

Editorial

Editorial para o número especial “Voçorocas: processos, métodos de estudo e de controle”

Editorial for the special issue “Gullies: processes, study methods, and control”

Ana Luiza Coelho Netto ¹, Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin ² e Selma Simões de Castro ³

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Laboratório de Geo-Hidroecologia e Gestão de Riscos (Geoheco/ UFRJ). Rio de Janeiro, Brasil. ananetto@acd.ufrj.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0158-0994>

² Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, IGC, Belo Horizonte, Brasil. chaugustin@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3793-9989>

³ Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, Brasil. scaastro@unicamp.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5401-5852>

Recebido: 20/12/2023; Aceito: 22/12/2023; Publicado: 23/12/2023

A edição deste Número Especial da Revista Brasileira de Geomorfologia, focado no tema voçorocas, decorre do fato de que sua ocorrência e seus processos constituem aspectos relevantes não só da dinâmica geomorfológica, sobretudo tropical, como também dos seus impactos no meio natural e na própria socioeconomia e se destina aos interessados em conhecer como e onde as voçorocas se formam, evoluem, se distribuem e estabilizam, naturalmente ou por intervenções humanas, assim como impactam os ambientes e comunidades.

Embora seu estudo tenha se intensificado nos últimos anos, a compreensão desse tipo de erosão ainda requer aprofundamento quanto aos seus fatores condicionantes, aos mecanismos dos processos envolvidos e à sua influência, não raro espetacular, na evolução da paisagem, bem como aos impactos ambientais negativos dele decorrentes.

De modo geral, as voçorocas têm sido consideradas como feições erosivas de incisão linear alongadas nos terrenos, resultantes da ação do escoamento hídrico concentrado, mais frequentes em regiões tropicais úmidas e subúmidas, que resultam até mesmo no desvio de cursos de água, causando sedimentação rápida dos fundos de vale, de alguns setores específicos das encostas e de áreas úmidas (*wetlands*), afetando solos, vegetação natural ou plantada, além de ecossistemas e seus habitats, em especial os da ictiofauna, levando também ao comprometimento, entre outros, da qualidade da água.

Do ponto de vista socioambiental, as voçorocas têm sido consideradas como o tipo mais agressivo de erosão hídrica, por promover a perda rápida e volumosa de terras agrícolas, de terrenos urbanos e infraestrutura em geral. Do ponto de vista da evolução geomorfológica natural, elas tendem a se estabilizar e serem reafeiçoadas por outros mecanismos erosivos e deposicionais, produzindo a convexidade de suas bordas e o preenchimento de novos sedimentos no seu interior.

Este Número Especial contém 16 artigos de pesquisa e 2 de revisão da literatura, que contemplam importantes aspectos do processo de voçorocamento, cujos temas e comentários são expostos a seguir.

Formação e Desenvolvimento de Voçorocas

Marchioro e Ribeiro (2023) trazem uma ampla revisão do tema voçorocas com base na análise da bibliografia entre 2001 e 2020 no Brasil. Os autores mostram como as abordagens são diversificadas, tanto no que se refere à definição do processo, como ao uso de técnicas de análise e caracterização dessas formas erosivas, e ainda identificaram que o maior número de trabalhos é produzido na região sudeste do País.

Oliveira et al. (2023) discutem se uma voçoroca pode resultar da evolução de voçorocas conectadas e desconectadas dos canais de drenagem, baseando-se nos resultados de quatro décadas de acompanhamento da evolução destas feições erosivas no médio vale do Rio Paraíba do Sul e propõem um modelo preditivo da sua evolução e integração à rede hidrográfica, gerando uma voçoroca única e extensa.

Xavier et al. (2023) investigaram voçorocas no semiárido do Planalto da Borborema onde, segundo os autores, ocorre uma relação entre a baixa condutividade hidráulica vertical e os fluxos laterais subsuperficiais no solo como possíveis causas do desenvolvimento rápido dessas formas erosivas, mesmo em áreas com baixa precipitação.

Lima et al. (2023) analisam fatores associados à ocorrência de voçorocas em *clusters* (agrupamentos) em bacia hidrográfica de um afluente do médio rio São Francisco, MG, utilizando mapas gerados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), dados de campo e tratamento estatístico das características físicas e químicas dos regolitos de vertentes com voçorocas. Os resultados apontam para uma relação desses agrupamentos com rupturas abruptas de declive, enquanto a Análise de Componentes Principais (ACP) indica não existir associação direta entre as características dos regolitos e os *clusters*.

Facadio et al. (2023) demonstram a reativação de voçorocas em cabeceiras de drenagem em resposta ao plantio de Eucalipto feito em áreas adjacentes próximas, propiciando maior infiltração da água de chuva que alimenta aquíferos temporários suspensos, além de promovendo a recarga local do aquífero regional. As taxas decrescentes de erosão, ao longo de 20 anos, sugerem um ciclo curto de reajuste geomorfológico do sistema de drenagem precedendo um novo período de estabilização.

Métodos e Técnicas de Estudo de Voçorocas

Nunes e Castro (2023) apresentam uma análise multiescalar para avaliar a erosão hídrica linear, mostrando a influência dos fatores topográficos, especialmente declividade e forma da vertente, além do comprimento dos fluxos hídricos, das classes de solo e de seu uso na instalação de feições erosivas lineares, configurando padrões de erosão em segmentos preferenciais das vertentes.

Marcolin et al. (2023) adotam uma abordagem multiproxi, visando reconstituir as condições paleoambientais holocênicas que, associadas ao desenvolvimento de uma paleovoçoroca, indicam a presença de vegetação mais aberta na transição Holoceno Médio/Superior e, posteriormente, o aumento da umidade favorecendo a expansão da voçoroca no noroeste paranaense.

Aranha e Augustin (2023) identificaram evidências de controle subsuperficial de feições estruturais da rocha intemperizada (fraturas, foliações) na direção preferencial da evolução de voçoroca no Espinhaço MG, com o uso do *Ground Penetrating Radar* (GPR). Demonstram também que o uso dessa técnica facilita, agiliza e orienta amostragens de regolitos e solos em estudos de feições erosivas que envolvam a atuação de fatores e elementos estruturais de subsuperfície.

Dummer e Verdum (2023) analisam a ocorrência de ravinas e voçorocas em areais, associadas ao controle morfoestrutural em áreas com morfologia do tipo *horst*. Verificaram que em áreas de interseção de lineamentos estruturais do substrato ocorre um maior número dessas feições erosivas, que acabam promovendo a expansão dos areais.

Ribeiro et al. (2023), seguindo uma abordagem morfopedológica, identificaram compartimentos com diferentes suscetibilidades à erosão linear, como base para efetuar controle preventivo de voçorocas em vertentes modeladas em rochas sedimentares e solos de elevada erodibilidade no Pantanal.

Rodrigues e Castro (2023) mapearam os focos erosivos hídricos lineares do estado de Goiás e Distrito Federal, com auxílio de sensoriamento remoto (SR), sobre imagens de satélite de alta resolução espacial, cujo tratamento por análise geoespacial permitiu identificar os *clusters* que representam as áreas com maior concentração de focos erosivos, caracterizando-as e denominando-as de áreas críticas, visando subsidiar políticas públicas de controle da erosão.

Técnicas e Custos de Controle e Estabilização de Voçorocas

Nunes et al. (2023) analisam procedimentos adotados para a estabilização de processos erosivos lineares em Antropossolos na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável em Timburi, Presidente Prudente, SP, com a utilização de técnicas/estruturas de bioengenharia, aplicadas em duas propriedades rurais, apontam as de maior eficácia.

Rodrigues et al. (2023) apresentam os resultados de 15 anos de acompanhamento de uma voçoroca no Triângulo Mineiro, MG, na qual foram implementados testes experimentais de recuperação tanto no seu entorno, como no seu interior, a partir de intervenções propostas tanto de caráter físico, edáfico, como biótico. Evidenciam que práticas de manejo inadequadas no entorno das voçorocas interferem na eficácia do processo de recuperação adotado.

Vieira e Frota Filho (2023) analisam vários estudos sobre a ocorrência de voçorocas em Manaus, a partir da utilização de técnicas variadas, concluindo que o a combinação de diferentes técnicas, das mais simples àquelas mais sofisticadas, como o uso de drones e de imagens de satélites, dentre outras, favorece tanto o detalhamento, como a caracterização morfométrica de voçorocas.

Guerra et al. (2023) abordam a questão das voçorocas a partir da compreensão dos seus fatores causais e das técnicas utilizadas para recuperá-las em várias partes do mundo, apresentando um exemplo de técnica utilizada, que associa baixo custo à efetividade das medidas adotadas para sua para a contenção e recuperação dessas feições erosivas em São Luiz, MA.

Artigos de revisão

Bacellar demonstra a relação entre a ação da água subterrânea, controlada por fatores geomorfológicos, e a presença de regolitos profundos, com base no monitoramento hídrico e simulações numéricas de fluxo. Chama a atenção para o efeito das voçorocas rebaixando os aquíferos no seu entorno, devido à exfiltração da água nos seus taludes, associadas a *piping* e a outros processos, como deslizamentos.

Nóbrega et al. discutem os fatores associados à ocorrência preferencial de voçorocas em áreas do Noroeste do Paraná, a partir de estudos realizados em áreas afetadas. Focam sua análise na identificação das técnicas adotadas para controle e recuperação dessas áreas e nas razões que levaram vários projetos a não terem sido bem-sucedidos.

A leitura dos artigos deste Número Especial permite deduzir sua contemporaneidade e revela que as abordagens multiescalares e multiproxi vêm sendo cada vez mais frequentes, por permitirem obter resultados inovadores sobre os fatores condicionantes do voçorocamento e de sua distribuição preferencial no tempo e no espaço. Os resultados constituem uma base de conhecimentos extremamente útil para melhor compreensão do fenômeno, bem como para fins de planos de seu controle preventivo e mesmo corretivo.

Contribuições dos Autores: As editoras convidadas contribuíram igualmente para todos os aspectos deste editorial. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Agradecimentos: As editoras convidadas gostariam de agradecer aos autores que contribuíram para esta edição especial e aos revisores que dedicaram seu tempo para fornecer aos autores recomendações valiosas e construtivas, além de agradecerem especialmente ao Édipo Henrique Cremon, do corpo editorial da Revista Brasileira de Geomorfologia, pelo apoio e suporte na tramitação e na editoração dos artigos.

Conflito de Interesse: As editoras convidadas declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. ARANHA, P. R. A.; AUGUSTIN, C. H. R. R. ; ELMIRO, M. A. T.; UHLEIN, A.; JONCEW, H. C. GPR como ferramenta para estudo do controle estrutural do substrato rochoso no desenvolvimento de voçorocas: Gouveia, Espinhaço Meridional, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2323.
2. BACELLAR, L. de A. P. Interações recíprocas entre relevo, água e voçorocas: estudo de caso da região do Complexo Bação – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2364.

3. CARVALHO, H. S. M.; CASTRO, S. S. Mapeamento e identificação de áreas críticas à erosão hídrica linear: o exemplo do bioma Cerrado no estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2373.
4. DUMMER, J.; VERDUM, R. Controle estrutural nos processos erosivos hídricos e na arenização, bacia hidrográfica do Arroio Miracatu - Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2318.
5. FACADIO, A. C.; SATO, A. M.; COELHO NETTO, A. L. Eucalyptus Planting in Pasture Matrix and Erosive Reactivation of Gullies in the Sesmaria River Basin (SP/RJ): a cycle of instability in headwater valleys. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2326.
6. FIGUEIREDO, D. M. de; SALOMÃO, F. X. de T. Morfopedologia: abordagem metodológica para estudos ambientais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2327.
7. GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. do C. O. Recuperação 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**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2306.
8. LIMA, A. C. P. de.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; OLIVEIRA, D. A. de; NOVO, T. A. Análise da distribuição espacial de voçorocas na bacia do rio Pandeiros-MG: uma abordagem geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2366.
9. MARCHIORO, E.; RIBEIRO, L. Gullies in Brazil: a spatiotemporal approach between 2000 and 2020. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2417.
10. MARCOLIN, L.; CALEGARI, M. R.; SANTOS, L. J. C.; CAMARGO, P. B. de. Phytoliths, $\delta^{13}\text{C}$ and Charcoal: Holocene environmental memories from a paleogully in northwestern Paraná State. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2328.
11. NÓBREGA, M. T. de; SILVEIRA, H.; CUNHA, J. E. da; BECKAUSER, M. C.; BONIFÁCIO, C. M.; BALDO, M. C. As voçorocas no Noroeste do Paraná: locais preferenciais de ocorrência na paisagem. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2367.
12. NUNES, E. D.; CASTRO, S. S. de. Análise multiescalar aplicada à avaliação de erosão hídrica linear para área tropical subúmida situada na região Sudoeste do estado de Goiás - Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2368.
13. NUNES, J. O. R.; PERUSI, M. C.; FUSHIMI, M.; MORENO, M. dos S.; THOMAZINI, L. da S. Estabilização de erosão hídrica em Antropossolos com técnicas de bioengenharia na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2325.
14. OLIVEIRA, M. A. T. de; LEMOS, R.; PINTO, L. R. Pode uma voçoroca resultar da evolução de voçorocas conectadas e desconectadas?. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2372.
15. RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; SALOMÃO, F. X. de T. Abordagem morfopedológica aplicada à prevenção de voçorocas: Estudo de caso na bacia do Rio Itiquira - Alto Pantanal - Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2349.
16. RODRIGUES, S. C.; CONFESSOR, J. G.; PEREIRA, J. S. Técnicas de manejo voltadas à recuperação de áreas degradadas por erosão: Análise de 15 anos de estudos na voçoroca da Fazenda Experimental do Campus Glória-UFU. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2317.
17. VIEIRA, A. F. S. G.; FROTA FILHO, A. B. da. Avaliação das técnicas de monitoramento de voçorocas: o exemplo da Região Metropolitana de Manaus-AM, na região amazônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2302.
18. XAVIER, R. A.; DE OLIVEIRA BORGES NETO, I.; LELIS LEAL DE SOUZA, J. J.; VALENTE CARDOSO, P.; OTAVIANO PRAÇA DE SOUZA, J.; ISRAEL DE SOUZA, B. Processos de voçorocamento no Planalto da Borborema, semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2359.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.