra do Mar caracterizada por um conjunto de escarpas que marcam a borda oriental dos terrenos Pré-Cambriano do Planalto Atlântico. O relevo da escarpa da Serra do Mar apresenta amplitudes altimétricas entre 955 m a 1265m e declividades superiores a 50%. A paisagem compõe-se também da planície costeira que se estende por aproximadamente 32 km, da linha da praia até a base da Serra, com declividades inferiores a 5% (UNESP, 2006). Esses contrastes de relevo expressos pelas altas variações de altitude e declividade associadas à Mata Atlântica preservada e às áreas alteradas, como as de restinga que são pressionadas pela forte presença populacional, faz com que o município de Santos seja um ambiente complexo e de alto grau de vulnerabilidade ambiental (EMPLASA, 2015).

As atividades econômicas do município estão centradas nos setores de comércio e serviços, com destaque para a economia local decorrente da presença do Porto de Santos, cuja capacidade de movimentação passou de 48 para 97 toneladas/ano no período de 2001 a 2011 (PREFEITURA DE SANTOS, 2013).

Em estudo realizado sobre as características demográficas dos municípios do Litoral Norte, Baixada Santista e Litoral Sul do Estado de São Paulo, para um período de 1970 a 2010, Carmo *et al.* (2012) consideraram o município de Santos como de alto percentual de população urbana e como o mais envelhecido de toda a região. No ano de 2000, já apresentava menos de 20% da população com idade abaixo de 14 anos e mais de 10% acima de 65 anos. O estudo observa que 10 anos depois, no ano de 2010, a proporção de pessoas com 75 anos ou mais é muito semelhante à proporção de crianças de até 4 anos de idade, o que se configura como um indicativo de envelhecimento da população. Com relação à migração, o saldo migratório de Santos é negativo, com a evasão de 17.957 pessoas no período analisado. No entanto deve-se considerar que desse grupo, cerca de 13.000 pessoas originárias de Santos estão recenseadas no município vizinho de São Vicente (SP).

Nesse estudo foram analisados quarenta e sete bairros da Área Insular de Santos (SP), com dados censitários necessários e suficientes para

a execução da análise estatística. O município concentra 99,32% da sua população na área insular, ou 416547 habitantes considerando a estimativa para o ano de 2010 (PREFEITURA DE SANTOS, 2013).

Deve-se destacar que foram excluídas da análise as áreas relativas ao Porto de Santos e aos bairros Morro Chico de Paulo e Embaré, pertencentes à área insular, pela insuficiência de dados censitários que permitissem a execução da análise estatística da pesquisa.

6. METODOLOGIA

O referencial metodológico adotado nesta pesquisa compreende o método dedutivo e a metodologia está baseada em Cutter (1996, 2011), com as adaptações metodológicas realizadas por Mendes *et al.* (2009) e Cunha *et al.* (2011) que desenvolveram estudos sobre o índice de vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos para Portugal, nas escalas de municípios e concelhos. Os autores Freitas e Cunha (2013) adaptaram esse estudo para o contexto brasileiro.

A metodologia baseia-se na Análise de Componentes Principais (ACP), que permitiu a avaliação da vulnerabilidade em duas dimensões: a vulnerabilidade das pessoas e comunidades, denominada criticidade e a vulnerabilidade territorial, denominada capacidade de suporte.

Para o seu desenvolvimento foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos.

1. Levantamento bibliográfico e revisão de literatura nos temas de interesse: vulnerabilidade socioambiental, perigo, desastres, riscos, redução de riscos de desastres (RRD), análise de componentes principais (ACP) e indicadores de vulnerabilidade socioambiental.
2. Levantamento de documentação cartográfica correspondentes à malha digital dos setores censitários (IBGE, 2011) na escala 1:10.000 e de ortofotos retificadas e originalmente georeferenciadas pela Emplasa (2010) na escala 1:1.000.
3. Elaboração do mapeamento do uso do solo urbano e da vegetação realizada com base na análise interpretativa e na vetorização das classes de uso do solo utilizando-se as ortofotos da

Emplasa (2010) por meio do programa AutoCAD Map e convertidos para o formato shapefile e Datum Sirgas 2000 no programa ArcGis.

4. Para complementar as informações coletadas foram realizados 5 trabalhos de campo no período de 2014 a 2016, para conhecimento e verificação das áreas de risco e de ocorrências de deslizamentos e queda de blocos. Utilizou-se um equipamento GNSS de navegação para o registro dos pares de coordenadas, visando posterior confronto com dados coletados na Defesa Civil, atividade realizada pela equipe do projeto e divulgada no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Dias (2014), que compõe a pesquisa CNPq.

5. Levantamentos de dados censitários do Universo do Censo 2010, na escala de setor censitário (IBGE, 2011) para a seleção de variáveis relativas aos dados socioeconômicos, demográficos e ambientais.

6. Agrupamento dos setores censitários em bairros, cujos limites foram ajustados manualmente no AutoCad Map R.16 com base nas ortofotos da Emplasa (2010). Deve-se salientar que, muitas vezes, um setor censitário está inserido em áreas que fazem parte de 2 ou mais bairros. Nestes casos, o critério adotado para a decisão sobre a inclusão de um setor censitário em um dado bairro baseou-se na maior porcentagem de área territorial ocupada do setor no referido bairro.

7. Exportação dos mapas de bairros do AutoCad Map para o ArcGis R.10.2, visando a elaboração dos mapas temáticos.

8. Definição e classificação dos componentes criticidade e capacidade de suporte por meio da seleção de grupos de variáveis do Censo de 2010 (IBGE, 2011). Considerando-se a realidade brasileira e as referências adotadas na pesquisa, para compor a Criticidade adotaram-se variáveis de educação, gênero, idade, renda, densidade populacional e tipo de residência. No caso da Capacidade de Suporte adotou-se variáveis como tipo de moradia, ocupação irregular e padrão construtivo, estrutura familiar (número de moradores), infraestrutura do bairro (energia elétrica, água, esgoto, arborização, etc) e infraestrutura do domicílio. Tais variáveis foram selecionadas considerando-se os as classes de variáveis apontadas nos trabalhos de

Zanella *et al.* (2013), Almeida (2010), Gamba e Ribeiro (2012), Freitas e Cunha (2013), Cunha *et al.* (2011) e Bortoletto (2016), com as devidas adaptações realizadas em função da disponibilidade de dados do Censo 2010 (IBGE, 2011) para a área de estudo.

9. Tabulação dos dados relativos às variáveis de Criticidade e Capacidade de Suporte no programa Excel, posteriormente exportados para o programa estatístico SPSS.

10. Normalização das variáveis no SPSS, por meio do método de extração Análise de Componentes Principais (ACP), rotação Varimax com normalização Kaiser.

11. Classificação e representação espacial, no formato vetorial, dos principais fatores de Criticidade e Capacidade de Suporte utilizando o SIG ArcGis R.10.2.

12. Realização do produto entre Criticidade e Capacidade de Suporte e posterior reclassificação das 5 classes de Vulnerabilidade Socioambiental, no formato vetorial.

13. Representação espacial dos eventos relativos a deslizamentos e queda de blocos na Área Insular de Santos SP para o período de 2011 a 2014, tomando por base os estudos de Dias (2014).

14. Representação espacial da vegetação e uso do solo urbano da Área Insular de Santos SP para o período de 2010, tomando por base as ortofotos digitais Emplasa (2010). As classes de uso do solo urbano basearam-se no estudo de Freitas *et al.* (2015).

15. Análise dos resultados obtidos, considerando seus aspectos convergentes e divergentes, diante das características e realidades do município.

Visando contextualizar o estudo de vulnerabilidades, apresentam-se as características do município, da população e dos domicílios analisados e o detalhamento das variáveis de Criticidade e de Capacidade de Suporte, que são os componentes da Vulnerabilidade Socioambiental.

6.1 Dados do questionário básico do Censo, ano 2010

Os dados das características do município, da população e dos domicílios provenientes do Censo do ano de 2010 (IBGE, 2011) disponibilizados em planilhas no formato Excel, na escala de setor censitário e agrupados em bairros.

Os termos domicílio particular permanente (dpp) e população residente apresentados na Tabela 1 tem como base a definição do IBGE (2011). Domicílio particular permanente (dpp) é definido como aquele construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas. E considera como população residente aquela constituída pelos moradores em domicílios na data de referência.

Tabela 1: Características da população e dos domicílios

Área Insular de Santos SP	Ano 2010
Área total (Km ²)	62,34
Densidade de dpp (dpp/km ²)	3.145
Total de setores censitários	692
Total de bairros	47
Total de população residente	418.213
Total de dpp (dpp)	143.377
Total de dpp com 1 morador	25.113
Total de dpp com 2 a 4 moradores	120.013
Total de dpp com 5 a 9 moradores	17.008
Total de dpp com mais de 10 moradores	360
Total de dpp alugados	36.236
Total de dpp do tipo apartamento	91.228
Total de dpp com rede de esgoto	137.689
Total da população com 0 a 5 anos idade	25.811
Total da população com 6 a 14 anos idade	44.568
Total da população com 60 anos ou +	80.409
Renda média responsável pelo dpp (reais)	1.562

A Tabela 1 apresenta as características da população e dos domicílios, na escala de setores censitários.

A área urbana insular de Santos SP é de 62,34 Km², apresenta 692 setores censitários distribuídos em 143.377 domicílios particulares permanentes, 47 bairros e uma população residente de 418.213 habitantes (IBGE, 2011). Os domicílios que apresentaram média de 2 a

4 moradores por domicílios representam 84% (143.377 dpp) enquanto os domicílios alugados correspondem a um percentual de 25% (36.236 dpp) e os domicílios do tipo apartamento apresentam 64% (91.228 dpp). A população inserida no intervalo de 0 a 14 anos (crianças e jovens) representa 17% da população total e a de idosos (60 anos ou mais) 19%. Essas duas últimas variáveis juntas representam 36% da população total (150.788 habitantes). A renda média do responsável pelo domicílio é de R\$1.562,00 e a renda média por domicílio é de R\$2.578,00.

Após a preparação dos dados do Censo de 2010, selecionaram-se as variáveis de Criticidade e de Capacidade de Suporte para a Análise de Componentes Principais (ACP), elencadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2: Variáveis de criticidade, Censo 2010

Código da Variável	Variáveis de Criticidade
VC1	Densidade populacional moradores dpp/área (Km ²)
VC2	Total de moradores dpp/Total de domicílios dpp
VC3	Total de pessoas com até 5 anos de idade/Total de moradores dpp (%)
VC4	Total de pessoas com 6 a 14 anos de idade/Total de moradores dpp (%)
VC5	Total de pessoas com 60 anos ou + de idade/Total de moradores dpp (%)
VC6	Total de mulheres responsáveis/Total de moradores dpp (%)
VC7	Total de pessoas alfabetizadas com 5 anos ou + de idade/Total de moradores dpp (%)
VC8	Total de pessoas responsáveis alfabetizadas/Total de moradores dpp (%)
VC9	Total do rendimento nominal mensal (reais) dos dpp/Total de dpp ou pessoas responsáveis por dpp
VC11	Total do rendimento nominal mensal (reais) das pessoas responsáveis/Total de dpp ou pessoas responsáveis por dpp

Na Tabela 2 encontram-se as variáveis de Criticidade, cuja seleção se refere à: idade, renda, educação e gênero da população.

Tabela 3: Variáveis de capacidade de suporte, Censo 2010

Código da Variável	Variáveis de Capacidade de Suporte
VCS1	Domicílios particulares e domicílios coletivos/Área (km ²) do bairro
VCS2	dpp do tipo casa/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS3	dpp do tipo casa de vila ou em condomínio/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS4	dpp do tipo apartamento/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS5	dpp cedidos por empregador ou cedidos de outra forma / Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS6	dpp alugados/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS7	dpp com abastecimento de água da rede geral/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS8	dpp com banheiro e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS9	dpp com lixo coletado/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS10	dpp com energia elétrica de companhia distribuidora/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS11	dpp com energia elétrica de outras fontes / Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS12	dpp sem energia elétrica/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS13	dpp com 1 morador/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS14	dpp com 2 a 4 moradores/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)

VCS15	dpp com 5 a 9 moradores/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS16	dpp com 10 ou mais moradores/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS17	Entorno com iluminação/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS18	Entorno com rampa para cadeirante/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS19	Entorno com arborização/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS20	dpp com moradia inadequada/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)
VCS21	dpp improvisados/Domicílios particulares e domicílios coletivos (%)

As variáveis de Capacidade de Suporte se referem ao tipo, à condição e à infraestrutura dos domicílios e do entorno. Essas variáveis estão elencadas na Tabela 3.

Feita a seleção dessas variáveis, procedeu-se à Análise de Componentes Principais (ACP) no programa estatístico SPSS/IBM, tomando por referência (MENDES *et al.*, 2009; CUNHA *et al.*, 2011; FREITAS; CUNHA, 2013).

Existem duas abordagens de análise estatística para localizar dimensões adjacentes de um conjunto de dados: a Análise dos Fatores (AF) e a Análise de Componentes Principais (ACP). Essas técnicas diferem nas estimativas de comunalidades, que podem ser entendidas como a proporção da variância comum presente numa variável (FIELD, 2009). A análise dos fatores é uma ferramenta estatística que busca guiar o pesquisador na tomada de decisões, apresentando seleção dos principais fatores extraídos da matriz de correlação, resultante de análise estatística de conjunto de variáveis de interesse. E a análise de componentes principais determina quais componentes lineares existem no conjunto de dados e como uma variável pode contribuir com aquele componente (FIELD, 2009).

De acordo com as referências, adotou-se

a Análise de Componentes Principais (ACP), pelo método de rotação ortogonal Varimax com normalização Kaiser. O método de rotação ortogonal Varimax, também chamado de “matriz dos fatores ou componentes rotacionados agrega um menor número de variáveis sobre cada fator, resultando em mais aglomerados de fatores interpretáveis” (FIELD, 2009, p.568).

A Criticidade (C) e a Capacidade de Suporte (CS) foram calculadas com base nos fatores resultantes da ACP, considerando sua influência positiva ou negativa nos resultados pretendidos na análise, conforme ilustram as expressões (1) e (2) respectivamente:

$$\text{Criticidade} = F1 - F2 + F3 \quad (1)$$

sendo:

FN = Fatores resultantes da Análise de Componentes Principais, FN = 1, 2 e 3

$$\text{Capacidade Suporte} = F1 + F2 + F3 - F4 \quad (2)$$






sendo:

FN = Fatores resultantes da Análise de Componentes Principais, FN = 1, 2, 3 e 4.

Após a análise estatística ACP, os resultados dos fatores de Criticidade e de Capacidade de Suporte, no formato Excel, foram exportados para o SIG ArcGis. No ArcGis resultados dos fatores dos componentes Criticidade foram inseridos na Tabela de Atributos do arquivo shapefile correspondente ao mapa de bairros. Posteriormente, realizou-se a soma conforme a expressão (1), e depois reclassificados em 5 intervalos de classe, por meio do método natural break de jenks.

As classes indicam que quanto mais elevado o fator de Criticidade maior a vulnerabilidade das pessoas frente aos desastres.

Tabela 4: Classes de criticidade (C)






Classes	Legenda	
1	Muito Baixa	
2	Baixa	
3	Média	
4	Alta	
5	Muito Alta	

A Tabela 4 apresenta a classificação da Criticidade.

Para a determinação dos fatores de Capacidade de Suporte foram aplicados os mesmos procedimentos da Criticidade. Porém, as classes indicam que quanto menos elevado o fator de Capacidade de Suporte maior a vulnerabilidade territorial frente aos desastres.

Os fatores de Capacidade de Suporte também definidos em 5 classes, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Classes de capacidade de suporte (CS)

Classes	Legenda	
5	Muito Baixa	
4	Baixa	
3	Média	
2	Alta	
1	Muito Alta	

De posse dos dados relativos à Criticidade e à Capacidade de Suporte, realizou-se o cálculo da Vulnerabilidade Socioambiental dos 47 bairros, como apresentado na expressão matemática (3):

$$VS = C \times CS \quad (3)$$

sendo:

VS = Vulnerabilidade Socioambiental

C = Criticidade

CS = Capacidade de Suporte.

De acordo com as classes definidas para a Criticidade e Capacidade de Suporte, realizou-se o produto entre esses dois mapas no ArcGis, obtendo-se as classes de Vulnerabilidade Socioambiental (VSA), apresentadas no Quadro 1.

Após essa etapa, realizou-se o mapeamento da vegetação e do uso do solo urbano da área insular de Santos (SP), que correspondeu às seguintes etapas:






1. Definição das 14 classes temáticas de vegetação e do uso do solo urbano, de acordo com Freitas *et al.* (2015): área de cultivo, área portuária, complexo viário, edificações convencionais, edificações isoladas convencionais, edificações subnormais, edificações isoladas subnormais, ferrovia, solo expostos/gramíneas/vegetação arbustiva, mangue, mata, mineração, outros usos (orla e áreas de lazer públicas) e restinga.

2. Análise interpretativa e vetorização das classes de vegetação e uso do solo com base em ortofotos de 2010, na escala de 1:1.000, obtidas da Empresa Emplasa, com a utilização do programa AutoCAD Map R.16.

3. Conversão dos dados para o formato shapefile no SIG ArcGis, adotando o Sistema de Coordenadas Planas (UTM) e o DATUM SIRGAS 2000.

4. Elaboração de mapa temático de vegetação e uso do solo urbano, contendo as 14 classes mapeadas.

Quadro 1: Classes de vulnerabilidade socioambiental (VSA)

Classes de VSA	Descrição	Intervalo Classe	Legenda
1	Muito Baixa	1 a 3	
2	Baixa	4 a 6	
3	Média	8 a 10	
4	Alta	12 a 16	
5	Muito Alta	20 a 25	

Classes de Capacidade de Suporte	Classes de Criticidade				
	VSA	1	2	3	4
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Na sequência, visando aferir os resultados obtidos com o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental, introduziu-se nos mapas as localizações das ocorrências de deslizamentos e queda de blocos obtidos com base em levantamento realizado junto à Defesa Civil do município de Santos SP, período de 2011 a 2014, complementados com pares de coordenadas coletados em cinco trabalhos de campo realizado na área de estudo, divulgados em (DIAS, 2014).

Os trabalhos de campo foram realizados com técnicos da Defesa Civil local e serviram para solucionar dúvidas de interpretação da vegetação e do uso do solo urbano, bem como para verificar os locais das principais ocorrências relacionadas aos deslizamentos e queda de blocos. Deve-se salientar que, em

gabinete, a obtenção dos pares de coordenadas das ocorrências registradas pela defesa civil, que originalmente são apresentadas pelo endereço, foram convertidas em coordenadas UTM por meio do programa Google Earth da Google Inc.

De posse dos mapas de vulnerabilidade socioambiental e de vegetação e uso do solo urbano, contendo os locais de ocorrências de deslizamentos e queda de blocos, realizou-se a análise integrada no SIG ArcGis, visando aferir e complementar as análises estatísticas e espaciais realizadas.

7. RESULTADOS

Os resultados alcançados nesse estudo resultam da análise dos componentes de criticidade e de capacidade de suporte e da vulnerabilidade socioambiental área insular do Município de Santos SP. No intuito de subsídios para melhor caracterização e validação da vulnerabilidade socioambiental realizou-se o mapeamento da vegetação e uso do solo urbano associado à distribuição espacial das ocorrências de deslizamentos e queda de blocos (anos 2011 a 2014), e também, trabalhos de campo, os quais são apresentados a seguir.

7.1 Análise de componentes principais (ACP)

Os resultados da Análise de Componentes Principais de Criticidade e de Capacidade de Suporte foram parcialmente divulgados nos eventos científicos (BORTOLETTO *et al.*, 2014; BORTOLETTO *et al.*, 2015; FREITAS *et al.*, 2015).

7.1.1 Criticidade Santos SP

Após a realização da Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis da Criticidade, os valores obtidos para o teste de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) foi de 0,634 e para o teste de esféricidade de Bartlett, 0,005, mostrando-se adequados. Os resultados podem ser observados na Tabela 6.

Do conjunto dessas variáveis identificaram-se três fatores que agrupam as características socioeconômicas relacionadas à idade, educação, renda e densidade populacional.

Os três fatores obtidos na análise ACP explicam 86,5% da variância. O primeiro fator teve variância explicada de 41,9%, no segundo fator teve 25,5%, e o terceiro fator 19,4%, cujas variáveis agrupadas podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 6: Análise da comunalidade de criticidade, Santos SP, 2010

Variáveis de Criticidade	Extração
renda per capita do domicílio	0,980
renda per capita do responsável	0,961
moradores por domicílios	0,904
pessoas com 6 a 14 anos de idade	0,899
pessoas responsáveis alfabetizadas	0,897
pessoas com 60 anos ou mais de idade	0,893
pessoas alfabetizadas com 5 ou + anos idade	0,849
pessoas com até 5 anos de idade	0,847
mulheres responsáveis pelo domicílio	0,799
densidade populacional	0,625

Tabela 7: Síntese das variáveis de maior correlação do fator criticidade, Santos SP, 2010

Fator Sinal	Variáveis de maior correlação
1 (+)	Moradores por domicílio (+0,950)
	Pessoas com 60 anos ou mais (-0,926)
	Pessoas com 6 a 14 anos (+0,923)
	Responsáveis alfabetizados (-0,901)
	Pessoas com até 5 anos (+0,801)
2 (-)	Renda do responsável (+0,957)
	Renda do domicílio (+0,957)
3 (+)	Mulheres responsáveis dpp (+0,892)
	Densidade populacional (+0,756)
	Alfabetizadas 5 ou mais anos (+0,647)

As variáveis que refletem as características socioeconômicas de maior influência dizem respeito ao total de moradores, idade, alfabetização, renda, gênero e densidade populacional.

7.1.2 Capacidade de Suporte Santos SP, 2010

A análise de adequação da amostra para a aplicação do método de ACP escolhido para Santos foi de 0,597 para o teste de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) e para o teste de Bartlett apresentou valor de referência menor que 0,005, e, portanto, adequado.

Das 21 variáveis selecionadas, três delas foram excluídas da análise, que compreenderam

as variáveis VCS3 - dpp do tipo vila, VCS16 - dpp com 10 moradores ou mais e VCS21 - dpp improvisados, por não terem atingido o valor de comunalidade superior a 0,5.

Dos resultados alcançados verifica-se que as variáveis que aportam maior contribuição ao modelo são as relacionadas ao tipo e condição do domicílio, número de moradores/domicílio e entorno (rampa para cadeirante), conforme Tabela 8.

Na análise ACP foram gerados quatro fatores capazes de explicar 81,8% da variância distribuídas respectivamente, 30,3%, 24,5%, 17% e 10%.

Tabela 8: Análise da comunalidade, Santos SP, 2010

Variáveis de Capacidade de Suporte	Extração
dpp do tipo apartamento	0,944
dpp com energia elétrica de companhia distribuidora	0,931
dpp com 1 morador	0,922
dpp tipo casa	0,916
dpp alugados	0,900
dpp cedidos	0,895
dpp com 5 a 9 moradores	0,893
dpp com 2 a 4 moradores	0,880
dpp com lixo coletado	0,864
dpp sem energia elétrica	0,853
dpp com abastecimento de água da rede geral	0,851
dpp com energia elétrica de outras fontes	0,822
Densidade dos dpp	0,799
dpp com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	0,753
Entorno com rampa para cadeirante	0,713
Entorno com iluminação	0,686
Entorno com arborização	0,571
dpp inadequados	0,537

A Tabela 9 apresenta a síntese das variáveis de maior correlação do fator capacidade de suporte, da qual se pode inferir que os dados de número de moradores por domicílio, tipo e condição do domicílio e infraestrutura do domicílio e do entorno foram os que mais influenciaram a análise.

Tabela 9: Síntese das variáveis de maior correlação do fator capacidade de suporte, Santos SP, 2010

Fator (Sinal)	Variáveis de maior correlação
1 (+)	dpp com 1 morador (-0,925) dpp cedidos (-0,891) dpp com Lixo coletado (+0,840) dpp com abastecimento de água da rede geral (+0,831) dpp sem energia elétrica (-0,828) dpp com 2 a 4 moradores (+0,674)
2 (+)	dpp tipo apartamento (+0,953) dpp tipo casa (-0,904) Densidade dos dpp (+0,832) Entorno com rampa para cadeirante (+0,816) dpp com 5 a 9 moradores (-0,641) entorno com arborização (+0,624)
3 (+)	dpp com energia de outras fontes (-0,832) dpp com energia de companhia distribuidora (+0,700) dpp inadequados (-0,623)
4 (-)	dpp alugados (+0,911)

Os resultados desta análise mostram que as variáveis que tiveram influência positiva estão relacionadas aos domicílios: com lixo coletado, com abastecimento de água da rede geral, com 2 a 4 moradores, tipo apartamento, densidade dos domicílios, moradia com energia e domicílios alugados. Também contribuíram positivamente características de infraestrutura como os bairros providos com rampas para cadeirantes e com arborização.

Verifica-se, assim, que os fatores de maior correlação se referem à infraestrutura do domicílio, infraestrutura do bairro, ao número de moradores e à condição de ocupação no domicílio.

7.1.3 Vulnerabilidade Socioambiental da área insular de Santos SP

Como produto final da análise estatística baseada na análise ACP e sua representação em SIG, apresenta-se o mapa de vulnerabilidade socioambiental da área insular de Santos SP, com os locais de ocorrências de deslizamentos e queda de blocos na Figura 2.

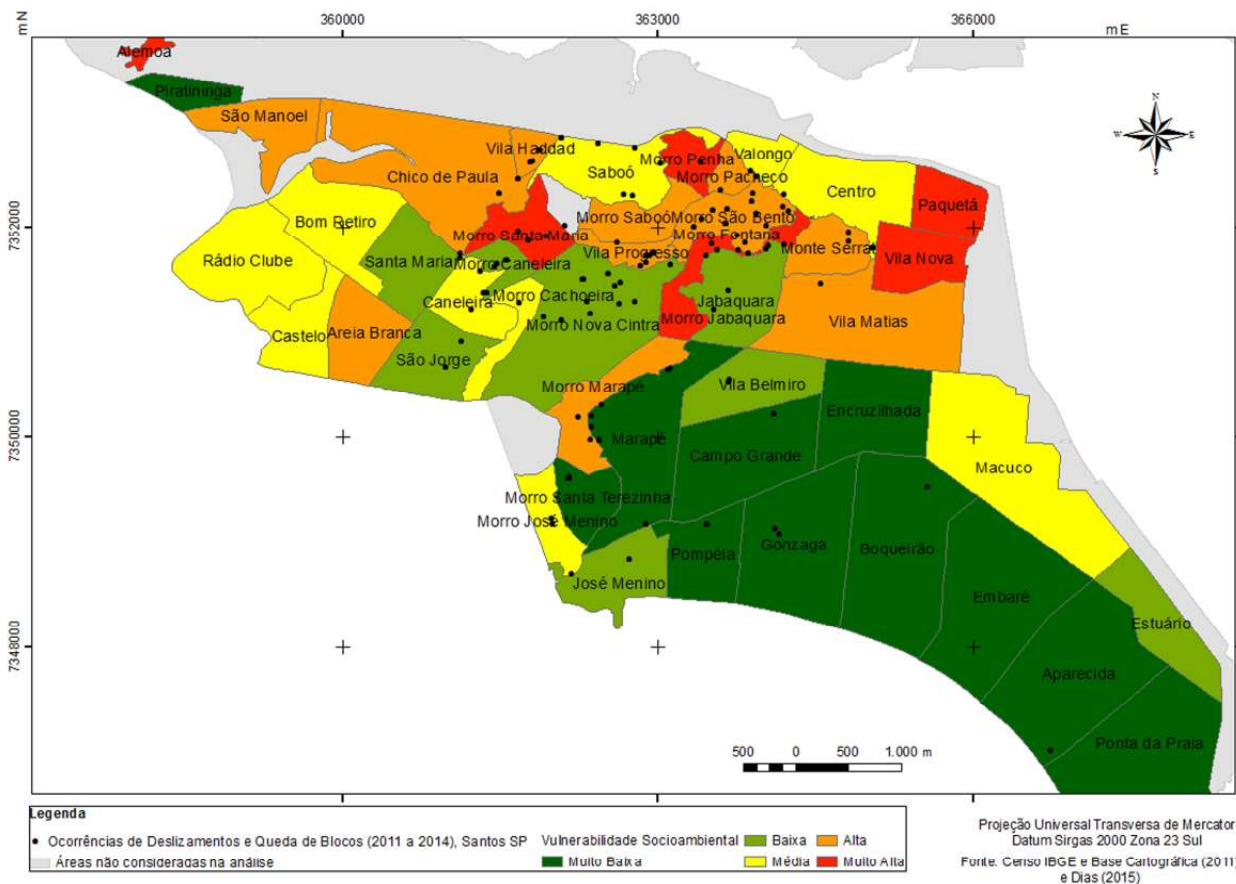


Fig. 2 - Vulnerabilidade socioambiental (2010) e ocorrências de deslizamentos e queda de blocos (2011 a 2014) da área insular de Santos SP. Fonte: IBGE (2011) e Dias (2014).

Analisando-se o mapa de vulnerabilidade da área insular de Santos SP, que engloba um total de 47 bairros e ocupa uma área de 32,7 km², observa-se que 19 bairros estão inseridos nas classes 1 e 2 (muito baixa e baixa vulnerabilidade), representando 54% da área total. Na classe 3 (média vulnerabilidade) estão representados 10 bairros com 21% da área total. E nas classes 4 e 5 (alta a muito alta vulnerabilidade) 7 bairros que representam 25% da área Insular do município de Santos SP.

No que se refere às ocorrências de deslizamentos e queda de blocos, registradas pela Defesa Civil no período de 2011 a 2014, de acordo com Dias (2014), foram um total de 161 ocorrências, sendo 123 deslizamentos e 38 quedas de blocos. O ano de 2011 foi o que concentrou o maior número de ocorrências, com 104 eventos.

Fazendo-se uma análise da distribuição espacial das ocorrências e da classificação da Vulnerabilidade Socioambiental por bairro nota-

se que ocorre uma maior concentração de eventos em áreas com alta e muito alta vulnerabilidade, no alto e entorno do centro da área insular. Esta área é caracterizada por morros com alta declividade e densamente ocupados, em muitos casos por habitações subnormais, como é o caso do Morro São Bento, Morro Santa Maria, Morro Penha, Morro Jabaquara, Vila Haddad e Vila Progresso. No entanto, áreas com média, baixa e muito baixa vulnerabilidade, no entorno dos morros, também foram alvos de ocorrências de deslizamentos, como se pode observar nos bairros Saboó, Morro Nova Cintra, Caneleira, Marapé e Jabaquara, dentre outros. Além disso, apareceram nos anos em estudo, ocorrências pontuais em áreas planas, classificadas como de baixa e muito baixa vulnerabilidade socioambiental como em Gonzaga, Pompéia, Morro Santa Terezinha e José Menino, para destacar alguns casos.

Visando complementar a análise, na busca de subsídios para melhor caracterização

e validação da vulnerabilidade socioambiental, além dos trabalhos de campo realizou-se o mapeamento da vegetação e do uso da terra

da área insular de Santos SP, conforme ilustra a Figura 3, na qual se inclui a localização das ocorrências de deslizamentos e quedas de blocos.

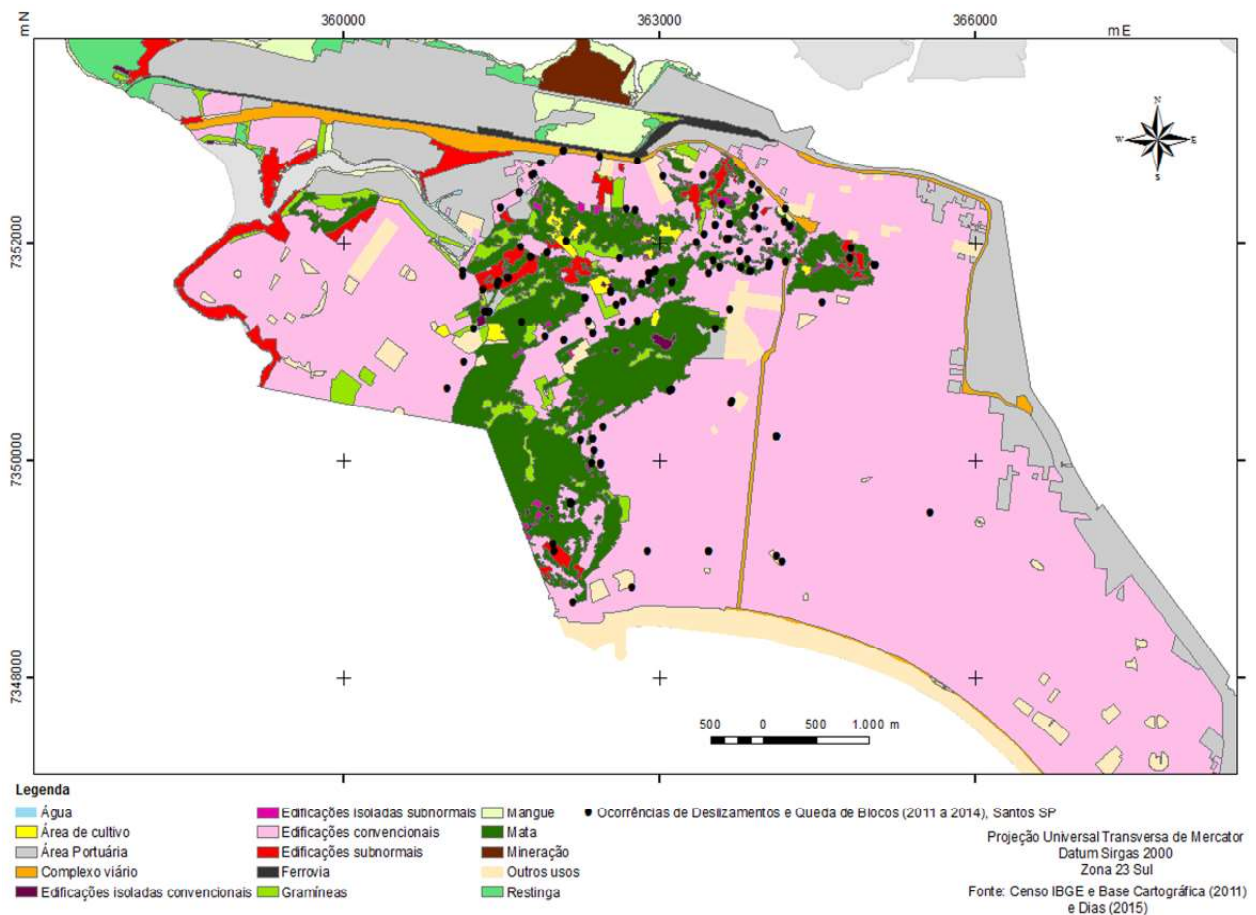


Fig. 3 – Vegetação e Uso do solo urbano e ocorrências de deslizamentos e queda de blocos (2011 a 2014) da área insular de Santos SP Fonte: Emplasa (2010); Prefeitura Municipal de Santos (2013) e Dias (2014)

A observação do mapa da Figura 3 indica que na área insular há predominância de edificações convencionais (56%), seguida de vegetação referente a 10% de resíduos de mata atlântica (mata), 2% de gramíneas e 1% de restinga. As ocorrências de deslizamentos e quedas de blocos concentram-se, predominantemente, no contato entre as áreas de mata e ocupação urbana subnormal ou convencional, concentradas nas maiores altitudes e declividades, em que os trabalhos de campo revelaram sérios problemas de desmatamento e ocupação em áreas inapropriadas para o assentamento urbano. Observa-se que uma faixa significativa do setor norte e leste

correspondem à infraestrutura portuária (15%), sendo que esta área, bem como os bairros Morro Chico de Paulo e Embaré, não foram considerados na análise de vulnerabilidade devido à ausência de dados censitários de domicílios. Na análise da figura deve-se atentar para as áreas de edificações subnormais e edificações subnormais isoladas, que ocupam faixa expressiva de área de mangue no setor noroeste da área insular e as encostas e altos dos morros.

As figuras 4 a 7 ilustram registros de trabalho de campo do ano de 2015, visitados pela equipe do projeto juntamente com a Defesa Civil de Santos.



Fig. 4 - Edificação subnormal isolada em topo de morro. Freitas (2015).



Fig. 5 - Edificações subnormais em área de encosta. Freitas (2015).



Fig. 6 - Edificações convencionais de edificação em área de encosta. Freitas (2015).

Dentre os aspectos observados no trabalho de campo merece destaque o contraste a precariedade das edificações subnormais isoladas, como a que ilustra a Figura 4, bem como o risco de deslizamentos e quedas de blocos

em período chuvoso a que estão expostas tanto edificações subnormais, como o exemplificado na Figura 5, quanto edificações convencionais (Figura 6), ocupando áreas de alta declividade em áreas de encostas. Além disso, deve-se destacar a proximidade de grandes blocos e matações, com as vias de acesso, colocando em risco o deslocamento dos habitantes e as edificações de encosta e das bases dos morros.



Fig. 7 – Equipe do projeto e Defesa Civil em área de risco de queda de blocos. Freitas (2015).

7.1.5 Análise integrada da vulnerabilidade socioambiental com a vegetação e o uso do solo urbano e as ocorrências de deslizamentos e quedas de blocos.

Ao observar os mapas de vulnerabilidade socioambiental e uso do solo da Área Insular de Santos SP verifica-se que os bairros de alta e muito alta vulnerabilidade apresentam predominância de edificações convencionais, mata e edificações subnormais, principalmente autoconstruções sem padronização. Existe alta incidência de edificações subnormais em áreas vizinhas às matas residuais, que são encontradas na área central do meio urbano de Santos SP, geralmente com áreas de declive acentuado e ocorrências de deslizamentos e quedas de blocos, conforme se observa pelos registros da defesa civil e trabalho de campo. Observa-se também a presença de áreas de classificadas como média vulnerabilidade (orla dos bairros Radio Clube e Castelo) a noroeste da área de estudo, em setor ocupado por edificações subnormais na área portuária, localizadas em áreas de

restinga e de mangue. Este é um exemplo de que o uso de dados censitários permite uma visão global de tendências de vulnerabilidade, mas não se excluem erros que podem ser decorrentes da presença de população flutuante e, eventualmente, não recenseada, que ocupa áreas com habitações improvisadas, em bairros nos quais predominam as edificações convencionais, que acabam por levar os índices para patamares superiores aos reais. Nesse sentido o trabalho de campo é fundamental, pois ilustra a realidade que os dados numéricos por vezes amenizam. Outro setor que merece destaque devido à alta vulnerabilidade socioambiental encontra-se a leste do Porto de Santos (bairros Paquetá e Vila Nova), com predomínio de edificações convencionais com deficiência na infraestrutura territorial. Os setores centro-sul e sudeste da área de estudo apresentam vulnerabilidade socioambiental baixa ou muito baixa, compostos de bairros onde predomina a presença de edificações convencionais e corresponde a área mais adensada e verticalizada da cidade de Santos SP, com forte presença do setor terciário e concentração de atividades voltadas para os turistas.

O que se pode observar da análise do mapa da vulnerabilidade socioambiental integrado com o uso do solo é um predomínio de coerência entre as classes de vulnerabilidade com o uso do solo urbano, indicando consistências da aplicação da análise estatística. Deve-se salientar que, os resultados necessitam ser complementados com análises a serem aprofundadas, em etapa futura, com os dados altimétricos, hipsométricos e de declividade da área de estudo, assim como outros mapas temáticos abordando aspectos geográficos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo apresentou os resultados de estudo de vulnerabilidade socioambiental e sua integração com mapeamento de vegetação e uso do solo da Área Insular de Santos SP, bem como das ocorrências de deslizamentos e quedas de blocos.

Os resultados alcançados com a aplicação da metodologia estatística de ACP mostraram que as variáveis de maior influência, em termos de Criticidade, dizem respeito ao envelhecimento da população, à escolaridade dos habitantes,

à renda e ao predomínio de mulheres como responsáveis pelos domicílios.

Quanto à Capacidade de Suporte, as variáveis que apresentaram maior influência foram relativas à infraestrutura domiciliar e dos bairros e ao predomínio de domicílios com poucos moradores (1 a 4), habitando, principalmente, domicílios do tipo apartamento.

Verificou-se que a análise integrada dos mapas de vulnerabilidade, vegetação, uso do solo urbano, ocorrências de deslizamentos e quedas de blocos, mostrou a predominante coincidência entre as altas vulnerabilidades com as ocorrências em áreas de contato entre vegetação do tipo mata e edificações subnormais e convencionais assentadas em áreas de alta declividade ou no alto de morros. Tais aspectos reforçam a adequação do procedimento apoiado em análise estatística para orientar ações que priorizem as regiões de alta e muito alta vulnerabilidade por parte da administração pública. Deve-se salientar, no entanto, que os trabalhos de campo em parceria com a Defesa Civil e a consulta ao seu banco de dados de ocorrências local foram fundamentais para a complementação e refinamento dos mapeamentos temáticos. Esse procedimento metodológico permitiu verificar a consistência dos resultados, destacando o seu potencial para áreas urbanas complexas, como é o caso da cidade de Santos SP.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, à Prefeitura de Santos, em especial, à equipe do SIG Santos e à Defesa Civil pelo apoio à coleta e dados e realização dos trabalhos de campo. Registram também os agradecimentos ao CEAPLA/UNESP pela disponibilização dos laboratórios de informática que permitiram o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidade socioambiental de rios urbanos. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010. p.330.

BEIER, C.; DOWING, T. E. Que és la

- vulnerabilidad? Geografía y ayuda humanitaria. Bilbao: Universidad de Deusto. Instituto de Derechos Humanos. **Textos básicos**, v.3, 1998. p.85. Disponível em: <http://www.deustopublicaciones.es/ud/openaccess/humanitaria/pdfs_humanitaria/humanitaria03>. Acesso: 10 out. 2012.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012**. Brasília: CENAD, 2013. p. 84.
- _____. **Protocolo Nacional conjunto para Proteção Integral a Crianças e Adolescentes, Pessoas Idosas e Pessoas com Deficiência em Situação de riscos e Desastres**. 2013. p. 18. Disponível em: <<http://www.portaisgoverno.pe.gov.br>>. Acesso: 15 abril 2014.
- BORTOLETTO, K. C. **Estudo das vulnerabilidades sociais e ambientais em áreas de riscos de desastres naturais no município de Caraguatatuba SP**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Programa de Pós-Graduação em Geografia. UNESP/Rio Claro. 2016. p.217.
- BORTOLETTO, K. C.; FREITAS, M. I. C. Análise fatorial na seleção de indicadores para análise de vulnerabilidade socioambiental: estudo de caso para dois municípios do litoral paulista. In: Maria Isabel Castreghini de Freitas; Magda Adelaide Lombardo; Andréa Aparecida Zacharias. (Org.). **Anais: Encontro Internacional de Vulnerabilidades e Riscos Socioambientais**. 1 Ed. Rio Claro: UNESP/IGCE, 2015, v. 1, p. 483-494.
- BORTOLETTO, K. C.; FREITAS, M. I. C.; ROSSETTI, L. A. F. G.; OLIVEIRA, R. B. N.; LEITE, A. Indicadores Socioeconômicos e ambientais para a análise da Vulnerabilidade Socioambiental do município de Santos SP. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Expositiva, 2014, Gramado RS. **Anais**. 2014. p. 1-16. Disponível em: <https://www.cnpq.br/cvlatte/web/pkg_impvcv.trata>. Acesso em: abril 2015.
- BURTON, I.; KATES, R. W.; WHITE, G. F. **The environment as hazard**. New York: Oxford University, 1978. p. 240.
- CARMO, R. L.; MARQUES, C.; AMARANTE, Z. I. M. **Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo**. Campinas: Núcleo de Estudos de População / Unicamp, 2012. p. 110. Disponível em: <http://www.nepo.unicamp.br/publicacoes/textos_nepo/textos_nepo_63.pdf>. Acesso em: jun. 2015.
- CUNHA, L.; MENDES, J; M.; TAVARES, A.; FREIRIA, S. 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. 627-637.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Portugal, v. 93, p. 59-69, 2011.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.
- CRUZ, O. Contribuição Geomorfológica ao Estudo de Escarpas da Serra do Mar. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 8-10, 11(1), p. 9-20, jan./jun. 1990. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0100-929X1990000100002&script=sci_arttext>. Acesso em: jun. 2013.
- DIAS, V. F. **Mapeamento de ocorrências de eventos perigosos no município de Santos SP: integração com dados de vulnerabilidade socioambiental**. 2014. p. 71. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/136539>>. Acesso em: nov. 2017.
- EMPLASA. **Indicadores da Baixada Santista SP**. Disponível em: <www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/indicador/baixada.asp>. Acesso em: jun. 2015.
- EMPLASA. Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo (Projeto Mapeia São Paulo). 2010.
- EM-DAT. The International Disaster Database. Center for Research on the Epidemiology of

- Disasters. Université Catholique de Louvain. Brussels, Belgium. Disponível em: <<http://www.emdat.be/database>>. Acesso em: jan. 2015.
- FIELD, A. **Descobrendo a estatística usando o SPSS**. 2 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 687.
- FREITAS, M.I.C.. **Relatório Final do Projeto CNPq Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental do Estado de São Paulo - Brasil: Uma contribuição metodológica**. 2015. (Relatório de pesquisa). p 84.
- FREITAS, M. I. C.; ROSSETTI, L. A. F. G.; OLIVEIRA, R. B. N. Risk mapping in urban areas: methodological essay for sample area of Santos, São Paulo – Brazil. **Brazilian Journal of Cartography**, n. 67/5, p. 953-962, aug. 2015. Special Issue 27th ICC.
- FREITAS, M. I C.; CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 1, p. 15-31, jan/jun.2013.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. SEADE. **Seade lança informações inéditas sobre PIB das regiões paulistas**, São Paulo SP: SEADE Imprensa, 2016. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/seade-lanca-informacoes-ineditas-sobre-pib-das-regioes-paulistas/>> Acesso em: nov. 2017.
- FURTADO, J.; OLIVEIRA, M.; DANTAS, M. C.; SOUZA, P. P.; PANCERI, R. **Capacitação básica em Defesa Civil**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres. 5. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2014. p. 157.
- GAMBA, C.; RIBEIRO, W.C. Indicador e avaliação da vulnerabilidade socioambiental no município de São Paulo. **GEOUSP. Espaço e tempo**, SP, n. 31, p. 19-31. 2012. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74266>.
- GUTJAHR, M. R.; RABELLO, J. F. D.; GOMES, M. L. F.; JESUS, M. H. S. **Estudos históricos de eventos climáticos extremos na Baixada Santista SP Brasil**. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. Portugal. 2010. p. 1- 11.
- IBGE. Cidades@. **Histórico do município de Santos SP**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=354850>>. Acesso em: jun. 2015.
- _____. **Censo demográfico 2010**. 2011. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/SP_Exceto_a_Capital_20150527.zip>. Acesso em: set. 2013.
- _____. **Malhas digitais de setores censitários 2000 e 2010**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: set. 2013.
- JANNUZZI, P. M. **Indicadores Sociais no Brasil**. Campinas, SP. Ed. Alínea. 2001. p. 141.
- JACOBI, P. Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. **Revista de Ciências Sociais - Política & Trabalho**, n. 25, p. 115-134, 2006.
- MENDES, J. M.; TAVARES, A; CUNHA, L.; FREIRIA, S. Vulnerabilidade social aos riscos naturais e tecnológicos em Portugal. In: C. GUEDES SOARES, C; TEIXEIRA, J. A. P.; ANTÃO, P. (Org.). **Riscos Industriais e Emergentes**. Lisboa: Edições Salamandra, p. 67-84, 2009. Disponível em: <http://www.academia.edu/875342/Vulnerabilidade_Social_aos_Riscos_Naturais_e_Tecnologicos_em_Portugal>. Acesso em: 4 set. 2012.
- ONU. **Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres**. 2005. p. 6. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/Marco/MarcodeHyogoPortugues20052015.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2012.
- PREFEITURA DE SANTOS. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento e Expansão Urbana do Município de Santos**. Lei Complementar N° 731, de 11 de julho de

2011. Santos, SP, out. 2013. p. 86.

ROSS, J. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2006. p. 208.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 6. 1992. p. 17- 29.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C. J. Mapeamento da vulnerabilidade para análise de riscos associados a processos geodinâmicos. In: FREITAS, M. I. C.; LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. (org.) **Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território**. Rio Claro SP: Imprensa da Universidade Estadual Paulista, UNESP – IGCE - CEAPLA, 2015, p. 77-94.

TWIGG, J. **Características de uma comunidade resiliente aos desastres**. Tradução: Sarah Marcela Chinchilla Cartagena. 2 ed. Londres. Latitude. 2009. p.84.

UNESP. **Elaboração de Plano de Redução de Riscos da Estância Balneária de Caraguatatuba (SP)**. Relatório Técnico. Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão – FUNEP. UNESP. Rio Claro, vol. 1. 2006. p. 108.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Promoção da cultura de riscos de desastres: relatório final**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012. p. 121. Disponível em:< http://www.cepud.ufsc.br/wp-content/uploads/2010/01/PR-2010.047-RELATORIO-FINAL-_PDF.pdf>. Acesso em: 02 out. 2012.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza CE. **Sociedade & Natureza**, vol. 25, n. 2, p.317-331. 2013.