

IX-003 - IMPLEMENTAÇÃO DE MODELAGEM PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM ALTO RISCO A PROCESSOS EROSIVOS EM PERIMETRO URBANO.

Rafael Dezordi⁽¹⁾ Erivelto Luiz Silveira ⁽²⁾ Cassio Alexandre Rolan Wandscheer ⁽¹⁾ Mikael Timoteo Rodrigues⁽¹⁾

Tecnólogo em geoprocessamento e Mestre em geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Endereço⁽¹⁾: Avenida Tancredo Neves, 6731 - CEP: 85867-900 • Foz do Iguaçu, Paraná/Brasil

- Tel: (45) 3576 7200 • pti@pti.org.br

Endereço⁽²⁾: Rua Engenheiros Rebouças, 1376 - CEP 80215-900 • Curitiba, Paraná, Brasil

-Tel (45) 0800 200 0115 • sanepar.com.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo mapear zonas em risco de deslizamento em áreas urbanas utilizando dados de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográficos (SIG) calculando com base em Modelos Digitais de Elevação (MDE) diversos índices de fragilidade estrutural do solo e modelos de suscetibilidade a erosão, analisados em conjunto com índices de potência de fluxo e umidade topográfica buscando identificar com precisão áreas sujeitas a deslizamento para evacuação em contextos de chuva extrema e em longo prazo embasando políticas públicas de realocação de famílias em situação de risco eminente, dentro de um contexto climático em que se prevêem eventos de chuva extrema em intervalos cada vez menores.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, voçorocas, modelagem, defesa civil.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo representa uma das principais ameaças ambientais que afetam comunidades em todo o mundo, exercendo impactos significativos nas paisagens, na infraestrutura e na segurança humana. Este estudo tem como foco a investigação dos processos erosivos e seus efeitos na perspectiva da defesa civil, buscando compreender as dinâmicas e padrões que caracterizam a erosão em determinadas áreas geográficas. A relevância desta pesquisa reside na necessidade de desenvolver estratégias eficazes de prevenção, mitigação e resposta aos eventos erosivos, com o intuito de fortalecer a resiliência das comunidades frente a esses desafios (Chase et al. 2011).

A erosão do solo pode ser desencadeada por diversos fatores, incluindo eventos climáticos extremos, práticas inadequadas de uso da terra, desmatamento e urbanização desordenada. Tais processos não apenas comprometem a fertilidade do solo, mas também podem resultar em deslizamentos de terra, destruição de infraestrutura, perda de biodiversidade e, mais significativamente, representam uma ameaça direta à segurança e bem-estar das populações em perímetros urbanos (Wischmeier 1978; Nouwakpo 2017; Pulley, S 2018).

Neste contexto, a atuação da defesa civil torna-se crucial para a implementação de medidas preventivas, o desenvolvimento de sistemas de alerta e resposta eficiente diante de eventos erosivos. Este estudo visa, portanto, aprofundar a compreensão sobre a dinâmica inerente aos processos erosivos, identificar áreas de maior vulnerabilidade e fornecer subsídios para a elaboração de planos de contingência e estratégias de gestão do solo que contribuam para a preservação ambiental e a proteção das comunidades em situações de risco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada a modelagem de duas áreas de interesse dentro do território nacional visando melhor caracterizar dois processos erosivos em diferentes contextos. A primeira área selecionada foi o município de Buriticupu localizado no centro oeste do Maranhão, a segunda área de interesse se localiza no oeste do Paraná junto a cidade de Loanda. Estas duas cidades apresentam contextos heterogêneos para a formação das voçorocas que as assolam, e por este motivo foram selecionadas, visando melhor avaliar a acurácia do modelo e sua aplicabilidade. O processo metodológico empregado para aquisição do índice de suscetibilidade a processos erosivos em perímetro urbano se deu por meio da sincronização tautocrônica de diversas variáveis e processos aos quais os



dados de entrada (MDE e o uso e ocupação do solo) foram submetidos, visando a atribuição de pesos com base na contribuição dos mesmos para a formação e agravamento de processos erosivos para posterior concatenação.

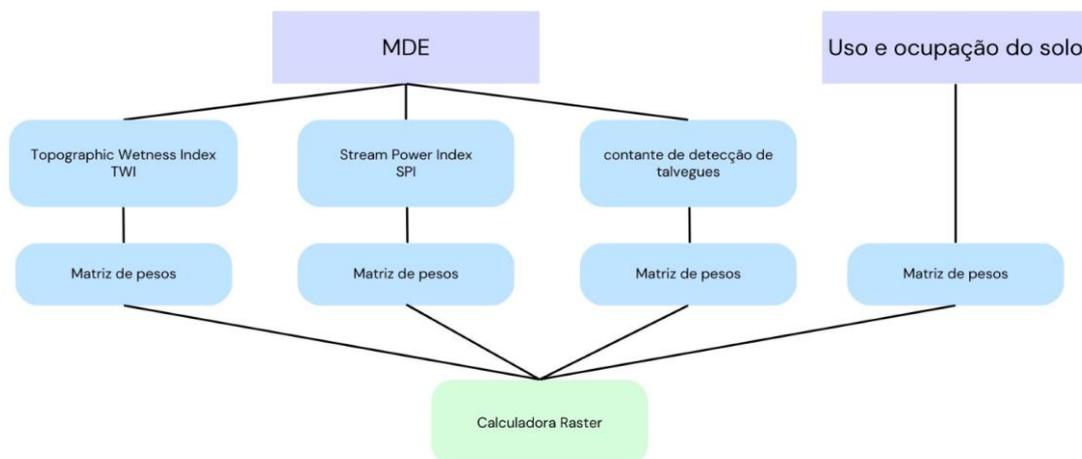


Figura 1: Fluxograma

A seleção de dados e processos empregados para o processamento do modelo se deu em virtude da influência que os mesmos exercem em processos erosivos ao longo do tempo, levando em consideração que as datas de produção dos dados utilizados variam consideravelmente como do dado de elevação oriundo do levantamento Topodata que teve sua realização no intervalo entre 2009 e 2011 (Bocco, G. 1991; Schmidt 2019) e foi empregado para o cálculo do índice umidade topográfica (TWI) e o índice de poder de fluxo (SPI) que tem suas respectivas equação descritas como:

Stream Power index (SPI): Índice de poder de fluxo é empregado para mensurar a erosão em função do cisalhamento do fluxo potencial da água em cada pixel.

$$SPI = \ln (CA \cdot \tan G)$$

Onde:

CA = Fluxo acumulado (flow accumulation)

G = Declividade em graus (°)

Topographic Wetness Index (TWI): Índice de umidade topográfica avalia a capacidade topográfica de uma determinada área de conter processos hidrológicos.

$$TWI = \ln ((CA / FW) / \tan G)$$

Onde:

CA = Fluxo acumulado (flow accumulation)

FW = Largura de fluxo (flow width)

G = Declividade em graus (°)

Com o objetivo de reforçar e aumentar a precisão dos demais índices foram gerados os vetores de captação mínimos de cursos d'água efêmeros, ou seja, que não se expressão na superfície topográfica fora de contextos de precipitação, tendo em vista que processos erosivos extremos geralmente são desencadeados por eventos de precipitação intensa.

Somado aos valores oriundos de índices de fragilidade topográfica será adicionado o uso e ocupação do solo proveniente do projeto MapBiomias (Sousa, 2022) extraído através da plataforma Google Earth Engine (GEE). O uso e ocupação do solo tem sua influência sobre processos erosivos como ponto pacífico na comunidade científica sendo extensivamente empregado em estudos sobre processos erosivos desde sua gênese sendo um dos



parâmetros centrais da Equação Universal de Uso do Solo (USLE) (Dunning and Beach 1994; Wilson and Gallant 2000) desenvolvida em 1930 pelo departamento de agricultura do governo dos Estados Unidos (USDA). Para os dados de uso e ocupação do solo fora empregado dados MapBiomas (Schmidt, 2019) que receberam pesos de acordo com a fragilidade estabelecida para as classes de uso do solo do fator C da equação universal de perda de solos (Universal Soil Loss Equation - USLE) conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos atribuídos a cada classe de uso e ocupação do solo.

Classe de uso do solo	Peso (0 - 1)
Agricultura	0,8
Floresta	0,1
Pastagem	0,7
Arbustivas	0,7
Banhado	0,1
Água	0
Tundra	0,5
Urbano	0,1
Solo exposto	0,9

Após o processamento dos índices eles foram reclassificados em função de suas amplitudes de medida a um intervalo entre 0 e 1, onde, 0 representa mais baixo risco a processo erosivos e 1 o mais alto risco a processos erosivos.

RESULTADOS

Após uma minuciosa análise dos resultados oriundos da modelagem foram identificados diversos processos erosivos dentre os quais foram selecionadas áreas de estudo para ponderação em função da existência de processo erosivos extensos e amplamente catalogados, visando avaliar o desempenho da metodologia.

A metodologia foi aplicada em duas áreas de interesse com características heterogenias resultando em dois modelos matemáticos que descrevem o avanço de processos erosivos preestabelecidos na forma de um índice de risco normalizado que descreve o risco a erosão em um gradiente de 0 a 1, onde 1 representa alto risco e 0 baixo risco a formação de ravinas e voçorocas (figura 2).

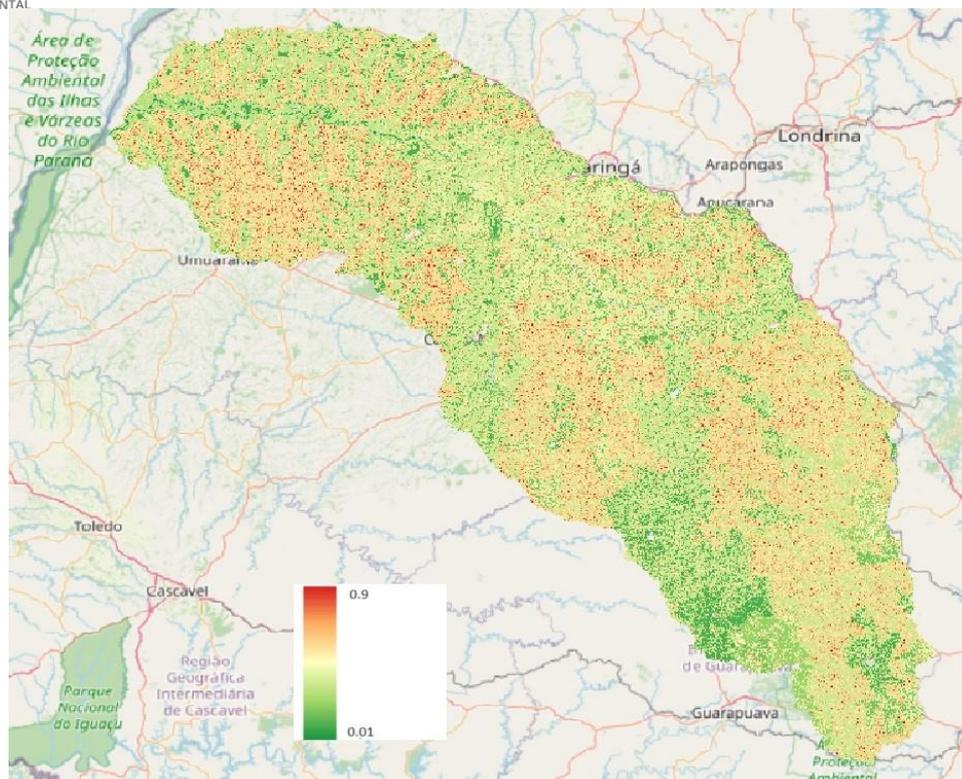


Figura 2: índice de suscetibilidade a erosão aplicado na bacia hidrográfica do Ivaí

Com o objetivo de melhor avaliar os resultados do modelo foi realizada a conversão do dado raster para vetor, onde foram extraídos apenas os pixels classificados como de alto e médio risco, os vetores foram então sobrepostos a imagens de satélite Geoeye de resolução espacial de aproximadamente 2 metros, fazendo um resgate temporal da evolução dos processos erosivos após a data de aquisição do dado de elevação (tabelas 2, 3 e 4).



Tabela 2: Modelo de suscetibilidade a erosão aplicada no município de Loanda.

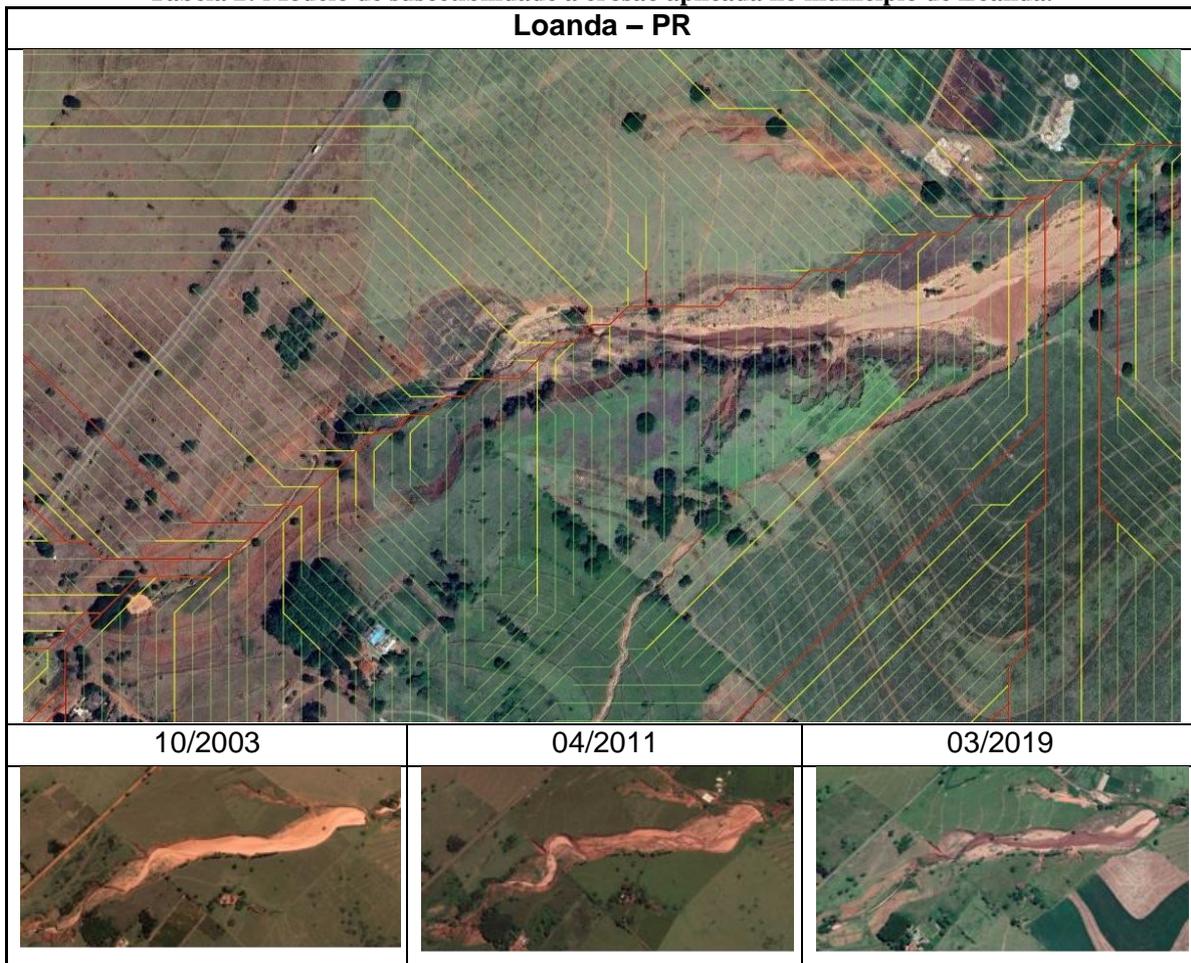




Tabela3: Modelo de suscetibilidade a erosão aplicado ao noroeste do município de Buriticupu.

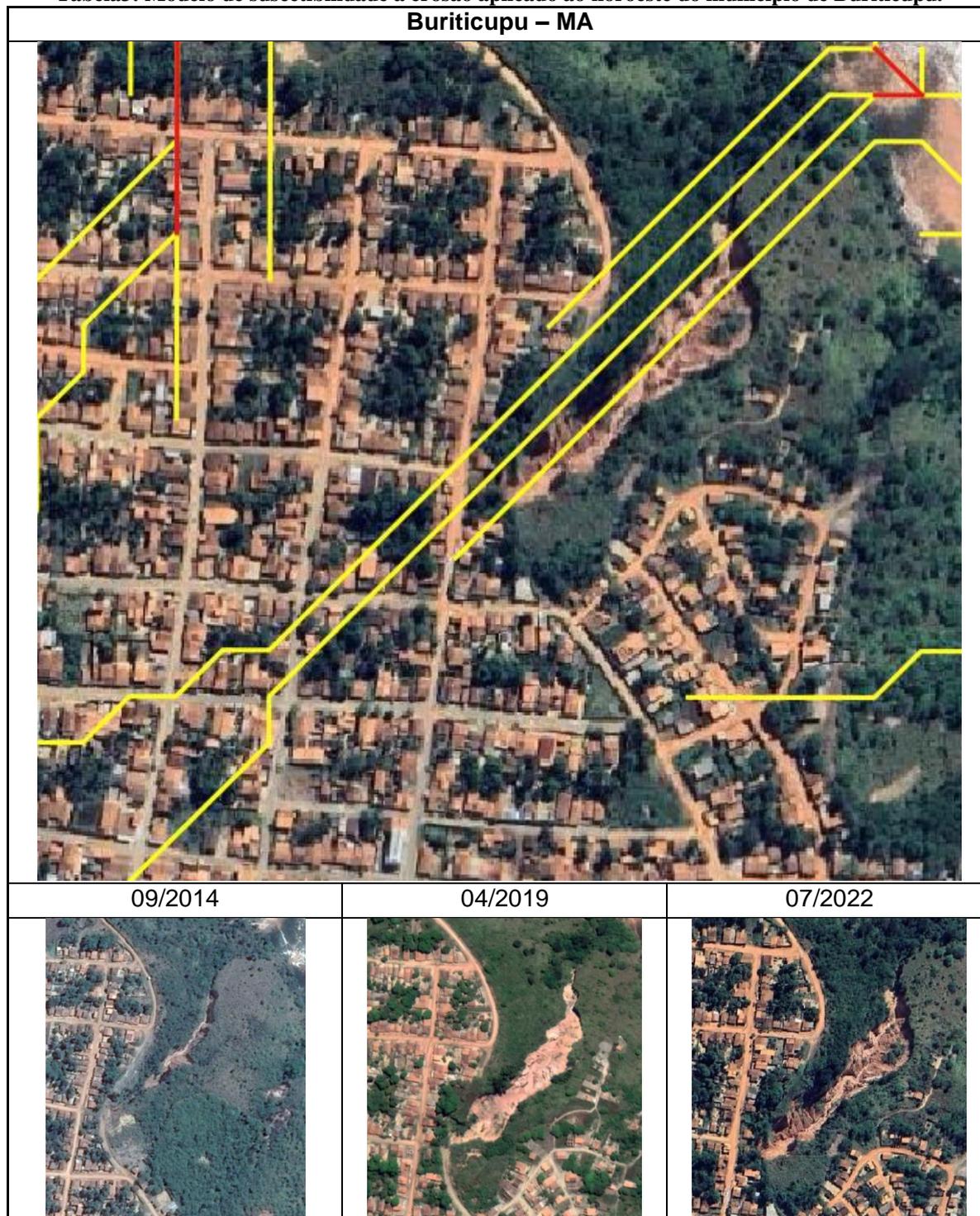
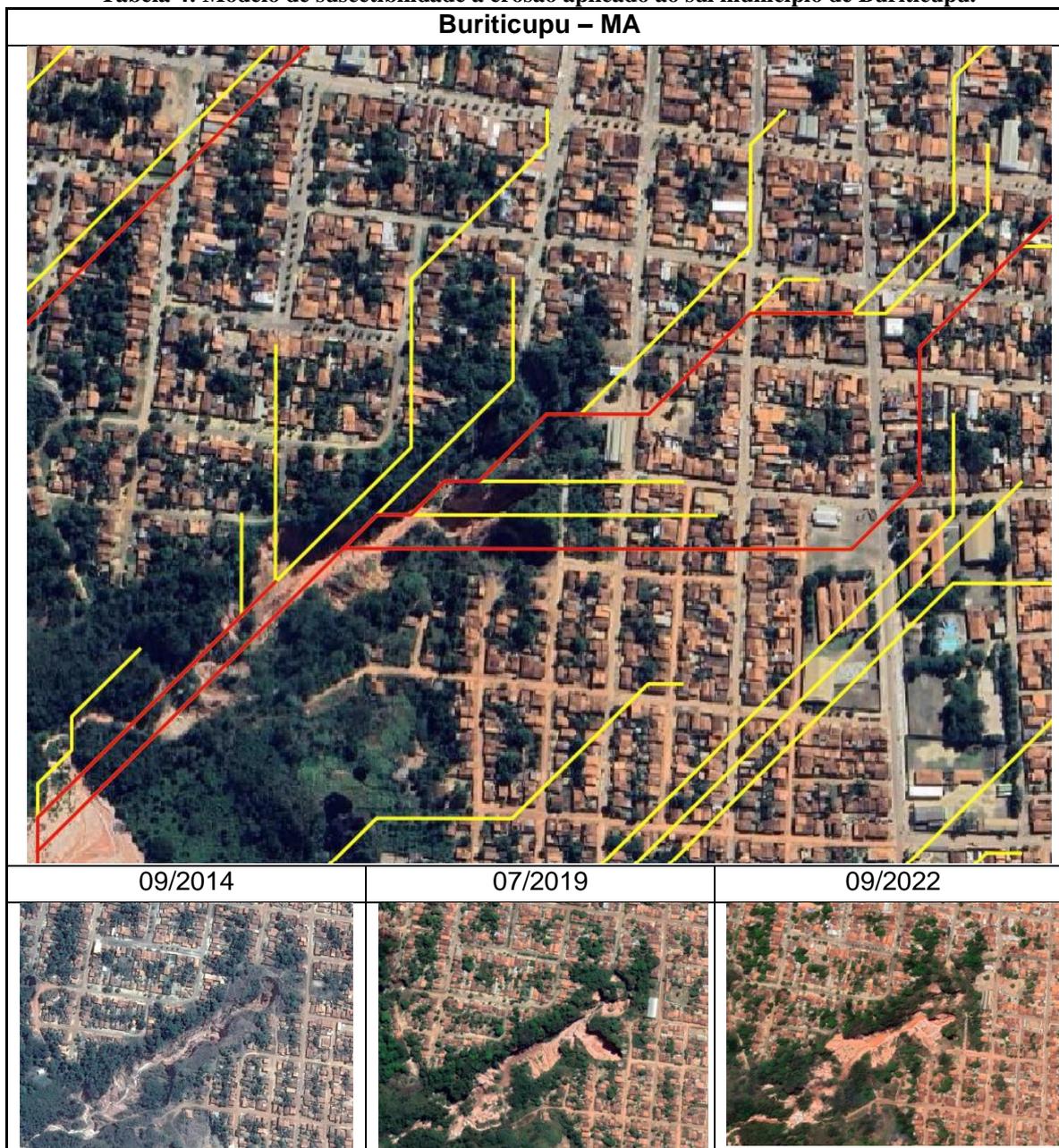


Tabela 4: Modelo de suscetibilidade a erosão aplicado ao sul município de Buriticupu.
Buriticupu – MA



CONCLUSÕES

Os resultados oriundos do modelo apresentaram ampla sobreposição com os processos erosivos identificados nas áreas de estudo, como também foram eficientes na prospecção da expansão dos processos erosivos em perímetro urbano.

Ao analisar o contexto de expansão dos processos erosivos presentes no município de Buriticupu foi possível constatar que um dos fatores de maior influência para o agravamento do dano causado pela erosão foi a combinação da declividade com a orientação da pavimentação, o que aumenta exponencialmente a potência do



fluxo da água. Tendo isso em vista, a melhoria do modelo está diretamente atrelada à precisão e resolução espacial do dado de elevação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Assefa, T. T., Jha, M. K., Tilahun, S. A., Yetbarek, E., Adem, A. A., & Wale, A. (2015). Identification of Erosion Hotspot Area using GIS and MCE Technique for Koga Watershed in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *American Journal of Environmental Sciences*, 11(4), 245–255. doi:10.3844/ajessp.245.255.
2. Bocco, G. (1991). Gully erosion: processes and models. *Progress in Physical Geography*, 15(4), 392–406. doi:10.1177/030913339101500403.
3. Chase, Arlen F., Diane Z. Chase, John F. Weishampel, Jason B. Drake, Ramesh L. Shrestha, K. Clint Slatton, Jaime J. Awe, and William E. Carter 2011 Airborne LiDAR, Archaeology, and the Ancient Maya Landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science* 38(2):387–398.
4. Dunning, Nicholas P., and Timothy Beach 1994 Soil Erosion, Slope Management, and Ancient Terracing in the Maya Lowlands. *Latin American Antiquity* 5(1):51–69.
5. EMBRAPA (2013), Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa.
6. Fang, H.; Sun, L.; Tang, Z (2015), Effects of rainfall and slope on runoff, soil erosion and rill development: An experimental study using two loess soils. *Hydrol. Process.* 29, 2649–2658.
7. Hancock, G.; Wells, T.; Martinez, C.; Dever, C (2015), Soil erosion and tolerable soil loss: Insights into erosion rates for a well-managed grassland catchment. *Geoderma*, 237, 256–265.
8. Mekonnen, M.; Keesstra, S.D.; Baartman, J.E.; Stroosnijder, L.; Maroulis (2017), J. Reducing sediment connectivity through man-made and natural sediment sinks in the Minizr Catchment, Northwest Ethiopia. *Land Degrad. Dev.* 28, 708–717
9. Nouwakpo, S.K.; Wertz, M.A.; McGwire, K.C.; Williams, J.C.; Osama, A.H.; Green, C.H. (2017), Insight into sediment transport processes on saline rangeland hillslopes using three-dimensional soil microtopography changes. *Earth Surf. Process. Landf.* 42, 681–696.
10. Projeto MapBiomias (2019) Coleção [Coleção 4.1] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, disponível em: <<https://mapbiomas.org/>> (acesos em 12 set 2023).
11. Pulley, S.; Ellery, W.N.; Lagesse, J.V.; Schlegel, P.K.; Mcnamara, S.J (2018), Gully erosion as a mechanism for wetlandformation: An examination of two contrasting landscapes. *Land Degrad. Dev.* 29, 1756–1767.
12. Schmidt, S.; Tresch, S.; Meusburger, K, (2019), Modification of the RUSLE slope length and steepness factor (LS-factor) based on rainfall experiments at steep alpine grasslands. *MethodsX* 6, 219–229.
13. Souza et al. (2020) – Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine – Remote Sensing, Volume 12, Issue 17, 10.3390/rs12172735.
14. Wilson, John P., and John C. Gallant 2000 Digital Terrain Analysis. In *Terrain Analysis: Principles and Applications*, edited by J. P. Wilson and J. C. Gallant, pp. 1–27. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey
15. Wischmeier, W.H.; Smith, D.D (1978), *Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning*; United States Department of Agriculture: Hyattsville, MA, USA.