

Análise do fator de risco declividade para a cidade de Niterói – RJ, 1988 e 2009

Dennis Rodrigues da Silva¹
Julia Célia Mercedes Strauch¹
Luciana Mara Temponi de Oliveira¹

¹ Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE/IBGE
Rua André Cavalcanti, n. 106, CEP 20231-050, Rio de Janeiro- RJ, Brasil
dennisrodriguesdasilva@brazilmail.com, Julia.strauch e Luciana.Oliveira{ @ibge.gov.br }

Abstract. Given the increasing urban expansion of Brazilian municipalities is necessary to adopt methodologies that employ data available to assess how this phenomenon occurs and support the planning. So this paper presents a methodology for analyzing urban sprawl in the Niterói city in the period 1988 to 2009 and discover the existence of urban areas where slope classes is not recommended for construction. So, this paper uses the concept of risk factor and the slope used as such. The proposed methodology employs LANDSAT images for the two periods and the digital database of the Niterói City Hall. The methodology consists of activities of image processing and spatial analysis: namely, images registration, classification of urban area in 2009, change detection in the period 1988 -2009, generation of digital terrain model, extraction of slope classes and spatial analysis. As a result it was observed that the urban areas of Niterói are in areas recommended for construction, but there are areas where recent urban expansion was steeper than that permitted. This fact leads to a need for monitoring for those areas not more dense.

Keywords: urban sprawl, slope as risk factor, expansão urbana, declividade como fator de risco

1. Introdução

A urbanização das grandes metrópoles brasileiras iniciou-se nos fins do século XIX e não veio acompanhada de algumas precauções que deveriam ser observadas para garantir um espaço urbano saudável para se viver. O resultado foi a criação de um urbano onde as pessoas enfrentam diversas questões no seu dia a dia tais como violência, engarrafamentos, problemas ambientais, etc.

Dentre essas questões destacam-se os problemas ambientais e, conseqüentemente, os riscos ambientais ao qual a população se encontra submetida devido a uma série de fatores, dentre os quais se sobressaem a construção de moradias em áreas *non aedificandi* nas cidades (morros de altas declividades, várzeas de rios), a construção de casas vulneráveis a intempéries do clima (tornados, furacões, secas), a negligência por parte dos poderes públicos quanto aos cenários futuros de riscos e a maior exposição de pessoas nas áreas de risco devido a grandes correntes migratórias.

Segundo GEGEP (2008), os riscos ambientais no Brasil são regionalizados por conta dos diferentes domínios naturais existentes. Por exemplo, observa-se que a região sudeste, onde estão localizadas as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, têm nos riscos geomorfológicos e hidrológicos como os mais recorrentes. As áreas de riscos dessa região são as áreas das várzeas, predominantes em São Paulo, e as encostas íngremes de elevações, predominantes no Rio de Janeiro. Periodicamente são noticiados para essas regiões metropolitanas desastres ocorridos em suas áreas de riscos, causando danos, prejuízos e até perdas de vida.

Existem diversos fatores que compõem o risco geomorfológico: declividade; mecânica de solos; exposição de pessoas nas áreas de riscos; padrão de construção das casas situadas nas áreas de riscos; hidrologia do local, entre outros. Desses fatores, o fator declividade tem sido o mais utilizado para trabalhar o risco, como pode ser observado em GEGEP (2008). Isto se deve ao fato da declividade ser um tipo de dado de fácil aquisição pelos órgãos responsáveis

pelo gerenciamento de risco, aliado ao emprego das geotecnologias: Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas.

Nas cidades brasileiras o gerenciamento de riscos não é presente ou não é permanente. Por exemplo, expõe-se aqui a região metropolitana do Rio de Janeiro, onde apenas a cidade do Rio de Janeiro apresenta um acompanhamento contínuo para áreas dos riscos ambientais. Muitas das cidades da região metropolitana do Rio de Janeiro apresentam a fisiografia e tipos de áreas de riscos semelhantes as da cidade do Rio de Janeiro, mas não contam com o mesmo monitoramento de risco presente na capital do estado.

Uma dessas cidades onde não há esse gerenciamento de risco é a cidade de Niterói. Com uma população de 479.384 habitantes e área territorial de 129,38 km² (IBGE, 2009), e reconhecida em termos nacionais como uma das cidades com melhor qualidade de vida no Brasil, Niterói, apresentada na Figura 1, não conta com um gerenciamento de risco, mesmo tendo características semelhantes a da cidade do Rio de Janeiro no que se refere à fisiografia e composição de áreas de riscos: área com morros mais ao interior da cidade e planícies nas áreas mais próximas ao mar.

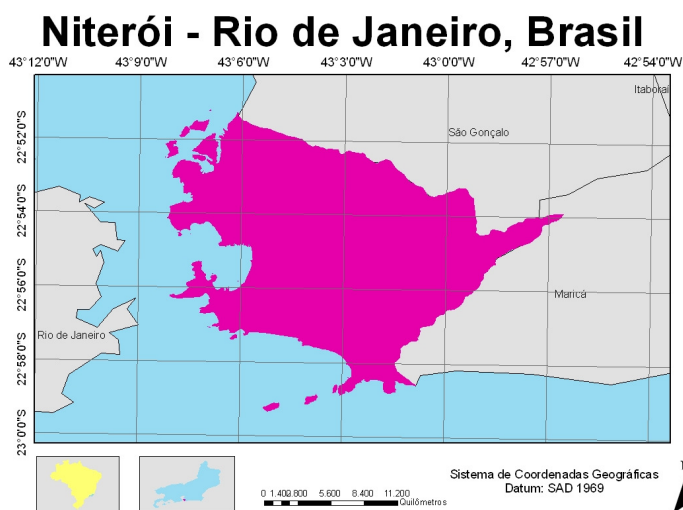


Figura 1. Localização da Cidade de Niterói – Rio de Janeiro, Brasil

Destarte, este trabalho propõe usar a declividade como fator de risco para subsidiar o monitoramento de áreas de risco e associá-la ao mapa contendo a expansão urbana de Niterói no intervalo de mais 21 anos (1988 – 2009). Neste trabalho é empregado o conceito fator de risco e não risco. Para realizar mapeamento de risco é necessário outros dados, como é recomendado em Surendranath *et al* (2008). O objetivo, portanto, será averiguar a existência de áreas urbanas em determinadas classes de declividade e verificar se no intervalo de tempo proposto no trabalho (1988 – 2009) houve expansão urbana em áreas em que a declividade não é recomendada para construção.

2. Metodologia

2.1 Materiais

Para realizar este trabalho foram utilizados os seguintes materiais: Imagens LANDSAT TM5; bases cartográficas da cidade de Niterói na escala de 1:10.000 e 1:2.000; programas ENVI 4.5 e ARCGIS 9.2 para o processamento digital de imagens e sistematização dos dados geográficos, respectivamente.

As imagens LANDSAT utilizadas foram coletadas no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), imageadas nos períodos úmidos dos anos de 1988 e 2009, pois segundo Foresti (1984), as imagens adquiridas para o tempo úmido são as mais recomendadas para captar o urbano. Das bandas testadas do sensor TM foi escolhida a banda 5, que opera na

faixa do infravermelho médio, com comprimento de onda entre 1,55 a 1,75, por apresentar melhor refletância do urbano.

As bases cartográficas, de onde foram extraídas as curvas de nível e material para registro das imagens, estão nas escalas de 1:10.000 e 1:2.000. Elas foram cedidas pela Prefeitura de Niterói. Ressalta-se, entretanto que essas bases não possuíam todas as articulações encontrando-se incompletas ao sul e a leste nos limites extremos do município, comprometendo em parte o resultado do trabalho.

2.2 Métodos

Os métodos para a realização do trabalho seguiram fluxogramas distintos: um para o processamento digital de imagens e outro para sistematização dos dados em ambiente SIG.

2.2.1 Processamento digital de imagens

A fase de processamento digital de imagens seguiu o fluxograma apresentado na Figura 2.

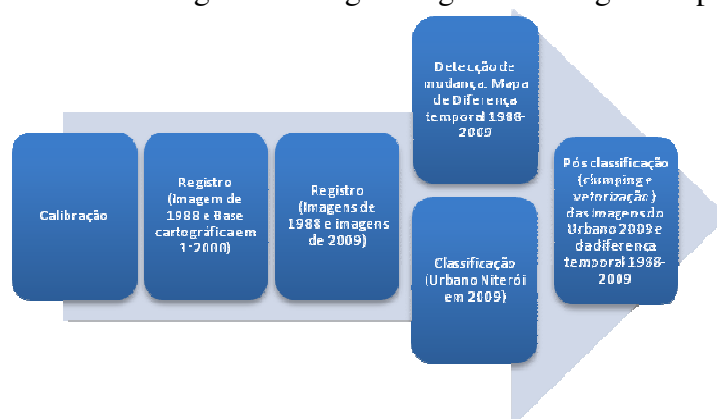


Figura 2. Fluxograma de Processamento Digital de Imagens

Tendo em vista que as imagens apresentavam problemas relacionados a efeitos atmosféricos, foi necessário efetuar a calibração das imagens. A seguir realizaram-se as atividades de registros das imagens de 1988 e 2009. A primeira etapa do registro utilizou a linha de costa como referência para o registro da imagem de 1988, por se considerar mais fácil a visualização dos alvos usados como pontos de controle. Apesar da literatura em sensoriamento remoto não recomendar a utilização da linha de costa para registro de imagens, não houve alternativa, pois não se obteve acesso a outras formas de obtenção de pontos de controle. Após esta atividade foi realizada o registro da imagem de 2009, desta vez baseando na interpretação de pontos de controle entre as duas imagens. Nas respectivas etapas de registro obteve-se um erro médio quadrático de 0,87 e 0,77 de modo a obter tal acurácia para a realização das etapas seguintes, tais como o *change detection – difference map*.

A seguir foi realizada a classificação na imagem registrada de 2009 para obtenção da área urbana de Niterói com o objetivo de obter as áreas onde há concentração de construções. Para isto foi utilizado o método supervisionado MAXVER de modo a obter duas classes: área urbana (área construída); e área não urbana (vegetação, pastos, áreas úmidas). Para cada classe foram coletadas 30 amostras.

Em seguida foi aplicada a técnica *change detection – difference map*, existente no programa ENVI 4.5, para acompanhar a evolução da área urbana entre os anos de 1988 e 2009, obtendo-se o seguinte resultado, exibido na Figura 3.

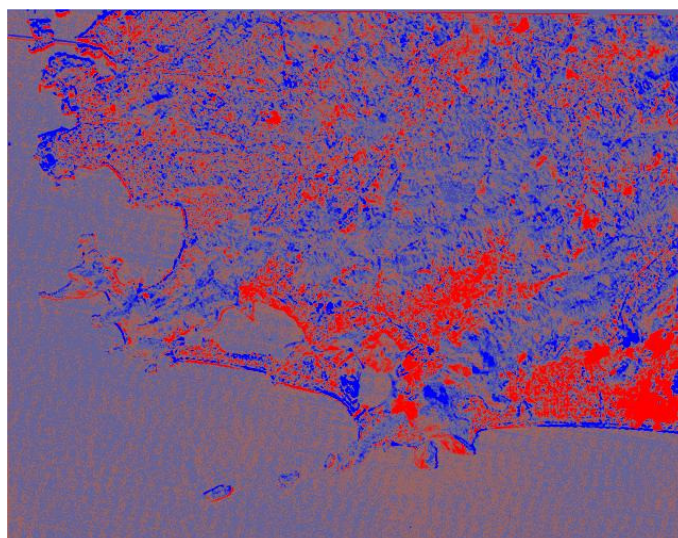


Figura 3. *Change detection – difference map* entre as imagens de 1988 e 2009 de Niterói.

Os resultados são apresentados numa gradação de cor entre o azul e vermelho, onde o azul aponta uma mudança negativa de reflectância e o vermelho aponta mudanças positivas de reflectâncias. Em outras palavras, o azul aponta um possível reflorestamento e o vermelho aponta expansão urbana. Extrai-se deste mapa de diferenças os resultados em vermelho, pois o foco é a expansão urbana.

Para refinar tanto a imagem classificada (urbano de Niterói) quanto o mapa de detecção de mudança entre 1998 e 2009 foi aplicada a operação de *clumping* na atividade de pós-classificação realizada no ENVI. Esse método consiste em uma janela morfológica, semelhante ao filtro passa-baixa, em que se agregam os pixels isolados. Foi escolhido o filtro 3x3 para que não se correr o risco de homogeneização do resultado e, assim, criar um resultado fora da realidade. No fim dessa pós-classificação foi feita uma vetorização, tanto da imagem classificada, quanto do mapa de detecção de mudança entre 1998 e 2009.

2.2.2 Sistematização dos dados em ambiente SIG

A etapa de sistematização dos dados seguiu fluxograma ilustrado na Figura 4.

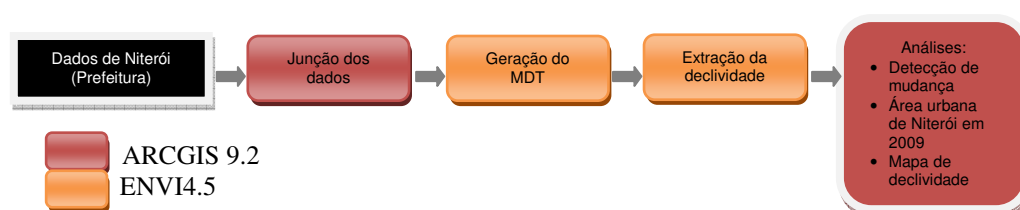


Figura 4. Fluxograma da sistematização dos dados em ambiente SIG.

Inicialmente foi feita a junção dos dados, isto é, das curvas de nível que se encontravam nas bases digitais em 1:10.000. Após a junção das curvas de nível foi gerado o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o mapa de declividades. A seguir estes dados foram sistematizados no ARCGIS 9.2 de forma a possibilitar o cruzamentos entre os planos de informação de declividade e área urbana, declividade e áreas de expansão recentes.

3 Resultados

A primeira análise consistiu em caracterizar a extensão da atual área urbana de Niterói, conforme ilustrado na Figura 5.

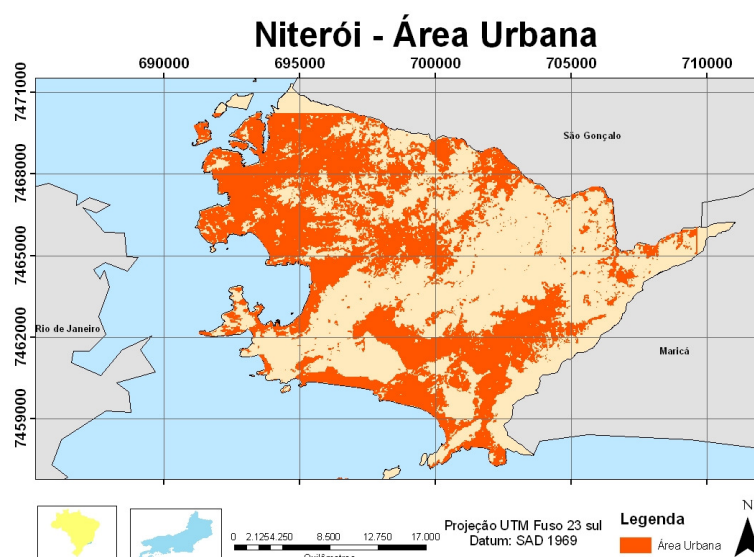


Figura 5. Área Urbana de Niterói

Niterói é um município urbanizado, sendo bastante ocupado na parte noroeste da cidade. Há também uma considerável mancha urbana existente na parte sul da cidade, devido a urbanização recente (AMADOR, 1996). A diferença de área urbanizada nos anos de estudos propostos neste trabalho (1988 e 2009) pode ser observado no mapa da Figura 6.

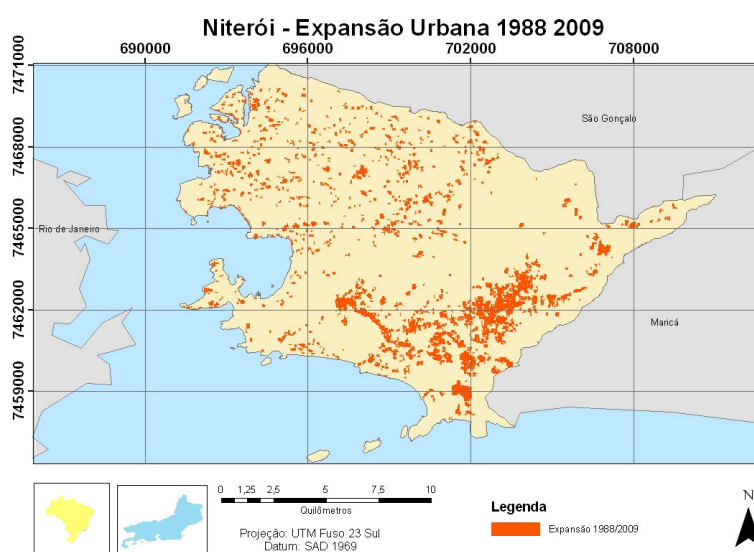


Figura 6. Expansão urbana de Niterói no período de 1988 a 2009

Neste mapa observa-se que houve expansão em todas as áreas do município, mas com maior crescimento na parte sudeste. Em números, foram acrescentados 14,3 km² de mancha urbana. Considerando que o município tem espaço territorial de 129,38 km² e atuais 61 km² de mancha urbana, essa área de 14,3 km² representa o crescimento de 1/4 da área total urbana nestes 21 anos. Como se deu essa expansão, por quais vetores, quais os fatores que contribuíram para essa expansão são questões a serem levadas em conta.

Considerada não como o risco em si, mas sendo um fator importantíssimo e, em boa parte das vezes, balizadora para evitar construções em determinados lugares, a declividade é aqui analisada. No mapa da Figura 7 é exposto o mapa de declividade de Niterói.

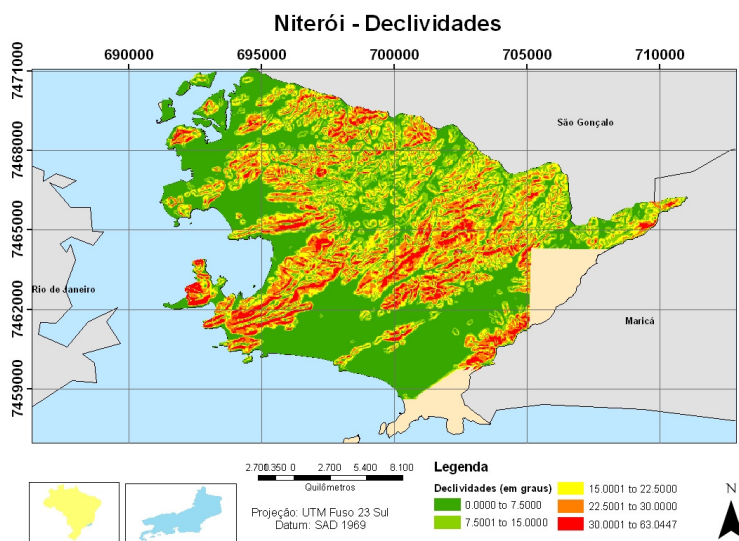


Figura 7. Mapa de declividade de Niterói

As áreas de maior declividade da cidade de Niterói estão localizadas em uma cadeia que vem do sudoeste do município para seu interior. Mais de 70% do município tem áreas com declividade recomendada para construção de acordo com a tabela de declividades recomendadas para construção informadas no GEGEP (2008), conforme apresentado na Tabela 1. As classes de declividades da área urbana de Niterói é apresentado no mapa da Figura 8.

Tabela 1: Distribuição das classes de declividades para o município de Niterói

Declividade	Área (Km ²)	Porcentagem
0° a 7,5°	49,6353512	38,36%
7,6° a 15,0°	22,6454204	17,50%
15,1° a 22,5°	23,9866487	18,54%
22,6° a 30,0°	19,5724067	15,13%
30,1° a 63,1°	8,65566129	6,69%
Área sem análise	4,88451167	3,78%

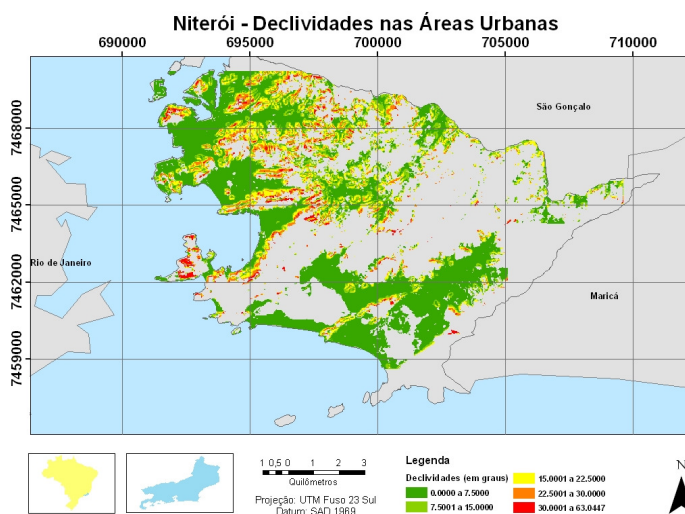


Figura 8. Classes de declividade nas áreas urbanas de Niterói

Conforme pode ser observado no mapa, existem áreas urbanas presentes em áreas não recomendadas para construção de acordo com as classes de declividade. Percebe-se ainda a

predominância de área urbana nas áreas recomendadas para construção. A Tabela 2 mostra em números a quantidade de área urbana nas classes de declividade.

Tabela 2. Distribuição das áreas urbanas nas classes de Declividade

Declividade	Área (Km ²)	Porcentagem
0° a 7,5°	33,7264	55,29%
7,6° a 15,0°	10,131813	16,61%
15,1° a 22,5°	8,4280017	13,82%
22,6° a 30,0°	4,9890069	8,18%
30,1° a 63,1°	1,5475425	2,54%
Área sem análise	2,1772361	3,57%

Observa-se aqui que há predominância de áreas urbanas em declividades permitidas a construção. Um pouco mais de 10% da área urbana atual de niterói está em área não recomendada para construção. A Figura 9 ilustra o mapa apresentando a distribuição das áreas de expansão urbana recente, no intervalo de 1988 a 2009, por classede declividade.

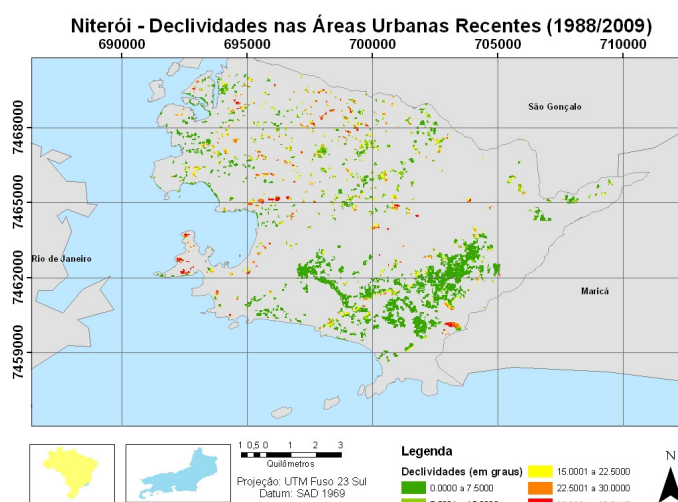


Figura 9. Classes de declividades nas áreas urbanas recentes (1988/2009) em Niterói.

Neste mapa observa-se que mesmo nas áreas de expansão urbana recente houve expansão em algumas áreas com classes de declividades não recomendadas para construção. Observa-se, entretanto, que a expansão urbana recente privilegiou áreas com declividades recomendadas para expansão. Na Tabela 3 observa-se em números essa expansão urbana recente nas diferentes classes de declividade.

Tabela 3: Distribuição das declividades nas áreas de expansão urbana recente (1988-2009)

Declividade	Área (Km ²)	Porcentagem
0° a 7,5°	8,5711374	61,22%
7,6° a 15,0°	1,7475518	12,48%
15,1° a 22,5°	1,4209971	10,15%
22,6° a 30,0°	0,9683043	6,92%
30,1° a 63,1°	0,4655498	3,33%
Área sem análise	0,8264595	5,90%

4. Considerações Finais

Predominantemente as áreas urbanas de Niterói estão em áreas recomendadas para construção, se observadas as faixas de declividade em que são permitidas a construção. A

expansão urbana presenciada no período entre 1988 e 2009 aconteceu em sua maioria nas áreas onde a declividade permite tal expansão. Entretanto, há áreas onde houve expansão urbana recente com declividade acima da permitida. Este fato leva a necessidade de um monitoramento para que essas áreas não se adensem (crescimento vertical) e se expandam (crescimento horizontal), uma vez que ainda há espaço para crescimento em áreas de declividade acima da recomendada para construção.

Acredita-se que tal metodologia utilizada neste trabalho sirva para um município que não conta com qualquer monitoramento de riscos e desastres. É necessário reforçar que aqui não foi averiguado o risco, mas a declividade como fator de risco. Averiguando esse fator de crê-se que seja possível um monitoramento de áreas *non aedificandi* e, dessa maneira colaborar para o planejamento das cidades.

Referências Bibliográficas

Amador, Elmo da Silva. **Baía de Guanabara e Seus Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza**. 1996. 539p. (?). Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

Foresti, Celina. **Impacto Ambiental da Expansão Urbana no Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo: Análises Através de Dados e Técnicas de Sensoriamento Remoto**. In: III Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 1984, Rio de Janeiro. Anais III Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 1984. Artigos, p. ?.

GEGEP-UFPE - Grupo de Engenharia de Encostas e Planícies da Universidade Federal de Pernambuco; Ministério das Cidades. **Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais – Curso de Capacitação**. Recife: CEAD-UFPE, 2008. 193p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cid@des**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 01/02/2010

Surendranath, Mopur; Gosh, Saibal; Goshal, Timir B. Mopur Surendranath, Saibal Ghosh, Timir B. Ghoshal. **Landslide Hazard Zonation in Darjeeling Himalayas: a Case Study on Integration of IRS and SRTM Data**. In: NAYAK, Shailesh;

Zlatanova, Sisi. **Remote Sensing and GIS Technologies for Monitoring and Prediction of Disasters**. Berlin: Springer, 2008. pp 121-135