BOAS PRÁTICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA MAPEAMENTO RÁPIDO DE DESLIZAMENTOS

Brenda Oliveira Rocha [1], Thales Sehn Körting[2]

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

Resumo

Principalmente quando atrelados à ocupação urbana irregular, os deslizamentos de terra são caracterizados como fenômenos destrutivos, sendo o Sensoriamento Remoto (SR) uma ferramenta essencial para a realização de análises emergenciais. No presente trabalho, tivemos por objetivo aplicar técnicas já consolidadas de Processamento Digital de Imagens (PDI) para ressaltar as cicatrizes de deslizamentos em Recife (PE), ocorridas em maio de 2022, a partir de imagens do satélite CBERS-4A, sensor WPM. Com a combinação dos produtos, as cicatrizes puderam ser melhor avaliadas por um fluxo rápido de processamento, considerando a necessidade da otimização de processos e a importância do fornecimento de mapas de emergência.

Palavras-chave **—** Deslizamentos, Sensoriamento Remoto, análises emergenciais, processamento de imagens.

Abstract

Mainly when linked to irregular urban occupation, landslides are characterized as destructive phenomena, with Remote Sensing (RS) being an essential tool for carrying out emergency analysis. In the present work, we aimed to apply already consolidated techniques of Digital Image Processing (DIP) to highlight the landslide scars in Recife (PE), which occurred in may 2022, from images of the satellite CBERS-4A, WPM sensor. With the combination of the products, the scars could be better evaluated by a fast processing flow, considering the need for process optimization and the importance of providing emergency maps.

Keywords **—** *Landslides, Remote Sensing, emergency analyses, image processing*

1. INTRODUÇÃO

Considerando o presente cenário de aquecimento global, é incontestável o número eminente de eventos meteorológicos de grande impacto no Brasil e no mundo. Somente no primeiro semestre de 2022, cerca de US$ 72 bilhões foram perdidos em prejuízo às catástrofes induzidas pelo clima no planeta [1] e, no Brasil, o número de óbitos para esse mesmo período é cerca de 57% maior do que o registrado em todo o ano de 2021 [2]. Em relação aos deslizamentos de terra, as ocorrências desencadeadas após episódios de chuvas intensas no país ocasionaram cerca de 3458 mortes no período entre 1998 e 2017 [3]. Logo, a existência de ocupações irregulares em áreas de risco, atrelada a eventos extremos de precipitação, favorecem o desencadeamento de deslizamentos e, consequentemente, o aumento do número de pessoas atingidas.

Dando importância à necessidade de uma análise ampla da área afetada, da extensão e intensidade dos danos e da perspectiva sinótica, a aplicação do Sensoriamento Remoto (SR) é classificada como uma ferramenta essencial para a gestão de deslizamentos [4]. Ainda, o elevado grau de complexidade do cenário pós-evento e a relevância de um melhor direcionamento das atividades de campo, exigem uma análise espacial abrangente e o fornecimento rápido de produtos emergenciais.

A presente pesquisa visa avaliar a aplicação dos principais métodos de PDI em imagens do sensor WPM, do satélite sino-brasileiro CBERS-4A, que melhor ressaltam as cicatrizes de deslizamentos, tendo como estudo de caso as ocorrências desencadeadas em Recife (PE), em junho de 2022. Os produtos gerados serão combinados em uma composição colorida final, a partir de um fluxo rápido de processamento de imagens, considerando a relevância da otimização dos processos e o fornecimento de mapas emergenciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A cidade de Recife (PE) possui cerca de 65% do seu território caracterizado como áreas de morros. Esse aspecto geomorfológico, vinculado à Formação Barreiras e às condicionantes climáticas, favorecem naturalmente o desencadeamento de deslizamentos, que são ainda mais intensificados pelo processo de ocupação urbana irregular no município [5].

Em maio de 2022, uma série de deslizamentos e inundações atingiram o Estado de Pernambuco, após episódios de chuvas intensas, onde foram contabilizadas 122 mortes e cerca de 10 mil pessoas desabrigadas [6]. Dentre os 36 municípios afetados, o *International Charter Space and Major Disasters* [7] identificou 136 cicatrizes de deslizamentos na cidade de Recife, a partir de imagens do HIRI/Pleiades-1B, com 50 cm de resolução espacial. Dentre

as localidades mais afetadas, destaca-se o bairro Barro (Figura 1), onde o maior deslizamento mapeado foi de 4145,910 m².

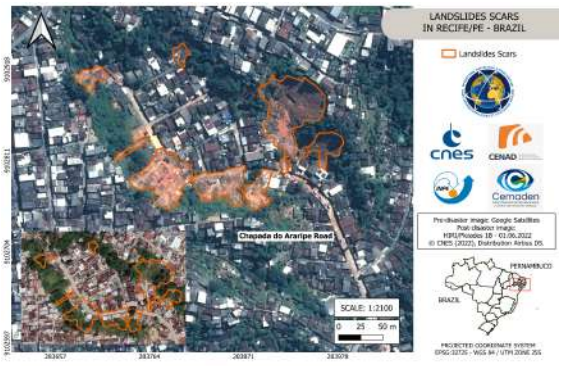


Figura 1. Deslizamentos no bairro Barro (Recife, PE) [7].

2.2 Fluxograma Metodológico

O conhecimento prévio das melhores técnicas de PDI, intrínsecas para cada tipo de desastre, pode garantir o sucesso no destaque rápido de cicatrizes, principalmente quando combinadas em um único produto final. Dando importância ao satélite CBERS-4A, com o sensor WPM de resolução espacial de 8 m para as bandas multiespectrais e 2 m para a banda pancromática, uma imagem de data mais próxima às ocorrências de deslizamentos foi então selecionada, disponibilizada em nível L2.

Destaca-se que a maioria dos procedimentos foram realizados em softwares de SIG livres, sendo eles o QGIS 3.22.6 e o TerraView 5.6.3. Pelo uso gratuito das plataformas, juntamente com as suas características intuitivas, o fluxo de processamento pode ser aplicado com mais agilidade, considerando a urgência das informações e a simples manipulação de dados espaciais. A linguagem de programação Python foi utilizada para a correção atmosférica, devido à indisponibilidade de algoritmos voltados para o WPM/CBERS-4A nos softwares supracitados. As etapas metodológicas aplicadas estão indicadas na Figura 2.

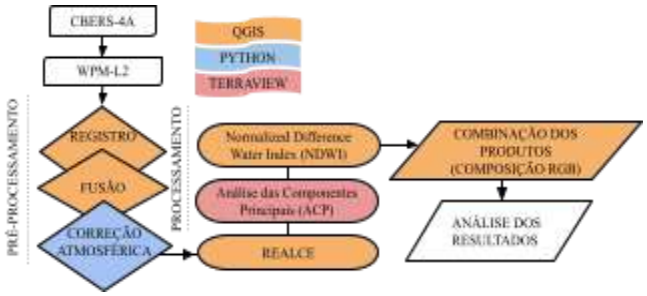


Figura 2. Fluxograma metodológico. Em laranja, vermelho e amarelo, os processos realizados no QGIS 3.22.6, no Python e no TerraView 5.6.3, respectivamente.

2.3 Técnicas rápidas de PDI aplicadas a deslizamentos

2.3.1 Registro

Consiste na eliminação de distorções causadas pelo processo de aquisição da imagem, tais como o movimento de rotação e curvatura da terra, além das diferenças do ângulo de visão e velocidade da plataforma, por exemplo. Com sua aplicação, o alinhamento geométrico entre as imagens é realizado, estando todas projetadas corretamente no mesmo plano [9].

2.3.2 Fusão

Com o objetivo de gerar um produto de resolução espacial mais detalhada, a fusão consiste na combinação de uma imagem de resolução espacial menos detalhada (normalmente multiespectral) com uma imagem de resolução espacial mais detalhada (normalmente pancromática). A fusão IHS (do inglês *Intensity, Hue, Saturation* - Intensidade, Matiz e Saturação), dentre os outros métodos do domínio espacial, espectral e algébrico, é caracterizada pela substituição da componente intensidade (I) da transformação RGB-IHS, pela banda pancromática no processo de retorno ao domínio RGB. Como resultado, uma imagem colorida de alta resolução espacial é gerada, contendo as informações espectrais das três bandas de interesse inicialmente selecionadas [8][9].

2.3.3 Correção atmosférica

O método de subtração do pixel escuro (*Dark Object Subtraction* - DOS) é uma alternativa empírica de correção atmosférica, que objetiva diminuir as interferências causadas pela atmosfera na resposta espectral medida pelos sensores. Assumindo que os valores dos pixels registrados de áreas sombreadas e corpos d'água límpidos deveriam ser iguais a zero, a quantidade de radiação realmente registrada pelo sensor adquire uma quantidade diferente de zero (atribuída aos efeitos atmosféricos).

O preceito consiste na subtração desse valor aditivo identificado no pixel escuro de todos os outros pixels da imagem, o que resulta na eliminação do efeito de névoa. Ressalta-se que o método é limitado por ignorar os demais desvios da radiação eletromagnética e também quando não é possível identificar um pixel escuro na imagem analisada. Uma melhor estimativa da reflectância de superfície pode ainda ser calculada por métodos físicos fundamentados na modelagem de transferência radiativa, que necessitam de parâmetros mais complexos [8].

2.3.4 Realce

Para facilitar a distinção de alvos, os métodos de realce radiométrico como a Equalização de Histogramas, o Realce Quadrado, o Realce Logarítmico e o Fatiamento, por exemplo, visam modificar diretamente os valores dos níveis de cinza (NC's) dos pixels da imagem, a partir da

manipulação de histogramas. Dentre as demais equações de ajuste, o Contraste Linear, definido pelo reposicionamento dos NC's é frequentemente utilizado. Com base na expansão dos valores de mínimo e máximo, uma melhor distribuição dos valores dos NC's é alcançada, ao longo de toda a sua escala, o que resulta na melhor distinção de feições da imagem [9].

2.3.5 Análise de Componentes Principais (ACP)

A ACP ressalta a redundância existente, por meio de uma transformação matemática ortogonal em um conjunto de dados correlacionados, em novos componentes não relacionados. A primeira componente é posicionada na direção de máxima variabilidade possível dos dados, gerando um novo produto com informações comuns entre as bandas e, a partir da segunda componente, gerando informações espectrais não correlacionadas [8].

Como resultado, a interpretação visual pode ser melhorada ao serem destacadas as informações espectrais menos frequentes, sendo então extraídas para um uso posterior em outros processos digitais. Além disso, a ACP é comumente utilizada para a detecção de mudanças na cobertura do solo, a partir de conjuntos de bandas espectrais de antes e depois do fenômeno analisado, de modo a serem identificadas as mudanças nas informações e, consequentemente, das áreas alteradas.

2.3.6 *Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI)*

Com a perspectiva de diferenciar os corpos hídricos de outras feições presentes nas imagens, o NDWI (do inglês *Normalized Difference Water Index* - Índice de Água por Diferença Normalizada) é calculado a partir das respostas espectrais do infravermelho próximo (NIR) e do verde (*green*) (Equação 1). Pela faixa do infravermelho ser a de melhor absorção da água, ao ser manipulada, os corpos hídricos passam a adquirir tons escuros na imagem, o que resulta em uma melhor visualização dessas respectivas feições [8]:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (1)$$

2.4 Processamento dos dados WPM/CBERS-4A

Após o recorte da área de interesse, foi realizado o registro das 5 bandas do WPM/CBERS-4A, sendo elas *blue* (0.45-0.52 μm), *green* (0.52-0.59 μm), *red* (0.63-0.69 μm), NIR (0.77-0.79 μm) e PAN (0.45-0.90 μm). Com base em 20 pontos de controle obtidos pelo *Google Satellites*, as bandas foram devidamente registradas, a partir da ferramenta "Georreferenciador" do QGIS 3.8.2, utilizando o algoritmo de transformação afim "Polinomial".

Em seguida, o processo de fusão foi aplicado através da ferramenta "*Pansharpening*" do QGIS 3.8.2, resultando em uma resolução espacial de 2 metros das bandas multiespectrais, a partir da transformação IHS. Após a realização do método DOS em linguagem Python para a correção atmosférica, as principais componentes foram extraídas através da opção "ACP" do TerraView 5.6.3. A CP3 foi selecionada para a composição final, tendo em vista o bom isolamento das cicatrizes. Esse fato pode ser explicado pelo comportamento espectral distinto dos deslizamentos, sendo então destacados na componente mais descorrelacionada, considerando a última componente como ruído. Por fim, o NDWI foi calculado, para a composição RGB final (R=NDWI, G=NIR, B=CP3), que se deu de forma empírica, sendo escolhida a de melhor correspondência visual da região de interesse.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da composição proposta, as cicatrizes passaram a adquirir uma coloração secundária em tons violeta, os alvos urbanos um tom avermelhado, a vegetação em tons de verde e os corpos hídricos em tons de rosa (Figura 3).

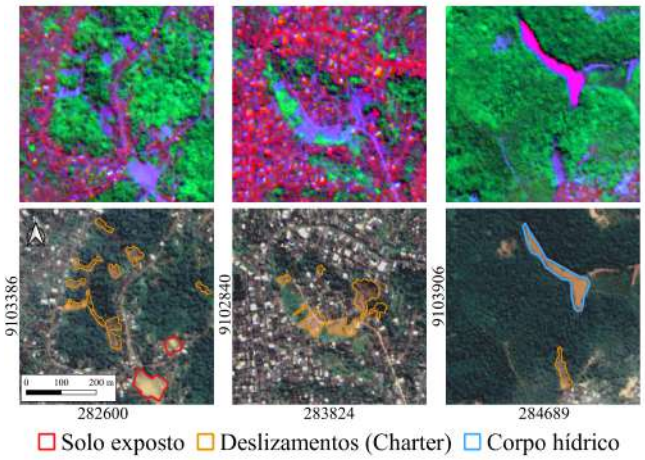


Figura 3. Composição RGB (R=NDWI, G=NIR, B=CP3). Os polígonos laranjas são relativos às cicatrizes mapeadas pelo Charter [7], utilizadas como referência.

Especificamente, com o posicionamento do NIR no canal verde de visualização, a vegetação passou a ser melhor destacada, considerando a sua maior reflectância na faixa do infravermelho [8]. Sobre os alvos urbanos, estes passaram a adquirir uma coloração predominantemente avermelhada, em contraste com os demais alvos, indicando a maior influência do NDWI posicionado no canal vermelho de visualização. Os corpos hídricos de pequenas extensões da área analisada foram destacados em rosa, implicando na influência predominante do NDWI mas também, em menor escala, da PC3 posicionada no canal azul de visualização. Como objetivo principal, as cicatrizes passaram a ser destacadas em violeta, indicando a influência balanceada do NDWI e da PC3, considerando o resultado da combinação entre a cor vermelha e azul. No geral, a distinção de cores

pôde então ressaltar as feições de interesse, aumentando principalmente o contraste entre os deslizamentos e os demais alvos.

Como sendo uma problemática comum dentre os trabalhos relacionados à identificação de cicatrizes de deslizamentos a partir de técnicas de SR, muitas áreas de solo exposto passaram a adquirir a mesma coloração das cicatrizes de referência. Isso implica na necessidade de dados adicionais, que possam facilitar a identificação mais acurada dos alvos. Dentre as possibilidades mais rápidas e de fácil manipulação, a utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE) pode facilitar a distinção das feições de deslizamentos e solo exposto, partindo do princípio de que a probabilidade de áreas de baixa declividade possuírem deslizamentos é menor do que as áreas de declividade mais alta. Consequentemente, os alvos destacados em violeta serão considerados como solo exposto em áreas de baixa declividade. Ainda, a comparação com imagens pré-evento não deve ser descartada, apesar de também haver confusões na identificação de deslizamentos, sem a perspectiva visual da declividade do terreno.

Com a declividade (>20%) calculada com base no MDE resultado do projeto TOPODATA/SRTM [10], sobreposta à combinação RGB, o direcionamento visual das áreas das ocorrências pode ser otimizado, diminuindo portanto, o tempo de exploração manual da imagem, principalmente quando as cicatrizes não possuem grandes extensões como no caso de Recife (Figura 4).

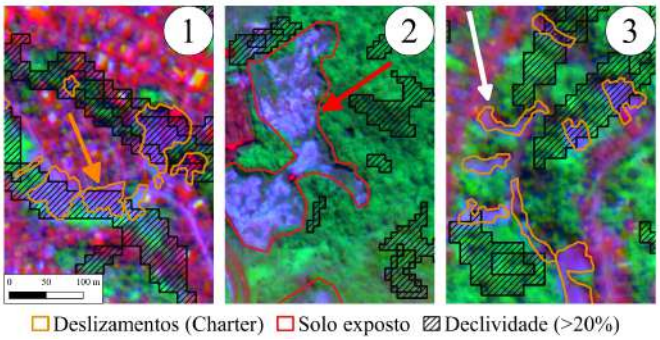


Figura 4. Áreas em violeta de deslizamentos corretamente sobrepostas à camada de declividade (1); áreas em violeta de solo exposto corretamente não sobrepostas à camada de declividade (2); áreas em violeta de deslizamentos não contempladas pela camada de declividade (3).

Como análise complementar, foi possível também ressaltar feições sombreadas a partir da composição RGB proposta. Como mostra a Figura 5, um corpo hídrico pôde ser destacado e bem delimitado, considerando a sua visualização comprometida em cor verdadeira. Essa informação pode ser útil para a possível visualização de cicatrizes de deslizamentos em áreas sombreadas, diminuindo as desvantagens de uma imagem com uma grande porcentagem de nuvens.

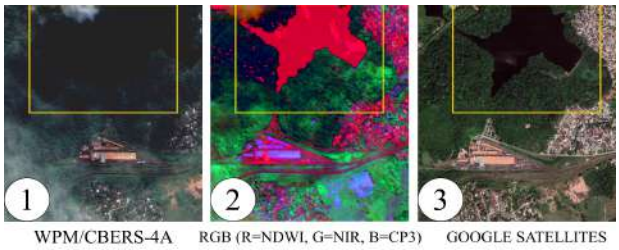


Figura 5. Composição em cor verdadeira sem visualização de água (1); composição sugerida e visualização de água em área sombreada (2); imagem de referência do *Google Satellites* (3).

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que as técnicas já consolidadas de PDI em imagens do CBERS-4A, de alta resolução espacial, são capazes de gerar bons resultados para análises emergenciais, considerando a urgência da disponibilidade de produtos na fase de resposta aos deslizamentos. Destaca-se a grande relevância da ACP e do NDWI para a distinção de alvos, melhorando o direcionamento visual para interpretações rápidas, além da eficaz utilização do MDE para o auxílio da distinção de áreas de solo exposto e deslizamentos. Ainda, a composição proposta mostrou-se de fácil aplicação e de pouco esforço computacional, observando-se um favorável padrão metodológico de combinação de produtos. A pesquisa pode ser aprimorada a partir da exploração de novos dados e automatização intuitiva dos processos.

8. REFERÊNCIAS

[1] Extreme flood events once again drive high losses in 2021, yet 75% of flood risks remain uninsured. SRI. Suíça. Mar/2022.

[2] Mais de 25% das mortes por chuvas no Brasil nos últimos 10 anos ocorreram em 2022. Agência CNM de Notícias. Maio/ 2022.

[3] Banco de acidentes com vítimas fatais associadas a escorregamentos. IPT, São Paulo. Fev/2017.

[4] ZHONG, Cheng et al. Landslide mapping with remote sensing: challenges and opportunities. IJRS, v. 41, n. 4, p. 1555-1581, 2020.

[5] ALHEIROS, M.M. Risco de escorregamentos na Região Metropolitana do Recife. Tese (Doutorado) – UFBA, p. 129, 1998.

[6] BARROS M. Lígia. Chuva atinge 36 cidades de Pernambuco e enchentes deixam quase 10 mil pessoas fora de casa. BF. Jul/ 2022.

[7] ICSMD (2022). The International Charter Space and Major Disasters. *https://disasterscharter.org/.*

[8] RICHARDS, John A. Remote sensing digital image analysis. Berlin: Springer, 1999.

[9] CROSTA, A. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. UNICAMP/Instituto de Geociências, 1999.

[10] SRTM. 2008. Valeriano, M. M. Topodata banco de dados geomorfométricos locais do Brasil. 2008.