

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE BOÇOROCA PERIURBANA  
EM MARTINÓPOLIS-SP ENTRE 2002 E 2019****SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF URBAN GULLY IN  
MARTINOPOLIS-SAO PAULO BETWEEN 2002 AND 2019**Alyson Bueno Francisco <sup>1</sup>**RESUMO**

O desenvolvimento de boçorocas em áreas periurbanas é um dos principais problemas ambientais de cidades de pequeno porte na região de Presidente Prudente. O caso da boçoroca do Ribeirão Alegre em Martinópolis foi analisado através de imagens orbitais de 2002, 2010, 2013 e 2017 com vetorizações no Sistema de Informação Geográfica QGIS. A área da boçoroca em 2010 era de aproximadamente 25.000 m<sup>2</sup>, sendo uma área da cabeceira aterrada com obras de controle da erosão urbana em 2012. Entre 2013 e 2017 ocorreu uma ampliação de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup> na área da boçoroca. Em 2019, a boçoroca do Ribeirão Alegre possuía 29.250 m<sup>2</sup>, sendo algumas seções transversais com largura de até 90 m. A inexistência de cobertura vegetal e de práticas conservacionistas na margem esquerda da boçoroca favorece o desenvolvimento de ravinamentos laterais, situação semelhante investigada na boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia.

**PALAVRAS-CHAVE:** EROSIÃO; BOÇOROCA; SIG.**ABSTRACT**

The development of gullies in periurban areas is one of the main environmental problems of small cities in the region of Presidente Prudente. The case of the gully of Alegre Stream in Martinopolis was analyzed through orbital images from 2002, 2010, 2013 and 2017 with vectorizations in the QGIS Geographic Information System. The gully's area in 2010 was approximately 25,000 m<sup>2</sup>, being a grounded bedside area with urban erosion control works in 2012. Between 2013 and 2017 there was an expansion of approximately 3,000 m<sup>2</sup> in the area. In 2019, the gully of Alegre Stream had 29,250 m<sup>2</sup>, some of which were cross sections with a width of up to 90 m. The lack of vegetation cover and conservation practices on the left bank of the gully favors the development of lateral ravines, a similar situation investigated in the gully of the Grito Stream in Rancharia.

**KEYWORDS:** EROSION; GULLY; GIS.

<sup>1</sup> Doutor em Geografia pela UNESP – *Campus* de Presidente Prudente. [alysonbueno@gmail.com](mailto:alysonbueno@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7632-9249>

## INTRODUÇÃO

A origem etimológica da palavra boçoroca é proveniente das expressões *yby* (terra) e *çoroc* (rasgão), ambas da língua tupi-guarani (VIEIRA, 1978). A feição geomorfológica denominada boçoroca, recebe inúmeras denominações em vários países, como: *cárcava* nos países hispânicos, *barroca* em países lusófonos, *donga* na África do Sul; *gully* nos Estados Unidos da América e *lavaka* em Madagascar (VIEIRA, 1978; DÍAZ, 2001).

No campo científico, os artigos apresentados por Ab'Sáber (1968) e Furlani (1969), respectivamente sobre as áreas degradadas em Franca e Casa Branca-SP, mencionam o conceito de boçoroca, sendo ambos pesquisadores reconhecidos no campo das Geociências. Ab'Sáber (1968), sendo geógrafo, considera a boçoroca como “forma de lesões grotescas da paisagem”. Estas lesões presentes na paisagem são consideradas por Ab'Sáber (1968) como resultado de um processo inicialmente provocado pela dinâmica da percolação linear as águas subsuperficiais. A “morfologia dos buracões” observada na paisagem é considerada por Ab'Sáber (1968) como o resultado de um processo que remonta décadas da dinâmica da fisiologia da paisagem.

A partir de meados da década de 1990, alguns pesquisadores passaram a utilizar o conceito de voçoroca, e estes autores não apresentaram argumento científico para esta mudança conceitual. O conceito de “voçoroca” passou a ser amplamente utilizado no campo das Geociências nas últimas décadas. Isto está relacionado à filosofia da linguagem.

A filosofia da linguagem apresenta discussões a respeito da força do hábito. Os filósofos empiristas Francis Bacon (1561-1626) e David Hume (1711-1776) apresentaram suas críticas aos vícios de linguagem e à causalidade. Hume (2009) considerava que para ocorrer o avanço de descobertas na ciência é necessário o ceticismo metodológico pelo emprego de métodos empíricos para buscar a compreensão dos fenômenos e evitar confiar apenas na causalidade e nas sucessões habituais. Bacon (1979) apresenta a teoria dos ídolos, sendo estes as formas que impedem o cientista de produzir novos

conhecimentos, cujo “ídolo do foro”, em analogia ao Foro Romano como local de comércio na Roma Antiga, é representado pelo costume e hábito da linguagem do cientista em depender de conceitos de sua época ou conceitos utilizados na retórica dos pesquisadores.

Em relação à gênese das boçorocas, Rossato *et al.* (2008, p. 245) afirmam que:

[...] as voçorocas podem ser originadas pelo aprofundamento e alargamento de ravinas, ou erosão causada por escoamento subsuperficial, o qual dá origem a dutos (pipes). São relativamente permanentes nas encostas. Têm paredes laterais íngremes, em geral fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os períodos chuvosos. Ao aprofundarem seus canais, as boçorocas atingem o lençol freático.

A respeito das análises espaço-temporais de boçorocas com o uso de geotecnologias, Vandekerckhove *et al.* (2001) apresentam uma metodologia de estimativa de perdas de solo em boçorocas a partir de informações de fotos aéreas, através de dados de área e talvegue da microbacia hidrográfica, das áreas e comprimentos das boçorocas e de vazão dos cursos d'água.

Casalí-Sarasíbar *et al.* (2015) propõem a obtenção de volumes das boçorocas a partir de dados topográficos em seções transversais da boçoroca, considerando as irregularidades no fundo e nas paredes da boçoroca.

Através da geração de banco de dados em Sistema de Informação Geográfica é possível uma análise espacial com variáveis de topográficas, geológicas, hidrológicas, pedológicas e geomorfológicas para elaboração de mapeamento de suscetibilidade em grandes escalas cartográficas das áreas de risco de desenvolvimento das boçorocas (ARABAREMI *et al.*, 2019).

No monitoramento de boçorocas em grandes escalas, inclusive para análise do fenômeno da perda de solo por erosão linear em microbacias hidrográficas de áreas periurbanas, existe a necessidade de integração do georreferenciamento de imagens, sistemas de informação geográfica e topografia. A topografia e o trabalho de campo são importantes, pois a existência de árvores e edificações nas áreas periurbanas impede a

aquisição de dados apenas pela aerofotointerpretação ou interpretação de imagens de sensores orbitais.

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

A boçoroca do Ribeirão Alegrete pertence à sub-bacia do Rio Laranja Doce e integrante da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22). A área geográfica do Pontal do Paranapanema apresenta aspectos relevantes em relação à fragilidade das terras. Os afluentes da sub-bacia possuem no total 179,4 km de comprimento e uma densidade de drenagem de aproximadamente 0,152 km/km<sup>2</sup>.

A vulnerabilidade dos processos erosivos na bacia de contribuição da represa Laranja Doce foi identificada em 31,6% da área no mapeamento elaborado por Rodrigues *et al.* (2018), cujo mapeamento identifica a vulnerabilidade com dados das classes de cobertura da terra e declividades com resolução de 90 m, não sendo possível identificar as formas erosivas lineares na escala cartográfica apresentada.

A microbacia do Ribeirão Alegrete possui uma área de aproximadamente 4.800 ha, cujas cotas altimétricas variam entre 500 m e 420 m.

Sobre as formações geológicas presentes na microbacia do Ribeirão Alegrete, a porção a montante correspondente às cotas altimétricas entre 500 m e 460 m, é mantida com rochas areníticas da Formação Presidente Prudente, sendo aproximadamente 52,5% da área. As rochas areníticas da Formação Vale do Rio do Peixe estão presentes entre as cotas altimétricas de 460 m e 420 m, correspondentes a 2.280 ha da área da microbacia hidrográfica.

A respeito da urbanização desta microbacia hidrográfica, em 2010 a área urbanizada correspondia a aproximadamente 330 ha. O Ribeirão Alegrete possui aproximadamente 9,5 km de extensão, cuja densidade de drenagem da microbacia

hidrográfica é de apenas 0,12 km/km<sup>2</sup>, o que representa uma forte tendência de escoamento superficial em curto tempo.

A figura 1 apresenta a distribuição das formações geológicas areníticas na microbacia do Ribeirão Alegre no município de Martinópolis-SP.

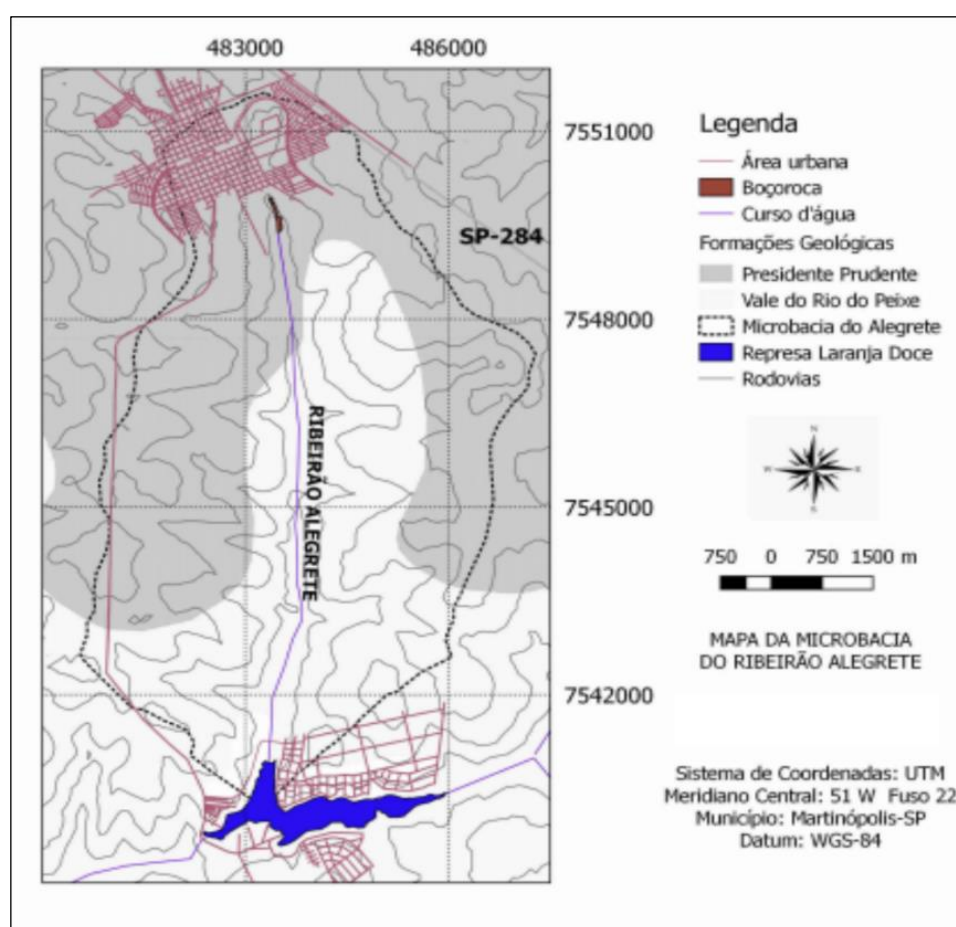


Figura 1. Mapa da microbacia do Ribeirão Alegre e malha urbana de Martinópolis-SP.  
Elaboração: FRANCISCO, A. B. (2019)

Ao apresentar uma caracterização geral da forma erosiva neste item, a boçoroca do Ribeirão Alegre está localizada na porção sul da área urbana de Martinópolis, sendo em 2017 identificada uma área de aproximadamente 36.000m<sup>2</sup> e comprimento de aproximadamente 700 m, sendo alguns trechos com largura de até 90 m.

## METODOLOGIA

Para a edição dos documentos cartográficos da evolução da boçoroca do Ribeirão Alegrete foi elaborado um banco de dados no SIG *QGIS*® versão 2.18, com as imagens orbitais de 2002, 2010, 2013 e 2017 importadas do aplicativo *Google Earth Pro*® versão 7.3.

Os dados vetoriais da malha urbana de Martinópolis foram importados da página eletrônica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística na área Geociências.

Para o georreferenciamento das imagens orbitais no SIG *QGIS* foram utilizados os pontos de controle do levantamento geodésico explicitado no item anterior. A partir das imagens georreferenciadas foram vetorizadas as rupturas de declive da boçoroca do Ribeirão Alegrete e o canal fluvial da boçoroca das três datas (2010, 2013 e 2017).

O banco de dados elaborado no SIG *QGIS* fornece a extração das informações dos dados vetoriais pelas áreas e perímetros das feições identificadas nas imagens, cujas imagens com resolução espacial de 1 m garante a delimitação realizada pelo pesquisador. O SIG *QGIS* possui ferramentas de edição dos documentos cartográficos para a geração das legendas, coordenadas e escala gráfica, cuja escala numérica dos documentos varia em torno de 1:2.500.

A partir das cotas altimétricas, dos pontos de controle do levantamento geodésico, foram geradas as curvas de nível no aplicativo *Topograph*® versão 98. As curvas de nível em dados vetoriais foram importadas no banco de dados do SIG *QGIS*, onde juntamente com os vetores dos perímetros da boçoroca do Ribeirão Alegrete, foram geradas as cartas topográficas. A sobreposição das camadas dos polígonos das áreas da boçoroca permitiu a geração da carta de evolução da boçoroca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A boçoroca do Ribeirão Alegrete possui um desenvolvimento a partir de 2000, cuja análise considera sua evolução a partir de 2002. Em 2002, a boçoroca localizada na cabeceira do Ribeirão do Alegrete possuía profundidade média que não ultrapassava 3 metros e uma área de 2.215 m<sup>2</sup>.

O desenvolvimento da erosão remontante na cabeceira da boçoroca de Martinópolis apenas se agravou a partir de 2010.

A área da boçoroca do Ribeirão Alegrete em 2010 era de 29.960 m<sup>2</sup>. Em comparação com a área apresentada em 2002, a boçoroca ampliou 27.745 m<sup>2</sup> em apenas 8 anos, sendo uma média de aproximadamente 3.470 m<sup>2</sup> de aumento de área por ano. Esse aumento significativo da dimensão da boçoroca pode estar relacionado à urbanização da microbacia do Ribeirão Alegrete e ao direcionamento das águas pluviais pelo sistema de drenagem urbana.

O mapeamento do campo de estudo (Figura 2) apresenta as áreas e os canais da boçoroca do Ribeirão Alegrete em 2010 e 2013.



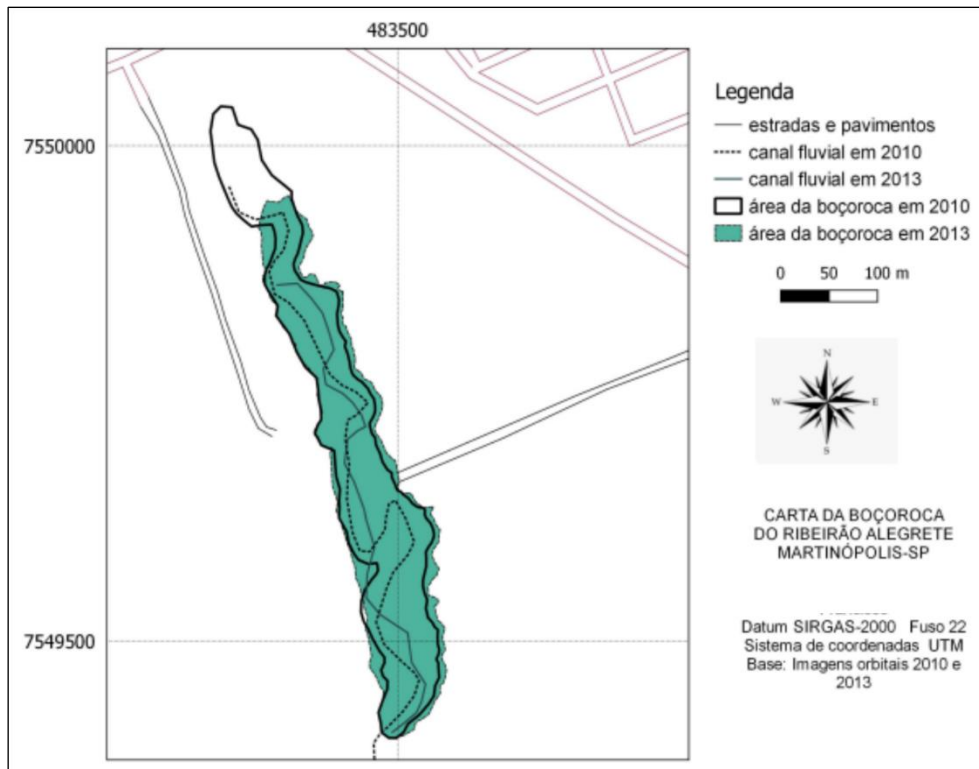


Figura 2. Dimensões e canais da boçoroca do Ribeirão Alegre em 2010 e 2013.

Elaboração: FRANCISCO, A. B. (2019)

Em 2012 foram executadas obras de controle da erosão urbana na cabeceira da boçoroca com a implantação de uma calha de macrodrenagem e aterro de parte da cabeceira da grande forma erosiva.

A área da boçoroca em 2013 era de 25.590m<sup>2</sup> tendo um acréscimo de 650m<sup>2</sup> subtraindo a área do aterro feito em 2012. O aterro realizado na cabeceira da boçoroca nas obras de controle da erosão urbana possui uma área de 5.000m<sup>2</sup>.

A análise da imagem orbital de 2017 da boçoroca constata a existência de banhados na margem esquerda da boçoroca e na parte a jusante, sendo um indício da vazão produzida pelo escoamento subsuperficial. A ausência de prática conservacionista do solo e de cobertura vegetal arbórea na margem esquerda da boçoroca, conjuntamente com o surgimento de águas subsuperficiais intensificaram a erosão lateral.



A existência de cobertura vegetal arbórea com regenerações na margem direita da boçoroca (setor oeste) favoreceu a estabilidade do solo, em situação oposta ao ocorrido na margem esquerda.

A carta da área, na figura 3, apresenta as áreas da boçoroca em 2013 e 2017 e as localizações dos fragmentos regenerados de vegetação arbórea.

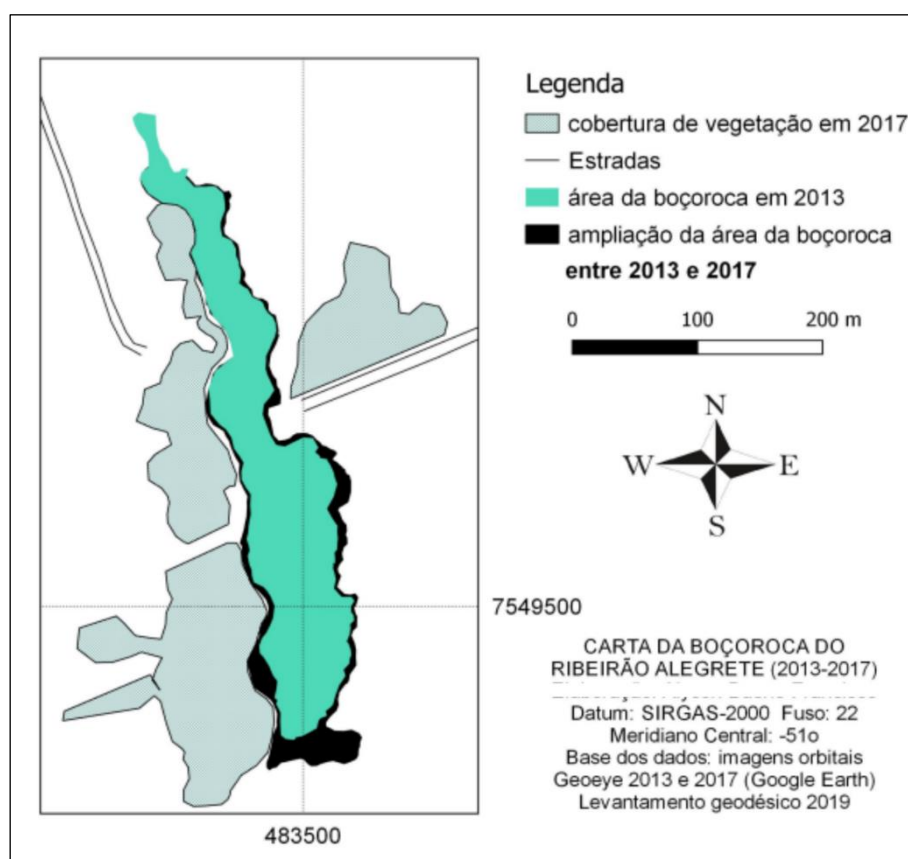


Figura 3: Carta de desenvolvimento da boçoroca do Ribeirão Alegre entre 2013 e 2017

Elaboração: FRANCISCO, A. B. (2019)

Em 2017 a boçoroca do Ribeirão Alegre apresentava uma área de 28.750 m<sup>2</sup>, tendo uma ampliação de 3.160 m<sup>2</sup> de área em relação a 2013.

O gráfico da figura 4 apresenta a evolução das áreas da boçoroca entre 2002 e 2019.

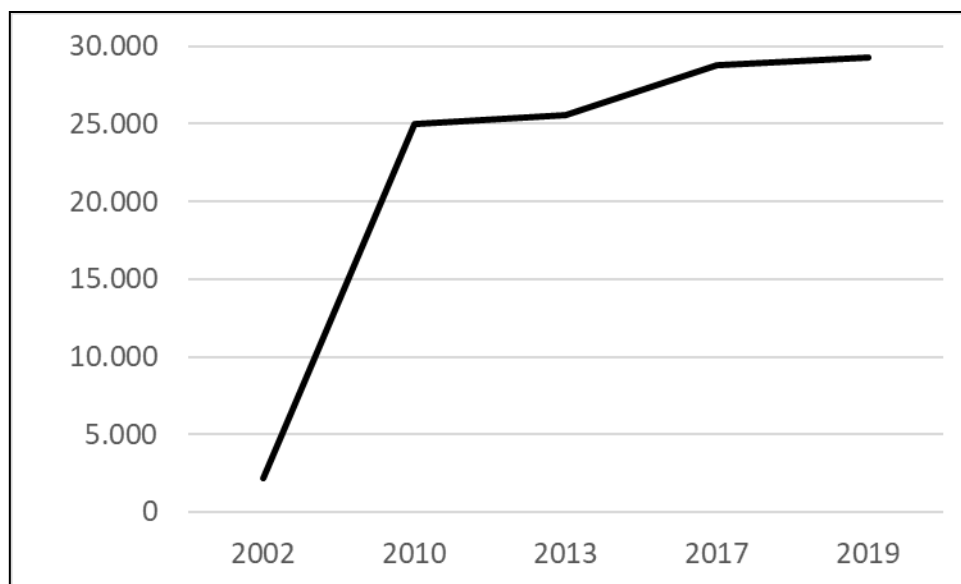


Figura 4. Áreas (m<sup>2</sup>) da boçoroca do Ribeirão Alegre entre 2002 e 2019.

Elaboração: FRANCISCO, A. B. (2020)

Nota-se pelas constatações de campo e análises das imagens orbitais a regeneração da vegetação arbustiva e arbórea em setores da área degradada e consequente estabilização do processo erosivo nesses setores.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise espacial e temporal das imagens orbitais georreferenciadas em ambiente do Sistema de Informação Geográfica, sendo importante para a escala local da área degradada, foi possível a constatação da necessidade de parcelas experimentais de monitoramento nas áreas de risco de desenvolvimento de ravinas laterais.

O caso apresentado em Martinópolis se assemelha a boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia investigada por Francisco (2017). Em ambas as boçorocas, a partir da análise das duas últimas décadas, foi notado o desenvolvimento de erosão lateral e no setor jusante da boçoroca.

As condições de uso da terra e práticas conservacionistas são também semelhantes em ambos os casos. Não existe a aplicação adequada das práticas mecânicas de

terraceamento em curvas de nível para a conservação do solo. No caso de Martinópolis, apenas da regeneração de parte da vegetação arbórea no setor oeste da área de risco da boçoroca, no setor leste (margem esquerda) não possui aplicação das práticas mecânicas de conservação do solo.

Além disso, a pesquisa para o próximo período buscará a análise das condições pedológicas do setor de desenvolvimento da boçoroca (margem esquerda) e levantamento detalhado de campo da topografia para análise das declividades e localizações dos canais de concentração dos escoamentos superficiais e pluviais.

Através das análises espaciais em ambiente SIG foi possível o mapeamento das áreas da boçoroca do Ribeirão Alegrete e a próxima etapa visa o monitoramento da erosão lateral no setor jusante pelos procedimentos topográficos. A variável dimensional dos recuos de borda da boçoroca será comparada com os índices de precipitação em 2020.

A análise espaço-temporal de boçoroca em área periurbana concilia com as discussões geográficas sobre escala local e a aplicação do método indutivo e experimental na Geomorfologia visando uma integração do conhecimento empírico com os fundamentos teóricos.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece a CAPES pela bolsa de pós-doutorado sob a supervisão do Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP de Presidente Prudente.

## REFERÊNCIAS

- ARABAMERI, A.; PRADHAN, B.; REZAEL, K.; CONOSCENTI, C. Gully erosion susceptibility mapping using GIS based multi-criteria decision analysis techniques. **Catena**, n. 180, 2019. p. 282-297.
- CASALÍ-SARASIBAR, J.; GIMÉNEZ-DIAZ, R.; CAMPO-BESCOS, M. A.; JAMES, M. R. Gully geometry: what are we measuring? **Soil**, n. 01, 2015. p. 509-513.
- DÍAZ, J. S. Control de erosión en zonas tropicales. **Bucaramanga**, Colombia: Universidad Industrial del Santander, 2001.

BACON, F. **Novum Organum**: ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza. São Paulo: Abril Cultural, 1979. [tradução de José Aluysio Reis de Andrade].

FRANCISCO, A. B. A. **Erosão periurbana em Rancharia-SP: a análise espaço-temporal e as propostas de recuperação da boçoroca do Córrego do Grito**. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, 2017. 201f.

FURLANI, G. M. As boçorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. **Geomorfologia**, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969. p. 12-15.

HUME, D. **Tratado da natureza humana: uma tentativa de introduzir o método experimental de raciocínio nos assuntos morais**. 2.ed., São Paulo: Editora da UNESP, 2009. [tradução de Débora Danowski].

RODRIGUES, T.; TOMMASELLI, J. T. G.; ARROIO JUNIOR, P. P. Mapeamento da vulnerabilidade aos processos erosivos a partir de métodos multicriteriais: um estudo sobre as condições ambientais da Bacia da Represa Laranja Doce em Martinópolis-SP. **Formação**, v. 25, n. 45, 2018. p. 67-91.

ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; FACHINELLO, A.; CÂNDIDO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (org.) **Terra**: feições ilustradas. 3.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

VANDEKERCKHOVE, L.; POESEN, J.; WIJDENES, D. O.; GYSSELS, G. Short-term bank gully retreat rates in Mediterranean environments. **Catena**, n.44, 2001. p.133-161.

VIEIRA, N. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca, SP**. Franca: Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, 1978.