

Alyson Bueno Francisco

Doutor, mestre, bacharel e licenciado em Geografia
pela Universidade Estadual Paulista Campus de Presidente Prudente (UNESP)
alysonbueno@gmail.com

As boçorocas urbanas e rurais no Brasil

Resumo

As boçorocas são grandes formas erosivas existentes em áreas degradadas do território brasileiro, distribuídas pelos espaços rural e urbano, relacionadas aos contextos de cobertura da terra, condições climáticas, declividades topográficas e tipos de solos. Este artigo visa apresentar uma síntese do estado da arte conceitual das boçorocas e denominações nacionais e internacionais, com exemplos em diversos estados brasileiros representados pela cartografia em escala topográfica. As cartas das boçorocas localizadas em São Francisco de Assis (Rio Grande do Sul), Gilbués (Piauí), Buriticupu (Maranhão), Ouro Preto (Minas Gerais), Rio Claro (Rio de Janeiro) e Quatá (São Paulo); e imagens de sensoriamento remoto em Manaus (Amazonas) e Bauru (São Paulo) são resultados da análise geográfica buscando a compreensão das causas do desenvolvimento das grandes formas erosivas. As boçorocas rurais possuem condicionantes climáticos, ação do pisoteio do rebanho, fragilidade do solo, ausência de cobertura vegetal em áreas íngremes, considerando que mesmo em relevo colinoso, com baixa declividade, condições de degradação podem desenvolver as boçorocas. No caso das boçorocas urbanas, foi notável a falta de projetos de drenagem urbana para direcionamento das águas pluviais para o curso d'água receptor, com concentração das águas pluviais em drenagem e erosão remontante. Existem práticas de controle das boçorocas com implantação de paliçadas em ravinas laterais, revegetação da cabeceira e fundo das grandes formas erosivas. Em relação às boçorocas urbanas, existem projetos para implantação de sistema de drenagem urbana para evitar a erosão remontante e zoneamento das áreas de risco.

Palavras-chave: erosão, desertificação, arenização, drenagem, recuperação.

Abstract

THE URBAN AND RURAL GULLIES IN BRAZIL

The gullies are great erosive forms of degraded areas in Brazilian territory; they are distributed by rural and urban geographical spaces, related with land cover, climatic conditions, slopes and soil types. This article presents a synthesis referential of gullies and national and international names; with examples in various Brazilian states represented by cartography in topographic scale. The maps of gullies in São Francisco de Assis (Rio Grande do Sul), Gilbués (Piauí), Buriticupu (Maranhão), Ouro Preto (Minas Gerais), Rio Claro (Rio de Janeiro) e Quatã (São Paulo); and remote sensing images of Manaus and Bauru are results of geographical analysis and knowledge by causes of development this erosion processes. The rural gullies have climatic conditions, action trampling of the herd, soil's fragilities, absence of vegetation cover in steep areas, considering that even in colinous relief with low slope, degradation conditions can develop the gullies. In the case of urban gullies, the lack of urban drainage projects to direct rainwater to the receiving watercourse was notable, with concentration of rainwater in drainage and upstream erosion. There are practices of control of the gullies with implantation of palisades in lateral ravines, revegetation of the headboard and bottom of the great erosive forms. In relation to the urban gullies, there are projects for the implementation of an urban drainage system to avoid upstream erosion and zoning of risk areas.

Key-words: erosion, desertification, arenization, drainage, recuperation.

1. Introdução

A erosão de solos tornou-se um fenômeno presente nas paisagens equatoriais e tropical, devido à ação da água sobre a superfície desprovida de cobertura vegetal. A perda acelerada de solos induzida pelas áreas degradadas com formação de canais de escoamento concentrado provoca assoreamento de cursos d'água, perdas de nutrientes do solo, ineficiência na produção vegetal e falta de alimentos. Caso a erosão do tipo linear se desenvolva próximo de áreas urbanas e infraestruturas, pode gerar riscos às populações. No caso do território brasileiro foi estimada uma perda de aproximadamente 848 milhões de toneladas ao ano (MERTEN; MINELLA, 2013).

A perda de solos pode ser classificada de acordo com o agente, a incisão na superfície do solo e condicionantes. No caso do território brasileiro, o principal agente da erosão é a água, tendo em vista que os climas

tropicais e equatoriais determinam uma série histórica de volumes anuais de precipitação acima de 1.000 mm, com concentração das precipitações no verão no caso dos climas tropicais continentais (CONTI; FURLAN, 2005). A erosão eólica, no Brasil, está presente em falésias litorâneas.

Sobre a classificação da erosão de solos a respeito da incisão superficial, a erosão linear ocorre a partir da concentração do escoamento das águas pluviais e fluviais, provocando o surgimento de sulcos pelo desenvolvimento vertical. Quando o sulco erosivo ultrapassa a profundidade de 0,5 m, forma-se a ravina, juntamente pelo aumento da largura e do comprimento, mantendo fundo estreito e perfil em forma de “v”, podendo existir ravinas de dezenas e centenas de metros, caso não atinjam em profundidade o nível do freático (OLIVEIRA, 1994).

Importante considerar na classificação das erosões lineares a diferenciação entre ravina e boçoroca. Vieira (1978, p. 8) afirma:

Enquanto o ravinamento se processa em função apenas da erosão superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canal profundo, estreito e longo, as boçorocas formam-se tanto devido à erosão superficial como à erosão subterrânea, com tendência tanto para alargar-se como para aprofundar-se, até atingir o seu equilíbrio dinâmico.

As boçorocas são decorrentes da ampliação da dimensão das ravinas e principalmente da ação do escoamento subsuperficial das águas do subsolo, provocando erosões internas e movimentos de massa localizados. De acordo com Vieira (1978, p. 7), boçorocas:

[...] são depressões profundas circundadas por vertentes quase verticais que se alargam nas proximidades das cabeceiras devido à intensa atividade erosiva regressiva e se afinam junto à foz do curso d'água que a percorre, cortando sedimentos arenosos de fraca coesão, sem apresentar forte declive longitudinal.

As boçorocas possuem centenas de metros de comprimento, em média entre 10 e 70 m de largura, e profundidades maiores que 4 m. No território brasileiro existem boçorocas com cerca de 30 m de profundidade, com áreas maiores que 15.000 m² (BACELLAR, 2000). As boçorocas possuem períodos de ativação, principalmente induzidos pela ação dos escoamentos superficiais concentrados nas cabeceiras, sendo preocupante a erosão remontante. A erosão remontante ocorre devido à ruptura de declive verticalizada em relação ao nível de base (fundo). No caso das

boçorocas localizadas em áreas periurbanas, geralmente prefeituras de pequenas cidades realizam obras de controle da erosão urbana com implantação de galerias até o fundo da boçoroca (FRANCISCO, 2018).

As boçorocas podem ser classificadas segundo o espaço geográfico como boçorocas urbanas ou rurais. As boçorocas urbanas estão localizadas nas áreas periurbanas e são induzidas pela ação dos escoamentos do sistema de drenagem urbana com canalização sem direcionar as águas pluviais diretamente no curso d'água receptor ou fundo da boçoroca. As boçorocas urbanas estão presentes de forma numerosa no estado de São Paulo (ALMEIDA FILHO et al., 2005). As boçorocas rurais geralmente estão localizadas em áreas de cabeceiras de drenagem, com escoamentos superficiais concentrados por estradas rurais ou valas produzidas por mineração ou atividades agropecuárias, comuns no estado de Minas Gerais (BACCARO, 1999).

A respeito das boçorocas no estado de São Paulo, foram apresentados os estudos de Ab'Sáber (1968), sobre Franca, e Furlani (1969), sobre Casa Branca. No caso de Franca, Ab'Sáber (1968) constatou a existência de depósitos de resíduos sólidos nas boçorocas como medida irregular para controle das erosões urbanas e propôs a criação de uma área de reflorestamento nas áreas a serem recuperadas.

As publicações sobre as boçorocas, no Brasil, foram concentradas no estado de São Paulo, devido à política de combate às erosões urbanas implantada pelo governo estadual na década de 1980, com a existência de projetos do Departamento Estadual de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). De acordo com o levantamento realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1990), existiam cerca de 3 mil boçorocas ativas no estado de São Paulo. Em 1997 foi apresentada uma atualização deste levantamento e se constatou que existiam cerca de 750 boçorocas urbanas ativas naquele estado (IPT, 1997). De acordo com Almeida Filho et al. (2015), em 2012, foram cadastrados 41.262 processos erosivos lineares em todo o estado de São Paulo, sendo 30.953 boçorocas, das quais 949 foram identificadas em áreas urbanas.

Até o início da década de 1990, o conceito de boçoroca era utilizado no meio acadêmico, como apresenta Ab'Sáber (1968), Furlani (1969),

Vieira (1978), Oliveira (1994) e Salomão (1994). Na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista em Botucatu, existia um clube de campo no campus, sendo batizado de “Voçoroca” (VEIGA, 2015). O termo “voçoroca” foi introduzido por Mauro (1989). A partir da década de 1990, a maioria dos pesquisadores, principalmente em Geografia, passou a utilizar a expressão voçoroca, pela ideia de ser um conceito atualizado na grafia.

Vieira (1978) explica a origem etimológica do conceito de boçoroca a partir da expressão do tupi-guarani “yby soroc”, que significa rasgão da terra, estando presente o fonema “b”. Diante da origem etimológica e do uso do conceito pelos autores clássicos até a década de 1990, optou-se nesse trabalho pelo conceito de boçoroca. Essa forma erosiva de grande porte possui várias denominações internacionais, tais como “gully” nos Estados Unidos, “cárcava” nos países hispânicos, “barroca” nos países lusófonos e em alguns estados brasileiros, “donga” na África do Sul e “lavaca” em Madagascar (VIEIRA, 1978).

As boçorocas são formas erosivas que precisam ser mapeadas para garantir a análise espacial de sua evolução. De acordo com Guerra (2005, p. 34), “as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço”. Na escala topográfica e experimental de campo, as boçorocas são monitoradas por métodos tradicionais da topografia com o uso de estacas de referência para medição da linha de ruptura de declive (GUERRA, 2005) e técnicas de sensoriamento remoto com o uso de veículos aéreos não-tripulados para elaboração de modelos digitais de elevação de alta resolução (SIMPLÍCIO, 2020).

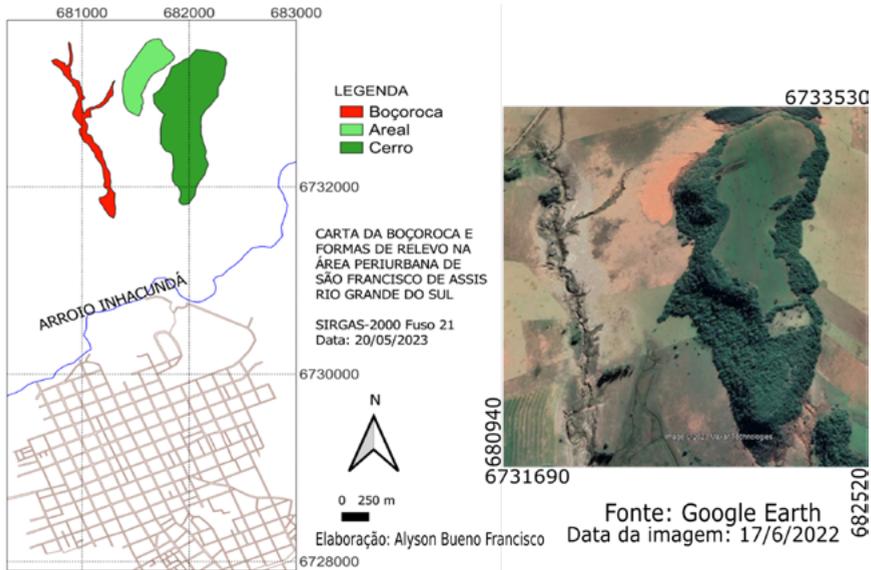
Além das dimensões geométricas e representações cartográficas, as boçorocas podem ser analisadas pelos contextos geográficos (urbano ou rural), de acordo com os aspectos das microbacias hidrográficas onde estão localizadas, das condições climáticas, do histórico de abertura de loteamentos urbanos nas adjacências e das situações de ocupações irregulares nas áreas de risco, não restringindo suas análises às características pedológicas. Neste sentido, este trabalho busca destacar as relações das classificações das boçorocas em relação ao uso e à ocupação do solo.

2. As boçorocas rurais no Brasil

As boçorocas rurais são induzidas por escoamentos superficiais concentrados em áreas de solo exposto sem cobertura vegetal, comuns em margens de estradas, caminhos originários da ação da compactação do solo pela pecuária; ou podem ser originárias de valas decorrentes de mineração. Além das ações antrópicas para induzir a concentração dos escoamentos das águas pluviais, a intensidade das precipitações por variabilidades climáticas interfere no desenvolvimento das boçorocas.

No sudoeste do Rio Grande do Sul, as boçorocas rurais se desenvolvem devido à fragilidade dos materiais sedimentares, com a existência de areais. O contexto geomorfológico em São Francisco de Assis apresenta a existência de cerros (morros) no planalto com coxilhas, pela ocorrência de escoamentos concentrados a jusante dos cerros assim como pela presença de solos com sedimentos arenosos (VIEIRA, 2012). As boçorocas rurais em São Francisco de Assis apresentam comprimentos superiores aos 800 m, em alguns casos atingindo aproximadamente 1.800 m, com inúmeras ravinas laterais com larguras menores que 60 m. A figura 1 mostra uma boçoroca com 1.800 m de comprimento, localizada ao norte da cidade de São Francisco de Assis, próxima de um areal e de um cerro, não sofrendo influência da drenagem urbana, cuja boçoroca está localizada em vertente sem urbanização.

Figura 1
CARTA DA BOÇOROCA DO ARROIO INHACUNDÁ, RIO GRANDE DO SUL



Elaboração: Autor (2023).

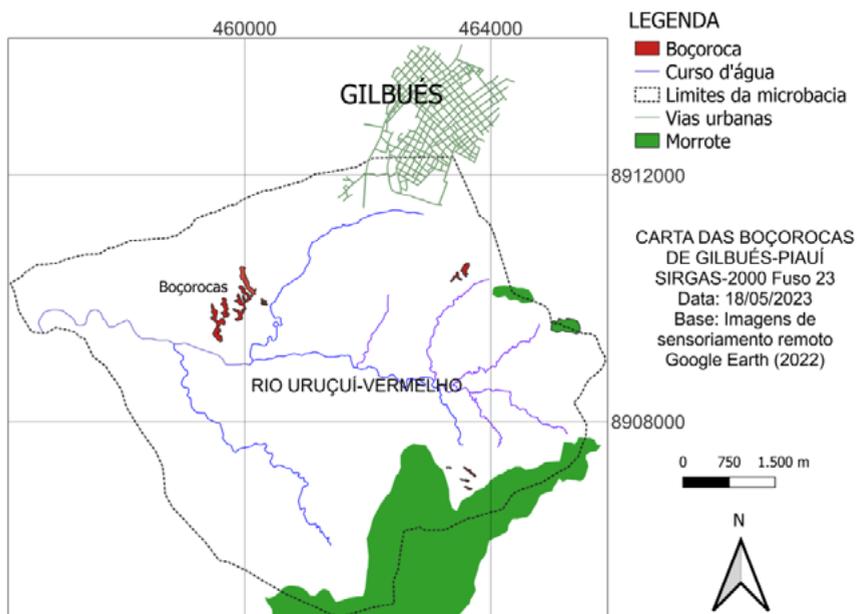
Para o controle dos escoamentos no interior de ravinas laterais da boçoroca, Vieira (2012) aplicou barreiras de fibras vegetais em experimentos, ao favorecer a diminuição da velocidade dos escoamentos e o surgimento de vegetação rasteira no fundo das ravinas.

O município de Gilbués está localizado no sul do Piauí, em área atingida pela desertificação, com o agravamento da degradação em áreas de clima semi-árido. Apesar de estar localizado no Polígono das Secas, o município de Gilbués apresenta uma média de 1.054 mm de precipitação anual, com precipitações mensais médias acima de 140 mm nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro; e precipitações abaixo de 15 mm entre os meses de maio e setembro (SIMPLÍCIO, 2020).

A existência de Espodossolos e Vertissolos com alta suscetibilidade à erosão, associada à ausência de cobertura vegetal nas condições de degradação pela desertificação e ao contexto geomorfológico de vales com tendência erosiva entre morrotes de litologia resistente contribuem para o desenvolvimento dos processos erosivos, o que corrobora com as afirmações de Simplício (2020, p. 70) de que “a combinação de solos

erodíveis profundos; os eventos pluviométricos altamente erosivos; os declives acentuados; e a cobertura vegetativa limitada explicam a elevada produção de sedimentos em Gilbués". As boçorocas do bairro rural de Campo Verde em Gilbués chegam a atingir 500 m de comprimento e 80 m de largura. A carta da figura 2 apresenta a distribuição das boçorocas na microbacia do Rio Uruçuí-Vermelho.

Figura 2
CARTA DAS BOÇOROCAS NA MICROBACIA DO RIO URUÇUÍ-VERMELHO EM GILBUÉS-PI



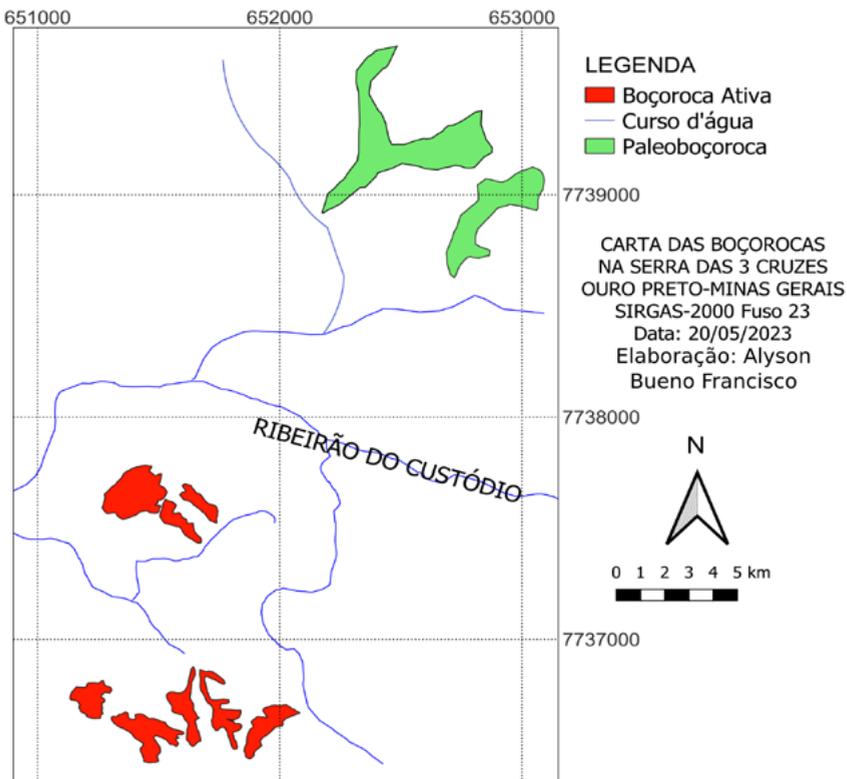
Elaboração: Autor (2023).

Para recuperar as áreas degradadas no sudoeste do Piauí, foi criado, em 2003, o Núcleo de Pesquisa de Recuperação de Áreas Degradadas e Combate à Desertificação, permanecendo em atividade até 2016 (MARREIROS, 2023). Na recuperação das boçorocas de Gilbués foram criadas barragens de sedimentos e incentivados plantios de espécies vegetais (SIMPLÍCIO, 2020).

A respeito das boçorocas rurais datadas do período da colonização, em Ouro Preto, estado de Minas Gerais, existem boçorocas originárias do

século XVIII, quando as divisas de propriedades rurais eram feitas com valas. Essas “paleoboçorocas”, ou boçorocas antigas, tornaram-se estáveis com o desenvolvimento interno da vegetação. A existência de litologia composta de rochas metamórficas, tais como o quartzito, originou solos com areias quartzosas altamente suscetíveis à erosão (BACELLAR, 2000). As boçorocas do município de Ouro Preto possuem as maiores profundidades do território brasileiro, superiores a 30 m; em média apresentam 70 m de largura e 300 m de comprimento. A declividade média da área degradada por boçorocas na Serra das Três Cruzes é de 10° com comprimento de rampa de 500 m. A figura 3 apresenta a distribuição das boçorocas ativas e das boçorocas antigas estáveis, na localidade da Serra das Três Cruzes.

Figura 3
CARTA DAS BOÇOROCAS EM CACHOEIRA DO FALCÃO, OURO PRETO-MG



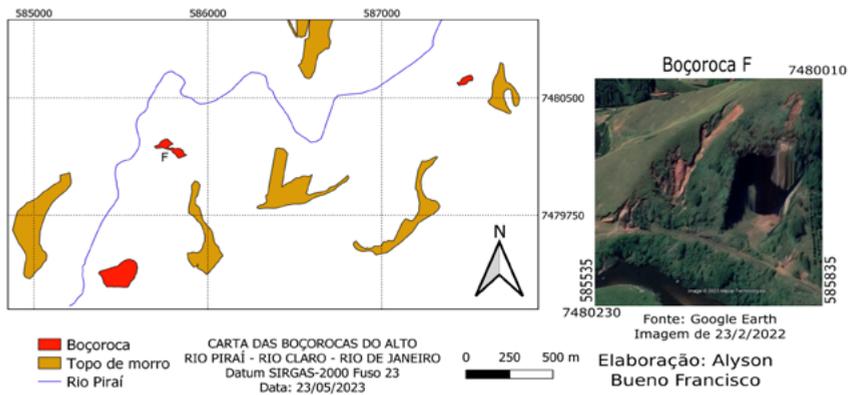
Elaboração: Autor (2023).

O estado de Minas Gerais é um dos mais afetados pelos processos erosivos, com o maior número de boçorocas, principalmente concentradas na região de São João Del Rey e Triângulo Mineiro (BACCARO, 1999).

O domínio geomorfológico dos mares de morros no vale do Rio Paraíba do Sul apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento das boçorocas rurais, principalmente devido ao desmatamento decorrente da expansão da cultura cafeeira desde o século XIX e à introdução de pastagens, com a supressão da cobertura vegetal da Mata Atlântica (ROSS, 2012).

No município de Rio Claro, estado do Rio de Janeiro, existe a Morfoescultura da Serra do Mar e da Mantiqueira, com escarpas de vertentes íngremes, morros com topos aguçados com altitudes acima de 800 m e encostas com depósitos de colúvios. As boçorocas da Bacia do Rio Pirai se desenvolvem em encostas com declividade média de 25° e inexistência de vegetação nativa, com Cambissolos e Neossolos Litólicos arenosos (LOUREIRO, 2019). A figura 4 apresenta as boçorocas no vale do Alto Rio Pirai, Rio de Janeiro.

Figura 4
LOCALIZAÇÃO DAS BOÇOROCAS RURAIS NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO-RJ



Elaboração: Autor (2023).

Sobre a recuperação de áreas degradadas por boçorocas rurais, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) apresentou medidas de controle com a recuperação de áreas pelo plantio de leguminosas

arbóreas no interior e nas cabeceiras das boçorocas, em Vassouras, no estado do Rio de Janeiro.

As técnicas de bioengenharia no controle da erosão hídrica envolvem a implantação de paliçadas, barreiras construídas com troncos, nas ravinas laterais das boçorocas para controle dos escoamentos superficiais. As técnicas de barramentos com uso de madeira em ravinas eram utilizadas no controle dos processos erosivos desde a década de 1950, em regiões tropicais (EL-SWAIFY; DANGLER; ARMSTRONG, 1982). No estado do Maranhão foi implantado o projeto Borassus, em parceria entre pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Comunidade Europeia, com o uso de fibra de buriti na criação de geomantas fixadas nas paredes das boçorocas para facilitar o desenvolvimento da revegetação (SUBEDI et al., 2012). Os resultados na escala experimental dos trabalhos acadêmicos resultam em medidas concretas através de projetos de extensão voltados para a recuperação de áreas degradadas em pequenas propriedades e comunidades.

3. As boçorocas urbanas no Brasil

O desenvolvimento das boçorocas urbanas está relacionado aos escoamentos superficiais concentrados pelas galerias do esgoto pluvial em microbacias hidrográficas com alta taxa de impermeabilização. No caso de grandes cidades, na maioria dos casos as boçorocas são pouco comuns, visto que existe a canalização dos fundos de vale. Segundo Frota Filho, Abreu e Vieira (2020), em 2008 existiam 91 boçorocas em Manaus, com redução para 46 boçorocas em 2012.

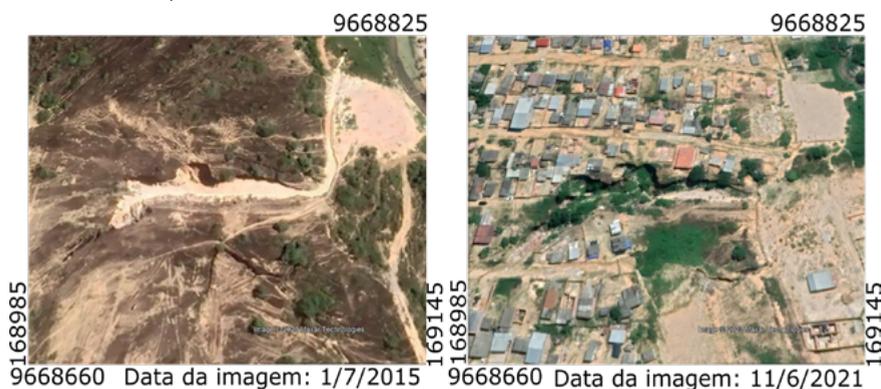
A litologia do sítio urbano de Manaus possui arenitos de granulação grosseira da Formação Alter do Chão, com presença de Latossolos Amarelos arenosos. Além das condições de solos profundos arenosos, as boçorocas em Manaus são caracterizadas pela presença de alcovas de regressão e marmitas que provocam colapsos e movimentos de massa com a ampliação da profundidade em até 9 m (FROTA FILHO; ABREU; VIEIRA, 2020).

As imagens de sensoriamento remoto do sítio urbano de Manaus apresentam uma coloração clara nas áreas com solo exposto, pela presença predominante de granulação arenosa e pela alta suscetibilidade à erosão.

As imagens de sensoriamento remoto (figura 5) apresentam o processo de urbanização entre 2015 e 2021 na área de risco da boçoroca, com 100 m de comprimento, no bairro Cidade Nova, em Manaus-AM.

As boçorocas urbanas podem estar em áreas totalmente ou parcialmente urbanizadas, sendo que existem as boçorocas periurbanas, quando apenas a cabeceira está localizada próxima à área urbanizada. No caso da boçoroca de Manaus, apresentada na figura 5, as áreas laterais foram urbanizadas.

Figura 5
IMAGENS DE BOÇOROCA EM MANAUS-AM

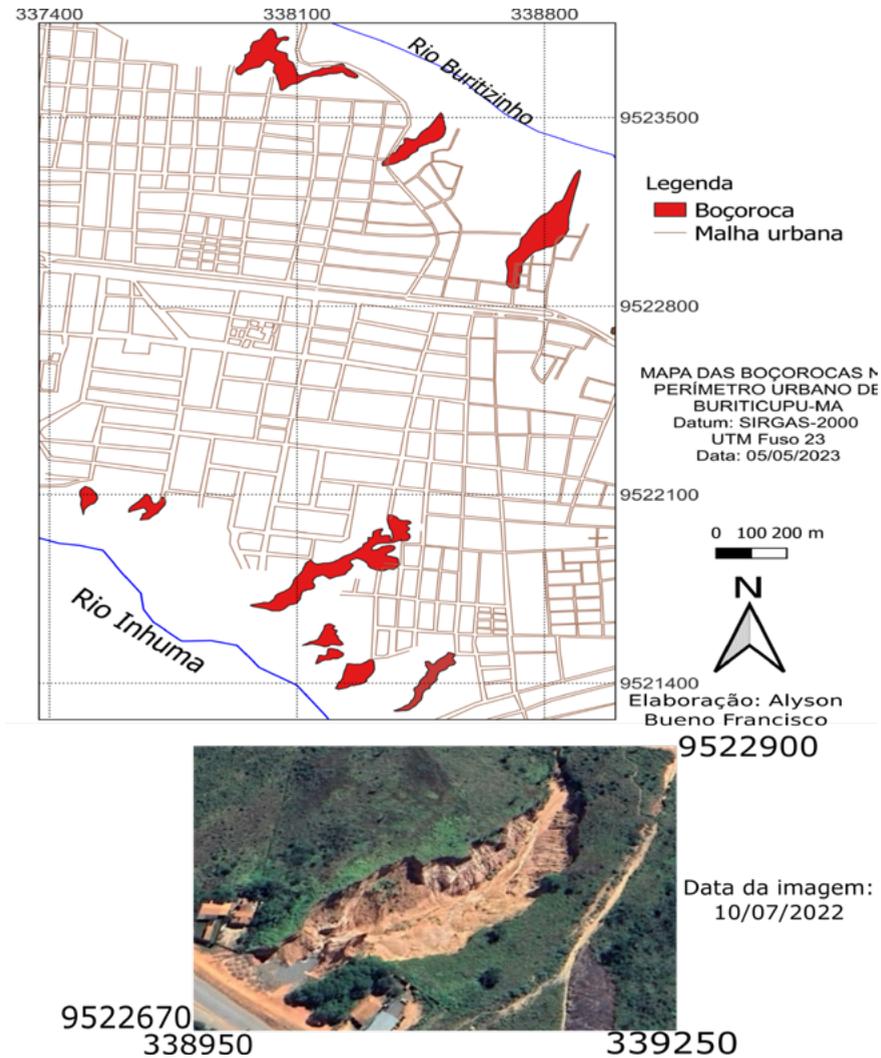


Fonte: Google Earth (2023).

A região oeste do estado do Maranhão possui cidades médias com aumento populacional e presença de solos suscetíveis à erosão com risco do desenvolvimento de boçorocas devido à concentração de eventos excepcionais de precipitações. A localidade de Açailândia apresentou problemas com o desenvolvimento das boçorocas urbanas (MARÇAL et al., 2001).

Em análises de imagens de sensoriamento remoto, foram identificadas 10 boçorocas no perímetro urbano em Buriticupu, cidade com aproximadamente 73 mil habitantes, sendo distribuídas por uma área de 12 hectares. Nos últimos 10 anos, 5 pessoas vieram a óbito ao caírem nas boçorocas de Buriticupu (SOUZA, 2023). A figura 6 apresenta a distribuição das boçorocas no sítio urbano de Buriticupu.

Figura 6
BOÇOROCAS URBANAS EM BURITICUPU-MA



Elaboração: Autor (2023).

A respeito das boçorocas em cidades médias do interior de São Paulo, existem exemplos analisados provenientes dos resultados de relatórios técnicos apresentados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, com sínteses de cadastros de boçorocas em 1997 e 2012. O caso de Bauru foi analisado por Salomão (1994), com evidências de franco desenvolvimento das boçorocas

na década de 1990, com posteriores medidas de controle da erosão urbana e urbanização de fundos de vale.

No bairro Vila Santa Filomena, na cabeceira do Córrego da Grama, afluente do Rio Bauru, em área próxima ao centro da cidade de Bauru, existe uma boçoroca com aproximadamente 480 m de comprimento e 30 m em média de largura, como apresentado na imagem da figura 7.

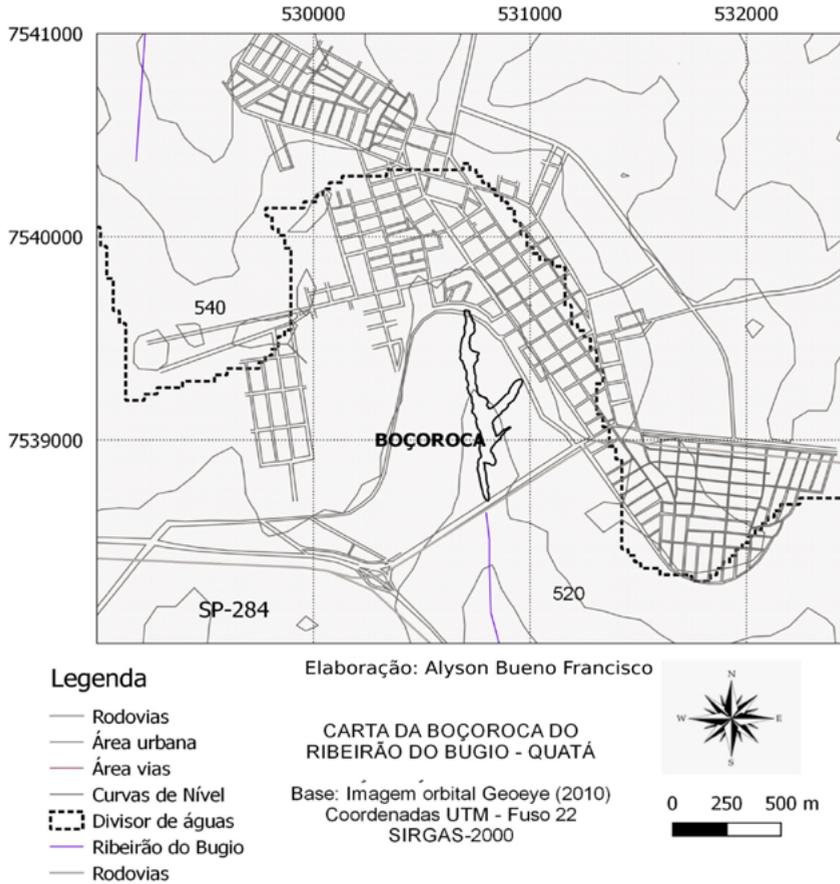
Figura 7
BOÇOROCA DO CÓRREGO DA GRAMA EM BAURU-SP



As pequenas cidades com até 40 mil habitantes possuem escassos recursos públicos para implantar um sistema de drenagem urbana eficiente e direcionar os escoamentos concentrados até o curso d'água mais próximo das áreas urbanizadas. O desenvolvimento da erosão remontante e os riscos de desenvolvimento das boçorocas são decorrentes do direcionamento das águas pluviais em rampas com solo exposto. Nas regiões de Marília e Presidente Prudente, no interior de São Paulo, e Maringá, no Paraná, as pequenas cidades que surgiram às margens de ferrovias entre as décadas de 1910 e 1930, a partir das ocupações dos divisores de águas, tiveram urbanização direcionada para as vertentes, sem planejamento e mecanismos de política urbana exigidos pelo Estatuto das Cidades, para garantir a permeabilidade dos loteamentos urbanos.

Figura 8

CARTA TOPOGRÁFICA DA BOÇOROCA NA ÁREA PERIURBANA DE QUATÁ-SP



Elaboração: Autor (2023).

Existem pequenas cidades onde a erosão remontante das boçorocas atingiu partes próximas dos divisores de águas, como ocorreu em Quatá, cidade de aproximadamente 10 mil habitantes no interior de São Paulo, com uma boçoroca de 700 m de comprimento. A figura 8 apresenta a boçoroca do Ribeirão do Bugio em Quatá, próximo da linha férrea.

Na região de Marília, o município de Paraguaçu Paulista foi, durante vários anos, afetado com o desenvolvimento de boçorocas urbanas, mas os fundos de vale das áreas degradadas foram canalizados com a recuperação que custou cerca de 15 milhões de reais (DAEE, 2012).

As boçorocas localizadas em pequenas cidades podem ser recuperadas pelas etapas de: controle da erosão urbana com recursos provenientes de projetos de drenagem urbana e comitês de bacias hidrográficas; e recuperação, com isolamento da área e revegetação a partir de projetos de Educação Ambiental.

4. Considerações finais

O desenvolvimento das boçorocas pode ser compreendido pela análise geográfica, pois contempla as formas de ocupação do solo nas bacias hidrográficas, a distribuição dos tipos de solos, a concentração e a intensidade das precipitações nos climas tropicais, as mudanças no regime climático e a desertificação, a arenização e as dinâmicas geomorfológicas, bem como o uso de geotecnologias para cartografia dos fenômenos erosivos.

A distribuição das boçorocas rurais pelo território brasileiro está diretamente relacionada à supressão da vegetação original, principalmente em áreas de relevo serrano e colinas com declividades acima de 15°. O cenário das mudanças climáticas, com a desertificação no Piauí e a arenização no Rio Grande do Sul, pode agravar a degradação, gerando condições de paisagens inóspitas sem possibilidade de utilização para agricultura e pecuária. Além disso, as boçorocas rurais contribuem para o assoreamento dos cursos d'água que são utilizados no abastecimento urbano e rural.

No espaço urbano, as boçorocas são preocupantes devido à existência de riscos à população, como ocorrido com os óbitos em Buriticupu, além dos problemas ambientais resultantes do acúmulo de resíduos sólidos em fundos de vale e dos altos custos para controle da erosão urbana. Independentemente do número de habitantes, as cidades podem ter sérios problemas com o desenvolvimento das boçorocas, dependendo das condições de impermeabilidade das microbacias hidrográficas e da ocupação das vertentes.

A cartografia e o monitoramento com dados quantitativos das boçorocas contribuem para a elaboração de projetos para controle da erosão e recuperação das áreas degradadas, visto que apenas a observação do fenômeno de desenvolvimento das boçorocas, sem indicação de possíveis soluções, é insatisfatória para resolução do problema.

Referências

- AB'SÁBER, A. N. As boçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, v. 1, n. 2, p. 5-27, 1968.
- ALMEIDA FILHO, G. S.; COSTA, S. B.; HELLMEISTER JÚNIOR, Z.; GOMES, C. L. R.; FROTA, A. S. Processos erosivos lineares no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Natal, 35., **Anais...**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.195-227.
- BACELLAR, L. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de boçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto-MG**. 2000. 226f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (Org.) **Geografia do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. p. 67-208.
- DAEE. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional, orientações para o controle de boçorocas urbanas**. 2. ed. Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 1990.
- DAEE. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Governo do Estado vai recuperar erosões em Paraguaçu Paulista**. 22 jun. 2012. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: 26 mai. 2023.
- EL-SWAIFY, S. A.; DANGLER, E. W.; ARMSTRONG, C. L. **Soil erosion by water in tropics**. Honolulu: University of Hawaii, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006.
- FRANCISCO, A. B. Os impactos da erosão urbana e a implantação de estruturas de macrodrenagem em Rancharia-SP. In: OTTONI, A. B.; ROSIN, J. A. R. G.; FOLONI, F. M. (Org.) **Drenagem urbana: soluções alternativas sustentáveis**. Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2018. p. 99-117.
- FROTA FILHO, A. B.; ABREU, N. R. P.; VIEIRA, A. F. S. G. Processo de voçorocamento e feições secundárias: um estudo de caso em Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 74, p. 313-323, 2020.

FURLANI, G. M. As boçorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 10, p. 12-15, 1969.

GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 16, p. 32-37, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Departamento de Águas e Energia Elétrica, Relatório Técnico nº 36.071, 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Relatório Técnico nº 131.057-205, 2012.

LOUREIRO, H. A. S. **Diagnóstico de erosão por voçorocas**: experimentos com geotecnologias e solos na Bacia do Alto Rio Pirai, Rio Claro-RJ. 2019. 224f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MARÇAL, M. S.; BOTELHO, R. H. M.; GARCIA, S. F.; GUERRA, A. J. T. Solos e feições erosivas em Açailândia-Maranhão. **Sociedade e Natureza**, v. 13, n. 25, p. 141-152, 2001.

MARREIROS, L. **Secretaria faz visita para revitalizar núcleo de combate à desertificação no Piauí inativo há seis anos**. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2023/05/12/>. Acesso em: 18 mai. 2023.

MAURO, C. A. **Voçorocas**: marcas das relações sociedade-natureza na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP. 1989. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of Brazilian agriculture: soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 1, n. 3, p. 37-48, 2013.

OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR. 1994. 211f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 1994.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru-SP**: regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. 1994. 220f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SIMPLÍCIO, A. A. F. **Avaliação de processos erosivos intensos no núcleo de desertificação de Gilbués-PI**. 2020. 88f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SOUZA, R. **Em dez anos, cinco pessoas já morreram após caírem dentro de voçorocas em Buriticupu, no MA**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/05/04/em-dez-anos-cinco-pessoas-ja-morreram-apos-cairem-dentro-de-vochorocas-em-buriticupu-no-ma.ghtml>. Acesso em: 5 mai. 2023.

SUBEDI M.; FULLEN, M. A.; BOOTH, C.A.; DAO CHAU, T.; CUONG, T. H.; TRUONG, T. T.; JONSYN-ELLIS, F.; COLE, A.; GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; ZHENG, Y.; YONGMEI, Y.; TANG, L. Contribution of biogeotextiles to soil conservation and socioeconomic development. **Agriculture**, v. 41, n. 3, p. 187-194, 2012.

VEIGA, R. A. A. **FCA 50 Anos**. Botucatu: FEPAF, 2015.

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

VIEIRA, C. L. **Emprego de técnicas mecânico-vegetativas em ravinação no areal em São Francisco de Assis - sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2012. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

Recebido em 27/05/2023

Aceito em 12/06/2023

