DINÂMICA DE VOÇOROCAMENTO E IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO SILVA, MACEIÓ/AL

João Kleber Barbosa Teixeira de Lima [1]
Antonio Rodrigues de Oliveira Filho [2]
Gabriel Rosemberg Sobrinho de Oliveira [3]
Genisson Panta da Silva [4]

RESUMO

O presente trabalho caracteriza a dinâmica erosiva e os processos de voçorocamento localizados na Bacia Hidrográfica do Riacho do Silva, em Maceió/AL, com ênfase nos aspectos geomorfológicos, morfométricos e nos impactos socioambientais associados à expansão das feições erosivas em ambiente urbano. A área está inserida sobre sedimentos da Formação Barreiras, caracterizados por elevada suscetibilidade à erosão devido à composição sedimentar e à intensa atuação do escoamento superficial. Foram utilizados dados obtidos por levantamentos de campo realizados nos anos de 2025 e 2026, interpretação de imagens históricas do Google Earth Pro, ortomosaicos obtidos por VANT e dados do sensor Lidar Zenmuse L2, permitindo análises multitemporais e modelagem detalhada do relevo. Os resultados demonstram crescimento expressivo das voçorocas no período de 10 anos, com aumento significativo da área erodida e avanço das bordas em direção às residências e vias de circulação. A ausência de sistemas eficientes de drenagem urbana, associada à impermeabilização do solo, ocupação irregular das encostas e lançamento inadequado de águas servidas, intensifica os processos erosivos e favorece a instabilidade geomorfológica. As análises morfométricas indicam que a voçoroca apresenta morfologia irregular, perfil côncavo em formato de "U", elevada declividade das bordas e instabilidade nas encostas laterais, evidenciando risco potencial à população residente. Destaca-se a necessidade de monitoramento contínuo, execução de obras de contenção, recuperação da cobertura vegetal e implementação de medidas de drenagem urbana sustentável para reduzir os riscos geotécnicos, ambientais e sociais na área estudada.

INTRODUÇÃO

A erosão acelerada é atualmente um dos temas mais debatidos referente ao planejamento urbano, gestão ambiental e vulnerabilidade. Quando o fluxo se concentra nas vertentes, a erosão pode evoluir de sulcos e ravinas para voçorocas, que "são formas erosivas de grande porte que se desenvolvem geralmente em áreas de cabeceiras de

[1] Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, joao.teixeira@igdema.ufal.br;
[2] Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, antoniordof@gmail.com;
[3]Graduado em Engenharia de Agrimensura pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, grosembergoliveira@gmail.com;
[4] Professor Substituto Associado da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, genissongeo@gmail.com.

drenagem com a ação das águas subsuperficiais (freático) por erosão interna (piping)" (Francisco, 2018).

Ainda segundo Francisco (2018), as voçorocas apresentam morfologia com fundo plano e margens abruptas, além de um alto potencial destrutivo. Seus impactos vão muito além da simples perda de solo: envolvem o assoreamento de corpos d'água, o comprometimento da infraestrutura urbana, a proliferação de vetores de doenças e a limitação da expansão urbana, como destacado por (Santoro, 2015).

Como aponta Guerra (2011), o entendimento das condicionantes naturais, tais como litologia, tipo de solo, cobertura vegetal e regime climático, deve estar associado à análise das formas de relevo e das dinâmicas que atuam sobre as encostas. Essa abordagem permite a definição de estratégias mais eficazes de prevenção e resposta a riscos geotécnicos.

Em áreas urbanas, a erosão tende a evoluir de forma acelerada, especialmente em locais onde há supressão de vegetação, remoção de solo superficial e ausência de drenagem eficiente. Entender a dinâmica erosiva nesses contextos requer considerar não apenas os elementos naturais da paisagem, mas também o histórico de uso e ocupação do solo. Conforme destaca Batista (2019), a medição da extensão, largura e profundidade das feições erosivas é fundamental para determinar sua evolução ao longo do tempo e subsidiar a definição de medidas corretivas e mitigadoras.

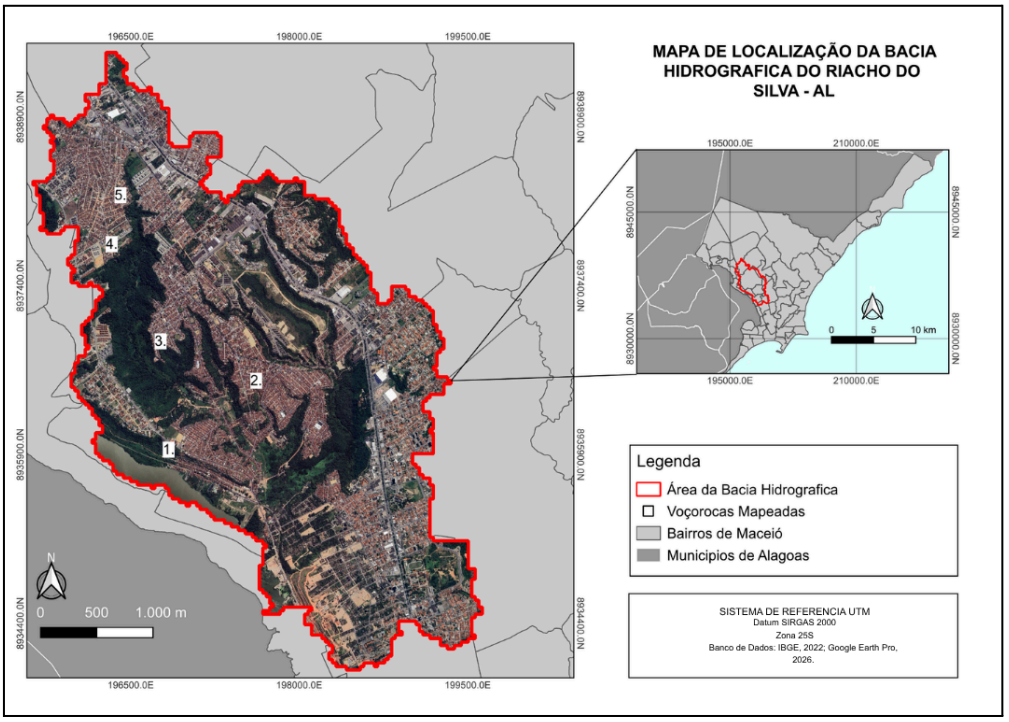
Além dos fatores naturais, a ocupação irregular das encostas aumenta a instabilidade do terreno e a vulnerabilidade da população. Nesse contexto, o mapeamento de voçorocas é fundamental para subsidiar projetos de contenção e recuperação de áreas degradadas (Vieira, 2004).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do riacho do Silva (BHRDS), localiza-se no Município de Maceió/AL, conforme o mapa da Figura 1, possuindo uma área de 10,2 km². Por se tratar de uma bacia urbana, abrange totalmente os bairros Petrópolis, Santo Amaro e

Chã da Jaqueira e parcialmente os bairros Tabuleiro do Martins, Santa Amélia, Chã de Bebedouro, Gruta de Lourdes, Pinheiro e Bebedouro (Gama *et al*, 2009).

Fig 1. Mapa de localização da área de estudo.



Elaboração: Autores (2026).

O clima predominante da BHRDS, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (tropical com estação seca no inverno), havendo, contudo, uma pequena porção a noroeste da BHRDS caracterizada pelo clima BSh (clima de estepe quente, típico de baixas latitudes e altitudes). A precipitação média anual entre os anos de 1991-2020 é de 1808,1 mm, já durante os meses da quadra chuvosa tem a mínima de 194,3 mm em abril e a máxima de 322,8 mm em junho (INMET, 2022). Já a média de temperatura anual, varia entre máximas de 28,9°C a 30,4°C e a mínima é de 21,6°C, e varia entre 20,2°C com média de 25,2 °C (Maia, 2016).

A geomorfologia da bacia é composta predominantemente por tabuleiros costeiros a partir da formação barreiras. Juntamente com as planícies litorâneas, fluvial

e lagunar, que são o resultado da ação do mar e dos rios, formando os terraços marinhos, lacustres e cordões arenosos (Costa e Ramos, 2004, p. 19).

A pedologia da área de estudo compreende Latossolos Amarelo Distrófico, Latossolos Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos Melânicos, em menor ocorrência por se encontrarem no fundo do rio (Sedet, 2023; Parahyba *et al.*, 2008).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida por meio da integração de levantamentos bibliográficos, análises geoespaciais e observações de campo. Para a análise da evolução da voçoroca foram utilizadas imagens históricas disponíveis no Google Earth Pro, permitindo a delimitação das bordas erosivas em diferentes períodos. O potencial destrutivo da voçoroca foi classificado conforme os critérios estabelecidos por Vieira (2004).

Para a obtenção das imagens aéreas das voçorocas e demais feições erosivas da área de estudo, utilizou-se o drone DJI Mavic 3T, empregando exclusivamente sua câmera RGB de alta resolução para aquisição fotogramétrica e registro espacial das feições identificadas em campo. Complementarmente, foi utilizada o drone DJI Matrice 350 RTK acoplada ao sensor DJI Zenmuse L2 para aquisição de dados LiDAR e geração de nuvem de pontos tridimensional com a software DJI Terra, possibilitando a elaboração de modelos digitais do terreno e análises morfométricas da área estudada.

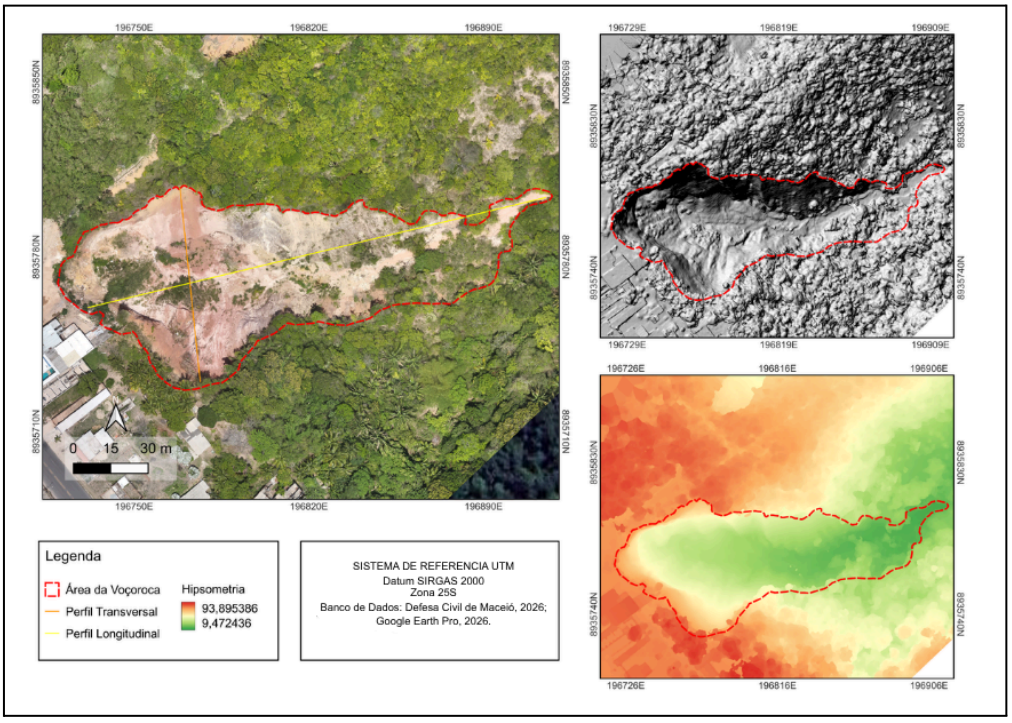
RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, optou-se por detalhar apenas uma das cinco voçorocas identificadas na área de pesquisa, ressaltando-se, contudo, que todas demandam investigações complementares e monitoramento contínuo devido ao potencial de evolução dos processos erosivos. A voçoroca analisada na Figura 2, destaca-se por sua

elevada magnitude e por sua localização estratégica no bairro Santa Amélia, às margens da Avenida Jorge Montenegro de Barros.

Essa via constitui um importante eixo de ligação entre a parte alta e a parte baixa da cidade de Maceió, apresentando intenso fluxo de veículos e relevante função na mobilidade urbana, o que reforça a necessidade de avaliação das condições atuais da voçoroca associadas ao avanço erosivo, como é evidenciado na Figura 2.

Fig 2. Mapa de caracterização da voçoroca - Santa Amélia, Maceió, Alagoas.



Elaboração: Autores (2026).

A feição erosiva desenvolve-se na encosta oeste do tabuleiro costeiro, em uma área de transição entre o topo do tabuleiro e o fundo do vale do Riacho do Silva. Tal configuração geomorfológica caracteriza um rebordo erosivo, marcado por uma nova feição no relevo, onde a ação das águas pluviais e da pressão freática tende a se concentrar de forma mais intensa.

Os procedimentos de geoprocessamento permitiram classificar a voçoroca como do tipo conectada, visto que se localiza na porção superior da encosta e apresenta ligação direta com a rede de drenagem. A feição possui morfologia irregular, condição que favorece a instabilidade das bordas, o surgimento de novos sulcos erosivos e a expansão progressiva da área afetada. Segundo a classificação de Vieira (2004), com a equação de Volume médio estimado (V) é igual a Área (A) multiplicado pela Profundidade (P), tabela 1.

A análise morfométrica realizada com base em dados obtidos por meio do drone DJI Mavic 3 indicou cotas superiores a 71 metros na porção mais elevada da encosta e aproximadamente 16 metros na parte inferior, resultando em um desnível altimétrico de cerca de 55 metros, tendo uma forma irregular e sendo conectada a rede de drenagem da BHDRS.

Tabela 1. Estimativa de volume erodido.

Ord	Volume erodido	Tamanho
01	até 999 m³	Muito Pequena
02	de 1.000 m³ até 9.999 m³	Pequena
03	entre 10.000 m³ e 19.999 m³	Média
04	entre 20.000 m³ e 40.000 m³	Grande
05	mais de 40.000 m³	Muito grande

Fonte: Vieira e Albuquerque, 2004.

Apresentando área estimada em aproximadamente 8472 m², atualmente a voçoroca apresenta um volume erodido estimado de 465.993 m³, o que a classifica como uma voçoroca Muito grande, evidenciando a sua magnitude. A partir de imagens históricas do *Google Earth Pro*, como mostrado na figura 3 abaixo, percebe-se uma expansão acelerada da voçoroca, tendo uma área em 2009 de aproximadamente 4882

m², em 2019 de 6357 m² e em 2024 de 7754 m². A voçoroca apresentou um crescimento aproximado de 74% entre 2009 e 2026.

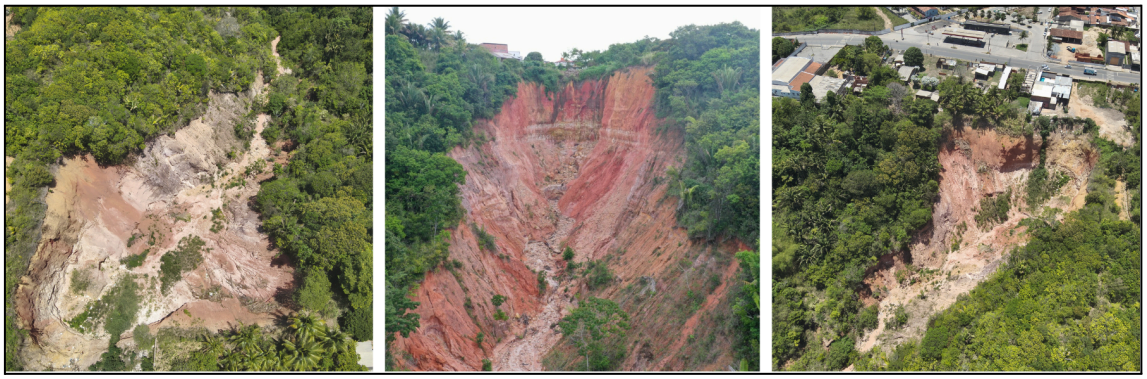
Fig 3. Evolução da voçoroca em análise entre os anos de 2009, 2019 e 2024.



Fonte: Google Earth Pro.

A análise de imagens históricas do Google Earth Pro, entre 2009 a 2024, também mostram um crescimento expressivo da urbanização, com avanço da malha construída nas margens da Avenida Jorge Montenegro de Barros, nos bairros de Petrópolis e Chã de Bebedouro. As áreas antes cobertas por vegetação, deram lugar a edificações, o que reduziu a capacidade de infiltração e intensificou o escoamento superficial, como mostra a Figura 4.

Fig 4. Situação atual da voçoroca em análise, 2026.



Fonte: Defesa Civil de Maceió.

De acordo com Guerra (2011), a urbanização altera o equilíbrio geomorfológico das encostas, aumentando o escoamento superficial e intensificando a erosão. Além disso, verificou-se que o lançamento de águas servidas diretamente na encosta contribui para a saturação do solo, intensificando o avanço dos processos erosivos. Os processos de voçorocamento comprometem a infraestrutura urbana, ameaçam vias e residências e ampliam a sensação de insegurança da população residente em áreas suscetíveis ao risco geotécnico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica erosiva na Bacia Hidrográfica do Riacho do Silva evidenciou que os processos de voçorocamento estão diretamente relacionados à urbanização desordenada e à ausência de drenagem adequada. As análises multitemporais e os levantamentos de campo demonstraram a ampliação significativa das feições erosivas ao longo dos últimos anos, favorecendo a instabilidade geomorfológica e aumentando a vulnerabilidade socioambientais para a população residente nas áreas próximas às voçorocas.

Os resultados obtidos reforçam a importância do monitoramento contínuo das áreas suscetíveis à erosão, bem como da adoção de medidas voltadas à contenção das voçorocas, recuperação da cobertura vegetal e implantação de sistemas eficientes de drenagem urbana. Além disso, o uso integrado de imagens aéreas obtidas por VANT e dados LiDAR mostrou-se eficiente para a caracterização morfométrica e acompanhamento da evolução das feições erosivas, contribuindo para o planejamento urbano e para a mitigação de riscos ambientais na área estudada.

Palavras-chave: Voçoroca, Geotecnologias, Vulnerabilidade.

AGRADECIMENTOS

Somos gratos à Defesa Civil de Maceió pelo apoio no trabalho e fornecimento dos equipamentos necessários para o presente estudo.

REFERÊNCIAS

BATISTA, D. C. L; VIEIRA, A. F. S. G; MARINHO, R. R. **Uso do" Google Earth Pro" no mapeamento de voçorocas na área urbana de Manaus (AM), Brasil**. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 10, n. 20, p. 1-12, 2019.

COSTA, J. de A.; R.; VANDA, Á. **O Espaço urbano de Maceió –Ambiente físico e organização socioeconômica**. *In*: ARAUJO, Lindemberg Medeiros de (Org.), Geografia: espaço, tempo e Planejamento. Maceió, Edufal, 2004.

FRANCISCO, A. **Boçoroca ou Voçoroca: os conceitos para uma forma erosiva**. *In*: 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 16. 2018, São Paulo. Anais... Disponível em: <http://www.schenautomacao.com.br/cbge/anais/trabalhos.php?>. Acesso em: 13 Maio. 2026.

GAMA, W. M. *et al*. ANÁLISE ESPACIAL DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO SILVA, MACEIÓ/AL. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 8., 2009, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande: ABRH, 2009. p. 1-17.

GUERRA, A. J. T. **Encostas urbanas**. *In*: GUERRA, A. J. T. (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. do. C. O. R**ecuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo - estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís – MA**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2306. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2306. Acesso em: 25 maio. 2026.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2022). **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília, 2022. 27p.

MAIA, R. G. X. P**adrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

SEDET. **Secretaria Municipal de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente**. PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ/AL. Disponível em: http://www.sedet.maceio.al.gov.br/servicos/pdf/. Acesso em: 13 mai. 2026.

TOMINAGA, L. K., SANTORO, J. AMARAL, R. **Desastres naturais: Conhecer para prevenir**. 3° ed. São Paulo: Editora Instituto Geológico. p. 65, 2015.

VIANA, M. S. *et al*. Análise do crescimento de feição erosiva através de imagens do google earth pro: o caso da voçoroca do bairro clima bom, maceió – al. *In*: simpósio brasileiro de recursos hídricos, 10.; ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente, 6., 2024, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2024.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. p. 1-310.

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A. R. **Cadastramento de voçoroca e análise de risco erosivo em estradas: BR-174**. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2004, Santa Maria -RS. Anais. Santa Maria: Editora da UFSM, 2004. p.50-65.