



## Mapeamento Probabilístico da Suscetibilidade a Deslizamentos de Terra em Barra do Turvo - SP

Ellen Felizardo Batista

Discente, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC - UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil,  
[ellenfp@ifsp.edu.br](mailto:ellenfp@ifsp.edu.br)

Rinaldo José Barbosa Pinheiro

Docente, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC - UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, [rinaldo@ufrgs.br](mailto:rinaldo@ufrgs.br)

Larissa de Brum Passini

Docente, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC - UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil,  
[larissapassini@ufpr.br](mailto:larissapassini@ufpr.br)

**RESUMO:** A crescente adoção da análise probabilística na engenharia geotécnica reflete os avanços recentes na área, especialmente com o aprimoramento das ferramentas computacionais, que viabilizam a implementação de abordagens mais robustas e eficientes. Nesse contexto, o presente estudo aplicou uma metodologia probabilística para avaliação da suscetibilidade a deslizamentos de terra no município de Barra do Turvo-SP, buscando compreender os efeitos da resolução espacial e da profundidade de ruptura nos padrões de instabilidade de taludes. A análise foi baseada no Método de Monte Carlo com 5.000 iterações, utilizando diferentes Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e profundidades de ruptura ( $h = 1\text{ m}$  e  $h = 2\text{ m}$ ) no modelo de equilíbrio limite para taludes infinitos, incorporando parâmetros geotécnicos variáveis. Foram gerados mapas com resoluções de 1 m e 30 m, comparando os efeitos de diferentes métodos de reamostragem (vizinhos mais próximos - *nearest neighbor*, bilinear e cúbico - *cubic convolution*). Os resultados indicaram que áreas com maior declividade, especialmente em lugarejos e povoados, apresentaram maior probabilidade de falha. A escolha da profundidade e da resolução espacial influenciou significativamente a distribuição das áreas críticas. A abordagem adotada demonstrou ser eficaz para identificar padrões de instabilidade em ambientes com elevada variabilidade topográfica e limitada disponibilidade de dados, oferecendo subsídios relevantes para o planejamento territorial e a gestão de risco, com potencial de aplicação em diferentes contextos geotécnicos e territoriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilidade de encostas, Análise espacial, Geoprocessamento.

**ABSTRACT:** The growing adoption of probabilistic analysis in geotechnical engineering reflects recent advances in the field, especially with the improvement of computational tools, which enable the implementation of more robust and efficient approaches. In this context, the present study applied a probabilistic methodology to assess landslide susceptibility in the municipality of Barra do Turvo, São Paulo, aiming to understand the effects of spatial resolution and failure depth on slope instability patterns. The analysis was based on the Monte Carlo Method with 5,000 iterations, using different Digital Elevation Models (DEMs) and failure depths ( $h = 1\text{ m}$  and  $h = 2\text{ m}$ ), incorporating variable geotechnical parameters and a limit equilibrium model for infinite slopes. Maps with 1 m and 30 m resolutions were generated, comparing the effects of different resampling methods (*nearest neighbor*, bilinear, and cubic convolution). The results indicated that steeper areas, particularly in small settlements and villages, showed a higher probability of failure. The choice of depth and spatial resolution significantly influenced the distribution of critical areas. The adopted approach proved effective in identifying instability patterns in environments with high topographic variability and limited data availability, providing relevant support for land-use planning and risk management, with potential for application in various geotechnical and territorial contexts.

**KEYWORDS:** Slope stability, Spatial analysis, Geoprocessing.



## 1 INTRODUÇÃO

A estabilidade de taludes é condicionada por fatores naturais, como a composição e estrutura do solo, além de processos geológicos e ações antrópicas, os quais influenciam diretamente o risco de deslizamentos (Fiori & Carmignani, 2009). Tradicionalmente, essa estabilidade tem sido avaliada por meio do Fator de Segurança (FS), que expressa a razão entre as forças resistentes e atuantes, sendo amplamente utilizado em análises determinísticas baseadas em parâmetros fixos (Gerscovich, 2016).

Embora os métodos determinísticos, como os de Equilíbrio Limite, sejam consolidados na prática geotécnica, eles não consideram a variabilidade natural dos solos, o que pode limitar sua representatividade em cenários reais (Fenton e Griffiths, 2008). Nesse contexto, a análise probabilística surge como uma alternativa que incorpora as incertezas associadas aos parâmetros geotécnicos, permitindo estimar a probabilidade de ruptura e oferecer uma visão mais abrangente da estabilidade (Przewłocki, 2021).

Dentre os métodos probabilísticos, destaca-se o método de Monte Carlo (MC), que simula a flutuação aleatória dos parâmetros de entrada a partir de suas distribuições de probabilidade, gerando milhares de cenários possíveis (Araújo, 2013; Abdulai e Sharifzadeh, 2021).

O crescente interesse na abordagem probabilística reflete os avanços nas ferramentas computacionais e nas linguagens de programação, como *Python*, que permitem a automatização dos cálculos e a geração de mapas com elevada resolução espacial (Chakraborty & Dey, 2022). Essa integração entre modelos matemáticos e geotecnologias tem potencializado a análise de instabilidade em ambientes complexos, especialmente em regiões de difícil acesso e com escassez de dados.

Neste estudo, aplica-se a abordagem probabilística por meio do método de MC, para avaliar a suscetibilidade a deslizamentos de terra no município de Barra do Turvo-SP, com foco nos efeitos da resolução espacial dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e da profundidade da ruptura na identificação de áreas críticas. A proposta busca contribuir com subsídios para o planejamento territorial e a gestão de risco em regiões com elevada variabilidade topográfica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Barra do Turvo, situado no extremo sul do estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil (Figura 1), ocupa uma área de 1.007,684 km<sup>2</sup> e está inserido no domínio das escarpas das Serras do Mar e de Paranapiacaba (IBGE, 2006).

O relevo acidentado, com altitudes que variam entre 100 m e 1.200 m, predominando entre 700 m e 900 m (Ross, 2002), caracteriza uma paisagem de elevada suscetibilidade a deslizamentos de terra. A vulnerabilidade é intensificada pela presença de solos como o Cambissolo distrófico e o Podzólico vermelho-amarelo, derivados de rochas ígneas e metamórficas, que apresentam baixa coesão e alta permeabilidade (Faleiros & Pavan, 2013).

A região se insere no bioma Mata Atlântica e apresenta clima subtropical úmido com variações altitudinais (classificações Cfb e Cfa), registrando precipitações anuais entre 1.500 e 2.000 mm e temperatura média de 21,5 °C (SSE, 2010). Essa combinação de fatores climáticos, geológicos e geomorfológicos favorece a ocorrência de deslizamentos, sobretudo do tipo translacional raso, cuja dinâmica é sensível às condições de saturação do solo. Entre 2010 e 2018, foram registradas 93 ocorrências desse tipo de movimento ao longo da BR-116, principal via de acesso da região, de acordo com dados da concessionária Arteris (APRB, 2019).

Além das características naturais, aspectos como uso do solo, ocupação desordenada em áreas de encosta e a presença de infraestrutura linear em zonas instáveis contribuem para o aumento do risco. Nesse contexto, a aplicação de métodos probabilísticos torna-se fundamental para capturar as incertezas associadas aos parâmetros geotécnicos e às condições hidrogeológicas que influenciam a estabilidade dos taludes, reforçando a relevância da análise desenvolvida para o município de Barra do Turvo.

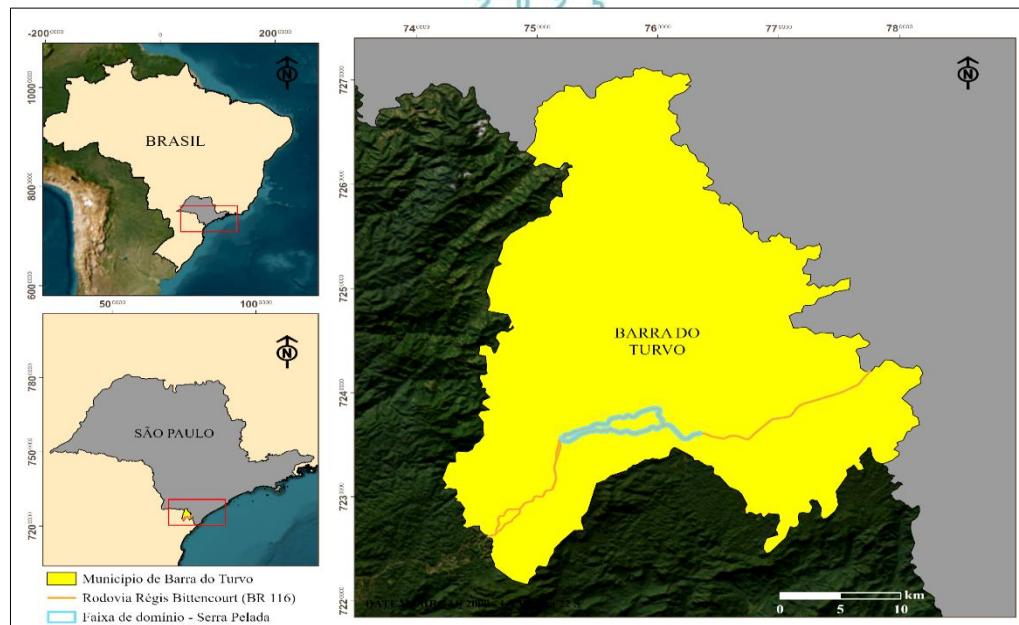


Figura 1. Localização do município de Barra do Turvo - SP, Brasil.

## 2.2 Metodologia de análise da probabilidade de ruptura

A modelagem da probabilidade de ruptura de taludes no município de Barra do Turvo foi realizada por meio do Método de Monte Carlo (MC), implementado em *Python* e executado no software *ArcGIS Pro*. O algoritmo foi adaptado a partir de APRB (2019), considerando as condições locais. Foram realizadas 5.000 iterações por célula, número superior ao mínimo recomendado de 1.000 (Griffiths et al., 2015), garantindo maior robustez estatística e compatibilidade com estudos similares (Riselo, 2021). Embora a literatura de confiabilidade estrutural recomende um número mais elevado de simulações, da ordem de  $10^5$ , para estimativas pontuais de baixas probabilidades de falha, como  $10^{-3}$  (Beck, 2014), tal exigência está relacionada ao contexto de sistemas estruturais específicos. No contexto desta pesquisa, o objetivo foi representar espacialmente a instabilidade em escala contínua, identificando zonas críticas ao longo do território. Nessa abordagem, a distribuição dos valores probabilísticos tem mais relevância do que a estimativa de um valor único de falha, sendo de maior interesse os setores com valores elevados de instabilidade. Nesse sentido, o número de 5.000 simulações mostrou-se adequado para a diferenciação dos níveis de instabilidade em escala local.

Para compor os dados de entrada da análise, utilizaram-se dois Modelos Digitais de Elevação (MDE). A faixa de domínio rodoviário foi representada por um MDE com resolução de 1 m, derivado de curvas de nível fornecidas pela concessionária Arteris. Para o restante do território municipal, utilizou-se o MDE FABDEM V1-0, com resolução de 30 metros (Hawker e Neal, 2021), em virtude da indisponibilidade de dados de alta resolução para toda a área. A análise foi estruturada em duas escalas espaciais: uma de alta resolução (1 m) para a faixa de domínio da Serra Pelada, e outra de menor resolução (30 m) para o município como um todo. Essa abordagem híbrida permitiu integrar áreas com maior e menor disponibilidade de dados, maximizando a precisão sem comprometer a abrangência.

O fator de segurança (FS) foi calculado com base na formulação de Fiori e Carmignani (2009) para taludes infinitos, adaptada para considerar o efeito da sucção matricial. Os parâmetros geotécnicos considerados como variáveis aleatórias foram o ângulo de atrito interno (de  $17,8^\circ$  a  $30,2^\circ$ ), a coesão (de 4,7 a 16,8 kPa) e a sucção (de 0 a 120 kPa). Esses intervalos foram definidos com base nos ensaios realizados por Trevizolli (2018), que caracterizou solos coluvionares e residuais da Serra Pelada, dentro da área de estudo. Os ensaios incluíram cisalhamento direto, granulometria, permeabilidade, massa específica real dos grãos, curvas de retenção e métodos geofísicos e de sondagens mistas.

Quanto ao peso específico natural, a autora obteve valores distintos para os tipos de solo: 18 kN/m<sup>3</sup> para coluvionar e 16 kN/m<sup>3</sup> para residual. Contudo, optou-se por utilizar um valor médio de 17 kN/m<sup>3</sup> no modelo probabilístico, dada a baixa variação entre os dois (cerca de 11%) e o impacto reduzido deste parâmetro no fator de segurança em taludes rasos. Foram avaliadas duas profundidades de superfície potencial de ruptura: 1 m e 2 m. Essa abordagem possibilitou testar a sensibilidade da modelagem em diferentes condições,



2025

considerando que deslizamentos rasos típicos da Serra do Mar apresentam espessura inferior a 2 m (Acevedo, 2017).

A probabilidade de ruptura foi calculada com base na classificação da USACE (1999), onde valores superiores a  $10^{-1}$  indicam desempenho perigoso e risco elevado de instabilidade. Com os resultados obtidos, aplicaram-se métodos de reamostragem ao MDE FABDEM (30 m), com o objetivo de avaliar a influência da resolução espacial na delimitação das áreas críticas. Os métodos utilizados foram vizinho mais próximo (*nearest neighbor*), bilinear e cúbico (*cubic convolution*).

Os métodos clássicos de interpolação consistem em utilizar dados conhecidos para estimar valores em pontos desconhecidos, com base em conceitos matemáticos. Nessa etapa, estabelece-se uma relação entre as dimensões originais da imagem e as dimensões desejadas, considerando a razão entre elas, o que permite definir as posições relativas dos novos pixels em relação à grade original (Pedrini & Schwartz, 2008).

O método do vizinho mais próximo é o mais simples dos três e replica o valor do pixel original mais próximo para o novo pixel reamostrado. Por preservar os valores originais, é especialmente indicado para dados categóricos ou quando se deseja manter os limites nítidos, embora possa gerar efeitos de blocos e menos suavidade visual (Mazzini e Schettini, 2009). Já o método bilinear considera os quatro pixels vizinhos mais próximos da grade original e realiza uma ponderação com base na distância desses pontos, gerando uma superfície interpolada com transições mais suaves, sendo indicado para variáveis contínuas. Por fim, o método cúbico aplica uma interpolação de terceiro grau considerando 16 pixels vizinhos, produzindo uma superfície ainda mais suavizada, mas com risco de introdução de artefatos em áreas com relevo acentuado (Pedrini & Schwartz, 2008).

A reamostragem permitiu comparar os efeitos da resolução espacial e da técnica de interpolação na definição das áreas com maior probabilidade de instabilidade, contribuindo para a avaliação do impacto da resolução espacial e do método de interpolação sobre os resultados do modelo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Influência da profundidade de ruptura

Na simulação com profundidade de 1 m, utilizando o MDE FABDEM (resolução de 30 m) (Figura 2-A), observou-se uma distribuição conservadora da probabilidade de ruptura, com predomínio das classes mais baixas e ausência de áreas críticas em regiões conhecidas por instabilidades, como evidenciado no detalhamento da área destacada (Figura 2-B).

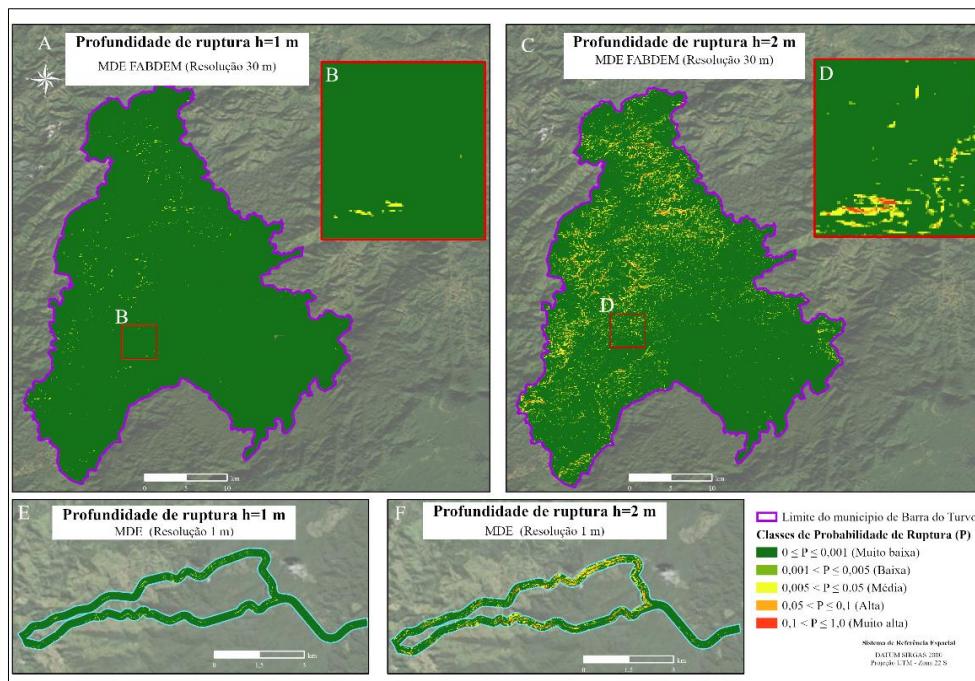


Figura 2. Probabilidade de ruptura de taludes no município de Barra do Turvo para profundidades de 1 m (A, B, E) e 2 m (C, D, F). As figuras A e C representam os resultados obtidos com o MDE FABDEM (30 m), com



detalhamentos das áreas destacadas em B e D, respectivamente. As figuras E e F mostram os resultados para a faixa de domínio da Serra Pelada, obtidos com MDE de alta resolução (1 m).

Em contraste, a profundidade de 2 m (Figura 2-C) resultou em uma representação mais coerente das condições locais, com maior concentração de áreas classificadas como alta ou muito alta probabilidade, especialmente em encostas íngremes, conforme detalhado na Figura 2-D. Resultados semelhantes foram obtidos na faixa de domínio da Serra Pelada, com MDE com resolução de 1 m (Figura 2-E), onde a profundidade de 2 m (Figura 2-F) também proporcionou um mapeamento mais condizente com a geomorfologia da área e com registros históricos de instabilidade. Esses resultados estão em consonância com a literatura, como Neves et al. (2020), que destacam que a escolha inadequada da profundidade de ruptura pode gerar cenários irrealistas: perfis rasos tendem a superestimar a estabilidade, enquanto perfis excessivamente profundos podem indicar riscos exagerados.

### 3.2 Métodos de reamostragem

Na reamostragem do MDE FABDEM de 30 m para 1 m (Figura 3-A), diferentes métodos de interpolação geraram variações relevantes na representação da probabilidade de ruptura. A Figura 3-B mostra o MDE original, base para os testes. O método do vizinho mais próximo (Figura 3-C) manteve transições abruptas entre as classes de probabilidade, resultando em um aspecto pixelado e menos realista. Por outro lado, o método cúbico (Figura 3-E) promoveu suavização excessiva, criando distorções artificiais nas áreas de transição. O método bilinear (Figura 3-D) apresentou um equilíbrio entre suavização e fidelidade aos valores originais, proporcionando uma representação espacial mais coerente das áreas de instabilidade. Dessa forma, o método bilinear demonstrou ser o mais adequado dentre os avaliados.

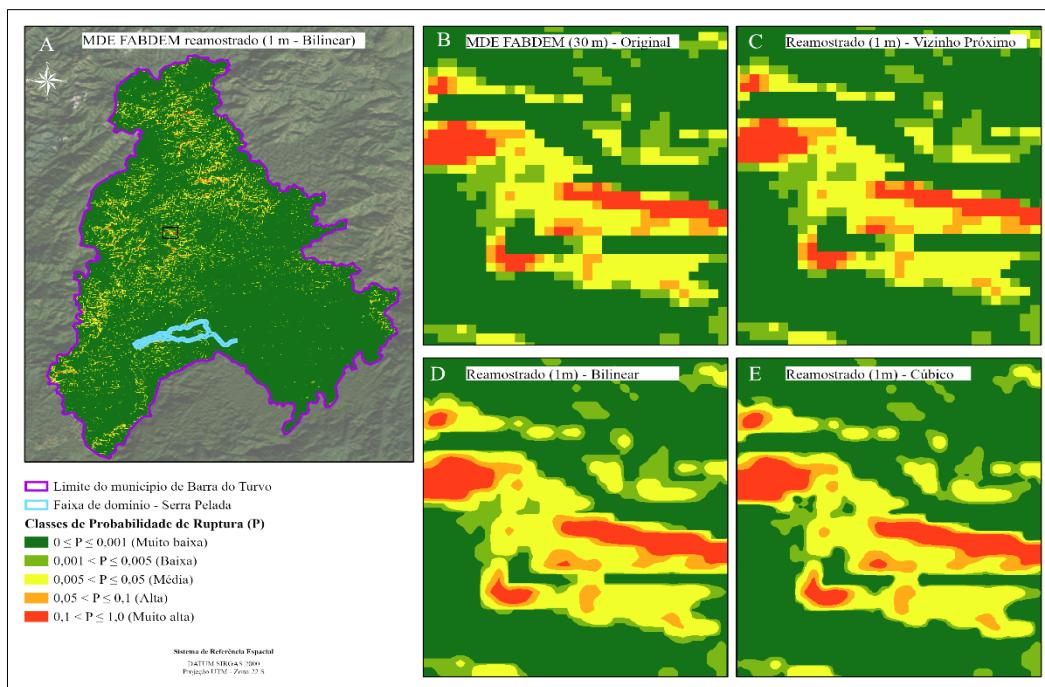


Figura 3. Probabilidade de ruptura obtida a partir do MDE FABDEM reamostrado de 30 m para 1 m. (A) Resultado geral com reamostragem bilinear; (B) MDE original (30 m); (C) Reamostragem por vizinho mais próximo; (D) Reamostragem bilinear; (E) Reamostragem cúbica.

### 3.3 Influência da resolução e origem dos MDEs

Comparou-se o MDE FABDEM reamostrado para 1 m pelo método bilinear (Figura 4-A) com o MDE gerado a partir das curvas de nível (Figura 4-B), ambos aplicados à faixa de domínio da Serra Pelada. Os



2025

detalhes ampliados (Figura 4-C e 4-D) evidenciam que o MDE derivado de curvas de nível (D) representou com maior precisão os padrões morfológicos e áreas críticas de instabilidade. Já o MDE reamostrado (C), embora com resolução ajustada, apresentou suavização excessiva, subestimando áreas suscetíveis. Isso ressalta a influência da origem e do método de obtenção dos dados altimétricos na modelagem da probabilidade de ruptura.

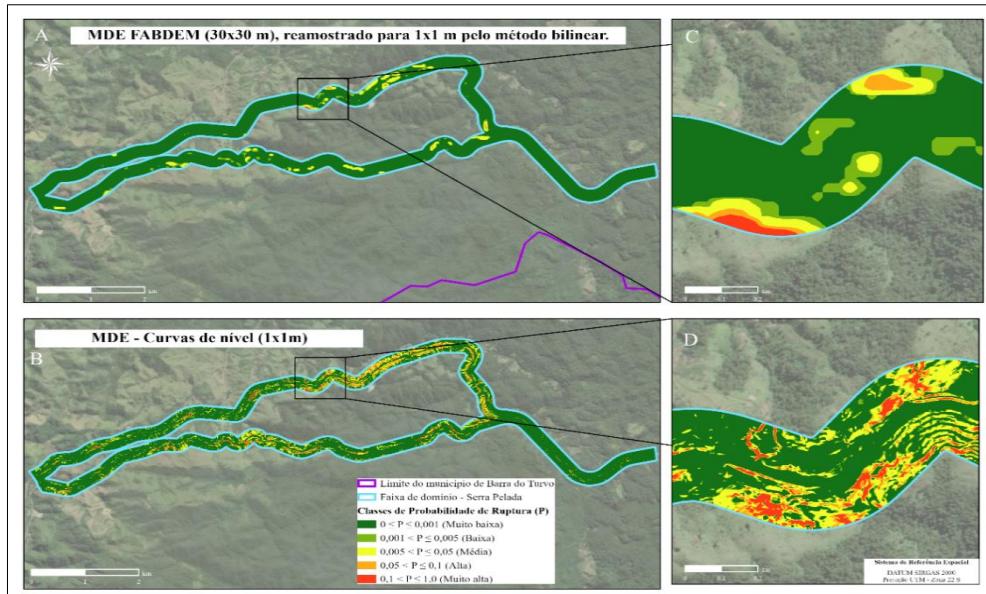


Figura 4. Comparação da probabilidade de ruptura na faixa de domínio da Serra Pelada utilizando o MDE FABDEM reamostrado (A) e o MDE de curvas de nível (B), com detalhes ampliados em (C) e (D), respectivamente.

### 3.4 Mapeamento da probabilidade de ruptura

O mapa final de probabilidade de ruptura para Barra do Turvo - SP gerado a partir da simulação com o MDE FABDEM (30 m) e profundidade de 2 m indicou a distribuição espacial das áreas mais suscetíveis a deslizamentos (Figura 5-A).

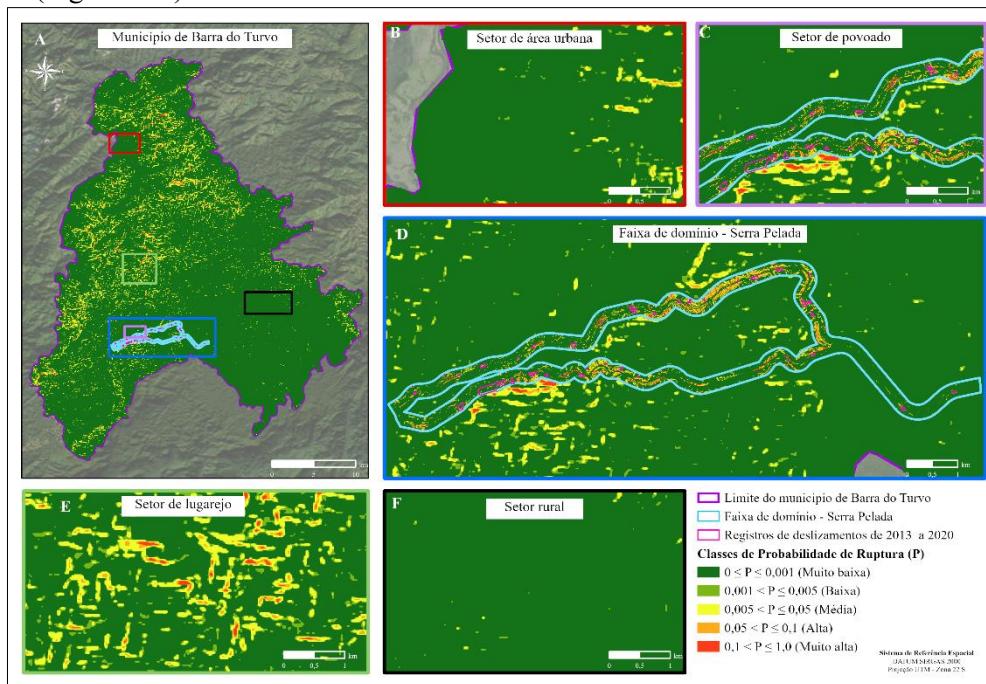


Figura 5. Mapa da probabilidade de deslizamentos no município de Barra do Turvo - SP, com destaque para os setores: visão geral do município (A), setor de área urbana (B), setor de povoado (C), faixa de domínio da Serra Pelada (D), setor de lugarejo (E) e setor rural (F).



2 0 2 5

Foram destacados quatro setores com diferentes características territoriais: urbano (Figura 5-B), povoado (Figura 5-C), lugarejo (Figura 5-E) e rural (Figura 5-F) com MDE de 30 m, além de um detalhamento da faixa de domínio da Serra Pelada (Figura 5-D), com MDE de 1 m.

O setor urbano apresentou predominantemente muito baixa probabilidade de ruptura, enquanto os setores de povoado e lugarejo concentraram áreas com probabilidade alta a muito alta. O setor rural apresentou valores entre baixo e médio risco, com alguns pontos de média a alta probabilidade. A análise da Serra Pelada também incorporou registros de deslizamentos entre 2013 e 2020 (dados Arteris), permitindo verificar que áreas com alta probabilidade de ruptura coincidem com ocorrências reais, o que reforça a eficácia do modelo e a importância da resolução altimétrica.

Esses padrões destacam a relação entre declividade e instabilidade, como descrito por Fiori e Carmignani (2009) e Botero (2015), e demonstram a relevância do mapeamento probabilístico para subsidiar estratégias de prevenção e planejamento territorial em áreas sujeitas a movimentos de massa.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do Método de Monte Carlo para análise probabilística da estabilidade de taludes em Barra do Turvo-SP demonstrou ser uma abordagem adequada para incorporar as incertezas inerentes aos parâmetros geotécnicos e ambientais. Os resultados indicaram que a profundidade assumida para a superfície potencial de ruptura exerce grande influência na delimitação das áreas críticas, sendo a profundidade de 2 m mais compatível com a dinâmica dos deslizamentos rasos típicos da região. Além disso, a comparação entre diferentes métodos de reamostragem demonstrou que o método bilinear oferece um bom equilíbrio entre fidelidade dos dados e suavização visual, contribuindo para uma representação espacial mais realista da suscetibilidade.

A análise também ressaltou a importância da resolução espacial do MDE na precisão dos mapas gerados, sendo perceptível que modelos de alta resolução (1 m) possibilitam capturar com maior detalhamento as feições topográficas relevantes para a instabilidade. A integração entre modelagem estatística, programação e geotecnologias mostrou-se eficaz no diagnóstico de áreas de risco em territórios com relevo acidentado e escassez de dados. Os resultados obtidos fornecem subsídios técnicos para a gestão de risco e o ordenamento territorial em municípios inseridos em áreas de encostas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdulai, M., & Sharifzadeh, M. (2021). Probability methods for stability design of open pit rock slopes: An overview. *Geosciences*, 11(8), 319.

Acevedo, A. M. G. (2017). *Simulação geológico-geotécnica para avaliação de estabilidade de taludes a partir de técnicas de geoprocessamento*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia/UFPR, 245 p.

APRB - Autopista Régis Bittencourt. (2019). *Gestão da segurança dos taludes rodoviários da rodovia Régis Bittencourt, trecho da Serra do Mar PR-SP*. Curitiba.

Araújo, F. R. de. (2013). *Risco geotécnico: Uma abordagem estocástica para análise da estabilidade de taludes da barragem Olho d'Água no estado do Ceará*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFC, 130 p.

Beck, A. T. (2014). *Curso de confiabilidade estrutural*. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas. São Carlos, Brasil.

Botero, E. M. (2015). Aplicação de métodos probabilísticos na previsão espacial de escorregamentos deflagrados por chuvas - Estudo de caso: Pajarito, Medellín, Colômbia. In *From Fundamentals to Applications in Geotechnics*, p. 403-408.



Chakraborty, R., & Dey, A. (2022). Probabilistic slope stability analysis: State-of-the-art review and future prospects. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(2), 177.

Faleiros, F., Pavan, M. (2013). *Geologia e recursos minerais da folha Eldorado Paulista SG. 22-XB-VI.* CPRM.

Fenton, G. A., & Griffiths, D. V. (2008). *Risk assessment in geotechnical engineering*. Wiley.

Fiori, A. P., & Carmignani, L. (2009). *Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: Aplicações na estabilidade de taludes* (2<sup>a</sup> ed.). Editora UFPR.

Gerscovich, D. M. S. (2016). *Estabilidade de taludes* (2<sup>a</sup> ed.). Oficina de Textos.

Griffiths, D. V., Huang, J., & Fenton, G. A. (2015). Probabilistic slope stability analysis using RFEM with non-stationary random fields. In *Geotechnical Safety and Risk*, p. 704-709.

Hawker, L., & Neal, J. (2021). *FABDEM VI-0* [Dataset]. University of Bristol. Disponível em: <<https://data.bris.ac.uk/data/dataset/25wfy0f9ukoge2gs7a5mqq2j7>>. Acesso em: 27 maio 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2006). *Unidades de Relevo 1:5.000.000*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 27 maio 2025.

Mazzini, P. L. F., & Schettini, C. A. F. (2009). Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 13(1), p. 53-62.

Neves, M. B., Ferreira, D. B., Botero, E. M., Acevedo, A. M. G., Faro, V. F., Sestrem, L. P., & Kormann, A. (2020). Influence of the adopted depth of failure surface on the slope probability of failure: Case study on a Brazilian slope. In *SCG-XIII International Symposium on Landslides*.

Pedrini, H., & Schwartz, W. R. (2008). *Análise de imagens digitais: Princípios, algoritmos e aplicações*. Thomson Learning.

Przewłocki, J. (2021). Brief literature review and classification system of reliability methods for evaluating the stability of earth slopes. *Sustainability*, 13(16), 9090.

Riselo, B. C. de T. (2021). *Análise de estabilidade de um talude rodoviário por meio de modelo determinístico e probabilístico e previsão do volume de massa mobilizada*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civi/UFPR, 140 p.

Ross, J. L. S. (2002). A morfogênese da bacia do Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. *Geousp: Espaço e Tempo* (Online), 6(2), p. 21-46.

SSE. Secretaria de Saneamento e Energia. (2010). *Plano regional integrado de saneamento básico para UGRHI 11*. São Paulo, Brasil.

Trevizolli, M. N. B. (2018). *Proposta de modelo para avaliação de risco de deslizamentos baseado em cenários de eventos pluviométricos: Aplicação em um talude da Serra do Mar trecho PR/SP*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civi/UFPR, 197 p.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (1999). *Risk-based analysis in geotechnical engineering for support of planning studies* (ETL 1110-2-556). Disponível em: <<https://usace.contentdm.oclc.org/>>. Acesso em: 27 maio 2025.