



## Potencial de Três Modelos Morfométricos na Avaliação da Suscetibilidade a Processos Erosivos no Município de Salinas da Margarida, Bahia

Jhonatan Gomes de Oliveira <sup>1</sup>  
Samuel de Amaral Macedo <sup>2</sup>  
Regina Célia de Oliveira <sup>3</sup>

### RESUMO

Este estudo tem por objetivo apresentar o potencial de três modelos morfométricos na avaliação da suscetibilidade a processos erosivos no município de Salinas da Margarida, Bahia, Brasil, por meio da aplicação do Stream Power Index (SPI), Sediment Transport Index (STI) e Sediment Flux (SF). Os dados foram derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus, corrigido e processado em ambiente SIG. O SPI e o STI foram calculados por meio de equações específicas na calculadora raster do ArcMap, enquanto o SF foi obtido no software Surfer, com base na direção e magnitude dos fluxos. O SPI foi estratificado em cinco faixas, variando de -15,83 a 1,72, evidenciando diferenciações relevantes no potencial erosivo das vertentes. O STI apresentou valores entre 0 e 0,061, permitindo a identificação de zonas de transmissão sedimentar ao longo dos gradientes topográficos. A modelagem tridimensional do SF indicou convergência vetorial e maior energia de transporte nas áreas de elevada declividade. Nas porções mais planas da bacia, observou-se dispersão dos vetores e tendência à deposição, notadamente a jusante dos canais. Os maiores valores de SPI concentraram-se em encostas íngremes, revelando maior suscetibilidade erosiva. Por outro lado, os menores valores foram observados em regiões de topografia suavizada, com limitada capacidade de mobilização de sedimentos. O STI, por sua vez, identificou corredores de conectividade sedimentar entre as encostas e os fundos de vale, com faixas mínimas associadas a zonas morfodinâmicas mais estáveis. O SF complementou esses padrões ao explicitar os contrastes entre os setores de transporte ativo e as áreas deposicionais. A integração desses índices, ainda incipiente na literatura geográfica voltada ao planejamento ambiental, demonstrou elevada capacidade diagnóstica para processos erosivos e deposicionais em ambientes costeiros. Os resultados subsidiam ações voltadas à conservação de encostas, à mitigação de impactos e à formulação de estratégias de gestão territorial.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; SPI, STI, FS, Erosão.

### INTRODUÇÃO

A análise dos processos erosivos em ambientes costeiros tropicais exige abordagens integradas que considerem a complexa interação entre morfologia do terreno, dinâmica hídrica e pressões antrópicas. No Brasil, apesar da crescente aplicação de modelos digitais de elevação em estudos ambientais, o uso combinado de índices como o Stream Power Index (SPI), Sediment Transport Index (STI) e modelagens tridimensionais

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas, [j199545@g.unicamp.br](mailto:j199545@g.unicamp.br);

<sup>2</sup> Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas, [s264821@dac.unicamp.br](mailto:s264821@dac.unicamp.br);

<sup>3</sup> Docente Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas, [regina5@unicamp.br](mailto:regina5@unicamp.br);



de fluxo ainda é incipiente, sobretudo em escalas municipais voltadas ao planejamento territorial.

Este artigo tem como objetivo analisar a suscetibilidade à erosão no município de Salinas da Margarida, Bahia, por meio da integração de três abordagens morfométricas complementares: o SPI, que quantifica o potencial de energia disponível para transporte de sedimentos; o STI, que expressa a capacidade efetiva de carreamento pelos canais fluviais; e o modelo tridimensional de Sediment Flux (SF), que amplia a leitura espacial dos processos erosivos, deposicionais e de transporte. A associação entre esses índices permite delinear zonas prioritárias de conservação e subsidiar estratégias de gestão ambiental em áreas costeiras vulneráveis.

O relevo do município apresenta um gradiente marcante, com vertentes íngremes no setor oeste — associadas a elevada energia potencial erosiva — e planícies litorâneas no setor leste, naturalmente predispostas à deposição de sedimentos. Para representar essa dinâmica, foram utilizados dados do MDE Copernicus (2023), processados em ambiente SIG (QGIS e Surfer), e validados em campo com o uso de VANTs e GPS, garantindo robustez à modelagem espacial dos fluxos hidrossedimentares.

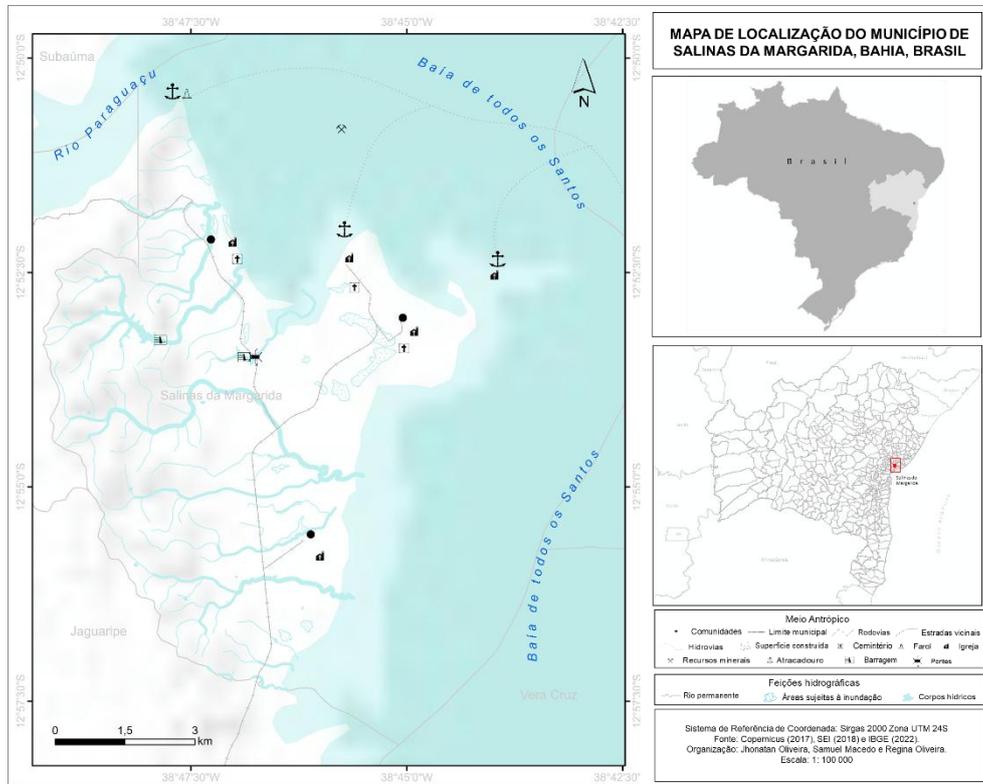
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O município de Salinas da Margarida é banhado pela Baía de Todos os Santos e integra o Recôncavo Baiano, estando localizado a aproximadamente 270 km da capital, Salvador. Segundo o IBGE, possui uma área total de 148,33 km<sup>2</sup>, dos quais 65 km<sup>2</sup> correspondem ao território continental. Sua localização geográfica é de 12° 52' 16" de latitude sul e 38° 45' 52" de longitude oeste (Figura 1).

De acordo com o IBGE (2023), a história de Salinas da Margarida tem início com a construção de salinas, em 1881, empreendimento liderado por Manoel de Souza Campos, proprietário das fazendas Santa Luzia e Conceição na região. A iniciativa surgiu após uma viagem a Portugal, durante a qual o proprietário concluiu que as características climáticas e a presença de vegetação de apicuns em suas terras seriam favoráveis à exploração da atividade salinera.

**Figura 1 - Localização da Área de Estudo.**



**Fonte:** SEI Bahia e IBGE (2022).

As obras de construção das salinas e as atividades a elas associadas atraíram um número expressivo de operários e moradores para a região, o que resultou na formação e no desenvolvimento do povoado de Salinas. O nome Salinas da Margarida passou a ser utilizado em referência a uma senhora chamada Margarida, cuja residência era um ponto de referência geográfica na localidade então conhecida como Ponta da Margarida.

Durante muitos anos, Salinas da Margarida foi distrito pertencente ao município de Itaparica. Somente com a promulgação da Lei Estadual nº 1.755, de 27 de julho de 1962, o povoado foi elevado à categoria de município. Entre 1980 e 2022, a população local duplicou, crescimento que se atribui, em parte, às promessas de emprego geradas por empreendimentos de aquicultura e à popularização do turismo como atividade econômica na região.

### **Procedimentos Metodológicos**

A metodologia empregada incluiu a revisão de literatura de estudos correlatos à modelagem de processos erosivos. Para isso, foram consultadas teses, dissertações e artigos que abordam conceitos e métodos aplicados em pesquisas realizadas no litoral



brasileiro. Em seguida, aplicaram-se técnicas de geoprocessamento para o tratamento do Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado gratuitamente pela plataforma Copernicus (2023), visando à remoção de depressões espúrias no ambiente SIG QGIS (2022). Posteriormente, por meio da calculadora raster, alguns valores foram multiplicados por -1, com o objetivo de corrigir pixels com valores negativos.

Na sequência, aplicou-se a Equação 1 para gerar o Índice de Potência de Sedimento (IPS), conforme proposto por El-Magd, Orabi, Ali, Parvin e Pham (2021), permitindo a quantificação de áreas com maior potencial de ocorrência de erosão, transporte e deposição de sedimentos na paisagem. Também foi aplicado o Índice de Transmissão de Sedimento, a partir da Equação 2, descrita por Moore e Wilson (1992), que consiste em uma métrica destinada a quantificar o potencial de erosão e transporte de sedimentos em uma paisagem.

$$SPI = \ln(SCA * \tan(S)) \quad (1)$$

Onde:

SPI = Stream Power Index

SCA = Specific Catchment Area (m<sup>2</sup>)

S = Slope (Radians)

$$STI = SCA / 22.13)^{0.6} * \sin(S/0.0896)^{1.4} \quad (2)$$

Onde:

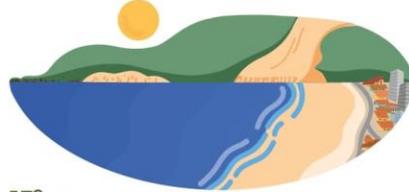
STI = Sediment Transport Index

SCA = Specific Catchment Area (m<sup>2</sup>)

S = Slope (Degrees)

Para a elaboração do dado referente ao Sediment Flux (SF), foi necessário o uso dos softwares QGIS (2022) e Surfer (Golden Software, 2023). As etapas iniciais foram realizadas no QGIS, utilizando o MDE corrigido e a ferramenta "Pixels de Raster para Pontos". Os pixels foram convertidos em um shapefile de pontos e, em seguida, foram adicionadas as coordenadas X e Y a cada ponto, por meio da ferramenta "Adicionar Campos X/Y à Camada". A tabela de atributos do shapefile foi então exportada em formato .xls.

Esse arquivo foi aberto no Surfer, com a devida atribuição das colunas correspondentes aos valores dos eixos X, Y e Z, utilizando o método de krigagem (kriging), técnica de interpolação amplamente utilizada na geoestatística para a predição



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

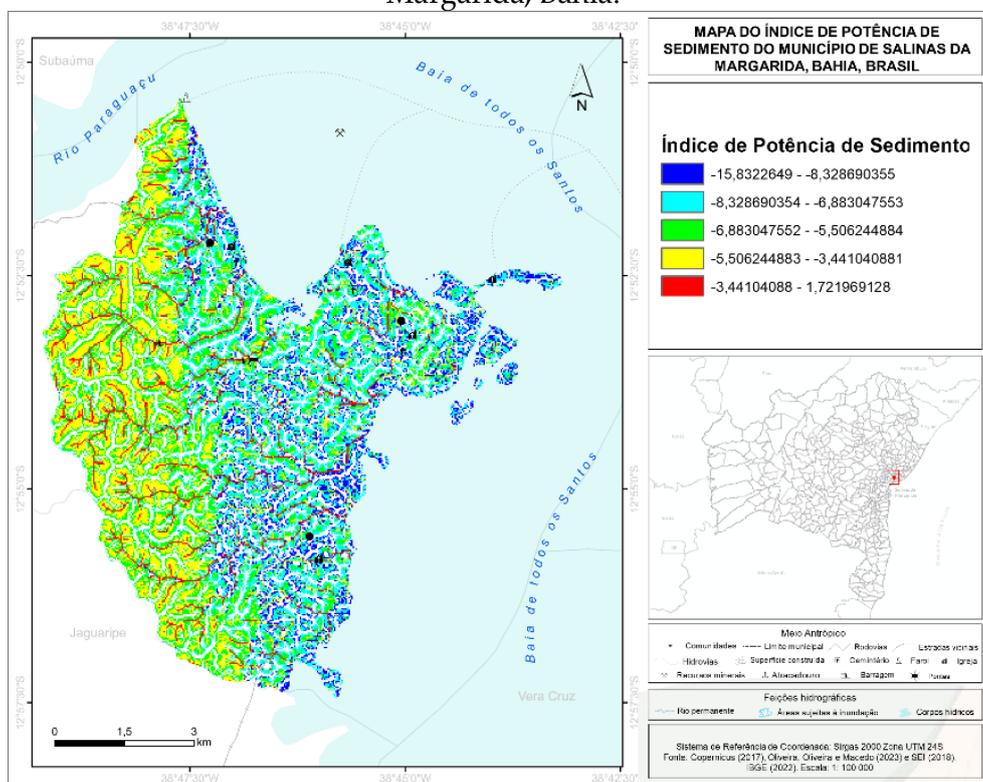
de dados espaciais (Hengl, 2009). A partir disso, o mapa de fluxo de sedimento foi gerado com o uso das ferramentas "3D Surface" e "Grid Vector", ajustando a escala Z para 0,5 polegada de projeção.

A atividade de campo contou com o uso de equipamento de coleta de pontos por GPS (Global Positioning System), anotações sobre a ocorrência de processos erosivos no município de Salinas da Margarida e imagens aéreas obtidas por meio de um veículo aéreo não tripulado (VANT) DJI Mavic Mini SE MT2SS5. O equipamento possibilitou o acesso a áreas remotas, devido à sua capacidade de alcance de até 4 km, ampliando significativamente a área de monitoramento dos processos erosivos durante a realização da pesquisa.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Índice de Potência de Sedimento (SPI) (Figura 2) apresentou os maiores valores concentrados no setor oeste do município, coincidindo com áreas de vertentes íngremes e cabeceiras de drenagem. Esses trechos indicam regiões com elevada energia potencial para erosão hídrica, atuando como zonas emissoras de sedimentos, conforme a proposta teórica de Rodriguez (1994).

**Figura 2.** Mapa do Índice de Potência de Sedimento (SPI) do município de Salinas da Margarida, Bahia.



Fonte: Copernicus (2017).

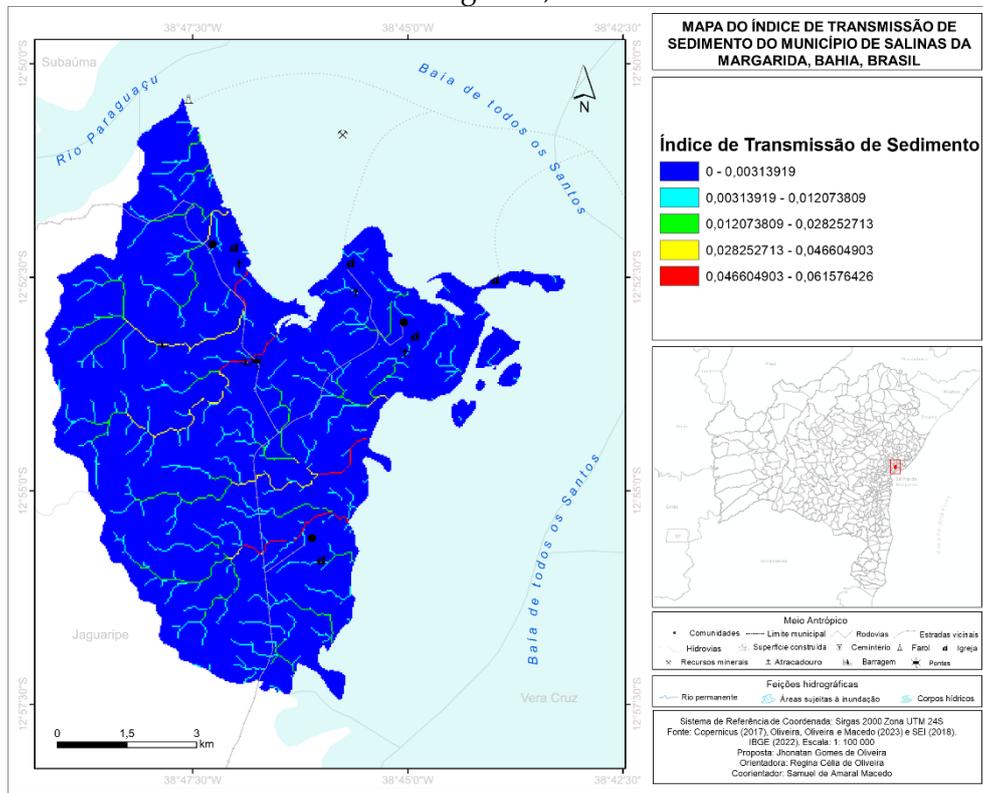


Tal comportamento está relacionado à dependência funcional do SPI em relação à declividade e à área de contribuição específica (Moore et al., 1991; Moore et al., 1993), sendo este um dos principais indicadores do potencial erosivo das vertentes. A principal cobertura vegetal nessas áreas é composta por formações arbóreas e arbustivas, com intervenções antrópicas associadas a cultivos agroflorestais, havendo poucas áreas destinadas à pastagem (Oliveira; Oliveira; Macedo, 2024a).

Por outro lado, as áreas com baixos valores de SPI, situadas em setores mais planos do relevo, correspondem a regiões com declividades reduzidas e menor capacidade de geração de energia para mobilização de sedimentos (Moore et al., 1991; Moore et al., 1993). Tais zonas atuam como áreas de transição entre as vertentes e as planícies, funcionando como áreas de acúmulo de material transportado a montante (Rodríguez, 1994). A presença de valores baixos de SPI nesses setores é compatível com a perda de energia do escoamento superficial e o início dos processos de deposição. Esse cenário favorece a prática da aquicultura, uma intervenção antrópica que ocupa trechos da linha de costa do município e gera conflitos de uso com as formações vegetais de restinga e manguezal (Oliveira; Oliveira; Macedo, 2024a).

O Índice de Transmissão de Sedimento (STI) (Figura 3) evidenciou os principais canais de drenagem como elementos estruturantes na dinâmica de transporte sedimentar. Os valores mais elevados de STI concentram-se em trechos com maior capacidade de condução de sedimentos, especialmente nas drenagens principais e em vertentes que apresentam forte convergência de fluxo. Áreas com valores reduzidos de STI, por sua vez, coincidem com trechos de menor declividade e maior potencial de retenção do material transportado. Esse índice quantifica o nível de transmissão do fluxo fluvial com base na altitude e na declividade, apresentando maior diversidade espacial no setor oeste do município, onde também se observam elevados valores de SPI e acentuada dissecação do relevo (Oliveira; Oliveira; Macedo, 2024b). O maior número de canais de drenagem encontra-se protegido por matas ciliares; contudo, duas intervenções destacam-se em um trecho do Rio Piau com elevado STI, alterando a dinâmica do transporte de sedimentos. Dentre elas, destaca-se a Barragem do Rio Piau, que provoca impactos relevantes, embora se trate de uma obra voltada ao interesse público, ao viabilizar o sistema de saneamento básico (EMBASA, 2020).

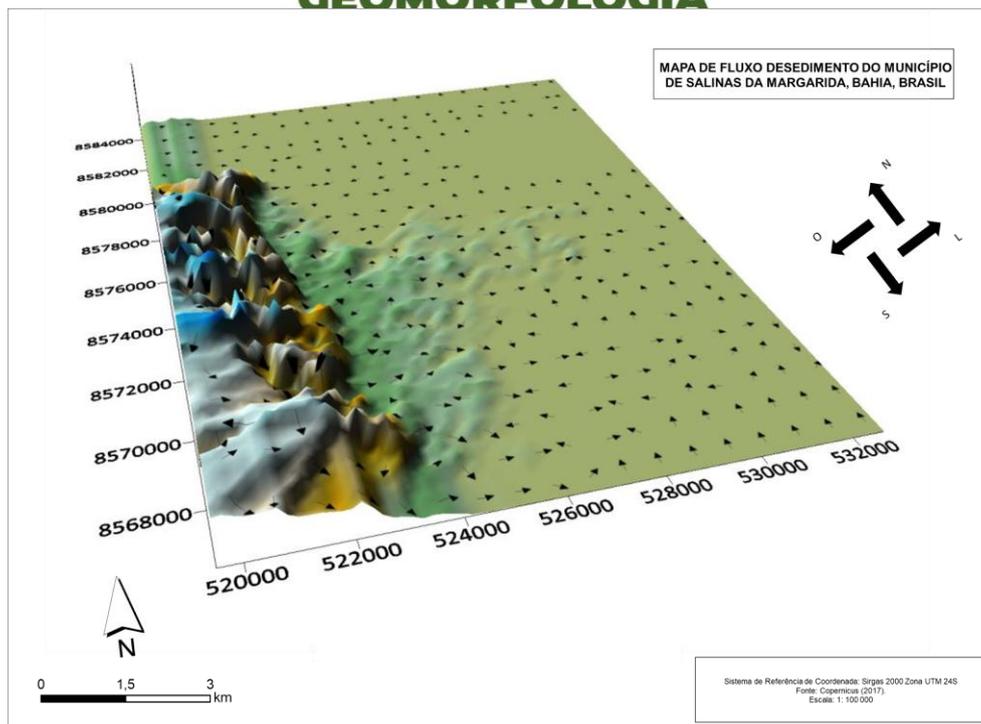
**Figura 3.** Mapa do Índice de Transmissão de Sedimento (STI) do município de Salinas da Margarida, Bahia.



Fonte: Copernicus (2017).

O modelo tridimensional do Fluxo de Sedimento (Figura 4) possibilitou a visualização integrada da direção, intensidade e magnitude do transporte superficial de material (Wilson e Gallant, 2000). Os vetores de fluxo evidenciam a transição entre zonas de alta energia, associadas às colinas localizadas no setor oeste, e zonas de baixa energia, nas planícies centrais e costeiras. Esse padrão corrobora as análises obtidas a partir dos índices SPI e STI, reforçando a hierarquia funcional entre as zonas emissoras (altas declividades), transmissoras (drenagens estruturadas) e acumuladoras (planícies e baixios).

**Figura 4.** Mapa do Fluxo de Sedimento (FS) do município de Salinas da Margarida, Bahia.



Fonte: Copernicus (2017).

Observa-se o papel dos corredores de drenagem natural como vias preferenciais de condução de sedimentos em direção às planícies, evidenciando a perda progressiva de energia cinética do escoamento superficial ao longo do gradiente topográfico. Essa hierarquização funcional entre zonas emissoras, transmissoras e acumuladoras reforça a necessidade de estratégias de manejo do solo espacialmente diferenciadas, com ênfase em práticas conservacionistas nas vertentes íngremes e em ações de contenção, recuperação e requalificação paisagística nas áreas de deposição.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem morfométrica demonstrou elevada eficácia diagnóstica na identificação de áreas suscetíveis à erosão no município de Salinas da Margarida, integrando com sucesso os índices SPI, STI e o modelo tridimensional de Fluxo de Sedimento.

O SPI evidenciou as vertentes íngremes do setor oeste como zonas emissoras de sedimentos, com alta energia potencial erosiva, enquanto os setores planos atuam como zonas de deposição. O STI destacou os principais corredores de drenagem como canais estruturantes da transmissão sedimentar, com maior conectividade nos trechos de acentuada declividade e elevada densidade de drenagem. O Fluxo de Sedimento, modelado em ambiente tridimensional, possibilitou a visualização da hierarquia funcional



entre áreas emissoras, transmissoras e acumuladoras, revelando a dinâmica espacial dos processos hidrossedimentares.

Os resultados indicam que a integração de índices morfométricos e modelagem espacial em Sistemas de Informação Geográfica constitui uma ferramenta eficaz para subsidiar ações de manejo do solo, conservação de encostas e mitigação de impactos em ambientes costeiros vulneráveis.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Núcleo de Estudos Ambientais e Litorâneos e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

### **REFERÊNCIAS**

BORGA, M. Accuracy of radar rainfall estimates for streamflow simulation. **Journal of Hydrology**, v. 267, n. 1–2, p. 26–39, 2002.

EL-MAGD, S. A. A. H.; ORABI, O.; ALI, S.; PARVIN, F.; PHAM, Q. B. An integrated approach for evaluating the flash flood risk and potential erosion using the hydrologic indices and morpho-tectonic parameters. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, p. 1–17, out. 2021.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO – EMBASA. **Lógica de abastecimento de Salinas da Margarida**. 2020. Disponível em: [3CC\\_2927309\\_SalinasdaMargarida.pdf](#). Acesso em: 24 jul. 2025.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer**. 2023. Disponível em: <https://www.goldensoftware.com/products/surfer/>. Acesso em: 11 jun. 2023.

HENGL, T. **A practical guide to geostatistical mapping**. Amsterdam: Hengl, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Informações Ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/23382-banco-de-informacoes-ambientais.html>. Acesso em: 10 ago. 2023.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B. Terrain-based catchment partitioning and runoff prediction using vector elevation data. **Water Resources Research**, v. 27, n. 6, p. 1177–1191, 1991.

MOORE, I. D.; WILSON, J. P. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: simplified method of estimation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 47, n. 5, p. 423–428, 1992.

MOORE, I. D. et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, n. 2, p. 443–452, 1993.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

OLIVEIRA, J. G.; OLIVEIRA, R. C. de; MACEDO, S. A. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra no município de Salinas da Margarida, Bahia, Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – SINAGEO, 14., 2023a, Corumbá. **Anais...** Corumbá: UEMS, 2023. p. 1–8.

OLIVEIRA, J. G.; OLIVEIRA, R. C. de; MACEDO, S. A. Índice de dissecação do relevo do município de Salinas da Margarida, Bahia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – SINAGEO, 14., 2023b, Corumbá. **Anais...** Corumbá: UEMS, 2023. p. 1.

QGIS. **QGIS 3.18.** 2022. Disponível em: <https://www.qgis.org/en/site/forusers/visualchangelog318/index.html>. Acesso em: 11 mai. 2023.

RODRIGUEZ, J. M. M. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, 1994.

SINERGISE. **Copernicus Global Digital Elevation Model**. OpenTopography, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>. Acesso em: 28 mai. 2023.

WILSON, J. P.; Gallant J. C. Digital terrain analysis. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 1–27.

