

Desmoronamento de terra na Vila Sahy durante chuva intensa em fevereiro de 2023, desastre que matou mais de 60 pessoas em São Sebastião, no estado de São Paulo

IA contra deslizamentos

Modelos de aprendizado de máquina apontam áreas mais vulneráveis a desastres em São Sebastião

GISELLE SOARES

Técnicas de inteligência artificial (IA) podem ser úteis para apontar áreas mais propensas a deslizamentos de terra. Estudo publicado em outubro de 2024 no periódico científico *Natural Hazards Research* comparou a eficácia de cinco modelos baseados em algoritmos de aprendizado de máquina para identificar e prever os pontos do município de São Sebastião mais suscetíveis a esse tipo de evento. Segundo o artigo, de pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), um dos modelos, o Gradient Boosting, obteve precisão de 99,6% em mapear os trechos mais vulneráveis a deslizamentos. Com desempenho quase idêntico, o algoritmo Random Fo-

rest ficou em segundo lugar no ranking elaborado pelos autores do trabalho.

O estudo abrangeu o território de pouco mais de 400 quilômetros quadrados (km²) do balneário situado no litoral norte paulista, área sujeita a chuvas intensas e movimentação de solo vindo das encostas da serra do Mar. Entre 18 e 19 de fevereiro de 2023, durante o Carnaval, choveu mais de 600 milímetros (mm), o equivalente a dois meses, em São Sebastião. Houve deslizamentos de terra, desmoronamentos de casas, 2.400 pessoas foram desabrigadas e 64 perderam a vida. Para classificar o desempenho dos algoritmos, os resultados dos modelos foram comparados com mapas da região sobre as áreas mais sujeitas a essa forma de ocorrência.

Os algoritmos calculam o risco de ocorrer deslizamento em um lugar a par-

tir da análise de dados referentes a fatores ambientais associados a processos que influenciam a estabilidade do solo. Os principais elementos levados em conta são o grau de inclinação do terreno, umidade do solo, dissecação (fragmentação) do relevo e parâmetros geomorfológicos da região. “Os modelos de aprendizado de máquina permitem integrar diversas variáveis condicionantes e oferecem uma base robusta para criar mapas de suscetibilidade”, diz o especialista em sensoria-mento remoto Enner Alcântara, do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Unesp, *campus* de São José dos Campos, autor principal do trabalho. “Eles possibilitam identificar padrões complexos que podem não ser evidentes em abordagens mais tradicionais.”

O algoritmo Gradient Boosting apresenta uma peculiaridade: combina abor-

dagens de vários modelos mais simples, especializados em cada uma das variáveis analisadas. Essa visão mais integrada indica que a declividade, a fragmentação do terreno e o índice de umidade do solo são os fatores que mais impactam na estabilidade de encostas. “Uma maior cobertura florestal foi associada a níveis menores de risco, enquanto áreas de pastagem apresentaram maior suscetibilidade a deslizamento”, comenta Alcântara.

Com base no modelo Gradient Boosting, foi gerado um mapa de suscetibilidade a deslizamentos em que os pontos de São Sebastião foram classificados em quatro categorias de risco: baixo (74,6% do território do município), moderado (15,8%), alto (7,9%) e muito alto (1,7%). Apesar da predominância de áreas de suscetibilidade pouco elevada, bolsões isolados de alto risco foram identificados em regiões ocupadas por cicatrizes abertas no solo por deslizamentos passados, como no Parque Estadual da Serra do Mar, perto da praia do Jukeí e na Vila Sahy. Na tragédia de fevereiro de 2023, a maior parte das mortes ocorreu nessa última localidade.

Outros trabalhos também destacam a vulnerabilidade de certos trechos de São Sebastião a esse tipo de ocorrência. Em

setembro de 2024, artigo publicado no *Brazilian Journal of Geology* identificou mil pontos de deslizamento de terra no município paulista por meio da análise de imagens aéreas feitas logo após o desastre de dois anos atrás. “Apesar de boa parte do território de São Sebastião ser relativamente segura, o risco de ocorrer deslizamento é realmente alto nas áreas mais vulneráveis”, comenta o geólogo Carlos Henrique Grohmann, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), um dos autores do trabalho.

Para Alcântara, um dos pontos fortes de modelos de aprendizado de máquina é a possibilidade de adaptação a diferentes regiões e cenários, desde que haja dados suficientes para abastecer os algoritmos. “Essa flexibilidade torna a IA uma ferramenta poderosa para países em desenvolvimento, onde os recursos para mitigação de desastres podem ser limitados”, pondera o pesquisador da Unesp. Estudos internacionais recentes têm explorado as potencialidades dos modelos baseados

em aprendizado de máquina para mapear zonas propensas a deslizamentos em diversas partes do globo, como na cadeia do Himalaia, na Ásia, e nos Andes, na América do Sul.

Os desastres que ocorrem todos os anos em período de chuvas intensas motivam a busca por soluções que ajudem a prevenir mortes e prejuízos materiais. Em agosto de 2024, São Sebastião foi um dos 11 municípios brasileiros selecionados para os primeiros testes do Defesa Civil Alerta. Trata-se de um projeto-piloto criado pelo governo federal, em parceria com a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), que utiliza a rede de telefonia celular para emitir alertas sonoros, sem a necessidade de cadastro prévio e mesmo em celulares no modo silencioso, quando há risco iminente de desastre em sua área. “Dois anos após a tragédia, me sinto um pouco mais segura. Mas, mesmo com esse sistema de alertas, fico preocupada se tivermos uma chuva equivalente à de 2023”, comenta a líder comunitária Rosilene de Jesus Santos, conhecida como Nega Rose, moradora há 34 anos da Vila Sahy. ●

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

Pontos vulneráveis de São Sebastião

Quase 10% da área do município apresenta risco alto ou muito alto de deslizamentos de terra, como o trecho em destaque na Barra do Sahy



FONTE ALCÂNTARA, E. ET AL. NATURAL HAZARDS RESEARCH. 2024

FOTO FERNANDO MARRON/AFP VIA GETTY IMAGES INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO/REVISTA PESQUISA FAPESP