

RISCOS DO PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO EM BARRA DO PIRAÍ-RJ

Ana Paula Moraes de Limaⁱ

Mestre em Geografia e Meio Ambiente (PUC-Rio)
Pesquisadora do Instituto Internacional Para Sustentabilidade (IIS Rio)

Rodrigo Wagner Paixãoⁱⁱ

Professor do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Marcelo Mota de Freitasⁱⁱ

Professor do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

ⁱ *Endereço institucional:* Estrada Dona Castorina, 124 – Alto da Boa Vista – CEP 22460-320, Rio de Janeiro, RJ

Endereço eletrônico:
anapaulamoraishdelima.iis@gmail.com

ⁱⁱ *Endereço institucional:*
Rua Marquês de São Vicente, n. 225.
Edifício da Amizade, ala Frings, sl. F411. Gávea. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
CEP: 22451-900.

Endereços eletrônicos:
rodrigo.paixao@puc-rio.br
marcelomotta@puc-rio.br

Resumo

O processo de voçorocamento atinge diversos lugares e é impulsionado por diferentes fatores que influenciam sua distribuição diferencial no espaço. As pesquisas sobre o processo de voçorocamento relacionam, muitas vezes, o uso do solo como um fator central para o desencadeamento deste processo. Visando abordar outros fatores pouco trabalhados nos estudos sobre voçorocas, o presente trabalho tem por objetivo investigar a distribuição espacial deste processo no município de Barra do Piraí (RJ) e sua relação com altitude e nível de base da região. A partir do processo de fotointerpretação, as voçorocas foram identificadas em imagens de satélite, os pontos foram processados no software ArcGIS (9.2) e sobrepostos com o modelo digital de elevação da região. A partir da sobreposição de dados, observa-se que a área de estudo apresenta uma grande densidade de voçorocas concentrada na mesma faixa de altitude e com evidências de intensa relação com o nível de base regional (o rio Paraíba do Sul). Além disso, a concentração de voçorocas acontece sobre a unidade geológica Paraíba do Sul, descrita, em estudos pretéritos, como uma área mais suscetível a processos erosivos. Todas estas condições impulsionam o intenso processo de voçorocamento na área. Somado a isso, a área de expansão urbana do município coincide com o limite dos intensos processos de voçorocamentos, gerando grandes riscos para população. O processo erosivo está em expansão nesta área, de forma que é essencial que tais condições geomorfológicas sejam consideradas pela municipalidade no planejamento urbano e plano diretor.

Palavras-chave: Voçorocas, Nível de base, Altitude.

GULLY EROSION PROCESS RISKS AT BARRA DO PIRAÍ-RJ

Abstract

The gully erosion process reaches different places. Different factors influence the differential distribution of this process on space. Research on gully erosion process often links the use of soil as a central factor in

triggering this process. Aiming to address other factors little worked on these studies, the present study aims to investigate the spatial distribution of gully erosion in the municipality of Barra do Pirai (RJ) and its relationship with altitude and base level. The gullies were identified at satellite images from a photo interpretation process. After this, the points were processed in the software ArcGIS (9.2) and overlaid with the region's digital elevation model. The study area presents a high density of gullies concentrated in the same altitude range and evidence an intense relationship with the regional base level. In addition, the concentration of gullies are on Paraíba do Sul geological unit, described as an area more susceptible to erosive process. These conditions drive the intense gully erosion process on the study area. In addition, the urban expansion of the city is coinciding with the limit of the intense gully erosion process, generating risks for the population. As the erosion process is expanding in this area, is essential consider that geomorphological conditions on the urban planning and master plan.

Keywords: Gully, Base Level, Altitude.

Introdução

O termo “voçoroca” denota uma feição erosiva relativamente permanente nas encostas que possui paredes laterais íngremes e fundo chato (GUERRA, 2011). Essas feições erosivas são altamente destrutivas e rapidamente se ampliam, podendo ameaçar campos, solos cultivados e zonas povoadas (KARMAN, 2009). As voçorocas são resultantes de processos erosivos em subsuperfície somados à erosão em superfície.

O processo de voçorocamento é considerado por alguns como um dos estágios mais avançados e complexos do processo erosivo, pois sua ocorrência envolve uma série de processos como: erosão superficial e interna (pipings), escorregamentos e desmoronamento de paredes laterais (SÃO PAULO, 1990; VIERO, 2004).

Não há um consenso sobre os fatores que atuam no desencadeamento do processo de erosão linear, havendo diversas interpretações desde os estudos mais clássicos até os estudos mais recentes (SELBY, 1982; CHORLEY et al., 1984; GUERRA, 2011; DANTAS e COELHO NETTO, 2018). Existem diversos elementos que podem atuar em conjunto no processo de voçorocamento, dependendo do local de ocorrência. Entre esses fatores podemos citar como exemplo: aspectos estruturais

(AVELAR e COELHO NETTO, 1992), topografia (COELHO NETTO et al., 1988), uso do solo (DANTAS e COELHO NETTO, 2018), fluxos de exfiltração (DUNE, 1980), entre outros.

Apesar de não haver um consenso sobre quais os principais fatores impulsionam o processo de voçorocamento, a maioria dos trabalhos sobre esse tema aponta o uso do solo como um dos fatores que influenciam a ocorrência desse processo (CASTILLO e GÓMEZ, 2016). Entretanto, o processo de voçorocamento acontece, muitas vezes de forma diferencial em áreas sob o mesmo tipo de cobertura e uso do solo, indicando que outros fatores podem impulsionar essa distribuição espacial (FREITAS, 2007; LIMA, 2019).

A ocorrência de voçorocas em grande escala pode se tornar um grave problema socioambiental (Viero, 2004). A quantidade de sedimentos gerados por esse processo pode comprometer a qualidade dos recursos hídricos. Além disso, quando ocorrem desmoronamentos, o ambiente de entorno pode ser afetado e gerar risco para moradias próximas. Entender o processo de voçorocamento é algo de extrema importância para o manejo, restauração e gestão de áreas que sofrem com esse processo em larga escala.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a ocorrência de processos erosivos incisivos no Município de Barra do Pirai-RJ. Visando abordar aspectos pouco trabalhados na literatura sobre voçorocas, pretende-se analisar a distribuição espacial de voçorocas e sua relação com o nível de base e altitude. Além disso, este trabalho visa identificar riscos existentes, relacionados ao processo de voçorocamento, para a população da área de estudo.

Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi estruturada em três etapas: (i) Mapeamento e identificação de voçorocas através do Google Earth; (ii) obtenção de informações morfométricas das voçorocas; (iii) realização de trabalhos de campo para caracterização dos processos erosivos incisivos mapeados.

Nesta primeira etapa foram realizados mapeamentos da área de estudo. A partir de imagens de satélite (do *Google Earth*) os pontos de voçoroca foram

identificados e marcados. A marcação de pontos feita no Google Earth foi transferida para o software *ArcGIS* (9.2) para elaboração dos mapas. As voçorocas foram identificadas por fotointerpretação, considerando a definição de voçoroca do dicionário geológico do CPRM¹: “Ravina geralmente muito funda, desenvolvida por rápida e acentuada erosão que atinge o lençol freático, podendo ter mais de 10 m de profundidade”. Desta forma, considerou-se voçoroca pontos de erosão mais profundos e acentuados. As voçorocas identificadas foram classificadas em Voçoroca (voçorocas distantes de cortes de estrada) e Voçoroca E (voçorocas associadas a cortes de estrada). Essa divisão foi feita a fim de considerar apenas o número de voçorocas não relacionados a cortes de estradas e cujos fatores de ocorrência devem ser investigados.

A segunda etapa consistiu na sobreposição dos pontos de voçorocas (identificados na etapa 1) com dados de altitude da área de estudo. Foi criado o modelo digital de elevação para área no software *ArcGIS* (9.2).

A última etapa consistiu na realização de campos na área de estudo. Os pontos identificados em imagem de satélite foram analisados e fotografados com câmera de zoom optico de 50x. Foi realizada também uma análise do espaço de entorno das voçorocas e os possíveis riscos para a população dessas áreas.

Área de Estudo

O município de Barra do Pirai (Figura 2) está localizado no Sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). A população estimada do município é de 99.969 habitantes, sendo a maioria (97%) da área apenas 3% da área rural (MARTINS, 2014). De acordo com o último censo do IBGE (2010), a densidade demográfica do município é de 163,7 hab/Km².

O município de Barra do Pirai se encontra na região do médio vale do rio Paraíba do Sul. De maneira geral, a região do médio vale do rio Paraíba do Sul insere-se no contexto da Faixa Móvel Ribeira, que corresponde à uma Faixa de dobramentos de idade Neoproterozoica associada ao ciclo Brasileiro (HEILBRON et al. 2007).

¹ <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>

Riscos do processo de voçorocamento em Barra Do Pirai-RJ

Ana Paula M. de Lima; Rodrigo W. Paixão e Marcelo M. de Freitas

Possui substrato geológico complexo, contudo, predominam granulitos e gnaisses de alto grau metamórfico, com foliação principal orientada em NE-SW e granitos sin e pós tectônicos. Em relação à estruturas geológicas, são identificadas deformações dúcteis, bem como, zonas de cisalhamento, com destaque para a zona de cisalhamento Paraíba do Sul (HEILBRON et al. 2007). Na área de estudo, o substrato geológico é composto por gnaisses paraderivados do grupo Paraíba do Sul. Esse material geológico é relativamente mais friável quando intemperizado (HEILBROM et al.2007).

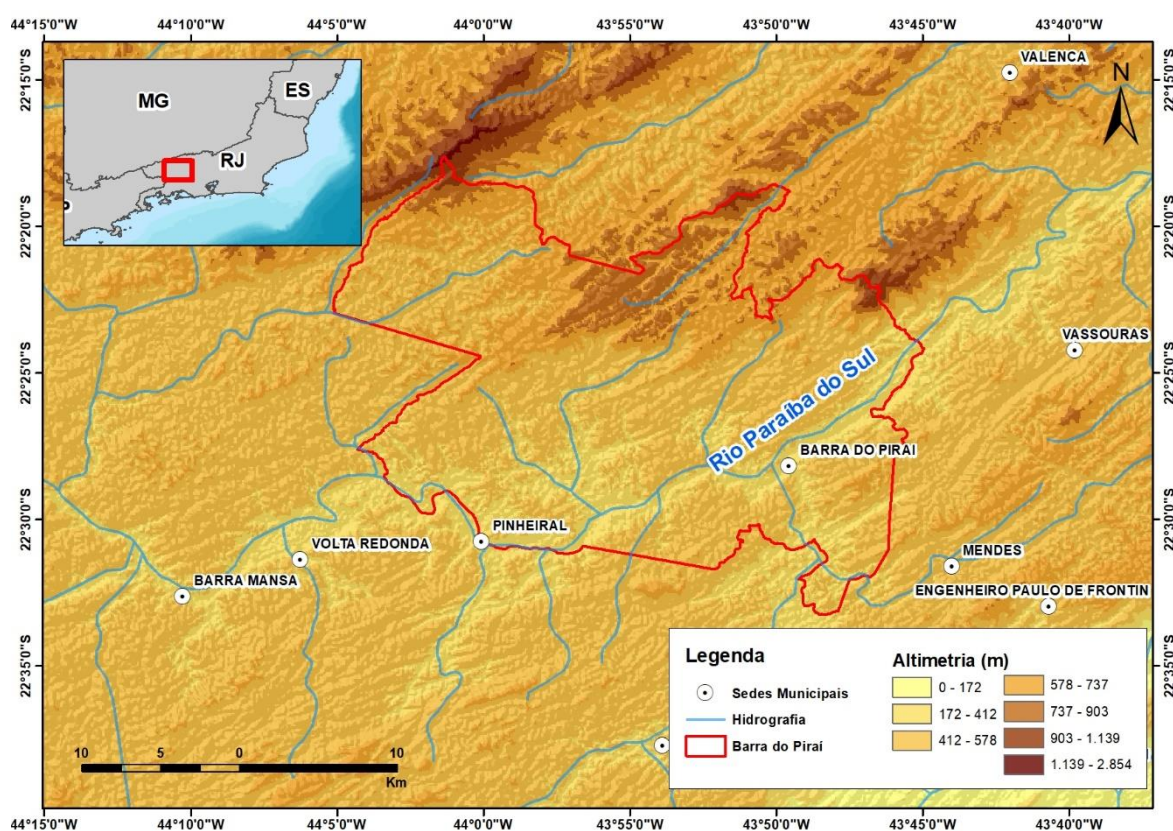


Figura 1: Limites do Município de Barra do Pirai (RJ) e contexto geomorfológico.

Em relação à morfologia do relevo, a área de estudo configura colinas rebaixadas de baixa amplitude que variam entre 400 e 500 metros de altitude no entorno da calha principal do rio Paraíba do Sul (DANTAS, 2000). As maiores elevações são encontradas nos relictos lineamentos serranos que ocorrem no município de Barra do Pirai, com destaque para a Serra da Concórdia na porção nordeste, Serra de Santa Tereza na porção norte e Serra dos Tomazes na porção sul

do município. Nestes ambientes, as topografias são montanhosas e declividade considerável, podendo atingir 700m de altitude (DANTAS, 2000).

Resultados

Nas imagens de satélite da área de estudo foram identificadas 256 voçorocas. Este é um número significativo, sendo 65 (25,3%) relacionado a cortes de estrada e 191 (74,7%) sem aparente relação. No mapa abaixo (figura 2) podemos observar a sobreposição dos pontos de voçorocas com o modelo digital de elevação da área. A grande concentração de voçorocas ocorre entre 360m até 520. Isto fica ainda mais evidente na figura 3, onde os pontos de voçorocas estão associados a altitude do terreno.

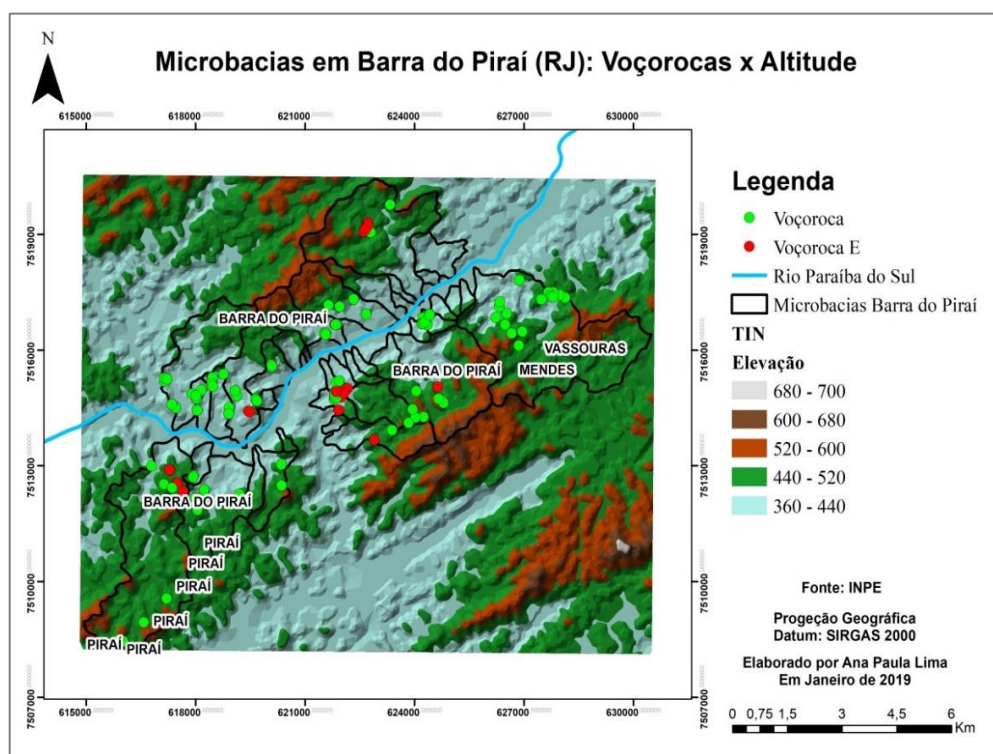


Figura 2: Voçorocas sobre o modelo digital de elevação de elevação.

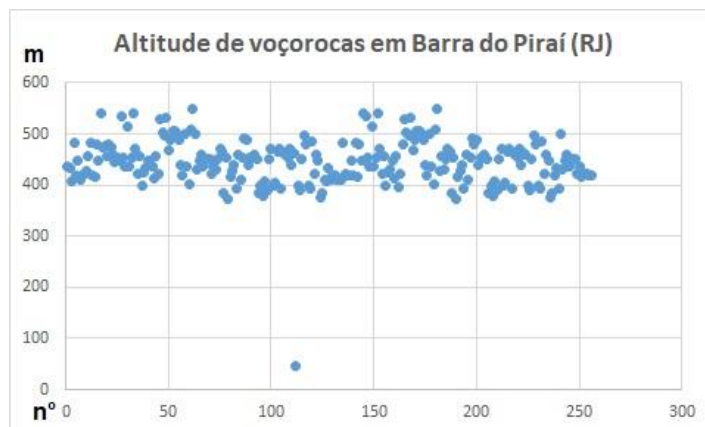


Figura 3: Informações altimétricas das voçorocas identificadas no mapeamento.

Em campo pôde-se identificar a intensidade do processo de voçorocamento no Município de Barra do Pirai (RJ). As voçorocas estão distribuídas por toda cidade, no compartimento colinoso do relevo (figura 4). Em torno das voçorocas ocorre a expansão urbana do município. Esta área (urbana) abriga 97% da população do município, de forma que existem muitas casas em torno da área de expansão do processo de voçorocamento (figuras 4, 5 e 6), onde podem ocorrer processos de transporte de sedimentos de forma moderada ou intensa em forma de desmoronamentos.



Figura 4: Processo de voçorocamento no compartimento colinoso do relevo.

Em geral, as voçorocas do município apresentam um manto de intemperismo espesso. Dada a sensibilidade erosiva dos materiais que compõem esse relevo, os cortes de estrada geram também intensos processos de voçorocamento. A intensidade do processo de voçorocamento junto a área de expansão urbana configura um preocupante cenário de risco e instabilidade.



Figura 5: Voçorocas em expansão próximas a moradias.



Figura 6: Moradias na área de transporte de sedimentos da voçoroca.

Discussão de Resultados

O intenso processo erosivo em Barra do Pirai, mostra a presença de um pulso erosivo atuante neste local. Este pulso erosivo pode estar sendo condicionado pelo nível de base do rio Paraíba do Sul. Para Powell (1875) todo relevo tende a se ajustar ao nível de base. O nível de base atuaria então impulsionado a dinâmica erosiva do relevo, começando pelos compartimentos mais baixos (a jusante) até os compartimentos mais altos (a montante).

Como podemos ver no mapa (figura 3), há uma grande densidade de voçorocas próxima a calha principal do rio Paraíba do Sul, o nível de base regional. As voçorocas estão erodindo e desgastando o compartimento colinosos, ajustando essa paisagem a este nível de base. Esse pulso erosivo ainda não chegou nos compartimentos mais altos, evidenciando que este processo está em curso e tende a se expandir.

Ao retomar a história geológica desta região, Freitas (2007) aponta que o processo de abertura do Oceano Atlântico representou um “gigantesco” rebaixamento do nível de base, gerando diversos ajustes erosivos em todas as bacias brasileiras. Para o autor, estes ajustes erosivos aconteceram na forma de capturas de drenagem e voçorocamento. Desta forma, a região do médio vale do rio Paraíba do Sul estaria ainda sofrendo processos erosivos resultantes deste evento geológico e se adaptando ao nível de base. Desta forma os processos erosivos podem estar acontecendo em função do ajuste do rio Paraíba do Sul ao nível de base do Atlântico e, com isso, o ajuste da paisagem em torno do rio ao nível de base regional.

Para Moura (1994) o processo erosivo que atua nesta região, manifesto sobretudo em voçorocamentos, está associado também ao processo de reordenamento da rede de drenagem. Desta forma, as voçorocas estão atuando na evolução desta paisagem, tanto na denudação do relevo quanto na evolução da rede de drenagem, por meio do ajuste desta paisagem ao nível de base.

Pesquisas anteriores evidenciam que as estruturas geológicas exercem grande influência no sistema de drenagem da região, de forma que o rio Paraíba do Sul se encaixa em um sistema de falhas ENE, bem como seus afluentes que aprofundam seus leitos em litotipos menos resistentes (HEILBRON 1993; COELHO NETTO, 2003; SOUZA et al.2017).

A tendência de expansão do processo de voçorocamento na área de estudo está em curso e tende a expandir para outros compartimentos do relevo. Essa realidade precisa ser considerada no planejamento urbano do município. Isso é ainda mais agravante devido a área de expansão urbana coincidir com a área de expansão do processo de voçorocamento (figuras 4,5 e 6).

Desta forma, existem diferentes fatores que impulsionam o intenso processo de voçorocamento em Barra do Pirai (RJ).

Considerações finais

O município de Barra do Pirai (RJ) demanda uma atenção especial dos gestores e tomadores decisão, que devem revisar o plano diretor no sentido de remediar as situações de riscos que estão sendo criadas com a expansão urbana acontecendo no limite de expansão de voçorocas.

Apesar do uso do solo ser um dos fatores a ser considerado no processo de voçorocamento, é preciso atentar para os demais elementos (ou variáveis) que estão impulsionando o processo de voçorocamento de forma diferencial. Os resultados do presente artigo reforçam a influência de condicionantes geomorfológicos e geológicos na ocorrência de voçorocas. Esta afirmação pode ser corroborada por: (i) nivelamento topográfico das voçorocas entre 360 m e 520 m; (ii) ocorrência de processos de voçorocamento, prioritariamente, no compartimento colinoso do relevo.

Caso as pesquisas não se atentem para os diversos elementos que atuam no processo de voçorocamento, este processo será reduzido a consequência de ações antrópicas e não será compreendido em sua complexidade e diversidade de fatores que influenciam sua ocorrência. A paisagem tem sua dinâmica de evolução, e entender essa dinâmica é essencial para elaboração de um planejamento urbano consciente e coerente com os possíveis riscos e potencialidades de cada lugar.

Referências

AVELAR, A.S. e COELHO NETTO, A.L. Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. **Rev. Bras. Geociências**, vol. 22, n.2, p.222-227. 1992(a).

CASTILLO, C. GÓMEZ, J. A. A century of Gully Erosion research: urgency, complexity and study approaches. **Earth Science Reviews** 160, p.300-319. 2016.

CHORLEY, R.J. SCHUMM, S. A. SUGDEN, D. E. **Geomorphology**. 1984.

COELHO NETTO, A. L. FERBNANDES, N. F. DEUS, C. E. Gulling in the Southeastern Brazilian Plateau, SP. **International Association of hidrological Scientists Publication**, nº 1992, 1988. p. 174-182.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 4, n. 2, p. 69-100.2003.

DANTAS, M.E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro, In: **Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília/CPRM. Mapa. CDROM. 2000. 63p.

DANTAS, M. E. COELHO NETTO, A. L. A denudação antropogênica da paisagem: processos erosivos deposicionais no Médio Vale do rio Paraíba do Sul. In. OLIVEIRAS, R. R. RUÍZ, A. E. L. **Geografia Histórica do café no Vale do Paraíba do Sul**. pp.77-98. 2018.

DUNNE, T. Formation and Controls of channels network. **Prog Phys. Geogr.**4, p.211-239. 1980.

FREITAS, M. M. A Evolução da Paisagem Geomorfológica. In: **Paisagem, espaço e sustentabilidades: uma perspectiva multidimensional da Geografia**. Org. João Rua. Rio de Janeiro, Ed. PUC-Rio, 2007.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Orgs. GUERRA, A. J. T. CUNHA. S. B. 10ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

HEILBROM, M. 1993. **Evolução tectono-metamórfica da seção Bom Jardim de Minas (MG) - Barra do Pirai (RJ)**. Setor Central da Faixa Ribeira. Tese Doutorado. Instituto Geociências/Universidade de São Paulo, 268 p.

HEILBROM, M. et al. **Nota explicativa das folhas**: Santa Rita do Jacutinga, Barra do Pirai, Volta Redonda e Angra dos Reis. Rio de Janeiro/ Minas Gerais: UERJ/CPRM, 2007.

IBGE. **Barra do Pirai**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-do-pirai/panorama>. Acesso em 20 agosto 2020.

KARMANN, I. Água: ciclo e ação geológica. In: **Decifrando a terra**. TEIXEIRA, W. FAIRCHILD, T. R. TOLLEDO, C. M. TAIOLI, F. 2ªed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p.186-209.

MARTINS, F. A. **Agricultura Urbana nos Municípios de Pirai, Barra do Pirai e Volta Redonda no Estado do Rio de Janeiro**. UFRRJ. 2014.

MOURA, J. R. S. Geomorfologia do quaternário. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p.335-364.

POWELL, J. W. **Exploration of the Colorado River and its canyons**: New York, Dover Publications, 1875. 400p.

SÃO PAULO. Secretaria de energia e saneamento. **Controle de erosão**: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de voçorocas urbanas. 2ed. São Paulo: DAEE/IPT, 1990.92p.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. Oxford University Press, Oxford, 1982. 264p.

SOUZA, R. A. SILVA, S. E. L. PINTO, R. W. P. FREITAS, M. M. **A ocorrência dos kickpoints e sua relação com a litoeestrutura do substrato geológico na evolução da rede de drenagem no Médio Vale do Paraíba do Sul** (2017). Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2345> Acesso em 20. Abr. 2018.

VIERO, A. C. **Análise da Geologia, geomorfologia e solos no processo de erosão por voçorocas: bacia do Taboão, RS**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e saneamento ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004. 124p.

Recebido em 23 ago. 2020;
aceito em 20 set. 2020.