

Formação e recuperação de uma voçoroca situada dentro de uma floresta ripária adjacente a uma área urbana

Luiz Felipe Salemi^{1*}; Ygor Sarmiento Rodrigues²

¹Docente da Universidade de Brasília, Campus Planaltina, Faculdade de Planaltina, Área de Ciências da Vida e da Terra, Núcleo de Estudos Ambientais e Limnológicos. ²Discente da Universidade de Brasília, Campus Planaltina, Faculdade de Planaltina, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais.

*ifsalemi@gmail.com

Recebido em: 26/04/2023

Aceito em: 16/11/2023

Publicado em: 30/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.5.2-14>

RESUMO

Entre os vários impactos que os ecossistemas naturais estão sujeitos quando ladeados por áreas urbanizadas, destaca-se o desenvolvimento de processos erosivos extremos como as voçorocas. No presente trabalho, descreveu-se o processo de formação de uma voçoroca em uma floresta ripária adjacente a uma área urbana. De posse do entendimento do processo de formação, um plano de recuperação de baixo custo foi elaborado. Além de alterações na microdrenagem do ambiente urbano como o aumento de bocas coletoras de escoamento superficial, o estabelecimento de escadas hidráulicas, a implantação de paliçadas de bambu e o plantio de espécies pioneiras de rápido crescimento são as principais ações de manejo para estabilizar e recuperar o processo erosivo.

Palavras-chave: Erosão. Restauração. Degradação do Solo.

Formation and restoration of a gully located within a riparian forest adjacent to an urban area

ABSTRACT

Extreme erosional features such as gullies are one of the many impacts that natural ecosystems are subjected to when adjacent to urban areas. In the present paper, we described the formation of a gully located within a tropical riparian forest adjacent to an urban area. After understanding its genesis, a low-cost restoration plan was prepared. As for physical measures, an increase in the number of turnout drains (minor system) and reduction of elevation differences between pipes are the soil are the main measures. As for biological measures, we suggest the use of bamboo walls within the gully and planting native pioneer species to stabilize the erosional process and restore the gully, respectively.

Keywords: Erosion. Restoration. Soil Degradation.

INTRODUÇÃO

As áreas urbanas e o crescimento populacional associado causam inúmeros distúrbios aos remanescentes de ecossistemas naturais contíguos. Escoamento superficial (DE BRITO et al., 2022), descarte de resíduos sólidos (MACIEL et al., 2012), excesso de

pisoteamento humano (LIU et al., 2023) e animal (WEAVER; DALE, 1978), estão entre as algumas das perturbações mais frequentes.

Como consequência do aumento da geração de escoamento superficial em função da urbanização, processos erosivos passam a se desenvolver sobre os solos dos ecossistemas naturais adjacentes (DE BRITO et al., 2022). Esse cenário passa a ser ainda mais agravado em função das mudanças climáticas que tendem a gerar eventos extremos de precipitação máxima com maior intensidade e, por conseguinte, com maior erosividade (RODRIGUES et al., 2020). Nesse sentido, sulcos e voçorocas podem ser observados em ecossistemas naturais ladeados por ecossistemas com maior geração de escoamento superficial (GOMES et al., 2019).

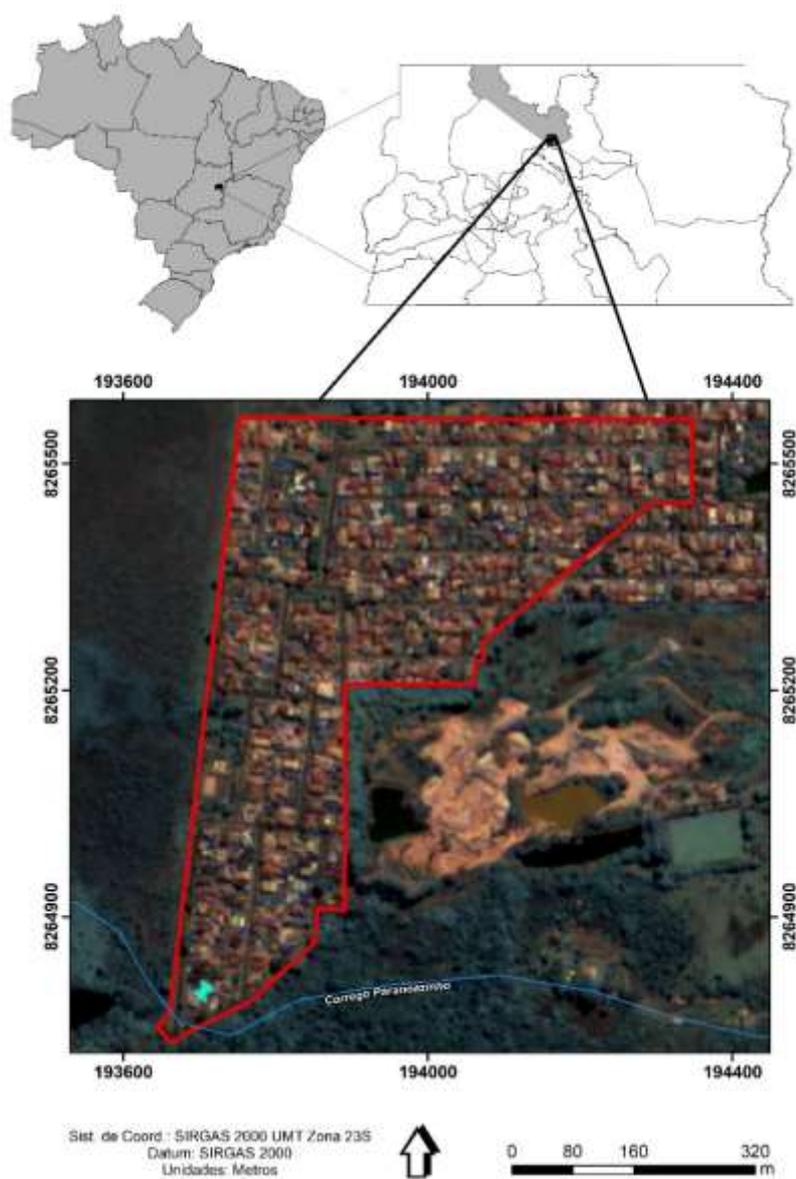
Voçorocas são as formas mais extraordinárias de erosão do solo (LEPSCH, 2010). Apesar de serem detectadas majoritariamente em ecossistemas agrícolas e sistemas associados (e.g. florestas ripárias) (GOMES et al., 2019), sua ocorrência também pode se manifestar na interface de ecossistemas urbanos e ecossistemas naturais principalmente pela geração de escoamento superficial dos primeiros afetando os solos dos últimos. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo de descrever o processo de formação de uma voçoroca em um solo situado dentro de floresta ripária adjacente à uma área urbana. De posse do entendimento do processo de formação do processo erosivo referido, estabeleceu-se um plano de recuperação da área afetada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

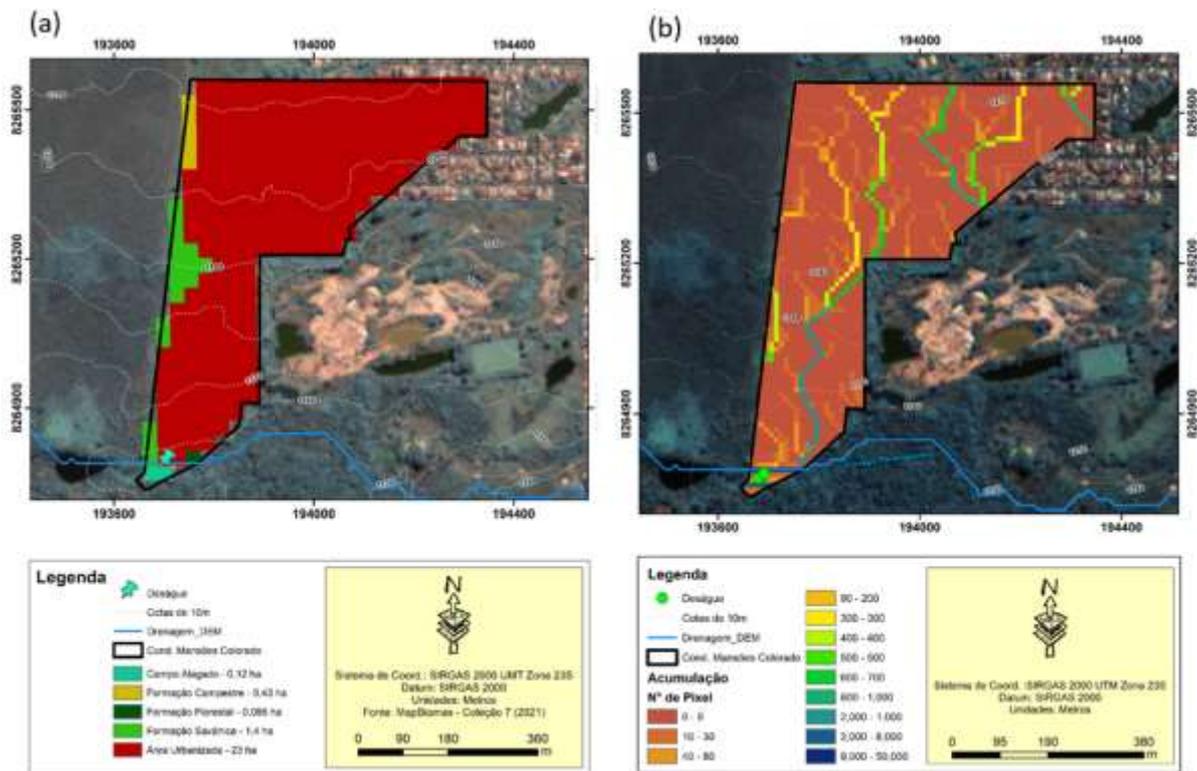
O condomínio em foco situa-se na região administrativa de Sobradinho II, Distrito Federal, Brasil (Figura 1). O condomínio possui área de 24,8 hectares. O desnível topográfico entre a área mais baixa do condomínio (1166 m) e a mais alta (1223 m) é de 57 m. Os solos da região são, em geral, solos pouco desenvolvidos como cambissolos e solos com problemas de drenagem como solos plínticos. Tais solos possuem alta probabilidade de saturação durante eventos de chuva (MOREAS et al., 2006) uma vez que podem ser considerados solos rasos. Problemas relativos à umidificação das paredes de casas do referido não são incomuns. Ademais, o condomínio apresenta afloramentos do aquífero freático em sua área verde.

Figura 1 - Condomínio representando a área urbana adjacente à uma floresta ripária. O condomínio situa-se na região de Sobradinho II, Distrito Federal, Brasil.



Trata-se de um condomínio rural altamente urbanizado (Figura 2a). Linhas de fluxo de água convergem para o local em que a voçoroca se desenvolveu (Figura 2b). Estimativas utilizando o método racional apontam para uma vazão máxima de $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ no ponto em que houve o início da voçoroca. Para tanto, utilizou-se a área de 570 m^2 (derivada do modelo digital de elevação), uma intensidade de chuva de 200 mm h^{-1} e um coeficiente de escoamento superficial de 0,5.

Figura 2 - Mapa de cobertura da terra (resolução espacial 30 x 30 m) e de linhas de fluxos de água (b) do condomínio (resolução espacial de 10 x 10 m).



Nas cotas inferiores do condomínio ocorrem florestas de galeria com largura de aproximadamente 40 m. As bordas dessa formação florestal encontram-se bem colonizadas por espécies invasoras exóticas como margaridão (*Tithonia diversifolia*).

Diagnóstico dos fatores de perturbação

A área urbana em foco apresenta grande geração de escoamento superficial que é conduzido, em última análise, para dentro da floresta ripária que se situa nas cotas topográficas mais baixas do relevo. Somado a esse fato, muitas das bocas coletoras atuam também como emissários que direcionam o escoamento superficial da área urbana apresentam convergência. Em outras palavras, diferentes bocas coletoras direcionam o fluxo de água para um mesmo ponto dentro da floresta (Figura 3). Tal fato faz com que o escoamento superficial se acumule e ganhe maior vazão o que, por sua vez, eleva o seu poder de causar erosão.

Figura 3 - Emissários (ver “a” e “b”) que confluem para o mesmo ponto (c) conduzindo escoamento superficial concentrado para dentro da floresta. Notar o desnível de 0.5 m entre o fim dos emissários e a superfície do solo.



Diante desse cenário, em 2021, notou-se que uma voçoroca de volume 5 m³ se formou dentro da floresta ripária em questão (Figura 4).

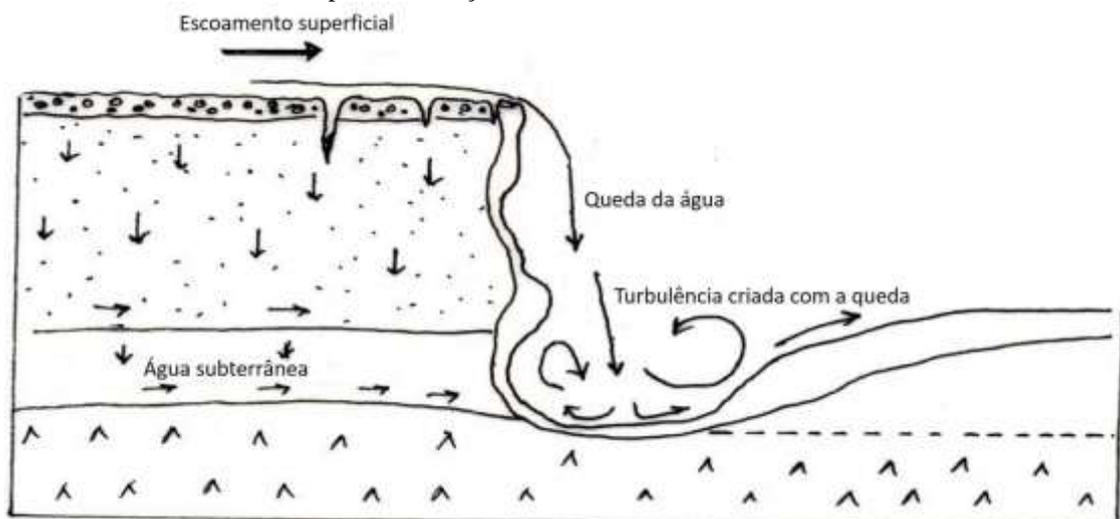
Figura 4 - Voçoroca formada dentro da floresta ripária.



Observações de campo durante eventos de chuva demonstraram que a voçoroca se origina da convergência do escoamento superficial gerado nas áreas urbanizadas. Tal escoamento ganha volume e potencial de erosão dentro da floresta onde causou a formação da voçoroca. O processo de expansão desse processo erosivo encontra-se

ativo. Nota-se que o processo de queda de água promove a aceleração do escoamento bem como o seu impacto com o leito promove a turbulência do fluxo que atinge a parede da voçoroca gerando seu amolecimento e conseqüente colapso (Figura 5).

Figura 5 - Processo de expansão da voçoroca. Notar que a queda da água provoca turbulência e amolecimento da parede da voçoroca.



Adaptado de: Shit e Maiti (2012).

Plano de Recuperação

Meio físico

A fim de conter custos, a presente proposta visou criar sugestões de alteração da microdrenagem no meio urbano. Dessa forma, alterações de macrodrenagem não foram aqui abordadas.

Três medidas básicas precisam ser feitas para minimizar o potencial de erosão da água do escoamento superficial oriundo da área urbana na floresta, a saber: (i) ações de retardamento da velocidade do escoamento superficial quando flui na área urbana, (ii) reparo das regiões dos emissários que fazem com que escoamento superficial da área urbana sofra convergência e (iii) criação de dissipadores, isto é, estruturas de material grosseiro (cascalho) para serem recipientes da água do escoamento superficial oriundo da área urbanizada.

Ações de retardamento da velocidade da água

Inserção de maior número de obstáculos físicos que causem a desaceleração da água do escoamento superficial ao longo do percurso na área urbana. Ao fazer isso,

procura-se reduzir a velocidade da água e, por conseguinte, seu potencial de causar erosão ao adentrar no solo da floresta. Nesse sentido, a criação de lombadas é altamente desejável, ou, ao menos, a criação de lombadas ou ondulações nas sarjetas.

Abertura de maior número de emissários

Inserção de maior número de emissários de água na floresta. Atualmente, o sistema de drenagem possui 5 entradas de água que conduzem o escoamento superficial da área urbana para dentro da floresta. A presente proposta sugere duplicar esse número. Com isso, procura-se reduzir o volume de escoamento superficial que é conduzido por emissário.

Criação de dissipadores de energia

Existe um desnível de aproximadamente 0,5 m entre o fim do emissário e a superfície do solo da floresta (Figura 3). Tal desnível favorece a aceleração da água e, por consequência, o seu potencial de gerar erosão. Face a esse quadro, se faz necessário criar dissipadores de energia, ou seja, estruturas receptoras de escoamento superficial de forma que o desnível topográfico entre a área urbana e o solo da floresta seja significativamente reduzido e a água tenha sua velocidade substancialmente diminuída. Com isso, espera-se reduzir fortemente o potencial da água gerar erosão no solo da floresta. Nesse sentido, sugere-se o emprego de escadas hidráulicas que promoverão tal diminuição (Figura 6).

Figura 6 - Escada hidráulica usada como dissipador de energia cinética tipo “Nappe Flow”.



Fonte: Silva (2022).

Meio biótico

A área da voçoroca receberá paliçadas de bambu nativo da região (ver exemplo, em Figura 7). Tais paliçadas terão espaçamento entre si de 1,5 m e atuarão como estruturas físicas que serão obstáculo à água do escoamento superficial que, diante da

adoção das medidas explicitadas anteriormente, será muito menos volumoso. Com isso, eventuais sedimentos serão retidos ajudando a preencher a voçoroca ao longo do tempo.

Figura 7 - Exemplo de paliçada de bambu utilizada para a recuperação de uma voçoroca



Fonte: Resende (2015)

Além disso, planeja-se a implantação de espécies arbóreas em espaçamento 1 m x 1 m. Por se tratar de uma área de borda florestal e, por essa razão, com alto grau de insolação, planeja-se inserir espécies pioneiras de rápido crescimento e que tenham, se possível, raízes tabulares (ex: *Tapirira guianensis*, *Guarea guidone*, *Piptocarpa macropoda*, *Bauhinia rufa*, *Cupania vernalis*, *Talauma ovata*). Tais espécies são caracterizadas por terem uma rápida expansão do sistema radicular (GONÇALVES et al., 2003) e, em função disso, auxiliarão na criação de maior estabilidade do solo (ver SMITH et al., 2021). De forma complementar, toda e qualquer regeneração de espécies de plantas nativas serão preservadas com o intuito de maximizar colonização de espécies nativas e, como uma consequência, a estabilidade do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, descreveu-se o processo de formação de uma voçoroca dentro de uma floresta ripária adjacente a uma área urbana. Um plano de recuperação de baixo custo foi proposto. Se necessário, obras de macrodrenagem podem se fazer necessárias para minimizar ainda mais o impacto das águas pluviais. A presente proposta pode servir de base para solucionar problemas similares em regiões similares.

REFERÊNCIAS

- DE BRITO, G. Q.; MURTA, J. R. M.; SALEMI, L. F. Surface runoff from an urban area promotes hydrological connectivity and soil loss in a tropical riparian forest. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 233, p. 204-208, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05672-z>
- GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de Solos Degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 111-164.
- GOMES, T. F.; VAN DE BROEK, M.; GOVERS, G.; SILVA, R. W. C.; MORAES, J. M.; CAMARGO, P. B.; MAZZI, E. A.; MARTINELLI, L. A. Runoff, soil loss, and sources of particulate organic carbon delivered to streams by sugarcane and riparian areas: an isotopic approach. **Catena**, v. 181, 104083, 2019.
- LEPSCH, I. **Formação e Conservação do Solo**. 2. Ed São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.
- LIU, Q.; LI, W.; NIE, H.; SUN, X.; DONG, L.; XIANG, L.; ZHANG, J.; LIU, X. The effect of human trampling activity on a soil microbial Community at the urban forest park. **Forests**, v. 14, n. 4, p. 692-703, 2023. <https://doi.org/10.3390/f14040692>
- MACIEL, R. C. G.; SOUZA, E. F.; ROSSETTO, A. C. F.; SOUZA, G. E. A. B.; GUSMÃO JÚNIOR, V. Produção de lixo na floresta: um novo olhar para as florestas acreanas. **Revista de Estudos Sociais**, v. 14, n. 27, p. 28-44, 2012.
- RESENDE, A. S. Banco de Imagens. Embrapa Agrobiologia, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2238001/palica-de-bambu>. Acesso em: 20 abril 2023.
- RODRIGUES, A. R., BOTEQUIM, B., TAVARES, C., PÉCURTO, P., BORGES, J. G. Addressing soil protection concerns in forest ecosystem management under climate change. **Forest Ecosystems**, v. 7, n. 34, 2020. <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00247-y>
- SILVA, R. G. F. **Guia Emissários de Lançamento de Águas Pluviais**. Campos Mourão: UTFPR, 2022. 23 p.
- SMITH, D. J.; WYNN-THOMPSON, T. M., WILLIAMS, M. A.; SILER, J. R. Do roots bind soil? Comparing the physical and biological role of plant roots in fluvial streambank erosion: A mini-jet study. **Geomorphology**, v. 375, p. 107523, 2021.
- SHIT, P. K.; MAITI, R. K. Mechanism of gully-head retreat – a study at Gaganir Ganga, Paschim Medinipur, West Bengal. Ethiopian. **Journal of Environmental Studies and Management**, v. 5, n. 4, p. 332-342, 2012.
- WEAVER, T.; DALE, D. Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. **Journal of Applied Ecology**, v. 15, n. 2, p. 451-457, 1978.