

Trajetórias de vulnerabilidade socioecológica nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião, Litoral Norte de São Paulo

Tathiane Mayumi Anazawa
Antônio Miguel Vieira Monteiro
Flávia da Fonseca Feitosa

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

Abstract. This work presents a temporal analysis of the vulnerability applied to the coastal region comprising the municipalities of Caraguatatuba and São Sebastião, located in the northern coast of São Paulo, based on the methodology that operationalizes the concept of socioecological vulnerability presented by Anazawa et al. (2012). Seeking to contribute to an interdisciplinary debate on vulnerability, this work proposes the construction of an *Observation Panel* to facilitate the dialogue about the multidimensionality of the concept of vulnerability and surpass the reductionist approaches that rely on a single synthetic index. This panel is composed of numerous representing forms of vulnerability, including measures, summarized by an multidimensional index - the SEVI (Socioecological Vulnerability Index) -, its components, *Surface Maps, Assets Profile, Trajectories, Graphics*, as well as *Satellite Images* and *Photos* used for remote and field verifications. By analyzing the results, we observed the heterogeneity of the conditions of vulnerability and the dynamics of their trajectories in different regions of the municipalities. The results demonstrate the analytical potential of vulnerability representations presented in this work, especially in the context of urban public policies, given their ability to explain the unequal distribution of resources and opportunities in the city, and evidence the role of territory as the ground where the daily life and experiences happen.

Palavras-chave: geoprocessing, social vulnerability, trajectories, index, geoprocessamento, vulnerabilidade social, trajetórias, índice.

1. Introdução

O termo vulnerabilidade tem sido explorado e utilizado com certa frequência por grupos acadêmicos e entidades governamentais, adquirindo uma posição estratégica aos estudos focados na questão da adaptação de sistemas socioecológicos frente a mudanças climáticas e ambientais (ADGER, 2006). Apesar das diferenças e diversidades conceituais de vulnerabilidade, não há uma definição de vulnerabilidade mais representativa que outra no campo científico (EAKIN; LUERS, 2006), o que pode potencializar o uso do termo vulnerabilidade como um conceito mediador, capaz de facilitar o diálogo entre profissionais com distintas visões disciplinares e políticas. O conceito mediador pode ser traduzido na forma de objetos mediadores, operacionalizando ideias e conceitos de forma a estabelecer uma melhor comunicação entre pesquisadores e tomadores de decisões. São desenvolvidos na fronteira entre os discursos heterogêneos por apresentar características multifuncionais e possuir função cognitiva como a transferência de conceitos e métodos, funcionando assim como um meio de tradução (FEITOSA; MONTEIRO, 2012).

Nessa direção, este trabalho apresenta uma análise temporal da vulnerabilidade da região litorânea que compreende os municípios de Caraguatatuba e São Sebastião, baseada na metodologia de operacionalização do conceito de Vulnerabilidade Socioecológica apresentada por Anazawa et al. (2012a). Buscou-se explorar o potencial do Índice de Vulnerabilidade Socioecológica – IVSE (ANAZAWA et al., 2012a), compreendido como um objeto mediador, refinar a seleção das variáveis que compõe o IVSE, considerando a realidade da área de estudo e a disponibilidade de dados, bem como identificar e caracterizar grupos de indivíduos e seus territórios em situação de vulnerabilidade socioecológica nos anos 1991 e 2000. Neste trabalho também foi analisada a evolução das situações de vulnerabilidade socioecológica através da definição de uma Tipologia de Trajetórias, assim como realizado em Anazawa et

al. (2012b e 2012c). Este artigo complementa os trabalhos anteriores apresentando a discussão sobre a utilização dos dados secundários na construção de índices sintéticos. A análise temporal do presente trabalho é baseada na construção do IVSE a partir dos dados obtidos pelos Censos Demográficos dos anos de 1991 e 2000, realizados pelo IBGE. A construção do IVSE para o ano 2010 não foi realizada, pois os dados de rendimento e educação do Censo Demográfico 2010 não foram disponibilizados em tempo hábil em sua versão “resultados definitivos”, até o fechamento das análises deste trabalho. A atual versão do IVSE deverá sofrer adaptações, substituindo o indicador “educação do chefe de família” por “alfabetização do chefe de família”, uma vez que a forma de coleta deste dado foi modificada em 2010. A metodologia proposta deverá acomodar as adaptações e os dados do Censo 2010, apresentando uma trajetória de 1991 a 2010.

A construção de índices multidimensionais envolve uma complicação adicional: tornar comparáveis dados de diferentes fontes, produzidos a partir de escalas distintas, com cobertura e distribuição espacial e temporal diversas, levando à busca de formas alternativas e aproximadas para imputar dados faltantes e a construção de aproximações adequadas e representativas de informações inexistentes partindo de outros dados relacionados. Para acomodar estas necessidades, os índices propostos nesta dissertação foram construídos sobre uma base celular espaço-temporal. Esta base, criada em um banco de dados integrado a um sistema de informação geográfica (SIG), permitiu a realização de análises integradas mais complexas, a partir do tratamento de dados da paisagem físico-natural e de dados socioeconômicos desagregados territorialmente.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende os municípios de Caraguatatuba e São Sebastião, localizados no Litoral Norte do Estado de São Paulo (Figura 1). Estes municípios se destacam pelas atividades relacionadas à indústria do turismo e por abrigar equipamentos como o Porto de São Sebastião, administrado pela DERSA e o Terminal Marítimo Almirante Barroso (TEBAR), operado pela Petrobrás e especializado na carga e descarga de petróleo e derivados. Caraguatatuba apresenta uma área de 485,377 km² e população de 100.840 habitantes (IBGE, 2010). Já São Sebastião possui área de 400,387 km² e população de 73.942 habitantes (IBGE, 2010). Suas densidades demográficas são 207,76 e 184,68 habitantes/km², respectivamente.

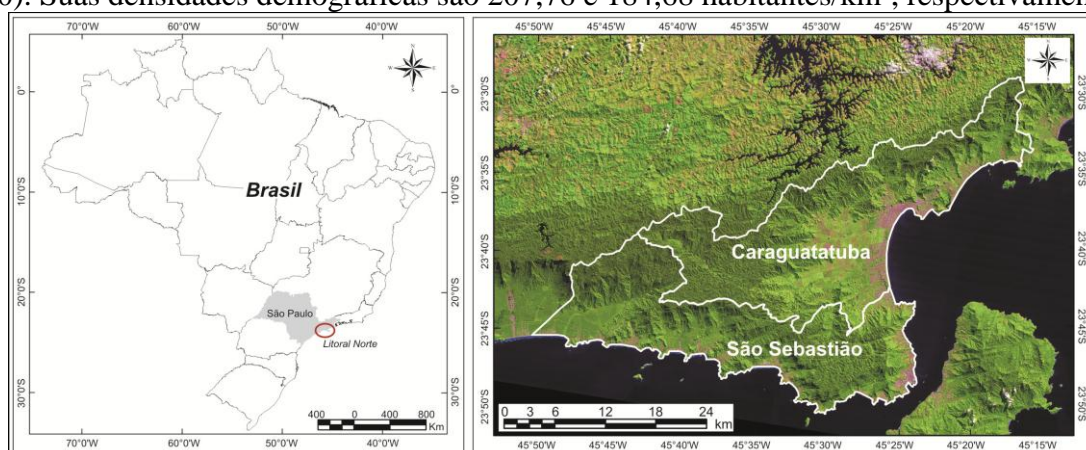


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2. Construção do Índice de Vulnerabilidade Socioecológica (IVSE)

Considerando as características dessa região litorânea e o arcabouço conceitual apresentado, os indicadores utilizados (Tabela 1) foram construídos para representar o estado de cada categoria de capital (social, humano, financeiro e físico-natural) nos anos 1991 e 2000, que constituem o IVSE síntese.

Tabela 1 - Indicadores utilizados para a composição do IVSE.

Indicador	Fonte dos dados	Capital	Índice Final
Chefe de família mulher sem instrução	IBGE	Social	IVSE Índice de Vulnerabilidade Socioecológica
Índice de Isolamento a pobreza	IBGE		
Escolaridade do chefe de família	IBGE	Humano	
Alfabetização dos filhos	IBGE		
Razão de dependência	IBGE		
Rendimento do chefe de família	IBGE	Financeiro	
Domicílios próprios	IBGE		
Cobertura de rede de abastecimento de água	IBGE	Físico-Natural	
Cobertura de esgotamento sanitário	IBGE		
Cobertura de coleta de lixo	IBGE		
Declividade	DAEE		
Forma do terreno	INPE		
Proximidade à rede de drenagem	DAEE		
Proximidade ao mar	INPE		
Risco tecnológico	INPE		

2.3. Procedimentos Metodológicos

2.3.1. Construção do IVSE

As etapas de trabalho consistiram, inicialmente, na reconstrução dos setores censitários do ano de 1991. Em seguida, as áreas ocupadas foram delimitadas através de dados de sensoriamento remoto. Esta etapa foi necessária uma vez que os setores censitários são delimitações exclusivamente operacionais, que não necessariamente consideram a maneira como a população se distribui espacialmente. As áreas ocupadas foram delimitadas através de uma classificação supervisionada pelo método de Bhattacharya. Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5 TM, cena 218/76 de 29 de abril de 1999 e cena 218/76 de 09 de julho de 1990 (bandas 1, 2 e 3), datas próximas a coleta de dados censitários. A utilização da imagem de 1990 e 1999 foi necessária em virtude da presença de nuvens nas imagens adquiridas no ano de 1991 e 2000. Uma fase de pós-processamento para edição matricial do mapa temático foi também realizada. Estas operações foram realizadas no sistema Spring 5.1 (CAMARA et al., 1996).

Para o cômputo do IVSE, foi necessário a construção de uma base celular para a integração dos dados provenientes de diversas fontes. Dados censitários e dados obtidos através do Sensoriamento Remoto foram integrados a partir de um banco de dados geográficos no Terraview 4.1 (TERRAVIEW, 2011) e redistribuídos em um espaço celular constituído por células regulares com dimensões de 100 X 100m. Cada célula foi preenchida com as variáveis indicadoras selecionadas através de operadores de síntese, conforme metodologia apresentada em Aguiar et al. (2008). Para o cômputo final, após as devidas transformações sobre os indicadores simples, estes são somados e escalonados para compor índices compostos que representam cada uma das quatro categorias de ativos (capital humano, financeiro, social e físico-natural). Estes índices compostos, por sua vez, são também somados e escalonados para dar origem a um índice sintético final, o Índice de Vulnerabilidade Socioecológica (IVSE).

2.3.2. Construção das medidas de Vulnerabilidade

A fim de viabilizar uma visão mais integrada do conceito de vulnerabilidade socioecológica, foram propostas a associação do IVSE a algumas formas de representação gráfica, como os mapas de superfícies de vulnerabilidade socioecológica, construídos a partir da espacialização do IVSE e dos índices que o compõe. Outra técnica de representação adotada foi o estabelecimento de polígonos que descrevem os perfis de ativos associados a cada célula, no qual cada vértice representa o grau de acesso das famílias ali localizadas a alguma categoria de ativos. Esta estratégia de representação é complementar à leitura dos mapas de vulnerabilidade sintéticos, permitindo, por exemplo, verificar como células que possuem graus semelhantes de vulnerabilidade diferem em termos do perfil de ativos das famílias que lá vivem.

A definição de Tipologias de Trajetórias de Vulnerabilidade Socioecológica inicia-se com o cálculo da diferença dos níveis de vulnerabilidade observados em cada célula no ano de 1991 e ano 2000, denominadas de trajetórias. A partir do cálculo realizado foi estabelecida uma escala com valores distribuídos entre -1 e 1. Sobre esta escala, foram definidos intervalos para a classificação das Trajetórias de vulnerabilidade, como mostra a Figura 2:

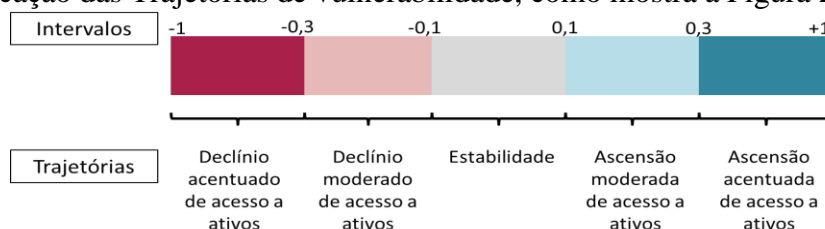


Figura 2 - Intervalos e Trajetórias determinados a partir da diferença dos anos 2000 e 1991.

Além do cômputo das Trajetórias, foram definidas três classes de vulnerabilidade socioecológica para o ano de 1991: maior, intermediária e menor, definidas por um processo de fatiamento do mapa de superfícies do IVSE síntese. A partir de uma análise da relação entre a condição inicial de vulnerabilidade em 1991 e a quantidade de células contidas em cada Trajetória, foram definidas seis Tipologias de Trajetórias de vulnerabilidade socioecológica mais expressivas (Tabela 2).

Tabela 2. Definição das tipologias de trajetórias de vulnerabilidade

Tipologia de trajetória		Descrição
Tipologia 1 (T1)	Estabilidade	Células que apresentaram uma trajetória das condições de vulnerabilidade sem alterações significativas, ou seja, a trajetória estável.
Tipologia 2 (T2)	Declínio dos que apresentam menor vulnerabilidade	Células que apresentavam condições iniciais de baixa vulnerabilidade e que apresentaram ao longo deste intervalo de tempo um declínio moderado ou acentuado em suas condições de vulnerabilidade.
Tipologia 3 (T3)	Declínio dos que apresentam vulnerabilidade intermediária	Células que apresentavam condições iniciais de vulnerabilidade intermediária e que possuem as trajetórias declínio acentuado e moderado de acesso a ativos.
Tipologia 4 (T4)	Ascensão dos que apresentam menor vulnerabilidade ou vulnerabilidade intermediária	Células que apresentavam condições iniciais de vulnerabilidade intermediária e baixa, que possuem as trajetórias ascensão acentuado e moderado de acesso a ativos.
Tipologia 5 (T5)	Declínio dos que apresentam maior vulnerabilidade	Células que apresentavam condições iniciais de maior vulnerabilidade, que possuem as trajetórias declínio acentuado e moderado de acesso a ativos.
Tipologia 6 (T6)	Ascensão dos que apresentam maior vulnerabilidade	Células que apresentavam condições iniciais de alta vulnerabilidade, que possuem as trajetórias ascensão acentuada e moderada de acesso a ativos.

3. Resultados e Discussões

Com a construção de superfícies de vulnerabilidade socioecológica, a partir do índice sintético IVSE para os anos de 1991 e 2000, foi possível observar a heterogeneidade das condições de vulnerabilidade nas distintas regiões dos municípios (Figura 3 e 4). A região central de ambos os municípios foram identificadas como menos vulneráveis. Já os extremos sul e norte de Caraguatatuba, bem como a costa sul de São Sebastião, foram identificadas como áreas de maior variabilidade quanto ao acesso da população às várias categorias de ativos.

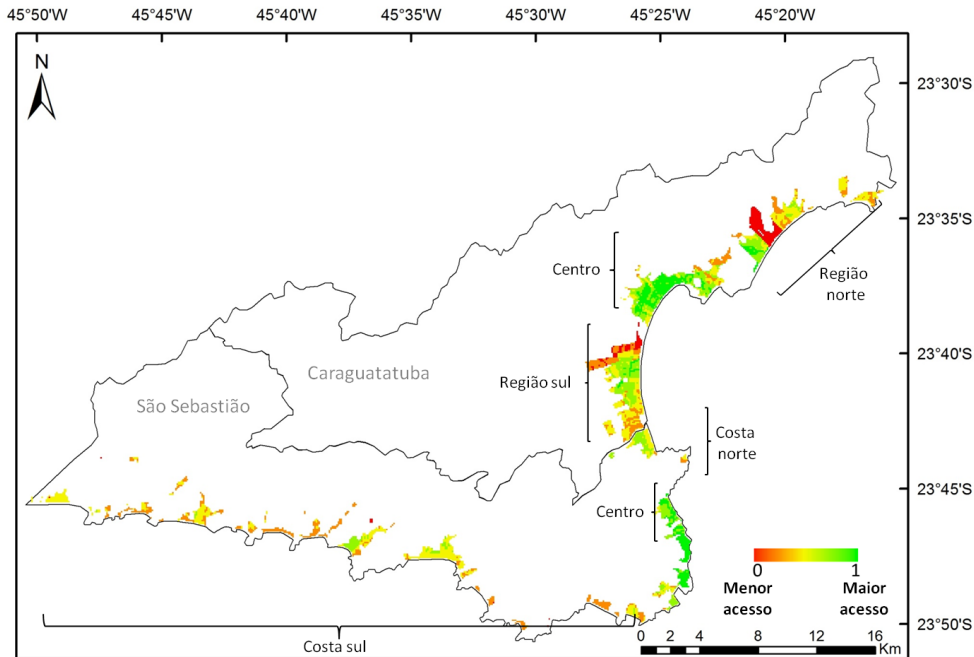


Figura 3. Espacialização do IVSE sintético para o ano 1991.

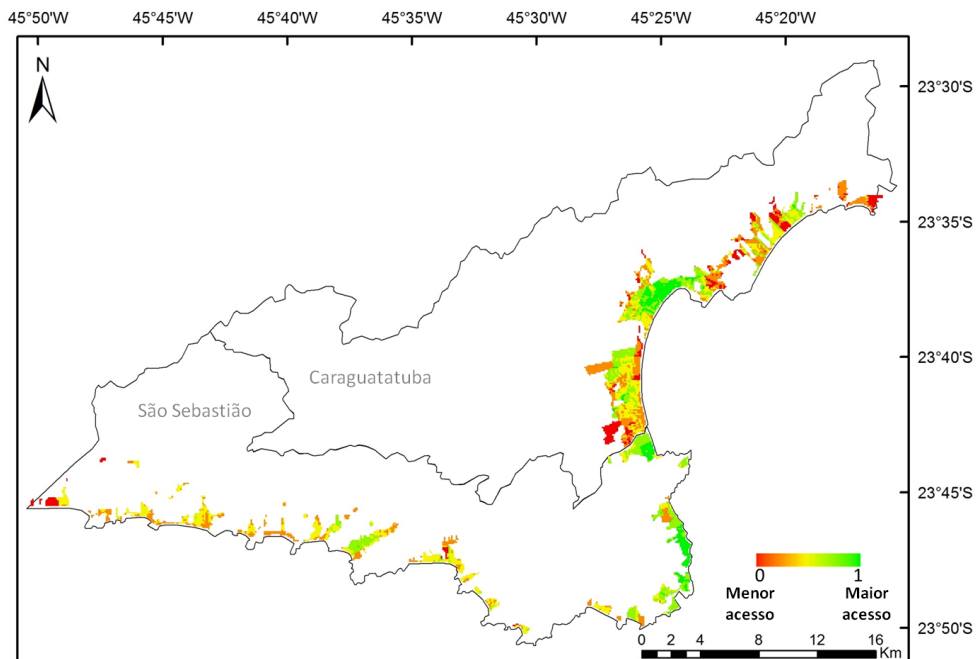


Figura 4. Espacialização do IVSE sintético para o ano 2000.

As superfícies de vulnerabilidade socioecológica são capazes de subsidiar análises mais generalizadas, que conduzem a um primeiro olhar sobre o problema no qual é possível

identificar as áreas menos e mais vulneráveis. No entanto, para complementar o Painel de Observações, composto pelos mapas de superfícies de vulnerabilidade, é possível incluir componentes adicionais que permitem análises mais detalhadas sobre as condições de vulnerabilidade em distintos pontos da área de estudo: Perfis de Ativos, verificações remotas e verificações em campo. A situação 1 exemplifica a construção do Painel de Observações.

Situação 1: Em Caraguatatuba, no bairro Jetuba (Figura 5a), a célula selecionada apresenta um Perfil de Ativos bastante assimétrico (Figura 5c), cujos acessos se dão de forma diferenciada entre os capitais e os anos analisados. O acesso ao capital físico-natural é baixo e permaneceu sem grandes alterações ao longo de dez anos, com destaque para a falta de esgotamento sanitário na região. Com a verificação remota e em campo (Figura 5e 5f), foi possível observar que a área é consolidada, com casas de baixo-médio padrão, sem ruas asfaltadas, com condições pouco adequadas de infraestrutura. Em relação aos acessos aos capitais humano e financeiro, estes tiveram uma redução considerável quando comparados os anos de 2000 e 1991. A queda no acesso ao capital financeiro foi decorrente da diminuição da proporção de domicílios próprios e do rendimento dos chefes de família. Já a redução do acesso ao capital humano foi decorrente do aumento da razão de dependência e da diminuição dos níveis escolaridade do chefe de família. Cabe salientar aqui que, para a construção do IVSE, as considerações sobre o aumento ou diminuição de acesso a um determinado ativo são sempre relativas, ou seja, comparativas em relação à situação vigente nas demais regiões da área de estudo. Por exemplo, a constatação de uma diminuição da escolaridade dos chefes de família da célula apresentada na Figura 5c não significa dizer que os chefes residentes nesta célula apresentaram um grau de escolaridade mais baixo em 2000 do que em 1991. Neste caso, significa dizer que os níveis de escolaridade na célula em questão podem ter permanecido em uma situação de estabilidade ou mesmo de pequena melhoria, porém, quando comparada à média da cidade, apresentou valores menores. Este aspecto relacional do índice é desejável visto que níveis de escolaridade que garantiam acesso a uma série de oportunidades no ano de 1991, podem ser considerados insuficientes com o passar do tempo.

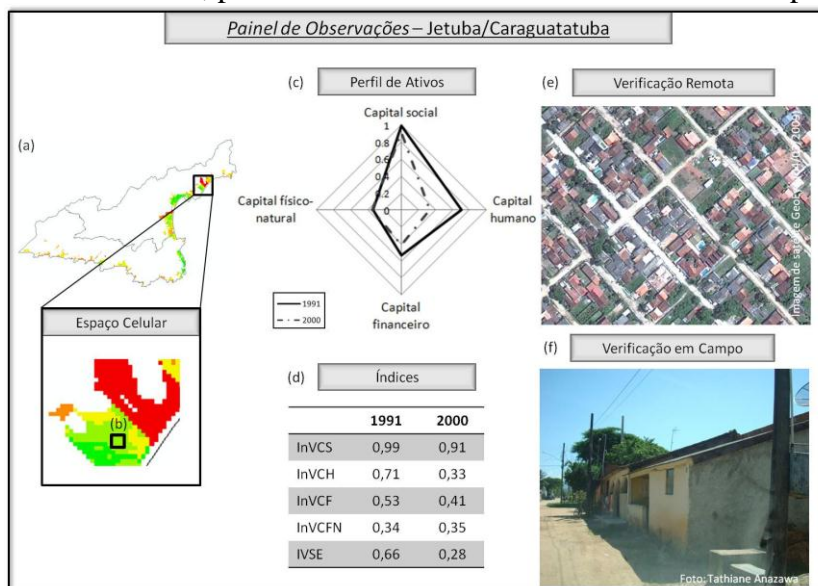


Figura 5- Painel de Observações: Situação 4 – Mapa sintético do IVSE-1991 com a localização do bairro Jetuba (a); localização da célula (b); a composição dos Perfis de Ativos da célula escolhida (c); os valores dos capitais e do IVSE em 1991 e 2000, da célula escolhida (d); verificações remotas (e); e em campo (f).

Numa tentativa de verificar quais ativos que influenciaram a condição de vulnerabilidade socioecológica durante o período considerado, as análises de tipologias de trajetórias foram adicionadas ao painel de observações para a ilustração de uma situação, descrita abaixo:

Situação 2: Localizada no sertão de Maresias (Figura 6a), do município de São Sebastião, esta célula apresentou a Tipologia 3 – declínio dos que apresentam vulnerabilidade intermediária (Figura 6b). Este resultado é uma consequência de um declínio acentuado do capital físico-natural, já que os demais capitais apresentaram Trajetória estável ou de ascensão moderada (Figura 6c). A redução de acesso aos ativos do capital físico-natural, não acompanhou as melhorias de saneamento ocorridas no município. Em Maresias, a população local sofreu com os impactos negativos do crescimento das atividades turísticas nos últimos anos. Incapazes de acompanhar a valorização imobiliária dos terrenos localizados na orla, caiçaras que antes residiam no bairro passaram a residir em áreas antes destinadas à agricultura, com condições mínimas de infraestrutura. Fato este que se perdura até os dias atuais, segundo observações realizadas em campo. A partir das verificações remota (Figura 6f) e em campo (Figura 6g), foi possível observar que esta célula, localizada no sertão de Maresias apresenta um padrão de ocupação disforme, sem arruamentos e loteamentos definidos. O rápido crescimento e adensamento ocorrido na área, não pôde ser acompanhado pela infraestrutura local, indicando uma deficiência no acesso aos serviços de saneamento básico que teve reflexos na Trajetória do capital físico-natural.

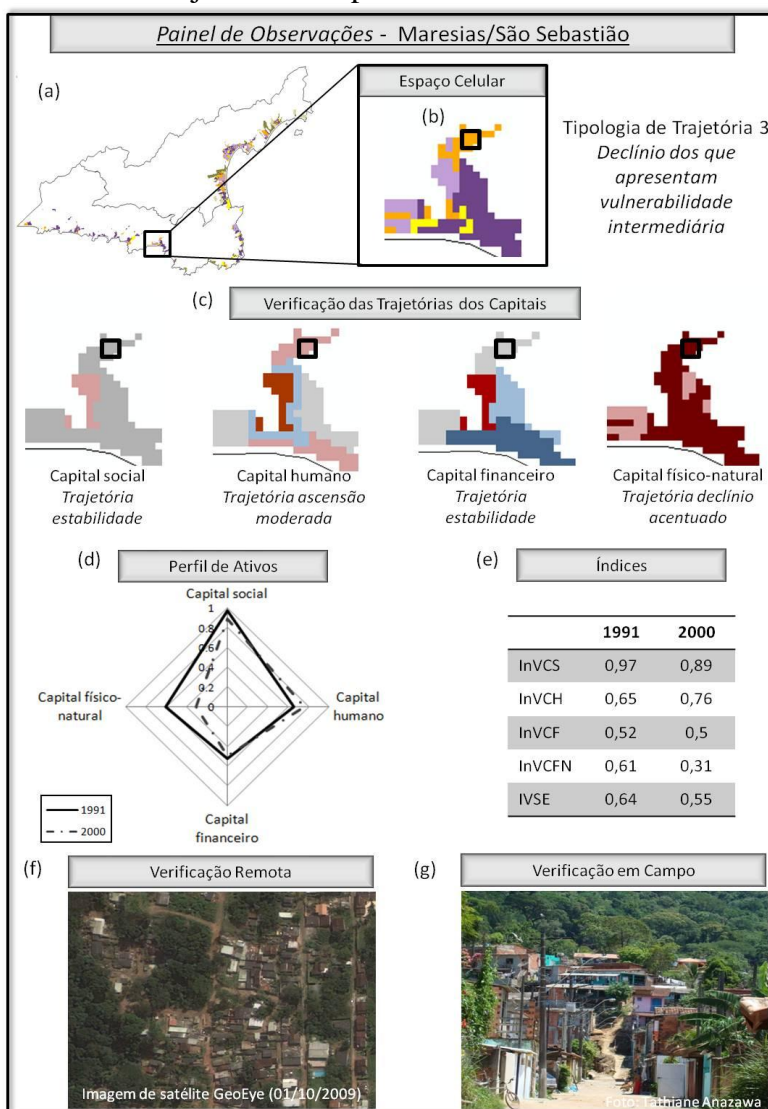


Figura 6- Painel de Observações: localização do bairro Maresias, em São Sebastião (a); localização da célula escolhida e sua Tipologia de Trajetória (b); verificações das Trajetórias dos capitais (c); composição dos Perfis de Ativos da célula escolhida (d); valores dos capitais e do IVSE em 1991 e 2000, da célula escolhida (e); verificação remota (f); e verificação em campo (g).

4. Considerações Finais

Este trabalho buscou compreender a vulnerabilidade para além de mapas sínteses, apresentando novas perspectivas de leituras da cartografia da vulnerabilidade, de forma multidimensional. O Painele de Observações deste trabalho incluiu uma análise temporal, verificada pela análise de Tipologias de Trajetórias, indicando as modificações ocorridas no conjunto de propriedades que caracterizam a vulnerabilidade dos grupos de famílias residentes em cada lugar, no período 1991-2000. Os dados gerados por sensoriamento remoto, além dos dados obtidos pelos censos demográficos e dados cartográficos, mostraram-se eficientes para a análise multidimensional das condições de vulnerabilidade das famílias e dos territórios onde vivem. Contudo, foram apresentadas limitações dos dados utilizados, como por exemplo, os dados censitários. Nas análises das trajetórias, não é possível afirmar, por exemplo, se possíveis alterações nas condições de vulnerabilidade de um determinado lugar são decorrentes de uma mudança das características de famílias que permaneceram residindo no local durante o período analisado, ou se é resultado de um processo de mobilidade que trouxe consigo novos residentes para a área.

A proposta de uma abordagem conceitual, sua operacionalização e análises, revelam o esforço analítico de uma ferramenta que traz embutida em seus cálculos a busca por uma captura da dinâmica da realidade e o não conformismo com as cartografias paradas no tempo e no espaço. Evidenciam ainda, a necessidade de trabalhos que tratem da vulnerabilidade em um contexto de perigos de múltiplas naturezas e que são constitutivos de riscos diferenciados, evitando a redução de sua complexidade e orientação da ação política para observar apenas a resposta a um perigo particular e imediato.

5. Referências Bibliográficas

- ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268-281, 2006.
- AGUIAR, A. P.; ANDRADE, P. R.; FERRARI, P. G. **Preenchimento de células**. 2008. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/docs/tutorial/Aula15.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2010.
- ANAZAWA, T. M. ; FEITOSA, F. F. ; MONTEIRO, A. M. V. Indicadores territoriais de vulnerabilidade socioecológica: uma proposta conceitual e metodológica e sua aplicação para São Sebastião, litoral norte paulista. In: MARANDOLA JR., E.; OJIMA, R. (Ed.). **Mudanças climáticas e as cidades: população, urbanização e adaptação**. (No prelo) Publicação prevista para novembro, 2012a.
- ANAZAWA, T.M.; FEITOSA, F.F; MONTEIRO, A.M.V. Análise temporal da vulnerabilidade socioecológica no Litoral Norte de São Paulo: indicadores territoriais, perfis de ativos e trajetórias. In: Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, 5., 2012, Montevideo. **Anais...** Montevideo: ALAP, 2012b.
- ANAZAWA, T. M.; FEITOSA, F. F.; MONTEIRO, A. M. V. Vulnerabilidade Socioecológica nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião, Litoral Norte de São Paulo: Medidas, Perfis de ativos e Trajetórias. In: Encontro Nacional da ANPPAS, 6., 2012, Belém. **Anais...** Belém: ANPPAS, 2012c.
- CAMARA, G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 31, p. 365-94, 2006.
- FEITOSA, F. F.; MONTEIRO, A. M. V. Vulnerabilidade e Modelos de Simulação como Estratégias Mediadoras: Contribuição ao Debate das Mudanças Climáticas e Ambientais. **Revista Geografia**, v. 37, p. 289-305, 2012.
- IBGE. **Resultados do universo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010a. 443 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>. Acesso em: 10 Jun. 2011.
- TERRAVIEW. **TERRAVIEW 4.1.0**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview>. Acesso em: 01 jun. 2011.