

ALTERAÇÕES GEOMORFOLOGICAS ENTRE 1988 E 2022 NA ALTA BACIA DO RIO CABEÇA (SP)

Higor Lourenzoni Bonzanini ¹
Cenira Maria Lupinacci ²

INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2021), 34% dos solos em área agricultável no mundo estão degradados de alguma forma. Para o Brasil, o relatório destaca que os principais problemas estão relacionados ao baixo conhecimento técnico e a falta de investimentos para a gestão de áreas agrícolas, acarretando grandes processos de erosão, perda de carbono orgânico e diminuição drástica da fertilidade do solo.

Não obstante, em áreas declivosas, como as que ocorrem na região de *Cuestas* no interior do estado de São Paulo, a ocorrência de áreas degradadas pode ser intensificada, uma vez que a falta de planejamento no uso da terra em área rural acaba por facilitar a ocorrência de feições erosivas e acelerando os processos erosivos, com destaque para os sulcos, ravinas e voçorocas (Kertzman et al., 1995; Wen et al., 2021).

Desta maneira, tem-se como objetivo deste trabalho analisar o avanço das feições erosivas lineares entre os cenários de 1988 e 2022, em área de relevo cuestasiforme no interior do estado de São Paulo.

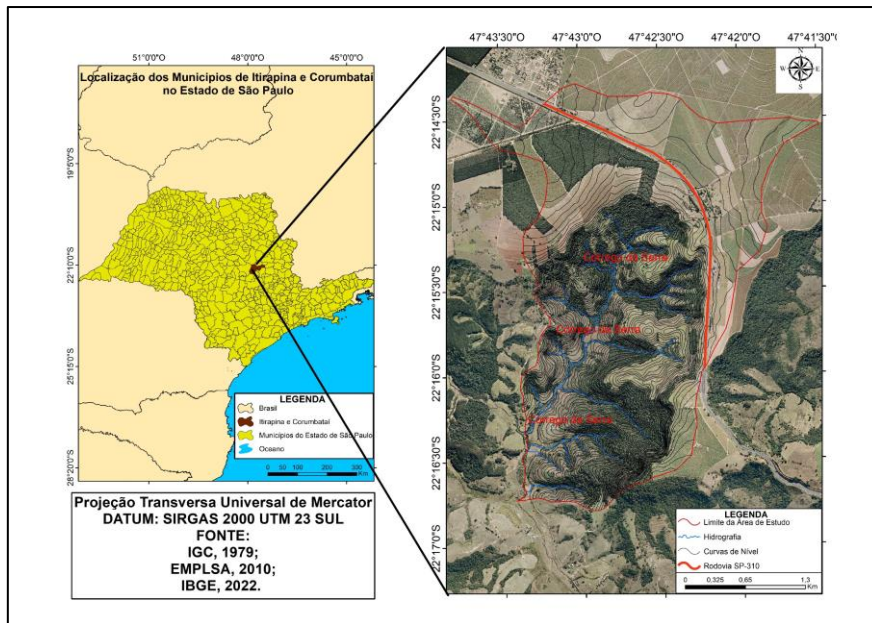
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizada no interior do estado de São Paulo, a área de estudo se posiciona nos municípios de Itirapina e Corumbataí, abarcando parte da rodovia SP-310. Caracteriza-se como uma área de nascentes, por estar localizada na alta bacia do Rio Cabeça (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo

¹Mestre e Doutorando no Curso de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Rio Claro (SP), Higor.bonzanini@unesp.br.

²Professora Doutora do Departamento de Geografia e de Planejamento Ambiental da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Rio Claro (SP) Cenira.Lupinacci@Unesp.br.



No que se refere ao arcabouço geológico, a área de estudo se insere na Bacia Sedimentar do Paraná, sendo encontradas as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral (Soares, 1973; Perinotto; Lino, 2010).

A classificação do relevo do Estado de São Paulo desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981). Para a área de estudo, na Depressão Periférica, encontram-se duas unidades de relevo, a de relevos residuais suportados por maciços básicos, com mesas basálticas e a unidade de transição de encostas com cânions locais (IPT, 1981).

Para a região, o IPT (1981) destaca a sustentação do relevo cuestiforme pelas formações Botucatu e Serra Geral, com a presença de morros testemunhos e de inúmeros patamares elaborados pela alternância entre arenitos e basaltos.

Ainda, a região está inserida, conforme classificação climática de Monteiro (1973), sob influência dominante de massas equatoriais e tropicais, se caracterizando como clima tropical, com períodos úmidos no verão e primavera e com período seco entre as estações de inverno e outono. A temperatura média anual gira em torno de 20,9°C, e a pluviosidade média anual em torno de 1.638mm. O mês de janeiro se caracteriza como o de maior pluviosidade, com médias de 300mm, enquanto o mês de julho com uma média de 32mm se constitui como o mês de menor pluviosidade (Clima-Data, 2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o propósito de atingir o objetivo proposto, inicialmente foram coletadas as bases cartográficas da área de estudo, contendo as informações de curvas de nível e hidrografia, obtidas através das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), em escala 1:10.000, elaboradas no ano de 1979, disponíveis de forma online e gratuita pelo portal DataGeo, mantido pelo governo do estado de São Paulo. Foram coletadas imagens orbitais e de aerolevantamentos, dos cenários de 1988 e de 2022. As imagens de 1988, coletadas pela empresa Terra Foto S.A, foram disponibilizadas pelo departamento de Geografia da instituição onde foi realizada a pesquisa. Já as imagens do cenário de 2022 foram obtidas através do software Google Earth, de forma gratuita e online.

Para esta pesquisa, os mapeamentos foram elaborados através do software ArcGis 10.5, em escala de análise de 1:10.000, utilizando o sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator, Fuso 23 Sul, em datum SIRGAS 2000.

Mapeamento geomorfológico

Para o mapeamento geomorfológico, foram utilizadas como base as propostas de Tricart (1965) e de Verstappen e Zuidam (1975). Conforme destaca Tricart (1965), a elaboração da carta geomorfológica proporciona a obtenção de dados que permitem a observação da relação entre a morfoestrutura e os agentes esculptadores do relevo. Verstappen e Zuidam (1975) destacam que a carta geomorfológica é um importante instrumento para o planejamento ambiental, ao se coletar informações importantes da superfície, como de feições erosivas e de áreas de potencial fragilidade do terreno.

Para ambos os cenários de 1988 e de 2022, buscou-se destacar feições denudativas, principalmente as que possuem origem através do escoamento superficial da água, incluindo ainda feições de origem estrutural e de interferência antrópica sob o modelado.

Para a elaboração do mapeamento geomorfológico no ArcGis, para cada uma das feições mapeadas, criou-se um shapefile. Ainda, a simbologia utilizada no mapeamento foi organizada com base nas propostas elaboradas por Tricart (1965), Verstappen e Zuidam (1975) e Boin et al., (2014).

Para o exercício do mapeamento, as imagens dos cenários de 1988 e de 2022 foram avaliadas com o auxílio da estereoscopia, que permitiu a obtenção de dados estruturais e a identificação de feições erosivas. Para o cenário de 2022, o mapeamento

de feições realizadas por interpretação das imagens foi complementado através de trabalhos de campo.

Mapeamento de uso e ocupação da terra

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o mapeamento do uso e ocupação da terra é uma importante ferramenta para o planejamento ambiental e para o monitoramento do ambiente, uma vez que permite a identificação da variação dos padrões de uso em diferentes cenários históricos, como a expansão de áreas urbanas e de áreas de cultivo em direção a áreas de preservação (IBGE, 2013).

Para a elaboração dos mapeamentos, a partir da interpretação das imagens, criaram-se *shapefiles* em formato de polígono para cada uma das classes identificadas para o respectivo cenário a ser mapeado. A organização da legenda foi elaborada seguindo a proposta do IBGE (2013), assim como a definição das cores para cada classe de uso.

Para o processo de elaboração das cartas de uso e ocupação a partir das classes definidas, através do uso dos *shapefile* em formato polígono, ocorreu a delimitação para cada setor a partir do uso da ferramenta *Straight Segment Trace*. Posteriormente, para cada cenário, visando a comparação entre os usos, foi quantificada a área ocupada por cada classe por meio da ferramenta *Calculate Geometry* disponível no ArcGis, através da tabela de atributos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para o Brasil, é observado em inúmeros trabalhos a correlação entre as atividades humanas e a intensificação dos processos erosivos, com destaque para: Kertzman et al., (1995), Vanacker et al., (2019), Couto Junior et al., (2019), Mathias; Nunes (2019), Pinton; Cunha (2009), Pinton (2016), Stefanuto (2019), Silva; Lupinacci, (2021).

Os trabalhos de Pinton (2016), Stefanuto (2019) e Silva; Lupinacci (2021), Andrade (2022), que ao estudarem as dinâmicas erosivas em localidades com a presença do relevo cuestasiforme, constaram que estas regiões possuem alta fragilidade perante a ocorrência de processos erosivos lineares, principalmente quando o uso da terra é feito de forma indiscriminada, transformando as áreas naturais em áreas de cultura de cana-de-açúcar e de pastagens.

Silva e Lupinacci (2021) realizaram uma análise das alterações antropogeomorfológicas na bacia do Rio Cabeça, identificando as mudanças entre os

cenários de 1988 e de 2010. Deste estudo, destaca-se o intenso uso da região para a atividade antrópica, com 36,7% da bacia sendo usada para pasto, 20% para o cultivo de cana-de-açúcar e 12,4% para silvicultura. Foi identificado expressivo aumento das feições erosivas lineares entre os cenários de 1988 e 2010, ocorrendo o aumento de 195 sulcos erosivos, passando de 423 em 1988 para 618 em 2010. As ravinas passaram de 97 para 107 feições no ano de 2010, e as voçorocas no mesmo período, do total de 3 feições, aumentou para 36 em 2010.

A região das *Cuestas* no estado de São Paulo se destaca pela alta potencialidade natural de ocorrência dos processos erosivos, potencialidade esta que nos casos analisados passa a ser intensificada pelo do uso da terra sem o devido controle e manejo, principalmente por parte da pecuária, gerando processos erosivos e áreas degradadas (Kertzman et al., 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso e ocupação da terra na área de estudo foi mapeado em dois cenários distintos, demonstrando as variações ao longo de 34 anos. (Gráfico 1 e Figura 2).

Gráfico 1 - Variação no uso da terra ao longo dos cenários monitorados

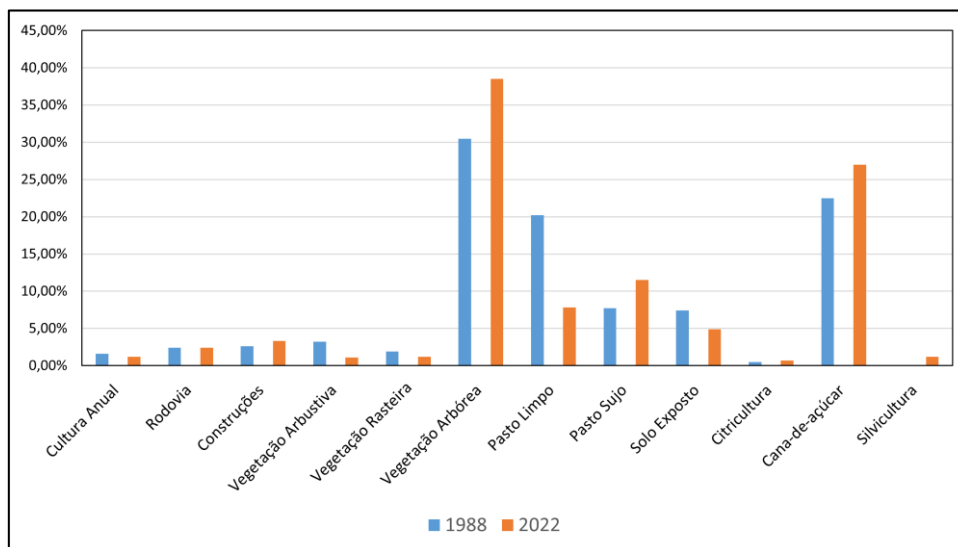
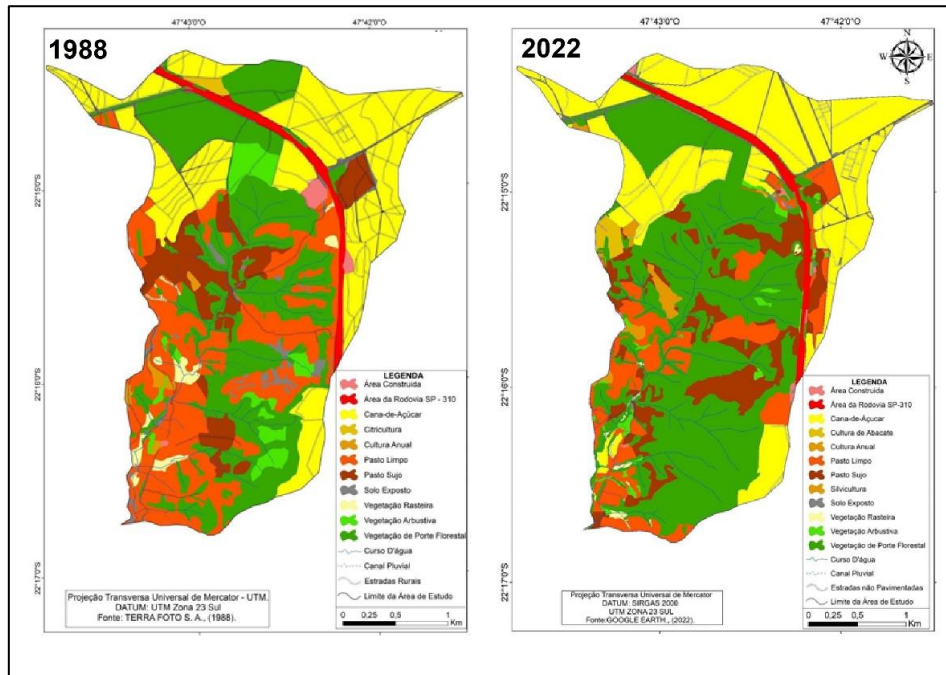


Figura 2: Cartas de uso e ocupação da terra nos cenários de 1988 e de 2022



Destacando os usos que ocupam mais áreas em ambos os cenários, o gráfico 1 e a imagem 2 mostram principalmente alterações significativas nas áreas de pastagens, de cana-de-açúcar e de vegetação de porte florestal.

A área de vegetação arbórea aumentou em 12% ao longo dos três cenários monitorados. O aumento de área ocupada pela vegetação arbórea ocorreu, em alguns casos sobre áreas onde anteriormente eram encontradas vegetações arbustivas, que diminuíram em 2,4% ao longo dos dois cenários monitorados.

As áreas de pastagens limpas diminuíram em 12,2% desde o cenário de 1988, enquanto as áreas de pasto sujo aumentaram em 1,9% entre 1988 e 2022. A diminuição da área total destinada a pastagens e o aumento do pasto sujo, evidencia a provável intensão dos proprietários locais em diminuir as atividades pecuárias.

A cana-de-açúcar por sua vez aumentou sua área em relação ao total da área da bacia em 2,6% no intervalo de 1988 a 2022, ocupando 29,1% da área total da bacia no último cenário. O aumento das áreas de cana-de-açúcar se deu principalmente sobre as áreas de pastagens, evidenciando uma mudança de panorama econômico na área de estudo, já que a produção de cana-de-açúcar passou por incentivos governamentais, principalmente para a produção de etanol (Camara; Caldarelli, 2016).

Em se tratando da erosão vinculada ao uso da terra, observa-se que desde o cenário de 1988 o uso que se apresenta com a maior quantidade de feições erosivas

lineares é o pasto limpo, junto ao pasto sujo, conforme pode ser observado pelo quadro 1.

Quadro 1: Porcentagem das feições erosivas lineares presentes nos diversos padrões de uso da terra ao longo dos cenários monitorados

Classes de Uso	1988			2022		
	Sulco	Ravina	Voçoroca	Sulco	Ravina	Voçoroca
Área Construída	0,9%	0%	0%	0%	0%	0%
Abacate	-	-	-	0%	0%	0%
Cana-de-açúcar	34,3%	0,06%	0%	28,1%	0%	0%
Citricultura	0,3%	0%	0%	-	-	-
Cultura Anual	0,5%	1,4%	0%	0,6%	2,2%	0%
Pasto Limpo	41,1%	50%	34,1%	34,5%	36%	62,3%
Pasto Sujo	11,1%	5%	6,1%	32,5%	46,6%	11%
Rodovia	0,06%	5%	6,1%	0,5%	0%	0%
Solo Exposto	1,6%	31%	0%	0,2%	0%	0%
Vegetação Arbustiva	2,7%	0%	0%	1,3%	2,1%	0,3%
Vegetação de Porte Florestal	6%	11,4%	43,2%	1,9%	8,5%	11,2%
Vegetação Rasteira	1%	0%	16,4%	0%	4,3%	15%
Silvicultura	-	-	-	0%	0%	0%

Levando em consideração apenas os usos econômicos e antrópicos da terra, as áreas de pastagens são as que mais se destacam perante os processos erosivos lineares no cenário de 1988 (Tabela1).

Em 1988, 41,1% dos sulcos erosivos estavam sobre o uso de áreas de pasto limpo, seguidos pelas áreas de cana-de-açúcar com 34,3% e de pasto sujo com 11,1% do total de sulcos erosivos para o ano de 1988. Ainda para o ano de 1988, as ravinas em área de pasto limpo somam 50% do total para o cenário e as voçorocas 34,1%. No entanto, o que se destaca para as voçorocas no cenário de 1988, são as vegetações de porte florestal e rasteira, totalizando 43,2% e 16,4% dos taludes de voçoroca, respectivamente.

Para o cenário de 2022, o uso da terra destinado a pasto limpo reúne 34,5% do total de sulcos erosivos, 36% das ravinas e 62,3% das voçorocas. A classe de uso pasto sujo representa, para o cenário de 2022, 32,5% dos sulcos erosivos 46,6% das ravinas e 11% dos taludes de voçoroca. Ainda, embora a cana-de-açúcar não apresente ravinas e taludes de voçoroca, 28% dos sulcos erosivos mapeados neste cenário estão nas áreas destinadas a este plantio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora tenha ocorrido uma diminuição das áreas de pastagens na área de estudo, boa parte das feições erosivas lineares se concentram neste uso da terra desde o cenário de 1988, com destaque para as voçorocas, que se constituem como as feições erosivas lineares de maiores magnitudes e de grande complexidade.

Desta maneira, a análise das feições erosivas lineares e do uso da terra entre os cenários de 1988 e 2022 evidenciam as áreas de pastagens como as de maiores propensões a geração de feições erosivas lineares, denotando que a área de estudo possui padrões de uso da terra inadequados e de manejo ineficiente, frente a realidade natural desta localidade.

Palavras-chave: Feições erosivas lineares; Uso da terra; relevo de *Cuestas*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo financiamento da bolsa de mestrado que tornou possível a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

CAMARA, M. R. G.; CALDARELLI, C. E. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo. v. 30, n. 88, p. 93 – 116, 2016.

COUTO JUNIOR, A. P.; CONCEIÇÃO, F. T. da.; FERNANDES, A. M.; SPATTI JUNIOR, E. P.; LUPINACCI, C. M.; MORUZZI, R. B. Land use changes associated with the expansion of sugar cane crops and their influences on soil removal in tropical watershed in São Paulo state (Brazil). **Catena**, n. 172, p. 313-323, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021 – Systems at breaking point**. Roma: FAO, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de Uso da Terra**. 3ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo, IPT, 1981.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - IGC. **Mapeamento sistemático do estado de São Paulo**. São Paulo: IGC, 1979. Escala 1:10.000.

KERTZMAN, F.F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa da erosão do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, volume especial, 1995. p. 31- 36.

PERINOTTO, J. A.; LINO, I. C. Mapa Geológico da Bacia do Rio Corumbataí. *In*: GARCIA, G.J.; ANTONELLO, S.L.; MAGALHÃES, M.G.M. **Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro, Centro de Análise e Planejamento Ambiental, IGCE, UNESP, 2010.

SILVA, M. M.; LUPINACCI, C. M. Análise das alterações antropogeomorfológicas na Bacia do Rio Cabeça (SP) a partir do uso de geoindicadores. **Geografias**, Belo Horizonte, v.29, n.1, p. 1-22, 2021.

STEFANUTO, E. B. **Análise da dinâmica erosiva linear e seu potencial evolutivo em ambiente agrícola**. 2019. Dissertação (Mestrado em geografia) –Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2019.

TRICART, J. **Principes et méthodes de lageomorphologie**. Paris: Masson ET C éditeurs; 1965.

VANACKER, V.; et al. Land use impacts on soil erosion and rejuvenation in Southern Brazil. **Catena**, n 178, p. 256-266, 2019.

VERSTAPPEN, F. A. S.; ZUIDAN, R. A. van. **ITC System of geomorphological survey**. Enschede: International Institute for Aerial Surveyland Earth Sciences; 1975.

WEN, Y; KASIELKE, T; LI, H; ZHANG, B; ZEPP, H. May agricultural terraces induce gully erosion? A case study from the Black Soil Region of Northeast China. **Science of the Total Environment**, n. 750, p. 1-10, 2021.