



Revista Brasileira de Cartografia (2013) N<sup>o</sup> 65/3: 555-570  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA MACRORREGIÃO DA COSTA VERDE**

*Methodology for environmental and social vulnerability analysis: case study in  
Costa Verde Macro Region*

**Viviane da Silva de Alcântara; Julia Celia Mercedes Strauch; Cesar Ajara**

**Escola Nacional de ciências Estatísticas – ENCE/IBGE**

**Programa de pós-graduação Stricto Sensu em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais**

Rua André Cavalcanti, 106, sala 503 B

vialcantara@gmail.com, {julia.strauch, cesar.ajara}@ibge.gov.br

*Recebido em 02 de outubro, 2012/ Aceito em 23 de janeiro, 2013*

*Received on october 02, 2012/ Accepted on january 23, 2013*

### **RESUMO**

O presente trabalho apresenta uma metodologia para a construção do índice sintético de vulnerabilidade geral (IVG) que proporciona uma visão integrada das dimensões socioeconômica e ambiental, incluindo nesta última o risco de deslizamento de massas e enchentes em áreas urbanas. A metodologia proposta emprega técnicas da análise multivariada para identificar áreas socialmente vulneráveis e operações de análises espaciais aos dados físicos (altimetria, hidrografia e uso e ocupação da terra) para identificar espaços ambientalmente vulneráveis. A espacialização destes índices e a sua sobreposição estabelece uma classificação de grupos populacionais e de espaços urbanos, de acordo com sua capacidade (ou incapacidade) de resposta perante algum evento ambiental adverso, determinando a fragilidade desses grupos.

**Palavras chaves:** Vulnerabilidade social, Vulnerabilidade ambiental, análise multivariada, análise espacial.

### **ABSTRACT**

This paper presents a methodology to create a vulnerability synthetic index that provides an integrated view of socioeconomic and environmental dimensions, including in the latter the sliding mass risk and flooding in urban areas. The proposed methodology employs multivariate analysis techniques to identify socially vulnerable areas and spatial analysis operations to physical data (altimetry, hydrograph and land occupation and use) to identify environmentally vulnerable areas. The spatial distribution of these indices and their overlap provides a classification of population groups and urban spaces, according to their ability (or inability) to respond before any adverse environmental event, determining the fragility of these groups.

**Keywords:** Social vulnerability, environmental vulnerability, multivariate analysis, spatial analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, mais de 84% da população brasileira vive nas cidades (IBGE, 2011) e estas concentram quase 90% do PIB nacional (IBGE, 2009). Entretanto a ocupação do espaço urbano no Brasil provocou e provoca inúmeros problemas naturais, tais como: perda da biodiversidade, degradação da cobertura vegetal, intensificação dos processos erosivos, perda de terras produtivas, contaminação de solo e água e etc.

No período entre 2000 e 2010, dos 60 casos de desastres naturais ocorridos no Brasil, 62% foram de inundação, 10% de estiagem (seca), 8% de movimento de massa e 8% de tempestade e os demais casos não ultrapassaram a 12%, conforme pode ser observado no Fig. 1 (EM DAT, 2011).

Estima-se que as perdas associadas neste período sejam mais de 5 bilhões de dólares. Para ilustrar, a Tabela 1 apresenta, por tipos de desastre naturais, os registros de óbitos, pessoas afetadas e perdas econômicas no período de 2000-2010 quando foram contabilizados 1.731 óbitos e mais de 7,5 milhões de pessoas afetadas de alguma maneira por esses desastres (EM DAT, 2011).

No estado do Rio de Janeiro, segundo a base de dados da Defesa Civil, no período de 2000 a 2010, os municípios de Angra dos Reis, Itaguaí, Mangaratiba e Paraty sofreram seis casos de desastre naturais: cinco relacionados à inundação e enchentes e um relacionado a deslizamento de terras (EM DAT, 2011). Em todos esses eventos foi decretado estado de emergência ou de calamidade pública. Ao decretar estado de emergência ou de calamidade pública, observa-se que o governo local se encontra despreparado para agir. Isso promove, na sociedade, um sentimento de insegurança frente a um evento adverso.

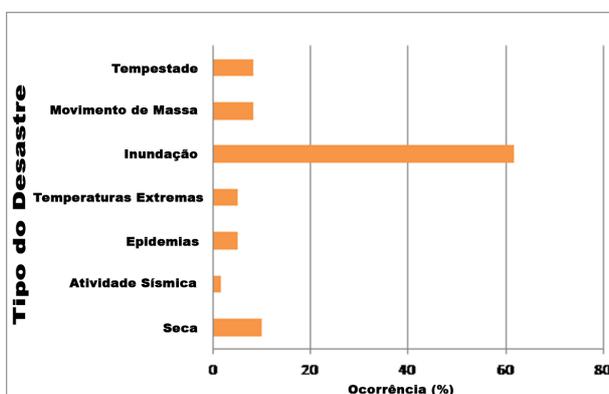


Fig. 1 - Desastres naturais no Brasil (2000-2010).  
Fonte: EM DAT (2011)

Tabela 1 - Brasil: Tipos de desastres naturais por óbitos, pessoas afetadas e perdas econômicas (2000 - 2010).

Tipo de desastre	Mortes provocadas	Pessoas afetadas	Perdas estimadas
			(x 1.000\$)
Seca	0	2.062.000	\$1.650.000
Atividade sísmica	1	286	\$0
Epidemias	203	606.570	\$0
Temperaturas extremas	39	0	\$0
Inundação	1.300	4.580.393	\$3.033.370
Movimento de massa	162	149.670	\$86.000
Tempestade	26	157.768	\$350.00
<b>Total</b>	<b>1.731</b>	<b>7.566.687</b>	<b>\$5.119.370</b>

Para identificar às áreas urbanas sujeitas a vulnerabilidade é necessário distinguir e analisar as relações entre os elementos que atuam na natureza e aqueles que atuam na sociedade. Tal conhecimento é complexo e multidimensional, uma vez que varia com as escalas espacial e temporal (NASCIMENTO, 2011).

Neste contexto o presente trabalho apresenta uma metodologia para identificar as áreas e grupos populacionais vulneráveis aos desastres naturais em áreas urbanas e faz um estudo da sua viabilidade aplicando-a na Macrorregião da Costa Verde, localizada no sudoeste do Estado do Rio de Janeiro. A escolha dessa região se deve aos crescentes investimentos na dinamização da sua economia e no crescimento da população urbana observado nas últimas décadas.

Para melhor compreensão deste trabalho, na **seção 2** é realizada uma caracterização da área de estudo quanto aos aspectos físicos e demográficos; na **seção 3** é descrito o conceito de vulnerabilidade social e ambiental empregado para construir o sistema de indicadores de vulnerabilidade socioambiental; na **seção 4** é apresentada a metodologia proposta para construir o índice de vulnerabilidade socioambiental geral para a Macrorregião da Costa Verde; na **seção 5** são descritos os resultados e, finalmente, na **seção 6** são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A macrorregião da Costa Verde compreende os municípios de Itaguaí, Angra dos Reis, Mangaratiba e Paraty (Fig. 2). Sua área é de

2.379,091 km<sup>2</sup> e compreende uma população residente de 352.591 pessoas.

## 2.1. Aspectos físicos

A macrorregião da Costa Verde apresenta uma topografia bem acidentada, que compreende uma parte da Serra do Mar, suas cotas variam entre 2.000 m até o nível da zona do mar. A geologia desta região é composta de migmatitos, gnaisses bandados, gnaisses granitoides e granitos (DRM-RJ, 1996). Ao longo do litoral, apresenta ambientes de depósitos de sedimentos fluviais e fluviomarinhas (BRASIL, 1983).

O clima predominante na área de estudo é genericamente classificado como clima tropical quente e úmido, sem estação seca, segundo critério de Köppen. A temperatura média anual é de 24°C, as máximas variam entre 27°C e 30°C; e as mínimas, entre 18°C e 21°C. A precipitação anual ultrapassa os 2.000 mm, concentrada no período chuvoso entre novembro a março. As séries históricas de dados de precipitação média total, no período de 2000 a 2010, coletada nas estações pluviométricas revelam que há maior concentração de chuvas nos meses de novembro a janeiro, enquanto os meses menos chuvosos são Junho e Agosto (ANA, 2010).

A região é caracterizada pelo domínio de planícies costeiras flúvio-marinhas, colinas e de maciços costeiros. Essas duas unidades geomorfológicas são afetadas pela tectônica regional, oscilações climáticas e eustáticas (BRASIL, 1983). Nos maciço costeiro se encontram as escarpas e reversos da Serra do Mar, que apresenta o seu quadro morfológico relacionado aos efeitos de um tectonismo regional e de sucessivas fases erosionais. Sua topografia reflete condicionamentos geológicos predominantes, e em toda sua extensão encontram-se vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de crista Este – Sul (ES) e de cumeadas paralelas, relevos com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes (DRM-RJ, 1996). Ali se desenvolveu a vegetação ombrófila densa, hoje, quase totalmente devastada pela ação antrópica.

A Costa Verde possui unidades de conservação federais e estaduais. Entre as unidades federais se encontram APA de Cairuçu (de uso sustentável), Estação Ecológica dos Tamoios (proteção integral) e o Parque Nacional da Serra da Bocaina (proteção integral). Entre as unidades

estaduais, em Angra dos Reis estão localizados o Parque Estadual da Ilha Grande (proteção integral), a Área de Proteção Ambiental de Tamoios (uso sustentável), Parque Estadual Marinho do Aventureiro (proteção integral), a Reserva Biológica Estadual da Praia Sul (proteção integral) e o Parque Estadual Cunhambebé (proteção integral). Em Mangaratiba se encontra a Área de Proteção Ambiental de Mangaratiba (de uso sustentável) e em Paraty a Reserva Ecológica da Juatinga (proteção integral). Nesta região estão instalados ainda os portos de Sepetiba (em Itaguaí) e o de Angra dos Reis. As principais rodovias que integram a região são a BR-101, RJ-155, RJ-149 e RJ-125 (Fig. 2).

## 2.2. Aspectos Demográficos

Observando-se a população da macrorregião da Costa Verde, verifica-se que dos 169.511 habitantes de Angra dos Reis, 96% vivem em áreas urbanas. Este mesmo percentual de distribuição da população urbana também ocorre em Itaguaí (109.091 habitantes). Mangaratiba apresenta 88% da população urbana (36.456 habitantes) e Paraty 74% de sua população (37.533 habitantes). Dos 352.591 habitantes que compreende a Costa Verde, 176.001 são homens e 176.590 são mulheres (IBGE, 2011).

Nesta Macrorregião há 161.137 domicílios, sendo que 69% são domicílios particulares em situação de ocupados. Em relação aos domicílios não ocupados, 34% são de uso ocasional, em sua maioria utilizada como segunda residência, sendo que apenas 31% estão vagos (IBGE, 2011). O alto número de domicílios vagos pode ser explicado pela forte atividade turística da região. A densidade

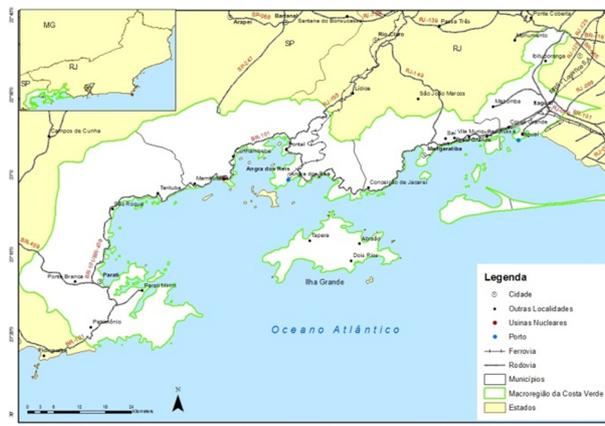


Fig. 2 - Macrorregião da Costa Verde.

demográfica da região está na mesma faixa que a grande maioria dos municípios do Estado, 0 a 500 hab./km<sup>2</sup>.

Em termos percentuais, a macrorregião apresenta 2% da população total do Estado (15.989.929 habitantes). A Costa Verde apresenta, aproximadamente, 70% de sua população na faixa etária de 15 a 64 anos, evidenciando que a Macrorregião está passando por sua janela de oportunidades, com altos percentuais de sua população em idade ativa.

Em relação ao perfil das famílias, seu tamanho médio é de 3,0 pessoas, com o número médio de filhos por família de 1,0. Nos domicílios, 62% são responsáveis do sexo masculino e a idade mediana do responsável (ambos os sexos) é de 43 anos.

Na Costa Verde, os principais investimentos em infraestrutura e indústrias de base estão concentrados em Angra dos Reis e Itaguaí. No primeiro, foi construído o estaleiro Verolme, em 1950, e, na década de 70, o Terminal Petrolífero da Ilha Grande (TEBIG) e a Usina Nuclear Angra I. Em Itaguaí, foi construída a Nuclebrás Equipamentos Pesados (NUCLEP), indústria de base que se destina a produzir produtos de alta tecnologia, voltados, principalmente, para energia nuclear. Também ali, encontra-se o Porto de Itaguaí (antigo Porto de Sepetiba), construído em 1982 e é considerado importante para o escoamento de produtos produzidos no interior do Estado do Rio de Janeiro.

O principal setor da economia de toda a região é o terciário. Isso pode ser evidência da forte atividade turística que movimenta a economia. Outro setor forte economicamente na região é o secundário, este não caracterizado pela mão de obra intensiva, mas pelo valor agregado do produto.

Observando a variação percentual do produto interno bruto (PIB) entre os anos 2008 e 2009 (Tabela 2), observa-se que o setor agropecuário perde espaço na riqueza do município, ficando menor que 10%, o secundário aumenta em 20% e o terciário aumenta explosivamente, chegando à marca 110%.

O setor de comércio e serviços e o de construção são os que mais empregam 15% e 13%, respectivamente. As indústrias de transformação, os serviços domésticos, administração pública e de seguridade social, e, os serviços de alimentação também apresentam elevados percentuais de

Tabela 2: PIB a preços de mercado corrente na macrorregião da Costa Verde – 2008 E 2009

Setores	Reais		Variação do % do PIB
	2008	2009	
Valor adicionado na Agricultura	54.632	59.704	-9,28%
Valor adicionado na Indústria	1.613.831	1.941.792	20,32%
Valor adicionado no Serviço	4.778.922	5.264.226	110,16%
PIB a preço de Mercado corrente	8.671.959	8.927.658	2,95%

empregabilidade, 10%, 9%, 7% e 6%, respectivamente.

A maioria da população, de 10 anos ou mais, residente na Costa Verde, é considerada sem instrução ou possuem o fundamental incompleto. Isto representa 49% da população. A minoria da população, de 10 anos ou mais, possui o superior completo, sendo 5% (IBGE, 2011).

### 3. VULNERABILIDADE

A *United Nations Development Program* (UNDP, 2004) define vulnerabilidade como “*A human condition or process resulting from physical, social, economic and environmental factors, which determine the likelihood and scale of damage from the impact of a given hazard*”. A UN/ISDR (2009) considera a vulnerabilidade como o somatório dos ativos de uma comunidade suscetíveis aos efeitos prejudiciais de um perigo.

Ambas as definições asseguram que a vulnerabilidade é algo não natural, que engloba fatores de ordem econômica, social, cultural, institucional, ambiental e, até mesmo psicológica, de apropriação do espaço pelo ser humano e os efeitos negativos de um perigo.

A vulnerabilidade é cumulativa, uma vez que os desastres podem adicionar outros tipos de vulnerabilidade através de outras condições de riscos. Logo, é preciso especificar o nível de análise, se é individual, grupo ou sociedade. Ela é multidimensional, isto é, varia temporalmente, espacialmente e entre grupos de indivíduos, e, apresenta uma dinâmica, uma vez que as características e as

forças que conduzem a vulnerabilidade mudam com o tempo (NATHAN, 2007 *apud* UN/EHS, 2005; NASCIMENTO, 2011).

Na sua análise, a vulnerabilidade considera duas características: exposição e incapacidade. Na exposição são considerados os elementos que estão na área de risco, isto é, suscetível a algum dano, tais como, população, redes sociais, bens e serviços. Também considera aqueles oriundos da interface ser humano/natureza que são agravados pelos perigos naturais, tais como, desflorestamento, degradação do solo, mudança climática, etc.

Bogardi e Brauch (2005) classifica em incapacidade tudo aquilo que não permite o indivíduo, grupo ou comunidade de lidar com o perigo natural. Esses não ocorrem de forma isolada, mas sim coletiva, frente a uma exposição. Distinguem-se em:

- Fraqueza física: é a incapacidade de se recuperar do impacto de um perigo natural;
- Vulnerabilidade legal: é a incapacidade do legislativo ou judiciário em mitigar, se preparar ou se recuperar do desastre;
- Vulnerabilidade organizacional: é a incapacidade das instituições organizacionais em lidar com o desastre;
- Vulnerabilidade política: é a incapacidade do poder político, sua legitimidade e controle; manifesta a inadequação das políticas públicas implantadas para lidar com o desastre;
- Vulnerabilidade socioeconômica: é a incapacidade da aquisição igualitária e democrática aos bens e serviços básicos à população;
- Vulnerabilidade cultural ou psicológica: é a incapacidade em formar percepções adequadas de risco, conhecido como paradigma de segurança inadequada.

Percebe-se que o risco e vulnerabilidade são conceitos complementares, todavia, a diferença está basicamente nas suas competências de avaliação. O risco tem como foco apenas os perigos que são introduzidos na sociedade, logo sua análise é imediata. Já a vulnerabilidade engloba escalas de tempo mais longas. Tem como foco múltiplas dimensões (econômico, social, cultural, institucional, etc.) e inclui, em sua análise, múltiplas tensões e a capacidade do indivíduo, domicílio ou comunidade em lidar com essas tensões.

### 3.1. Marcos Conceituais

Distintas conceituações de vulnerabilidade refletem em diferentes formas de sistematizações. Ao estudar estas conceituações é possível definir uma que norteie esta pesquisa possibilitando selecionar aspectos importantes para o estudo da vulnerabilidade e elaborar um sistema de indicadores relevantes que mensurem corretamente o fenômeno. O Quadro 1 apresenta um resumo das diferentes concepções de vulnerabilidade.

O presente trabalho entende vulnerabilidade numa perspectiva integradora. Nesta abordagem analisa as dimensões socioeconômica e ambiental identificando os grupos populacionais e áreas mais suscetíveis a um dano ou incapacidade de adaptação frente a uma exposição, risco socioambiental.

### 3.2. Vulnerabilidade Social

As desvantagens sociais afetam negativamente o desempenho das comunidades, lugares e pessoas. As condições de vida precária, a insatisfação das necessidades básicas afeta no ordenamento social e territorial da população (VIGNOLI, 2000; BIRKMANN, 2006).

A UNU/EHS (2005) afirma que vulnerabilidade social é utilizada para distinguir os fatores sociais dos fatores de ordem física, econômica e política. Vignoli (2001) afirma que a vulnerabilidade social corresponde a um conjunto de características demográficas dos domicílios, que numa sociedade moderna, ocasiona a limitação da acumulação de

Quadro 1: Principais definições de vulnerabilidade

Autor	Vulnerabilidade
Wisner(1993)	Afirma que a vulnerabilidade é influenciada pelas condições de gênero, idade, etnicidade, política, e aspectos econômicos da população local.
Bohle(2001)	Afirma que a vulnerabilidade é o resultado da interação entre a exposição a estressores extremos e a capacidade de adaptação que afeta a família, grupo ou sociedade.
Chambers e Conway(1992); Schmidt e Bloemertz (2005)	Observa o contexto do impacto (sazonalidade e tendências) e as influências nas estruturas de transformação para as estratégias de transformação bem como os resultados.
Turner et al. (2003)	Defini vulnerabilidade em um sentido mais amplo, levando em consideração a relação sistema humano-natureza.
Wisner et al. (2004)	Defini vulnerabilidade em três níveis: macro, intermediário e local. Existência de causas básicas que implicam em pressões dinâmicas ao sistema e que podem gerar condições inseguras na sociedade.
Cardona (2001) Hurtado e Barbat (2000)	Defini vulnerabilidade em uma perspectiva abrangente e multidisciplinar. Mensura os aspectos de susceptibilidade, exposição e falta de resiliência de um indivíduo, grupo ou sociedade. Considera a fragilidade do sistema econômico para analisar a segregação sócio- espacial.
Birkmann (2006)	Defini vulnerabilidade como processo dinâmico. A mensuração é feita a partir de tipos específicos de perigos naturais e potenciais eventos que tornam a sociedade vulnerável. Analisa a vulnerabilidade nas dimensões social, econômica e ambiental.

recursos, implicando em manifestações de desvantagens sociais.

Vignoli (2001) elenca algumas características sócio-demográficas que dificultam a disponibilização de ativos, que são como recursos de todos os tipos. Isto é, são todas as formas de capitais e de tempos dentro da unidade domiciliar que condicionam o aumento da vulnerabilidade, são elas:

- Pautas de Estruturação: Evidencia o tipo de formação das unidades domésticas. A uniparentalidade pode acentuar a vulnerabilidade.

- Ciclo de Vida: Afirma que os períodos iniciais e finais da vida familiar enfrentam mais dificuldades de adaptação do que aqueles que estão no meio do ciclo. Idade do responsável pode acentuar a vulnerabilidade.

- Condições Demográficas Básicas: São inúmeras variáveis demográficas que se relacionam a desvantagem social. As mais recorrentes são o número de membros no domicílio e as condições de infraestrutura. Quanto maior o número de membros, mas difícil é para a família de dispor de ativos. “Aqui também as evidências empíricas convergem para um menor rendimento para famílias maiores” (DESCHAMPS, 2004).

A desvantagem social impede que indivíduos ou grupos tenham acesso a melhores opções de vida e de mobilidade social. Ressalta-se que a identificação desses grupos sociais não significa que esses terão automaticamente acesso a equidade. Para isso necessita de uma articulação de outras iniciativas, tais como a realização de políticas públicas (VIGNOLI, 2000).

Cannon *et al.* (2003) afirmam que a vulnerabilidade social é mais do que danos na infraestrutura da região. Ela engloba uma lista de características do indivíduo, grupo ou comunidade. Associa-se ao bem-estar (estado nutricional, saúde física e mental); aos ativos de subsistência e resiliência; a autoproteção (manifestando-se na capacidade e vontade de construir um lar seguro); nas medidas de proteção social (medidas mitigadoras) e nas redes sociais e institucionais.

Downing *et al.* (2006) caracterizam a vulnerabilidade social como um processo dinâmico; em que há exposição diferenciada pelas unidades de análise; de origem e influenciada por múltiplos agentes; que se manifesta simultaneamente em mais de uma escala e quase sempre é determinado por redes sociais, econômicas, institucionais e do meio ambiente.

Verifica-se que a vulnerabilidade social não está limitada apenas as fragilidades sociais, mas incluem múltiplos temas, tais como gênero, raça, idade, renda e aspectos do ambiente construído e características da comunidade. Nesta pesquisa o enfoque é dado para as desvantagens sociais.

### 3.3. Vulnerabilidade Ambiental

As construções humanas sobrepõem aos espaços outrora constituídos apenas por elementos naturais. Logo interfere, de maneira contundente, nas relações e dinâmicas anteriormente estabelecidas. A forma como a sociedade pós-moderna se apropria da natureza, acarreta o comprometimento das funções ecológicas do ambiente natural e a sua degradação.

A degradação ambiental aumenta a possibilidade de perigos naturais e intensifica os impactos dos desastres. A mensuração dos impactos possui um vínculo estreito com a realidade de pobreza da população (MAFFRA e MAZZOLA, 2007). Na região da Costa Verde a degradação ambiental está associada, principalmente, aos processos erosivos acelerados, a saber: movimentos de massa e enchentes.

Ambos os processos são condicionados pelo clima, relevo, substrato, vegetação, águas superficiais e subsuperficiais, uso e ocupação da terra (ROSS, 1993, WEIL & NETO, 2007).

Alves *et al.* (2010) afirmam que a vulnerabilidade ambiental deve considerar situações de exposição de risco ou degradação ambiental. Desta maneira, o indicador de vulnerabilidade deve incluir características dos sistemas biofísicos vulneráveis a algum perigo.

A vulnerabilidade ambiental não existe de forma isolada dos fatores econômicos e sociais, uma vez que estes intermediam a apropriação dos recursos naturais (NASCIMENTO, 2011).

Santos e Caldeyro (2007) afirmam que a vulnerabilidade ambiental é a observação e medição das relações características de um meio, eventos induzidos e efeitos adversos em uma determinada área.

Logo para cada arranjo espacial de uso e ocupação de uma determinada área há certo grau de vulnerabilidade ambiental associado, cabendo ao pesquisador identificar o conjunto específico de problemas ambientais.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe estudar a vulnerabilidade do ambiente a resistir aos

processos erosivos acelerados, utilizando informações integradas de três temas específicos: uso e ocupação da terra, declividade e hidrografia.

### 3.4. Sistema de indicadores para vulnerabilidade

A elaboração de um sistema de indicadores é um requisito para mensurar, caracterizar e identificar a vulnerabilidade de indivíduos, grupos ou comunidade. Esse sistema deve ser capaz de sumarizar informações relevantes de um fenômeno particular.

Segundo Birkmann (2006), o indicador de vulnerabilidade deve ser capaz de mensurar dimensões importantes de seus conceitos, deve ser: relevante para a pesquisa, de fácil interpretação e compreensão, acurado, reproduzível, comparável, de escopo apropriado, rentável e sensível ao fenômeno de estudo.

A sumarização de informações pode causar prejuízos na representação do fenômeno, logo para que o sistema de indicadores seja capaz de envolver a complexidade do tema, coube, no estudo, selecionar criteriosamente as variáveis que irão compor os indicadores.

A seleção das variáveis neste trabalho esteve condicionada à oferta e disponibilização de estatísticas existentes em nível de setor censitário, que é a menor escala de desagregação. Esta escolha teve como finalidade identificar grupos populacionais e áreas sujeitas à vulnerabilidade, analisando a partir de suas dimensões sociais, econômicas e ambientais.

## 4. METODOLOGIA PROPOSTA

Para identificar e mensurar as áreas de vulnerabilidade socioambiental da Macrorregião da Costa Verde foi necessário elaborar um banco de dados geográficos com informações sociais e ambientais e desenvolver uma sequência de etapas usando técnicas da estatística e de geoprocessamento.

### 4.1. Materiais

A elaboração do banco de dados geográficos permitiu integrar as informações sociais, econômicas e ambientais da região de estudo no nível de setor censitário. As tabulações e as análises utilizaram os seguintes aplicativos:

- Statistica versão 7.0, para a análise exploratória e análise fatorial dos dados.

- ArcGis versão 10.0, para a sistematização dos dados em um banco de dados geográficos, e realização de operações de análises espaciais e elaboração de mapas.

- Microsoft Excel versão 2007, para a análise exploratória dos dados e criação de tabelas.

### 4.2. Métodos utilizados

As etapas propostas para a construção do indicador de vulnerabilidade socioambiental neste trabalho estão representadas na Fig. 3 e descritas a seguir.

1. Seleção das variáveis: Escolha das variáveis segundo o marco teórico conceitual proposto na pesquisa e a documentação da sua escolha através de uma folha metodológica (ALCÂNTARA, 2012).

2. Confecção do Banco de Dados Geográficos de vulnerabilidade (BDG- Vulnerabilidade): Reunião de todos os dados espaciais e alfanuméricos de modo a compatibilizá-las na mesma escala e sistema cartográfico de projeção.

3. Análise Exploratória dos dados sociais: Tem como objetivo conhecer, descrever e analisar os dados armazenados no BDG- Vulnerabilidade.

4. Análise Fatorial dos dados sociais: Construção de índices que manifestem as desvantagens sociais do domicílio. Para isso foram realizadas as seguintes atividades:

- o Verificação de existência de correlação estatística entre as variáveis calculando a Matriz de Correlações de Pearson;

- o Análise fatorial

- Seleção do método de extração de fatores através do método de componentes principais, de modo a encontrar a explicação para o máximo de variância no conjunto de dados;

- Averiguação da adequação da análise aos dados; e

- Seleção do método de extração de fatores.

5. Uso de técnicas de geoprocessamento: Constituíram na aplicação de operações espaciais para o cálculo do índice de vulnerabilidade segundo as dimensões socioeconômica e ambiental. Entre as operações empregadas encontram-se geração de *buffer*, cálculo da área do setor, cálculo da área da classe, *overlay*, *dissolve* e *merge*.

6. Elaboração dos índices sintéticos de Vulnerabilidade Social (IVS), índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) e do índice sintético

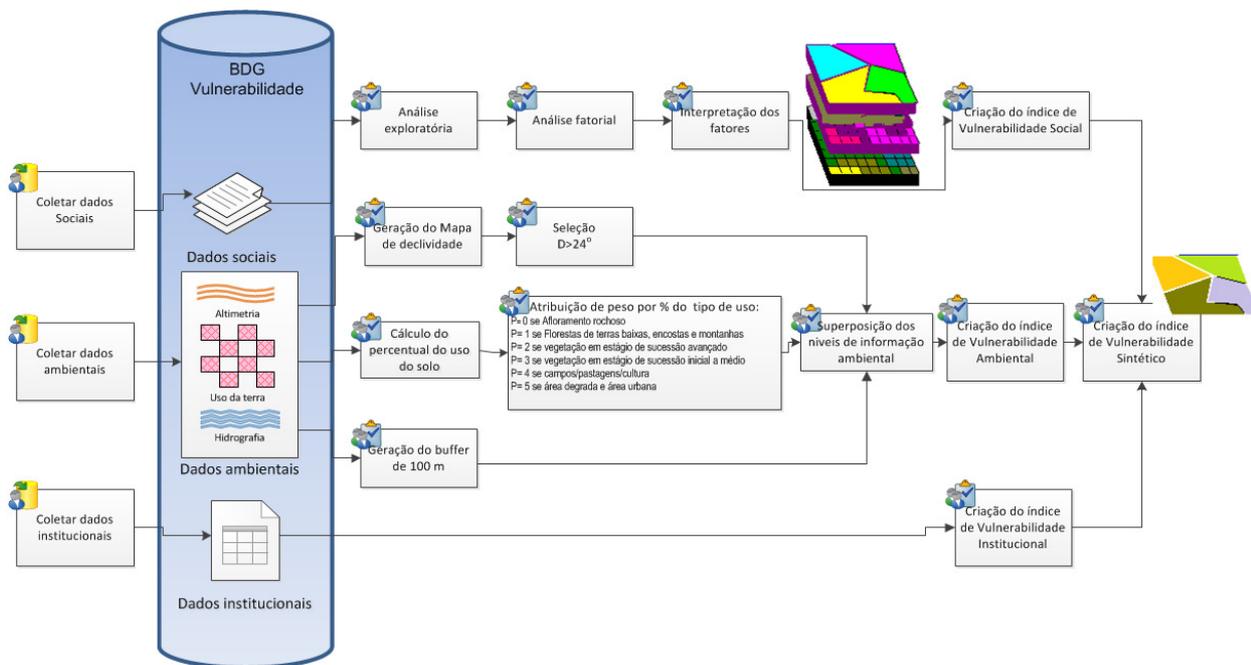


Fig. 3 - Etapas para a elaboração do índice de vulnerabilidade sintético

geral de vulnerabilidade socioambiental (IVG) e consequente interpretação dos resultados através da elaboração de mapas bidimensionais da área de estudo.

#### 4.2.1. Seleção das variáveis

As seleções das variáveis socioeconômicas tiveram como critérios o ciclo de vida, a pauta de estruturação da família, renda e aspectos demográficos gerais, procurando sempre investigar as facetas das desvantagens sociais que o indivíduo, grupo ou comunidade lidam cotidianamente. Essas variáveis foram adquiridas a partir dos dados do universo do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011) e formaram um quadro de inicial de 13 variáveis.

Para os dados naturais, foram selecionados variáveis da região de estudo que tivessem como objetivo identificar as áreas onde ocorrem os processos erosivos acelerados na região, através de percentuais de área dentro dos setores censitários. Para isso, foram escolhidas variáveis que manifestassem tais propriedades, a saber: declividade, hidrografia e uso e ocupação da terra. Os dois primeiros foram disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o último pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Ressalta-se que os dados socioeconômicos apresentam representação espacial direta com o setor censitário. No entanto para os dados naturais

foi necessário aplicar técnicas de geoprocessamento e álgebra de mapas para fazer intersecções entre o dado natural com o setor censitário, compondo um novo tema, que traz consigo informações sobre si e a identificação do setor de origem do fragmento em questão.

#### 4.2.2. Análise exploratória dos dados

Esta etapa teve por objetivo descrever e analisar os dados sociais e econômicos selecionados para executar a análise fatorial. A adequação das variáveis a análise multivariada foi feita através do cálculo dos coeficientes gerados na correlação de Pearson com o objetivo de identificar as variáveis altamente correlacionadas (acima de 0,9), pois essas poderiam produzir distorções na análise fatorial.

Neste processo, foram observados que a variável “Percentual de crianças de 0 a 14 anos” está altamente correlacionada com a variável “Índice de dependência infantil” e que a variável “Percentual de pessoas com idade acima de 64 anos” está altamente correlacionadas com as variáveis “Percentual de famílias chefiadas por pessoas idosas” e “Índice de dependência do idoso”. Portanto para a análise fatorial procurou-se deixar apenas as variáveis “Percentual de crianças de 0 a 14 anos” e “Percentual de pessoas com idade acima de 64 anos”, uma vez que se entende que as demais estão explicadas por ela.

Destarte, após esta análise foram consideradas na metodologia proposta neste trabalho as variáveis que estão dispostas no Quadro 2 e suas justificadas de sua seleção encontram-se em Alcântara (2012).

#### 4.2.3. Criação do índice de vulnerabilidade social pela análise fatorial

As etapas da análise fatorial consistiram em:

- Obtenção dos Fatores

Na primeira tentativa de obtenção dos fatores observou-se que a variável “Percentual domicílios com renda inferior a 70,00” possuía o coeficiente de comunalidade muito baixo. Isso significa que a variável não estava sendo bem representada na modelagem, logo esta foi desconsiderada e executou-se novamente o modelo, que produziu comunalidades satisfatórias. O objetivo era selecionar o menor número possível de fatores necessários para explicar o máximo de correlação entre as variáveis. Para a seleção do número de fatores utilizou-se os critérios em que os autovalores eram maiores ou iguais a um, o percentual da variância explicada e o gráfico scree-plot dos autovalores que é apresentado na Fig. 4.

Deste modo, verificou-se que o modelo fatorial ficava mais bem representado com três fatores, conforme apresentado na Tabela 3, cujo percentual da variância total é de 68,23%, sendo considerado um bom percentual de explicação (MINGOTI, 2007).

Com os fatores extraídos, realizou-se a rotação ortogonal através do método Varimax. A Tabela 4 apresenta a redistribuição do percentual de variância explicada dos primeiros fatores mais significativos. O primeiro fator extraído representava 30,8%, e agora concentra apenas 26,8%. Os dois últimos fatores, somados, representavam 37,3% agora concentram 41,3% da variância total.

#### Quadro 2 - Composição do índice de vulnerabilidade

Índice de Vulnerabilidade Geral	Socioeconômico	Percentual de famílias chefiadas pessoas menores
		Percentual de famílias chefiadas pessoas idosas
		Percentual de famílias chefiadas por mulheres
		Percentual de famílias com alta frequência de componentes
		Percentual de crianças de 0 a 14 anos
		Percentual de pessoas com idade acima de 64 anos
		Índice de dependência infantil
		Índice de dependência do idoso
		Percentual de domicílios inadequados quanto ao abastecimento de água
		Percentual de domicílios inadequados quanto ao escoamento sanitário
		Percentual de domicílios inadequados quanto à coleta de lixo
		Percentual de domicílios sem energia elétrica
		Percentual de domicílios com renda inferior a R\$70,00
	Ambiental	Percentual de áreas com declividade > 24°
		Percentual de áreas próximas (100m) a rios
		Percentual de uso e cobertura da terra

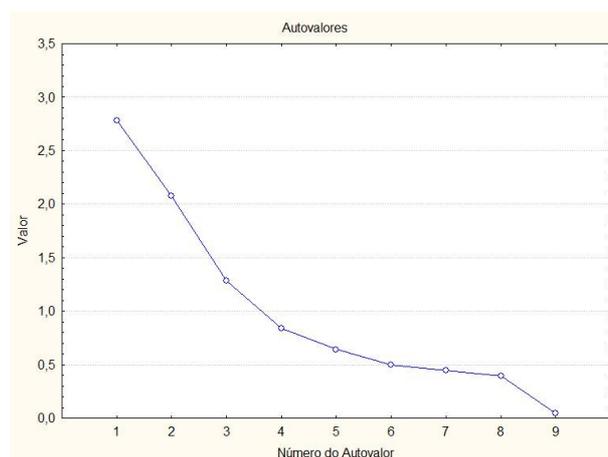


Fig. 4 - Screen-plot dos autovalores

Tabela 3 - Fatores do modelo fatorial

Fator	Autovalores iniciais		
	Autovalor	% da variância	% acumulado
1	2,78	30,87	30,87
2	2,08	23,07	53,94
3	1,29	14,29	68,23
4	0,84	9,35	77,58
5	0,64	7,14	84,72
6	0,50	5,53	90,25
7	0,44	4,93	95,17
8	0,39	4,35	99,52
9	0,04	0,48	100,0

Tabela 4 - Fatores rotacionados

Fator	Autovalores iniciais		
	Autovalor	% da variância	% acumulado
1	2,42	26,87	26,87
2	2,15	23,86	50,73
3	1,57	17,50	68,23

As cargas fatoriais do modelo rotacionado pelo método Varimax, ilustradas na Tabela 5, possibilitou que cada variável tenha uma correlação elevada em apenas um dos fatores selecionados e com os demais a correlação próxima de zero. As maiores cargas fatoriais das variáveis nos fatores encontram-se destacadas.

Tabela 5: Cargas fatoriais após a rotação Varimax

Variável	Fatores		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Percentual de famílias chefiadas pessoas menores	0,199	0,091	0,819
Percentual de famílias chefiadas mulheres	0,078	-0,122	0,865
Percentual de famílias com alta frequência de componentes	0,734	0,211	-0,084
Percentual de crianças de 0 a 14 anos	0,924	0,017	0,141
Percentual de pessoas com idade acima de 64 anos	0,952	0,053	0,132
Percentual de domicílios inadequados quanto ao abastecimento de água	0,109	0,801	0,002
Percentual de domicílios inadequados quanto a escoamento sanitário	0,134	0,744	0,128
Percentual domicílios inadequados quanto a coleta de lixo	0,149	0,701	-0,307
Percentual de domicílios sem energia elétrica	-0,148	0,624	-0,020

- Validação do Modelo Fatorial Ajustado

Mingoti (2007) afirma que um dos processos para a validação do modelo é a divisão aleatória dos dados e a realização da análise fatorial nos grupos de modo a comparar as soluções encontradas com aquela obtida em todo o conjunto de dados. Dessa maneira, foram realizadas diversas seleções de 267 observações aleatoriamente e realizou-se análise fatorial pelo método das componentes principais com a seleção de 3 fatores. Pode ser observado que os resultados foram semelhantes aos encontrados no conjunto de todas as observações, validando, portanto a solução encontrada.

Outra verificação de consistência do modelo fatorial foi à observação da matriz residual (MRES). Esta deve produzir coeficientes próximos de zero e este foi o caso do modelo ajustado. O Erro Médio e a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio são, respectivamente, -0,04 e 0,1, indicando o bom ajuste do modelo de análise fatorial.

- Interpretação dos fatores extraídos

Cada um dos fatores rotacionados apresentou um grupo de variáveis com cargas fatoriais mais elevadas do que as demais, gerando configurações distintas, assim:

- O fator ou variável latente 1: tem um peso muito significativo das variáveis: percentual de famílias com alta frequência de componentes, percentual de crianças de 0 a 14 anos e percentual de pessoas com idade acima de 64 anos.

- O fator ou variável latente 2 tem peso muito significativo das variáveis: percentual de domicílios inadequados quanto ao abastecimento de água, percentual de domicílios inadequado quanto ao escoamento sanitário, percentual de domicílios inadequados quanto a coleta de lixo e percentual de domicílios sem energia elétrica.

- O fator ou variável latente 3 tem peso muito significativo das variáveis percentual de famílias chefiadas por menores e percentual de famílias chefiadas por mulheres.

O fator 1 agrega variáveis que estão relacionadas com as características populacionais do domicílio; por isso foi interpretado como características demográficas do domicílio.

O fator 2 agrega as variáveis que estão relacionadas com as características de infraestrutura do domicílio; por isso foi interpretado como domicílios inadequados quanto a moradia.

O fator 3 agrega variáveis que estão relacionadas com características do tipo de pessoa que é responsável pelo domicílio; por isso foi interpretado como características do responsável pelo domicílio.

Cada um desses fatores foi considerado um índice distinto. Cada índice tem um respectivo valor que são os escores fatoriais obtidos após a análise fatorial.

A seguir foi calculado a média simples dos escores para encontrar o valor do índice de vulnerabilidade social (IVS) para cada setor censitário. A seguir estas médias para cada setor censitário foram padronizadas de forma a variarem no intervalo entre zero e um, através da transformação 0-1 (normalização dos dados). Este método consiste em transformar a escala dos dados das variáveis observadas em um intervalo que varia entre zero, valor mínimo observado, e, um, valor máximo observado. Deste modo o valor do escore é transformado pela fórmula:

$$y_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Onde:

- $y_i$  é o valor transformado da  $i$ -ésima observação da variável em questão;

- $x_i$  é o valor observado da variável em questão;

- $x_{min}$  é o valor mínimo observado da variável em análise;

- $x_{max}$  é o valor máximo da variável em análise.

#### 4.2.4 Criação do índice de vulnerabilidade ambiental por geoprocessamento

O índice de vulnerabilidade ambiental foi construído sobre a perspectiva de três critérios físicos:

- Percentual de áreas com declividade  $> 24^\circ$  - visou identificar áreas em encostas íngremes sujeitas a escorregamento de encostas (IPT, 2002);

- Percentual de áreas próximas (100 m) a rios - visou identificar áreas de baixadas, próximas a leitos de rios e sujeitas a inundações; e

- Percentual de uso e cobertura da terra - visou identificar os impactos causados pela intensidade com que as técnicas de uso e ocupação da terra alteram os sistemas naturais.

Destarte, a construção do índice de vulnerabilidade ambiental foi realizada, portanto em sete etapas. A primeira consistiu em, a partir do plano de informação de altimetria da região, gerar o mapa de declividade e selecionar as áreas com declividade maior que 24°. A segunda etapa foi a partir do mapa de hidrografia da região gerar o mapa de área de influência do rio empregando uma operação de *buffer* e considerando uma distancia de 100 metros. A terceira etapa consistiu em atribuir uma ponderação dos aspectos de interesse a legenda de uso e ocupação da terra, conforme pode ser observado no Quadro 3. Ressalta-se que a ponderação foi intuitiva e visou atribuir uma escala de 0 a 5, em que o 0 é o afloramento rochoso e área degradada e área urbana é atribuído peso 5.

A quarta etapa consistiu em realizar a operação de união espacial uma vez que os fragmentos das classes dos planos de informações gerados deveriam ser integrados com os setores censitários.

A quinta etapa teve por objetivo agregar classes de fragmentos que se encontram separados espacialmente, contudo disposto no mesmo setor. Para isto foi aplicada uma operação de dissolver borda pelo geocódigo do setor censitário.

A sexta etapa teve por meta calcular área dos fragmentos de classe, isto é, quantificar o percentual de cada classe no setor censitário de um respectivo aspecto de interesse.

A sétima e última etapa consistiu na padronização dos valores das áreas obtidos pelo método de transformação 0-1. Por fim, foi calculada a média simples dos aspectos tratados para encontrar o valor do IVA para cada setor censitário.

#### 4.2.5. Elaboração dos índices sintéticos

Após a identificação das diferentes classes e a padronização pelo método de transformação 0-1, cinco grupos de setores puderam ser estabelecidos e que compartilhavam aspectos comuns de acordo com as dimensões latentes.

Quadro 3 - Aspectos de interesses e mensurados no uso e ocupação da terra e seu respectivo peso.

Aspecto de interesse	Peso
Afloramento rochoso	0
Florestas de terras baixas, encostas e montanhas.	1
Vegetação em estágio de sucessão avançado	2
Vegetação em estágio de sucessão inicial a médio	3
Campos, pastagens e culturas.	4
Área degradada e área urbana	5

A mensuração de quanto à área do setor censitário é mais ou menos vulnerável é complexa e não pode ser facilmente reduzido em única variável. Ainda assim, este trabalho estabeleceu cinco grupos de setores e que compartilham características comuns de acordo com as dimensões latentes.

Os valores mais próximos de zero representam situações em que a vulnerabilidade é mais baixa, enquanto os valores mais próximos de 1, indicam que a vulnerabilidade é mais alta. Os valores intermediários ficaram entre 0,4 e 0,6. A escala de valores classificou a Região Metropolitana da Costa Verde, segundo as dimensões latentes, da seguinte forma:

- [0,000; 0,20] Baixa Vulnerabilidade;
- [0,201; 0,40] Baixa para Média Vulnerabilidade;
- [0,401; 0,60] Média Vulnerabilidade;
- [0,601; 0,80] Média para Alta Vulnerabilidade
- [0,801; 1,00] Alta Vulnerabilidade.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A identificação dos indivíduos e grupos populacionais a partir das condições de vida precária possibilita a elaboração de um índice sintético, indicador de vulnerabilidade social (IVS), que identifica as áreas de ocupação populacionais mais vulneráveis aos riscos socioambientais.

### 5.1. Análise do indicador sintético de vulnerabilidade social

O indicador sintético de vulnerabilidade social (IVS) mostrou, conforme apresentado na Tabela 6, que dos 636 setores censitários que compõe a MCV, 506 setores são considerados de baixa vulnerabilidade, 115 setores são considerados de baixa a média, 12 são considerados média vulnerabilidade e 1 setor é considerado de média a alta vulnerabilidade e 2 setores são considerados de alta vulnerabilidade. Todos os municípios apresentam altos percentuais na classe de baixa vulnerabilidade, sendo Itaguaí 88% e Angra dos Reis 79%, os maiores percentuais, e, Paraty apresenta o menor valor, 72% dos setores nessa classe.

Entre os setores considerados de baixa a média vulnerabilidade, Paraty e Mangaratiba apresentam os maiores percentuais, 26% e 23%, respectivamente. Itaguaí apresenta o menor valor, 11%.

São poucos os setores considerados de média vulnerabilidade, Angra dos Reis é o único que

Tabela 6 - Número de setores vulneráveis quanto ao VIS, por municípios - 2010

Município	Baixa		Baixa-média		Média		Média-alta		Alta	
	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%
Angra dos Reis	222	79,0	48	17,1	10	3,6	1	0,4	0	0,0
Itaguaí	138	97,9	18	11,5	1	0,6	0	0,0	0	0,0
Mangaratiba	88	74,6	28	23,7	1	0,8	0	0,0	1	0,9
Paraty	58	72,5	21	26,3	0	0,0	0	0,0	1	1,3
<b>Costa Verde</b>	<b>506</b>	<b>79,6</b>	<b>115</b>	<b>18,1</b>	<b>12</b>	<b>1,9</b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>

ultrapassa a casa dos 3% dos setores nessa categoria. A situação é parecida na classe de média à alta vulnerabilidade e na de alta vulnerabilidade. Na classe de média à alta, o maior percentual é encontrado em Angra dos Reis, 0,3% de setores. Enquanto que na classe alta, apenas Paraty apresenta valor, próximo de 1%. A Fig. 5 representa a distribuição espacial da vulnerabilidade social dos setores de acordo com o IVS.

### 5.2. Análise do indicador sintético de vulnerabilidade ambiental

Considerando o indicador sintético de vulnerabilidade ambiental – IVA (Tabela 7), dos 636 setores censitários que compõe a Costa Verde, 70 setores são considerados de baixa vulnerabilidade, 488 setores são considerados de baixa a média, 74 são considerados de média vulnerabilidade, 4 setores são considerados de média a alta e nenhum setor é considerado de alta vulnerabilidade. Dentre os setores considerados de baixa vulnerabilidade, Mangaratiba apresenta o percentual mais elevado, 19%. Enquanto Itaguaí apresenta o menor percentual, 3%. Todos os municípios concentram seus setores na classe de baixa a média vulnerabilidade, variando de 92%, em Itaguaí e 62% em Mangaratiba.

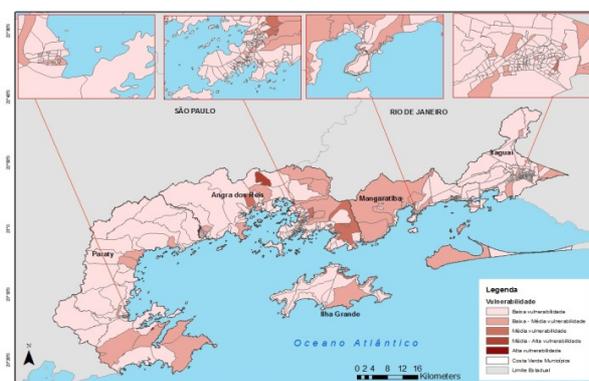


Fig. 5 - Vulnerabilidade segundo o Indicador de Vulnerabilidade Social (IVS) – 2010-

Dentre os setores considerados de média vulnerabilidade, Mangaratiba e Angra dos Reis possuem os maiores percentuais, 19% e 14%, respectivamente. Paraty é o único que apresenta percentual maior que 1%, na classe de média a alta vulnerabilidade. E nenhum município apresenta valor na classe de alta vulnerabilidade. A Fig. 6 representa a distribuição espacial da vulnerabilidade ambiental dos setores de acordo com o IVS.

### 5.3. Análise do indicador sintético de vulnerabilidade geral da Macrorregião da Costa Verde

Ao analisar os dados pelas dimensões, verifica-se, segundo a mediana do IVG (Tabela 8), que a maioria dos setores censitários apresenta uma posição desfavorável frente a um evento adverso, principalmente na dimensão ambiental, em que a respectiva mediana é 0,3.

Na dimensão social, a variável que se apresenta mais desfavorável é a característica demográfica do domicílio (0,2). Na dimensão ambiental, a variável que se apresenta mais desfavorável é o uso da terra (0,8) e aquelas que se apresentam mais favoráveis são declividade e hidrografia, sendo as respectivas medianas iguais a 0. Revelando que não são apenas os riscos naturais que podem trazer prejuízo ou danos, mas sim, aqueles potencializados pela ação humana.

Tabela 7 - Número de setores vulneráveis segundo IVA, por municípios.

Município	Baixa		Baixa-média		Média		Média-alta		Alta	
	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%
Angra dos Reis	32	11,4	210	74,7	37	13,1	2	0,7	0	0,0
Itaguaí	5	3,18	145	92,4	7	4,5	0	0,0	0	0,0
Mangaratiba	22	18,7	73	61,9	22	18,6	1	0,9	0	0,0
Paraty	11	13,8	60	75,0	8	10,0	1	1,2	0	0,0
<b>Costa Verde</b>	<b>70</b>	<b>11,0</b>	<b>488</b>	<b>76,7</b>	<b>74</b>	<b>11,6</b>	<b>4</b>	<b>0,6</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>

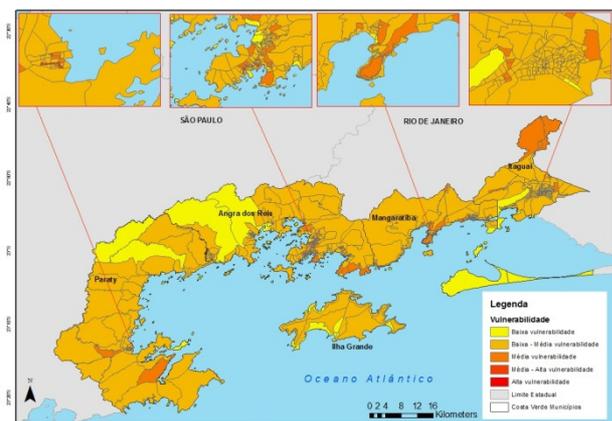


Fig. 6 - Vulnerabilidade segundo o Indicador de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) – 2010.

Tabela 8: Análise das medidas de tendência central e dos quartis dos indicadores sintéticos.

	1º Quartil	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo
<b>Dimensão Social</b>					
Características demográficas	0,20	0,24	0,24	0,28	1,00
Inadequação do domicílio	0,11	0,18	0,15	0,21	1,00
Responsável pelo domicílio	0,15	0,18	0,17	0,21	1,00
<b>IVS</b>	<b>0,11</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,19</b>	<b>0,76</b>
<b>Dimensão ambiental</b>					
Declividade	0,00	0,19	0,02	0,40	1,00
Hidrografia	0,00	0,03	0,00	0,01	1,00
Uso da terra	0,44	0,72	0,85	1,00	1,00
<b>IVA</b>	<b>0,28</b>	<b>0,32</b>	<b>0,33</b>	<b>0,35</b>	<b>0,67</b>
<b>IVG</b>	<b>0,40</b>	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>	<b>0,49</b>	<b>0,80</b>

Ao analisar o indicador IVG, segundo as classes e por município (Tabela 9), observa-se que dos 636 setores censitários que compõe a MCV, 65 setores são considerados de baixa vulnerabilidade, 88 setores são considerados de baixa a média, 475 são considerados média vulnerabilidade, 8 setores são considerados de média a alta vulnerabilidade. Nenhum setor foi classificado como alta vulnerabilidade. Paraty é o único município a apresentar percentual de setores na classe de baixa vulnerabilidade, sendo 81%. Dentre os setores considerados de baixa à média, Mangaratiba e Paraty apresentam os maiores percentuais, 39% e 17%, respectivamente. Enquanto que Angra dos Reis apresenta o menor percentual, 4%. Entre aqueles considerados de média vulnerabilidade, Angra dos Reis e Itaguaí se destacam 93% e 89%, respectivamente. O menor percentual é encontrado em Paraty, 1%.

Os percentuais são baixos entre os setores considerados de média – alta vulnerabilidade: Angra dos Reis apresenta 2% e Paraty 1%. Os valores são nulos para os demais municípios.

A Fig. 7 representa a distribuição espacial do indicador sintético IVG na região de estudo.

Tabela 9 - Número de setores vulneráveis segundo IVG, por município – 2010.

Município	Baixa		Baixa-média		Média		Média-alta		Alta	
	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%	nº de setores	%
Angra dos Reis	0	0,0	11	3,4	263	93,6	7	2,5	0	0,0
Itaguaí	0	0,0	16	10,2	141	90,0	0	0,0	0	0,0
Mangaratiba	0	0,0	47	39,8	70	59,3	0	0,0	0	0,0
Paraty	65	81,3	14	17,5	1	1,3	1	1,3	0	0,0
Costa Verde	65	10,22	88	13,8	475	74,7	8	1,3	0	0,0

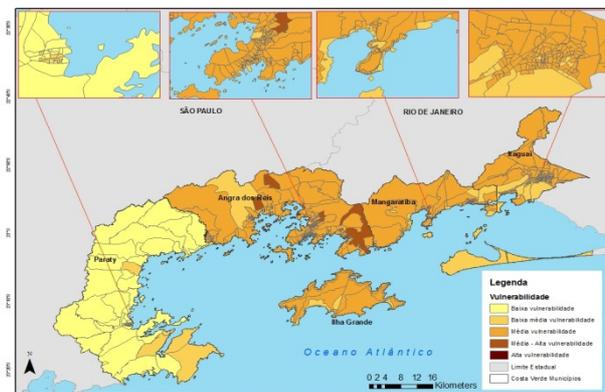


Fig. 7 - Vulnerabilidade segundo o índice geral de Vulnerabilidade Socioambiental (IVG) – 2010.

Fonte: IBGE, 2011.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos a Macrorregião da Costa Verde tem apresentado um novo cenário de uso e ocupação do espaço. O rápido crescimento populacional, a concentração demográfica, os baixos índices socioeconômicos, o uso inadequado da terra, a ocupação de áreas desfavoráveis, dentre outras peculiaridades, configuram uma situação de vulnerabilidade socioambiental que é percebida pela sociedade e pelo poder público que carece de métodos apropriados para a mensuração desta vulnerabilidade.

Deste modo, este trabalho emprega uma metodologia para mensurar a vulnerabilidade socioambiental uma vez que a área é suscetível a eventos naturais adversos relacionados a processos erosivos, que são os principais tipos de risco na região estudada.

Assim, a elaboração do índice sintético socioeconômico constatou-se que nos quesitos aos aspectos demográficos, a inadequação da habitação e a tipificação do responsável do domicílio, que a maioria dos setores (mais de 50%) é considerada de baixa vulnerabilidade. O mesmo padrão é observado quando se associa todos esses aspectos na dimensão social.

Na elaboração do índice sintético ambiental constatou-se que no quesito dos setores próximos dos leitos dos rios, e também daqueles que apresentam declividade acentuada são considerados de baixa vulnerabilidade. O mesmo não foi evidenciado no uso e ocupação da terra, a grande maioria dos setores é considerada de alta vulnerabilidade. Isso evidencia que não apenas os aspectos naturais produzem o risco, mas sim aqueles potencializados pela ação humana. E em vista disso, ao aglutinar esses aspectos na dimensão ambiental, verifica-se que a maioria dos setores é considerada de baixa a média vulnerabilidade.

Ao sintetizar todas as dimensões constata-se que a maioria dos setores é classificada de vulnerabilidade média, isto significa que muitos setores apresentam uma posição desfavorável frente a um risco, oriundos dos processos erosivos acelerados.

A definição do marco teórico-conceitual de vulnerabilidade apresentada no trabalho afirmou que a vulnerabilidade não é algo somente natural, mas que engloba fatores de ordem econômica, social, e ambiental. Com isso, a metodologia desenvolvida ressaltou aspectos de uma visão integrada, multifacetada e multidimensional.

O ganho dessa metodologia com a análise multivariada foi à possibilidade de agrupar variáveis de diversas naturezas em índices que manifestem essas diferenças, que possibilita identificar e hierarquizar vários segmentos da população. Os escores obtidos na análise multivariada também podem ser utilizados em outras técnicas estatísticas, tais como, análise de regressão e análise de dispersão da variância.

Outro ganho foi com a sistematização das informações que levem em consideração o espaço geográfico. Este admite identificar e aglutinar áreas e grupos populacionais mais suscetíveis ao risco socioambiental, permitindo o aprimoramento de políticas públicas e contribuindo para o planejamento urbano da região.

O aprimoramento da metodologia proposta, neste trabalho, deve ser realizado na medida em que mais informações forem disponibilizadas por pesquisas acadêmicas mais específicas.

Como trabalho futuro sugere-se a calibração dos dados e a sua inserção no banco de dados, uma vez que se devem considerar novas perspectivas, tais como, aspectos culturais da

comunidade, aspectos psicológicos de apropriação do espaço pelo ser humano e os efeitos negativos frente a um perigo, feições mais específicas que manifestem desvantagens sociais e ações mitigadoras do governo local.

As limitações do modelo estão principalmente associadas à disponibilidade de dados que mensurem a vulnerabilidade na unidade de análise definida na pesquisa. Muita das vezes a unidade de captação da informação utilizada não foi totalmente compatível com a representação que se desejaria para a análise.

Outra limitação é a não identificação pontual do fenômeno de estudo, ao analisar por áreas, esta tende a ser homogeneizada, que não condiz com a realidade da sociedade brasileira, que é marcada por desigualdades sociais e econômicas.

Este trabalho esclarece que apesar de existir aspectos naturais que contribuem para os processos erosivos acelerados, o planejamento e gestão do território deve ser prioritário para a prevenção de riscos a movimentos de massa e alagamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, V.S. *Vulnerabilidade Socio-ambiental da Macrorregião da Costa Verde*. Rio de Janeiro: ENCE/IBGE, 2012.

ALVES, H. P.F., MELLO A. Y.I., D'ATONA, A.O., CARMO, R.L., *Vulnerabilidade socioambiental nos municípios do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas*. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Caxambu: ABEP, 2010.

ANA (Agência Nacional de Águas). Sistema de Informações Hidrológicas HIDRO 1.0. 2010.

BIRKMANN, J. "Measuring vulnerability to promote disaster- resilient societies: conceptual frameworks and definitions." In: *Measuring vulnerability to natural hazards*, por J. BIRKMANN, 9 - 53. Nova Deli: TERI Press, 2006.

BOGARDI, J. e BRAUCH, H-G. "Global environmental change: a challenge for human security - defining and conceptualising the environmental dimension of human security." In: *UNEO - Towards an International Environment Organization - Approaches to a sustainable reform of global environmental governance*, por A. Rechkemmer, 85 - 99. Baden-Baden: Nomos, 2005

- BOHLE, H-G. "Vulnerability and Criticality: Perspectives from social geography." *Newsletter of the International Human dimensions programme on global environmental change*, Fevereiro de 2001: 1 – 7.
- CANNON, T., TWIGG, J., ROWELL, J. *Social Vulnerability. Sustainable livelihoods and disasters*. Em, Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office, 2003.
- CARDONA, O.D. *Estimación holística Del riesgo sísmico utilizando sistemas dinâmicos complejos*. Barcelona: TUC, 2001.
- CARDONA, O.D. *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*. Em Maskrey, A.ed., Los desastres no son naturales, La red. Bogotá: Tecer Mundo Editores, 1993.
- CARDONA, O.D., J. E. HURTADO, A.C. CHARDON, A.M. MORENO, S. D. PRIETO, L. S.VELASQUEZ, G. Duque. *Indicators of Disaster Risk and Risk Management. Program for Latin America and the Caribbean*. Em Summary Report for World Conference on Disaster Reduction, IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management. National University of Colombia/Inter-American Development Bank, 2005.
- CHAMBERS, R. CONWAY, G. *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century*. Brighton: Institute of development studies, 1992.
- CLIMATEMPO. Disponível em [www.clima-tempo.com.br](http://www.clima-tempo.com.br). Acessado em 06/2012.
- DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (DFID) *Sustainable Livelihood Guidance Sheets*. Londres: DFID, 1999.
- DESCHAMPS. *Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba*. Curitiba: UFP, 2004.
- DOWNING, T., AERTS, J., SOUSSAN, J., BHARWANI, S., IONESCU, C., HINKEL, J., KLEIN, R., MATA, L., MATIN, N., MOSS, S., PURKEY, D., ZIERVOGEL, G. *Integration social vulnerability in to water management*. Mudanças Climáticas, 2006.
- DRM-RJ. Sinopse Geológica do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:400.000. Rio de Janeiro: CPRM 1996.
- EMDAT. The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em [www.emdat.be](http://www.emdat.be). Acessado em junho de 2012.
- HOGAN, D. J; MARANDOLA, E. J. "Vulnerabilidade a perigos naturais nos estudos de população e ambiente." In: *Dinâmica Populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*, por D.J. HOGAN, 73 - 86. Campinas: Núcleo de Estudos de População/Nepo/Unicamp, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA (IBGE). Censo Demográfico de 2010. Rio de Janeiro. IBGE, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA (IBGE). Disponível em <http://ibge.gov.br>. Acessado em Abril de 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA (IBGE). Base cartográfica digital do Brasil em 1:100.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Formato digital.
- MAFFRA, C.Q.T e MAZZOLA, M. "As razões dos desastres em território brasileiro." In: *Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?*, por R.F. SANTOS, 9-12. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- MINGOTI, S.A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem prática*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.
- NASCIMENTO, J.A.S. *Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos na Amazônia ocidental: uma visão integrada na bacia do Acre*. Rio de Janeiro : UFRJ/ COPPE, 2011.
- PROJETO RADAMBRASIL. *Folha SF 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória*. Rio de Janeiro, 1983.
- SANTOS, R.F., CALDEYRO, V. S. *Paisagens, condicionantes e mudanças*. por R.F SANTOS, 15-24. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- SCHMIDT, A., BLOEMERTZ, L., MACAMO, E. *Living poverty reduction and disaster management*. Eschborn: BWZE, 2005.

UN/ISDR (INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION). *Living with risks: a global review disaster reduction initiatives*. Nova York e Geneva: UN Publications, 2004.

UN/ISDR (INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION). *UN International Strategy for Disaster Reduction in Climate Change*. Geneva: UN Publications, 2009.

UNDP, United Nations Development Programme. *Reducing disaster risk: a challenge for development. A global report*. Nova York: UNDP - Bureau for crisis prevention and recovery (BRCP), 2004.

UNU/EHS, UNU. Institute for Environment and Human Security. *Threats, challenges, vulnerabilities and risks in environment and human security*. Bonn: UNU-EHS, 2005.

VIGNOLI, J.R. *Vulnerabilidad demográfica: una faceta de las desventajas sociales*. Santiago do Chile: Nações Unidas, 2000.

VIGNOLI, J.R. *Vulnerabilidad e grupos vulnerables: un marco de referencia conceptual mirando a los jóvenes*. Santiago do Chile: Nações Unidas, 2001.

WEILL, M.A.M., NETO, A.G.P. “Erosão e assoreamento.” In: *Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturias ou fenômenos induzidos*, por R.F SANTOS, 39 - 58. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

WISNER, B. *Disaster vulnerability: scale, power and day life*. Agosto, 1993.

WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON T., DAVIS, I. *At risk: natural people's vulnerability and disasters*. Londres: Routledge, 2004.