

A INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DA TERRA NA DINÂMICA DO TALUDE EROSIVO DE VOÇOROCAS

Estêvão Botura Stefanuto¹
Cenira Maria Lupinacci²

INTRODUÇÃO

De acordo com o estudo “*World Population Prospects 2022*” desenvolvido pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), a população mundial continuará crescendo até 2100, aumentando de um número estimado de 7,9 bilhões de pessoas em 2022, para cerca de 10,3 bilhões em 2100. A projeção tenciona distintas esferas naturais e sociais, dentre estas a produção de alimentos e, conseqüentemente, a preservação dos solos. Como alerta, destacam-se os dados do relatório de solos da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2015), que apontam para 33% dos solos do mundo com alguma forma de degradação.

Neste contexto, visando discutir a erosão dos solos no campo da ciência geográfica, as voçorocas ganham destaque como um importante agente modificador da paisagem, sendo provenientes de interações naturais e/ou da ação humana/antrópica (Nir, 1983), fato que coloca a análise de tal feição em um grau de complexidade elevado, devido suas respostas poucos lineares.

Desta forma, algumas pesquisas estreitam a relação de ocorrência e evolução desta feição erosiva com o uso e a cobertura da terra, destacando a retirada de vegetação nativa e a conversão dos terrenos em áreas agrícolas como fator determinante (Tebedu *et al.* 2010). Ainda, a pecuária, quando desempenhada de forma contínua e excessiva, atua como um elemento forçante, ocasionando a perversão de atributos físicos do terreno e acelerando a dinâmica de processos erosivos (Zanatta *et al.*, 2019). Neste caso, por exemplo, os autores apontam que desde 1963 as feições erosivas lineares mapeadas no estudo apresentam relação intrínseca com pastagens destina a pecuária (Zanatta *et al.*, 2019).

Portanto, tem-se como objetivo deste resumo expandido avaliar as condições do uso e cobertura da terra e sua interação com os taludes erosivos de voçorocas, verificando

¹ Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNESP-Rio Claro,
estevao.stefanuto@unesp.br

² Professora Doutora do Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental - UNESP-Rio Claro,
cenira.lupinacci@unesp.br

como duas coberturas distintas, área em reflorestamento e área de pastagem, interagem com os taludes erosivos.

METODOLOGIA

Área de estudo

Área de estudo localiza-se no setor leste da Bacia Sedimentar do Paraná, na província das Cuestas Basálticas, mas especificamente na Zona do Médio Tietê. Caracteriza-se por formas de relevo que se enquadram, segundo o IPT (1981) como Relevos Residuais Suportados por Litologias Particulares, constituindo-se em morros testemunhos isolados; topos aplainados e arredondados; vertentes com perfis retilíneos, muitas vezes com trechos escarpados e exposição de rocha.

Em relação aos solos, a área de estudo localiza-se sobre um setor de associação entre Neossolos Litólicos Eutróficos e Nitossolos Eutróficos ou Distróficos da Unidade Estruturada (Koffler *et al.*, 1992). Os Neossolos constituem-se em solos poucos evoluídos, com o horizonte A localizado acima de horizontes C ou Cr. Já os Nitossolos Eutróficos ou Distróficos da Unidade Estruturada apresentam textura argilosa ou muito argilosa e espessura do *solum* superior a 120 cm (Oliveira; Prado, 1984).

Sobre ao uso e cobertura da terra, a área de estudo apresenta desde 2010 uma predominância de pastos limpos, os quais são voltados para uso pecuário. Identificam-se também vegetações de áreas úmidas, as quais se vinculam a incisão do sistema erosivo e contato com o nível freático. Ainda, setores de solo exposto e pasto degradado também ocorrem em 2010 e 2019, fato que indica baixa vitalidade da cobertura vegetal (Stefanuto; Lupinacci, 2020).

Por fim, destaca-se que a voçoroca analisada apresenta parte do talude erosivo cercado e vegetado, sendo esta uma intervenção proveniente de ações para preservação de nascentes, desenvolvidas pela Unidade Gestora do Projeto Nascentes Analândia (UGP - Analândia), integrante do Comitê das Bacias PCJ. Já o setor de cabeceira da voçoroca apresenta ocupação de pastagens destinadas à pecuária. Tal variação no uso da terra em um mesmo sistema erosivo é interessante para análises comparativas e discussão da efetividade de intervenções humanas para contenção erosiva.

Monitoramento erosivo

Os taludes erosivos das voçorocas foram monitorados a partir da proposta de Stefanuto e Lupinacci (2023), a partir de estacas instaladas em seu entorno, constituindo-

se tal proposta em uma adaptação de Guerra (2002). As estacas foram instaladas em 13 de maio de 2020 e o monitoramento ocorreu até 08 de agosto de 2023, com frequência trimestral, visando abarcar a interação do talude erosivo com as estações secas e úmidas e suas respectivas transições, fato que totalizou 13 trimestres de monitoramento.

Ao todo foram instaladas 22 estacas no entorno do talude erosivo, selecionando-se parte sistema erosivo para o monitoramento a partir do critério de grau de dinamicidade, pela presença de blocos solapados, taludes desnudos e alcovas de regressão. Destaca-se que a área selecionada se constituiu em uma das ramificações de um amplo sistema erosivo.

Imageamento da voçoroca

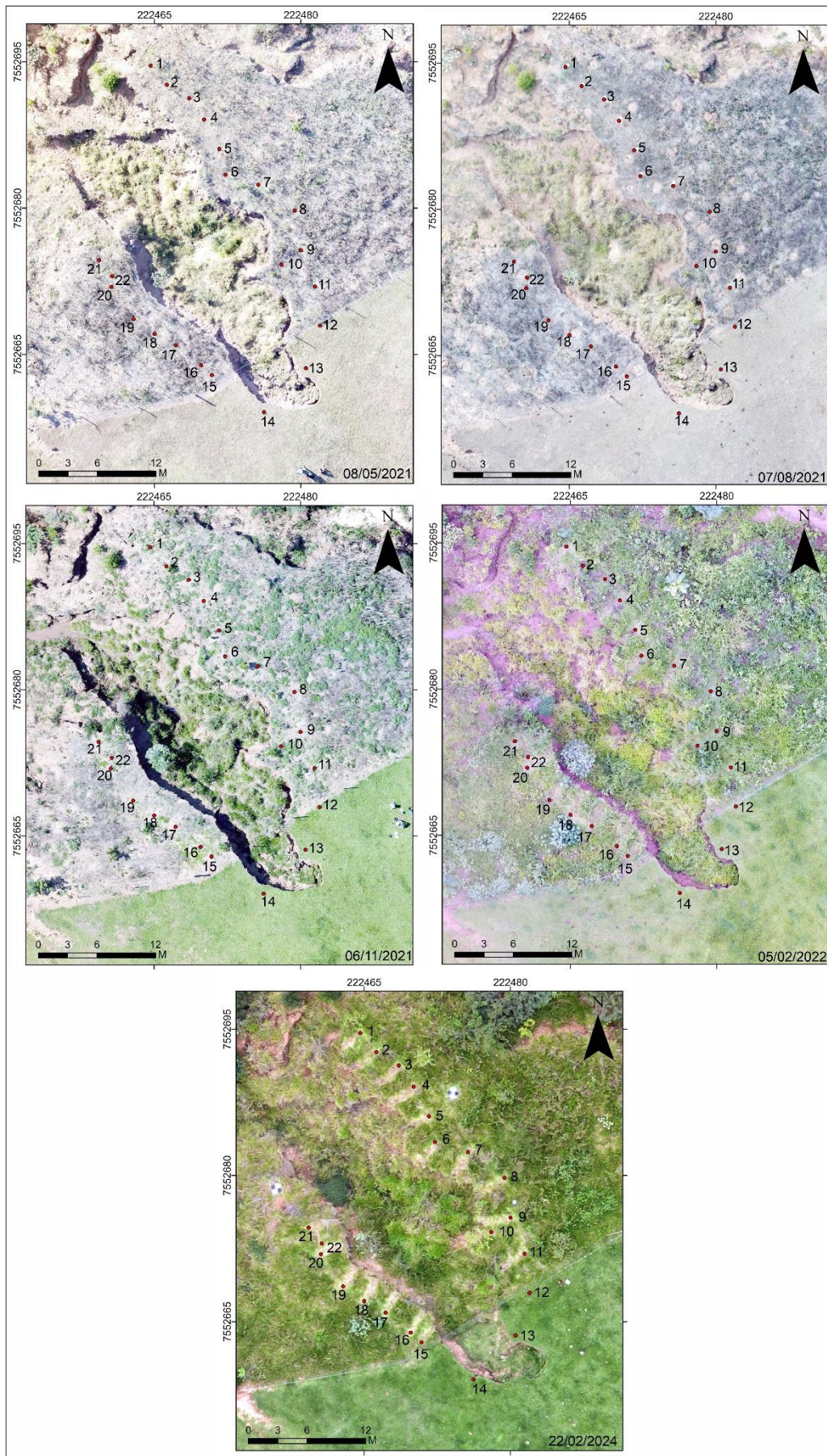
O imageamento garantiu a análise do uso e cobertura da terra e foi desenvolvido a partir de um VANT DJI MAVIC Pro, tendo embarcado um sensor RGB com 1/2.3” (CMOS), pixels efetivos de 12.35 M (pixels totais 12.71 M). Os planos de voo foram organizados no software DroneDeploy, sendo definidos os seguintes parâmetros: altitude fixa de 45 m com sobreposição frontal de 75% e 65% de sobreposição lateral, garantindo GSD de 1,5 cm.

Com as imagens obtidas em campo, os ortomosaicos foram processados a partir do software Open Drone Map em sua versão WebODM. As configurações básicas do servidor para processamento foram: processador Intel(R) Core (TM) i7-5820K, memória RAM de 64GB e GPU NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, é importante compreender a dinâmica erosiva atuante no talude da voçoroca estudada. Neste sentido, a partir da análise dos valores de perda de material, quatro trimestres ganham relevância (Tabela 1), sendo estes: fevereiro de 2021 (7,47 m de total de perda de material), maio de 2021 (1,75 m), maio de 2022 (1,01 m) e fevereiro de 2023 (0,89 m). Os dois maiores valores estão associados às perdas de material ocorrentes nos pontos de monitoramento 13 e 14, sendo ambos localizados no setor de cabeceira do sistema erosivo. Em fevereiro de 2021, por exemplo, o ponto 13 apresentou 1,97 m de perda de material e o ponto 14 registrou 3,00 m, sendo que no monitoramento seguinte, maio de 2021, o ponto 14 também apresentou valores expressivos, registrando 1,13 m de perda de material. Nos demais cenários (maio de 2022 e fevereiro de 2023), o setor de cabeceira reduz significativamente à perda de material, sendo registrados valores mais expressivos nas margens esquerda e direita (Tabela 1).

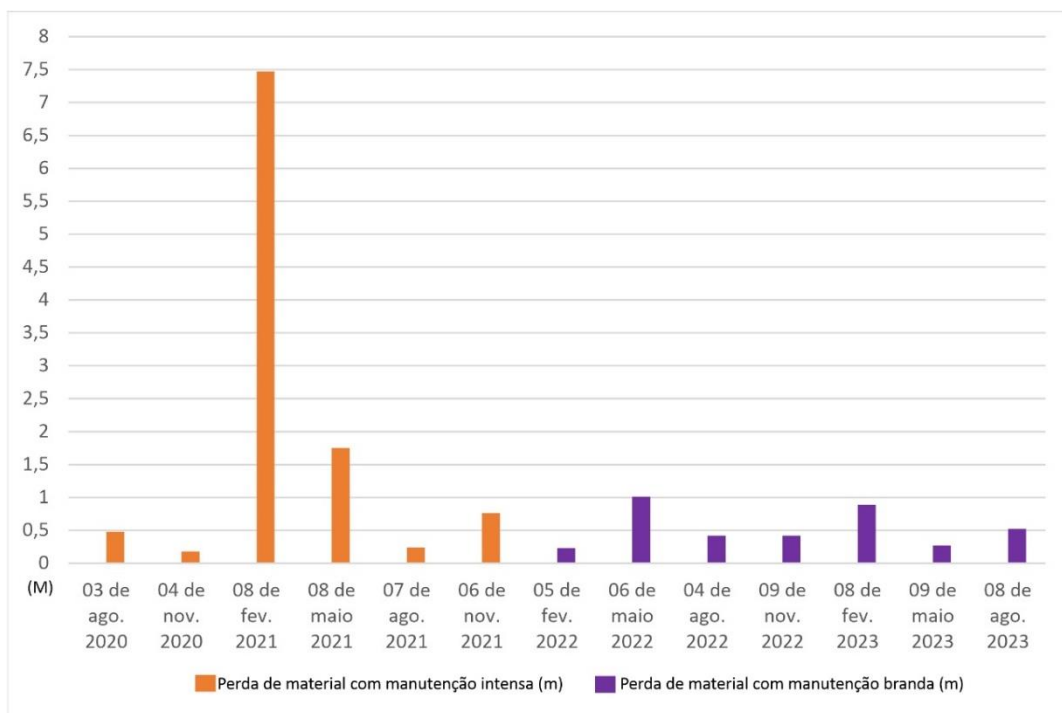
Figura 1 – Histórico da cobertura do solo no setor de monitoramento em Analândia



Neste sentido, destaca-se que, a princípio, o setor de reflorestamento deveria se constituir em uma área sem acesso dos animais, no entanto, no decorrer dos 13 trimestres de monitoramento, diversas vezes identificou-se gado no interior da área, fato que pode ter dinamizado o talude erosivo nas áreas de margem. Outra característica importante do setor de reflorestamento foi a cobertura vegetal, sendo que esta variou de forma significativa no decorrer dos trimestres, devido ao combate de ervas daninhas com herbicidas. Tais fatores vão ao encontro de valores de perda total na margem direita, que podem chegar à 1,69 m (fevereiro de 2021) e 0,92 m (maio de 2022), e na margem esquerda que atingem até 0,81 m (fevereiro de 2021) e 0,60 m (novembro de 2021).

Também se verifica, ao analisar os dados trimestrais, que mesmo após uma cobertura mais efetiva dos solos da área por gramíneas, conforme registrado em 05/02/2022, ainda é possível identificar o terceiro e quarto pico de perda de material em maio 2022 e fevereiro de 2023 (Gráfico 1). Neste sentido, constatou-se em campo, o registro de gado na área de reflorestamento, posteriormente a fevereiro de 2023, em quatro dos seis trimestre do período (maio de 2022, agosto de 2022, maio de 2023 e agosto de 2023). O gado no interior da área de estudo reduziu a cobertura vegetal de gramíneas devido ao pastejo e impactou diretamente nos taludes erosivos devido ao pisoteio, fato que pode ter contribuído para os referidos picos mesmo após a mudança no padrão de manejo da cobertura vegetal.

Gráfico 1 – Dados de perda de material por período com manutenção intensa e branda do setor de reflorestamento (margem esquerda e direita).



Por fim, vale destacar que nem todos os pontos apresentam alta dinamicidade. Alguns pontos dos setores margem direita e margem esquerda apresentam menos de 0,10 m de perda de material ao longo dos 13 trimestres de monitoramento (pontos 2, 8, 9 e 20), ou seja, mesmo com o acesso do gado ao setor em reflorestamento e a aplicação de herbicidas, há indícios de setores do sistema erosivo monitorado com um ritmo lento de perda de material. Neste sentido, o manejo menos agressivo com a cobertura vegetal registrado desde fevereiro de 2022, pode ter possibilitado o desenvolvimento, principalmente de espécies de gramíneas, que estão presentes até o último imageamento em 22/02/2024 (Figura 1), e que contribuem para os baixos valores de perda de material. Até fevereiro de 2022, a perda média de material na margem direita era de 0,39 m e na margem esquerda de 0,30 m; já nos trimestres seguintes (de maio de 2022 a agosto de 2023) a perda reduziu para 0,38 m (margem direita) e 0,15 m (margem esquerda).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor recoberto por pastagens destinadas à pecuária apresenta valores significativamente maiores de perda de material em comparação à setores com intervenção identificada como reflorestamento. No entanto, o setor de reflorestamento ainda indica pontos com dinamicidade significativa para o contexto, fato que aponta para necessidade de atenção em relação ao manejo de setores em reflorestamento para fins de contenção erosiva, uma vez que a redução significativa da cobertura vegetal pode dinamizar os taludes erosivos, desencadeando perda de material.

Aponta-se que para pesquisas futuras, é válido analisar o pico de perda de material registrado em fevereiro e em maio de 2021. Tal fato é curioso, pois o gado atua no setor durante todo o período de monitoramento, mas os maiores valores de perda de material da cabaceira ocorrem de forma pontual. Desta forma, variáveis como o fluxo acumulado de superfície pode ter relevância, uma vez que à montante do setor de monitoramento localiza-se uma estrada rural.

Palavras-chave: Feições erosivas lineares; Pecuária, Reflorestamento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/00296-1.

REFERÊNCIAS

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Status of the World's Soil Resources**. Roma, 2015.
- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 139-155.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981a. Escala:1.000.000
- KOFFLER, N. F. et. al. **Solos da bacia do Rio Corumbataí. Rio Claro: Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica** - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1992. Escala: 1:50.000
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent: An introduction to Antropic Geomorphology**. Jerusalem (Israel), Keter Publishing House,1983
- OLIVEIRA, J. B. de; PRADO, H. do. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos – II Memorial Descritivo. **Boletim Técnico Nº 98**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1984.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **World Population Prospects 2022**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 06 jun. 2024.
- STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Uso e ocupação das terras e a interferência na dinâmica erosiva de bacias hidrográficas. In: DI MAURO, C.; SILVEIRA, A.; SOUZA, T. S. **Enfoques: recursos hídricos e bacias hidrográficas**. Tupã: ANAP, 2020. p.139-156.
- STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Analysis of the sidewall dynamics of a gully system: causes and processes. **RAEGA**, v. 58, p. 118-141, 2023.
- TEBEBU, T.Y., ABIY, A.Z., ZEGEYE, A.D., DAHLKE, H.E., EASTON, Z.M., TILAHUN, S.A., COLLICK, A.S., KIDNAU, S., MOGES, S., DADGARI, F., STEENHUIS, T.S. Surface and subsurface flow effect on permanent gully formation and upland erosion near Lake Tana in the northern highlands of Ethiopia. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 14, n. 11, p. 2207–2217, 2010. DOI: 10.5194/HESS-14-2207-2010
- WANG, Y., KUANG, S., SU, J. Critical caving erosion width for cantilever failures of river bank. **Int. J. Sediment Res.** v. 31, p. 220–225, 2016. DOI: 10.1016/J.IJSRC.2016.05.003
- ZANATTA, F.A.S., LUPINACCI, C.M., BOIN, M.N. Dinâmica erosiva linear: estudo de caso em área rural no oeste paulista. **Geografia**, v. 44, p. 273–294, 2019. DOI: 10.5016/geografia.v44i2.15117