

ESPACIALIZAÇÃO DE NÚCLEOS URBANOS INFORMAIS LOCALIZADOS EM ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO DE TERRA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SÃO PAULO, BRASIL

¹Alisson Cleiton de Oliveira, ²Cesar Augusto de Moraes Costa, ¹Brenda Oliveira Rocha, ¹Thales Sehn Körtling

¹ Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto - PGSER, Divisão de Observação da Terra e Geoinformática - DIOTG, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, alisson.oliveira@inpe.br; brenda.rocha@inpe.br; thales.korting@inpe.br

² Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada - PGCAP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, cesar.moraes@inpe.br

RESUMO

Escorregamentos de terra podem ser intensificados por influências antrópicas, o que requer planejamento territorial para se mitigar e reduzir prejuízos sociais e econômicos. Este artigo visa diagnosticar a paisagem da área de estudo, localizada no município de São José dos Campos/SP, que contém 119 áreas de riscos de escorregamento, com base na utilização do Índice de Urbanidade (IB) estimado a partir de uma classificação supervisionada orientada a objetos. Dados vetoriais foram obtidos do portal de geoprocessamento da prefeitura de São José dos Campos para a espacialização das áreas de risco de escorregamento e dos núcleos informais. O trabalho permitiu verificar que cerca de 55% das moradias em áreas de risco estão situadas em regiões de núcleos informais.

Palavras-chave — Planejamento territorial, Índice de Urbanidade, Classificação supervisionada.

ABSTRACT

Anthropic influences can intensify landslides events and it requires governance and territory management to minimize social and economic losses. This article characterizes the landscape of the study area located in São José dos Campos, São Paulo state, in which are present 119 landslides risk areas, according to the Urbanity Index (UI) estimated from a supervised object-based classification. All the processed landslides risk areas and of urban informal settlements polygons were downloaded from the official site of the municipality to spatialize both geographic information. The analysis showed that 55% of the residences around risk areas are in regions where exist urban informal settlements.

Keywords — Territory governance, Urbanity Index, Supervised Classification.

1. INTRODUÇÃO

Caracterizados como um processo físico resultante da dinâmica natural do planeta, os deslizamentos de terra podem ser intensificados pela relação antrópica com o meio, o que

implica na necessidade de planejamento territorial e caracterização do uso e cobertura da terra como uma tentativa de reduzir prejuízos sociais e econômicos [1]. Considerando a aplicabilidade do Sensoriamento Remoto e do geoprocessamento em análises ambientais, a avaliação de áreas de risco de escorregamento de terra pode ser aprofundada, principalmente quando associada a regiões de adensamento populacional de elevada precariedade [2].

Dessa forma, uma regionalização mais específica pode facilitar a gestão do risco, que deve incluir medidas preventivas apropriadas e métodos de mitigação aplicáveis, além do melhor direcionamento quanto à expansão urbana e à regularização de ocupações irregulares. Diante de um cenário de mudanças climáticas e de episódios frequentes de chuvas intensas, torna-se fundamental o mapeamento e o monitoramento de áreas com riscos de escorregamento [3].

A Lei Complementar nº 612/2018 de São José dos Campos define núcleos informais como “cortiços, agrupamentos ou habitações precárias, favelas ou loteamento irregulares” [4, p. 34). Existem áreas de risco de desastres naturais no município que são entendidas como áreas que podem ser atingidas por fenômenos ou processos naturais, ou induzidos, com o potencial de causar efeitos adversos a pessoas e de gerar prejuízos econômicos.[5]

Portanto, tendo em vista os aspectos geomorfológicos, climáticos e de ocupação urbana irregular do município de São José dos Campos (SP), o presente trabalho visa diagnosticar a paisagem da área de estudo com base no Índice de Urbanidade (IB) [6], estimado a partir de uma classificação supervisionada de uma imagem do CBERS-4A, sensor WPM, e espacializar, sobre um *grid* contendo células de 1km x 1km, as áreas de risco de escorregamento e os núcleos informais a fim de se situar *clusters* de riscos de escorregamento em regiões de habitações precárias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Localizada na porção leste do estado de São Paulo (Figura 1), a cidade de São José dos Campos possui montanhas, picos e serras na região norte, e um relevo com predominância de

plátos e planaltos na região sul [7]. Possui o clima tropical úmido e, devido às variações no relevo, a pluviometria do município é variável, podendo atingir 1.700 mm anuais nos altos serranos [7]. Com isso, pela acentuada declividade de diversos setores, algumas áreas são caracterizadas como de elevada suscetibilidade natural a escorregamentos, que se tornam áreas de risco quando atreladas à ocupação humana.

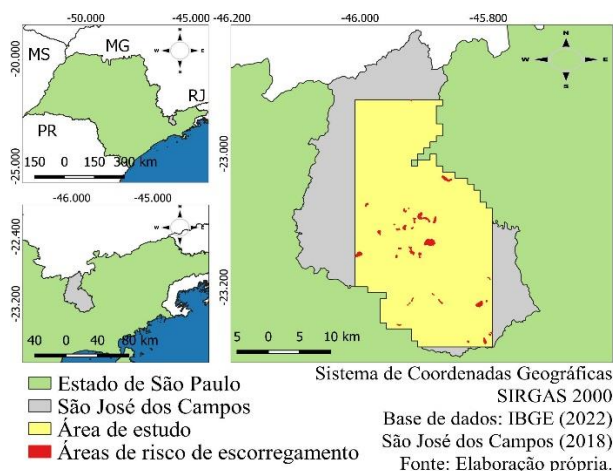


Figura 1: Localização da área de estudo e dos polígonos de áreas de risco de escorregamento.

2.2 Procedimentos metodológicos

2.1.1 Banco de dados e pré-processamento

Os polígonos das áreas de risco de escorregamento e dos núcleos informais foram obtidos no portal de geoprocessamento da Prefeitura de São José dos Campos [8], e se referem aos dados oficiais do Plano Diretor de 2018. Gerou-se uma classificação supervisionada pelo *plugin* GeoDMA 2.0.3 [9] do TerraView 5.6.1. A segmentação, que possibilitou a classificação orientada a objetos, foi realizada em Python com a biblioteca RSGISLib [10]. Utilizou-se uma imagem do sensor WPM de 17 de julho de 2022. O *stack* com as bandas *blue* (0,45-0,52µm), *green* (0,52-0,59µm), *red* (0,63-0,69 µm) e NIR (0,77-0,79µm) foi fusionado com a banda PAN (0,45-0,90µm) para se obter a imagem final com *pixels* de 2m x 2m. No GeoDMA, os atributos espectrais das bandas fusionadas foram extraídos dos objetos e optou-se pela classificação baseada no *Random Forest* presente no algoritmo C5.0 *Decision Trees*, utilizando a função *boosting* com 60 árvores.

2.1.2 Processamento

O índice de urbanidade é calculado a partir da equação: $IB = \log_{10}(U+A/F+W)$, onde:

- U: área total da classe área antrópica não agrícola.
- A: área total da classe área antrópica agrícola.
- F: área total da classe vegetação natural.
- W: área total da classe corpos hídricos.

Para realizar o cálculo do IB, foi necessário reagrupar as classes amostradas em quatro grandes classes (Tabela 1). A classe sombra foi desconsiderada no cálculo desse índice.

Classe agrupada	Classe amostrada	Descrição
Área Antrópica Agrícola (AAA)	Lavoura	Culturas temporárias e permanentes
	Pastagem	Pastos para pecuária
	Solo exposto	Áreas de solo descoberto
Área Antrópica Não Agrícola (AANA)	Telhado alaranjado	Telhas de cerâmica
	Estrutura branca	Estruturas industriais
	Telhado cinza escuro	Telhas de fibrocimento
	Concreto	Asfalto e lajes de concreto
Vegetação Natural (VN)	Vegetação	Vegetação florestal e áreas verdes urbanas
Corpos Hídricos (CH)	Água	Corpos d'água naturais e artificiais
Sombras (S)	Sombra	Sombras projetadas por objetos geográficos

Tabela 1: Agrupamentos das classes utilizadas no IB.

O IB é utilizado no diagnóstico da naturalidade da paisagem sob influência de atividades antrópicas [11] [12]. Após o cálculo do IB, aplicou-se a função *fuzzy linear* no intuito de normalizar os dados no intervalo entre 0 e 1, sendo que 0 significa o grau máximo de naturalidade e 1 designa o grau mínimo de naturalidade [6].

Para a identificação das células que continham áreas de risco de escorregamento, realizou-se a operação de intersecção no QGIS 3.22.7, e o mesmo procedimento foi realizado para a identificação das células que continham núcleos informais. Por fim, foram sobrepostas as células das áreas de risco com as células dos núcleos informais para obter-se a delimitação espacial das células onde existem núcleos informais e que estão sujeitas a escorregamentos.

3. RESULTADOS

Obteve-se a matriz de confusão da classificação do GeoDMA para os 30% das amostras reservados para a validação (Tabela 2). Pontua-se que a confusão entre as classes Área Antrópica Agrícola e Área Antrópica Não Agrícola ocorreu devido à presença de solo exposto em áreas não agrícolas, como canteiros de obras e terrenos baldios em áreas urbanas.

	AAA	AANA	VN	CH	S
AAA	59	4	0	0	0
AANA	0	65	0	0	2
VN	0	0	37	0	0
CH	0	0	0	10	1
S	0	0	0	0	8

Acurácia global: 96,23%

Tabela 2: Matriz de confusão da classificação supervisionada.

A Figura 2A exemplifica o resultado da classificação. A Figura 2B refere-se ao diagnóstico da naturalidade da paisagem das células da área de estudo com os resultados do IB. Observa-se, na porção centro-sul, o predomínio de células com os maiores índices, o que denota regiões de maior influência antrópica. Ao norte, é possível identificar células cujo índice varia de 0 a 0,4, o que indica maior presença de vegetação natural e menor interferência antrópica no meio.

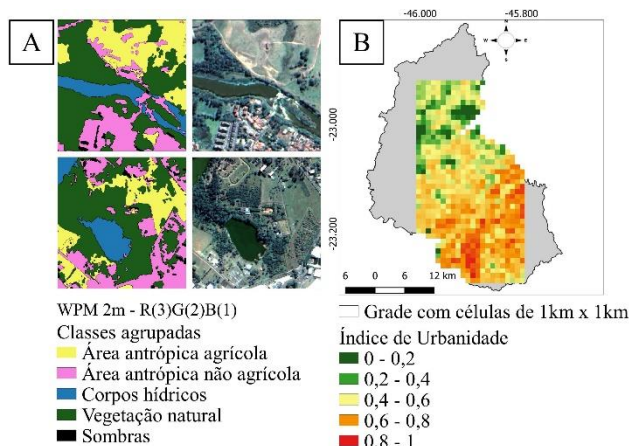


Figura 2: (A) Exemplos da classificação final agrupada e (B) mapa com o índice de urbanidade calculado para as células da área de estudo delimitada a partir das áreas de risco (B).

Com base na intersecção entre os polígonos das áreas de risco de escorregamento com as células da área de estudo, delimitou-se as células com risco de escorregamento. Esse procedimento possibilitou a definição de *clusters* (Figura 3A) onde pôde-se estimar o número total de moradias segundo informações que constam no relatório “Avaliação de Áreas de Risco do Município de São José dos Campos” [5]. Ademais, plotou-se, sobre a grade regular, os polígonos que designam núcleos informais para se delimitar na área de estudo as células que os continham, total ou parcialmente, conforme consta na Figura 3B.

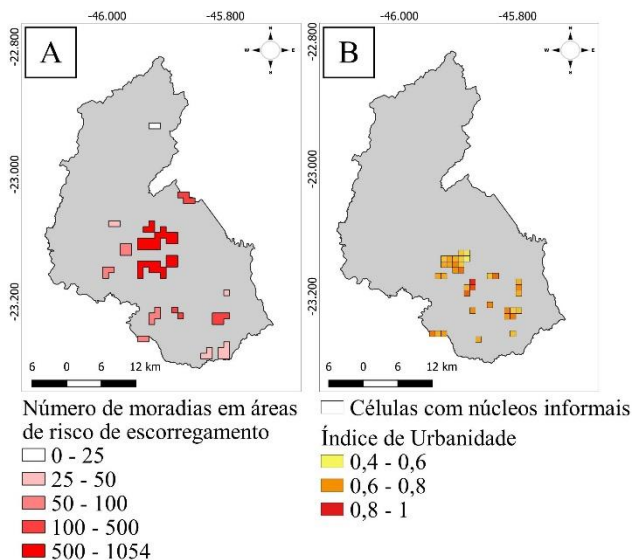


Figura 3: (A) Número de moradias em risco por clusters delimitados a partir de células de risco adjacentes que se tocam e (B) delimitação das células que se intersectam com os polígonos dos núcleos urbanos informais com o índice de urbanidade calculado.

O que se verifica, pela Figura 3A, é que existem dois *clusters* na região central do município com a maior densidade de áreas de risco e que contém o maior número de

moradias em risco. Pode-se visualizar, também, outros dois *clusters* menores, um na região centro-norte e outro na porção sudeste, em que o número de moradias é superior a 100. A Figura 3B, referente à localização das células que contêm núcleos informais, elucida que nessas áreas o índice de urbanidade varia, principalmente, de 0,6 a 1, significando que a naturalidade da paisagem nessas células é baixa, ou seja, a presença de atividades antrópicas é mais extensa e pode existir um maior adensamento da ocupação humana nos núcleos informais e arredores.

Para a espacialização das células onde existem núcleos informais e áreas de riscos de escorregamento, processou-se a intersecção entre as células dos mapas da Figura 3. Dessa forma, a Figura 4 apresenta o mapa dos *clusters* de núcleos informais em áreas de risco.

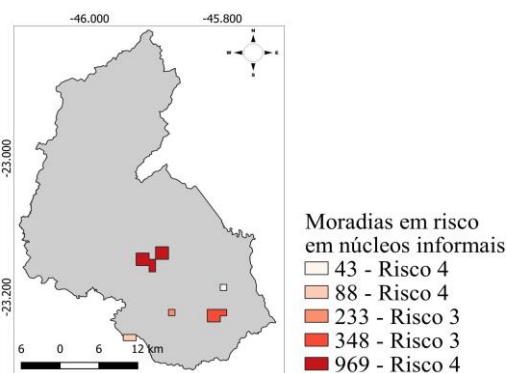


Figura 4: Número de moradias e risco máximo de escorregamento por clusters delimitados a partir de células de risco que se intersectam com células de núcleos informais.

Pode-se visualizar que existem cinco regiões na porção centro-sul da área de estudo em que núcleos informais e áreas de risco de escorregamento coexistem nas proximidades. Percebe-se que, quanto maior o número de células dentro do *cluster*, maior tende a ser a quantidade de moradias em risco, e que muitas dessas moradias designam assentamentos irregulares desprovidos de infraestrutura adequada, como sistema de tratamento de esgoto e pavimentação [13].

No total, existem 3.037 moradias em risco na área de estudo, sendo que 1.681 estão inseridas nas células das regiões da Figura 4, ou seja, mais da metade das moradias em áreas de risco de escorregamento do município estão situadas em áreas onde se localizam núcleos informais.

4. DISCUSSÃO

Grande parte dos loteamentos irregulares do município de São José dos Campos está situada em regiões que, desde 2005, são mapeadas como contendo áreas de riscos de escorregamento [13]. De acordo com o Plano Diretor, pode-se constatar que todos os núcleos informais estão localizados no perímetro urbano do município e que essas áreas são classificadas em Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), isto é: “porções do território ordinariamente ocupadas por Núcleos Informais e destinadas, predominantemente, à

moradia digna para a população de baixa renda por intermédio de melhorias urbanísticas, recuperação ambiental, regularização fundiária” [4, p. 33].

Quando se compara os mapas da Figura 3 é possível constatar que nem todas as células de risco de escorregamento correspondem às áreas onde existem núcleos informais, mas que, no geral, pode-se visualizar uma correspondência entre as células que contêm núcleos informais com os *clusters* que contêm áreas de risco.

O Gráfico 1 destaca a representatividade, em porcentagem, das moradias em assentamentos precários quando se considera o número total das moradias de núcleos informais que estão em áreas de risco em relação ao número total de moradias em áreas de riscos. O que se constata é que 55,35% das moradias presentes em áreas de risco de escorregamento designam assentamentos precários.

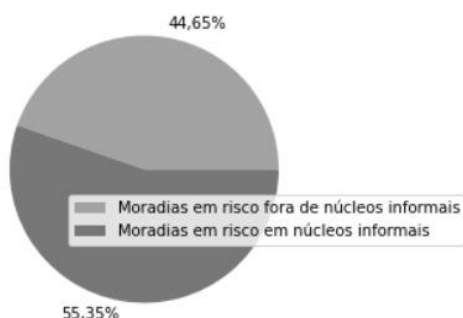


Gráfico 1: Representatividade de moradias em áreas de risco de escorregamento que estão em núcleos informais.

A Figura 4, que espacializa os *clusters* onde há correspondência entre as células dos dois planos de informação, evidencia que na região central do município está presente o maior *cluster* que contém quase mil moradias de baixa renda sob risco de escorregamento, sendo que algumas dessas áreas estão classificadas no risco máximo. A Tabela 3 elenca as localidades onde há núcleos informais sob áreas de risco 4 e o número de moradias.

Risco	Local	Número de áreas	Número de Moradias
4	Jd. Guimarães/Travessa Jaguari	1	13
	Chácara Havaí	3	17
	Águas de Canindú	4	128
	Chácara dos Oliveiras	2	28
	Chácara Miranda	2	14
	Rio Comprido	1	88
	Chácara Araújo	1	14
	Santa Cecília II	1	5
Total	15	307	

Tabela 3: Localidades onde existem núcleos informais associados a risco de escorregamento com grau 4.

5. CONCLUSÕES

O processamento e a análise espacial de dados em grade com células regulares permitem a regionalização de variáveis que podem situar o fenômeno ou o processo estudado, e destacar informações capazes de subsidiar tomadas de decisão. No

presente estudo foi destacado que mais da metade das moradias em áreas de risco de escorregamento do município de São José dos Campos estão situadas em regiões em que há ocupação humana precária. Tais regiões são mapeadas pelo Plano Diretor do município como Núcleos Informais, o que merece atenção por parte do poder público.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Bigarella, J. J, Becker, R. D, Passos, E. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007, 425 pp.
- [2] Sausen, T. M, Lacruz, M. S. P. *Sensoriamento remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 288 pp.
- [3] Voigt, S et al. Global trends in satellite-based emergency mapping. *Science*, v. 353: 247-252 pp. 2016.
- [4] São José dos Campos. *Lei Complementar n. 612, de 30 de novembro de 2018*. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de São José dos Campos e dá outras providências. Boletim do Município, São José dos Campos, n. 2503, p. 1-30, 2018.
- [5] Prefeitura Municipal de São José dos Campos. *Avaliação de Áreas de Risco do Município de São José dos Campos: Relatório Completo do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) FASE I e FASE II*.
- [6] Trevisan, D. P, Moschini, L. E, Mello, B. M. *Avaliação da naturalidade da paisagem do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10: 356-370 pp., 2017.
- [7] Mendes, R. M et al. Estudo de limiares críticos de chuva deflagradores de deslizamentos no município de São José dos Campos/SP (Brasil). *Territorium*, v. 22: 119-129 pp., 2015.
- [8] Geoprocessamento. Prefeitura de São José dos Campos. Disponível em: <<https://www.sjc.sp.gov.br/servicos/urbanismo-e-sustentabilidade/planejamentourbanozoneamento/geoprocessamento/>>. Acesso em: 02 out. 2022.
- [9] GeoDMA 2.0.3. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geodma>>. Acesso em: 07 out. 2022.
- [10] Bunting, P et al. The Remote Sensing and GIS Software Library (RSGISLib). *Computers & Geosciences*, v. 62: 216-226 pp., 2014.
- [11] O’Neil, R. V et al. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, v. 1: 153-162 pp., 1988.
- [12] Wrбка, Thomas et al. Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. *Land Use Policy*, v: 21: 289-306 pp., 2004.
- [13] Gomes, M. F. M et al. Loteamentos irregulares em área de risco no município de São José dos Campos/SP, Brasil. *Risco*, v. 19: 1-19 pp., 2021.