

## FEIÇÕES EROSIVAS LINEARES EM AMBIENTE DE *CUESTA*: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Higor Lourenzoni Bonzanini <sup>1</sup>

Cenira Maria Lupinacci <sup>2</sup>

Estêvão Botura Stefanuto <sup>3</sup>

### RESUMO

A análise do uso e cobertura da terra é fundamental para a compreensão do desenvolvimento de processos erosivos. O objetivo deste trabalho é analisar os processos erosivos lineares e os padrões de uso da terra no setor cuestiforme do estado de São Paulo, visando identificar em quais padrões de uso ocorrem mais feições erosivas lineares. Para isso, apresentam-se dados da alta bacia do Rio Cabeça, localizada nos municípios de Corumbataí e Itirapina, e comparam-se tais dados com outros estudos desenvolvidos em setor cuestiforme. Foram mapeados os padrões de uso da terra e as feições erosivas lineares da alta bacia do Rio Cabeça, nos anos de 1988, 2010 e 2022, na escala de 1:10.000. Na área de estudo predomina o uso econômico da terra para pastagem e para cana-de-açúcar. Assim como para as demais localidades apresentadas na análise comparativa, as feições erosivas lineares se concentram principalmente sobre as pastagens.

**Palavras-chave:** Uso da Terra, Feições Erosivas Lineares, Relevo de *Cuesta*.

### ABSTRACT

The analysis of land use and land cover is essential to understanding the development of erosive processes. The aim of this work is to analyze the linear erosion processes and land use patterns in the cuestas sector of the São Paulo states, Brazil, aiming to identify in which patterns of use occur more linear erosive features. To this end, data from the upper catchment of the Cabeça River, located in the cities of Corumbataí and Itirapina, and these data are compared with other studies carried out in the cuestas sector. Land use patterns were mapped, and the linear erosive features of the upper catchment of the Cabeça River, in the years of 1988, 2010 and 2022, at scale map of 1:10.000. In the study area, the economic use of land for pasture and sugarcane. As for the other localities presented in the comparative analysis, the linear erosive features are mainly concentrated on pastures.

**Palavras-chave:** Land use, Linear erosion, Cuesta relief.

### INTRODUÇÃO

A análise do uso e cobertura da terra é fundamental para a compreensão do desenvolvimento de processos erosivos. Trabalhos realizados no Brasil e em diversas partes do mundo, tem alertado para a falta de manejo adequado das terras, fato que intensifica os processos de degradação do solo por efeitos como a erosão (Chu *et al.*, 2019; Couto Júnior *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019).

<sup>1</sup> Mestrando em Geografia da UNESP de Rio Claro - SP, [Higor.Bonzanini@Unesp.br](mailto:Higor.Bonzanini@Unesp.br);

<sup>2</sup> Professora do Curso de Geografia da UNESP de Rio Claro - SP, [Cenira.Lupinacci@Unesp.br](mailto:Cenira.Lupinacci@Unesp.br)

<sup>3</sup> Doutorando em Geografia da UNESP de Rio Claro - SP, [Estevao.Stefanuto@Unesp.br](mailto:Estevao.Stefanuto@Unesp.br);



Neste sentido, Couto Júnior *et al.* (2019) afirmam que em um cenário com expansão contínua da cultura de cana-de-açúcar, as taxas de perda de solo podem aumentar em até 370 vezes em relação ao cenário pretérito. O estudo foi realizado em uma bacia hidrográfica contida na Depressão Periférica Paulista e os autores constataram que 57% da área apresentou valores de perda de solo acima dos limites de erosão toleráveis. Neste sentido, os autores destacam o período úmido, no qual se concentrou 90% do total de sólidos transportados pelo rio no ano de 2014. Por fim, concluem que a atuação humana vem acelerando os processos naturais de remoção do solo e, conseqüentemente, mudando a evolução da paisagem (Couto Júnior *et al.*, 2019).

Ainda em relação ao uso da terra voltado para produção canavieira, Martinelli *et al.* (2011) destacam o uso de grande volume de vinhaça nos canaviais paulistas, efluente este com altas concentrações de nitrogênio e potássio e com altíssima demanda biológica de oxigênio. Os autores mencionam ainda que o manuseio e transporte contínuo de vinhaça tem ocasionado diversos derramamentos acidentais, ameaçando a integridade ecológica dos rios e córregos paulistas.

Também discutindo a temática erosiva, Riquetti *et al.* (2023) identificaram que, entre 1960 e 2019, ocorreu uma redução de 7% da cobertura florestal da bacia hidrográfica do rio Amazonas. Em contraponto, registrou-se um aumento das áreas de pastagem de 4,5% e de 1,4% de setores agrícolas. A partir do modelo RUSLE, os autores identificaram na referida bacia hidrográfica um aumento de mais de 600% na erosão média nos últimos 60 anos, uma vez que para 1960 calculou-se uma taxa de erosão de  $0,015 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e para 2019 de  $0,117 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Já Ni *et al.* (2023) chama a atenção para outros fatores que contribuem para processos erosivos, como o tempo de eventos chuvosos. De acordo com os autores, em estudos sobre erosão em parcelas controladas com solo desnudo, material de fração granulométrica predominantemente arenosa (54 a 63% de areia), inclinação do terreno de 16,7% e intensidade pluviométrica constante de  $90 \text{ mm h}^{-1}$ , verificou-se que na primeira hora predomina a atuação do escoamento superficial. Já entre 10 e 60 horas de experimento registra-se a ocorrência de sulcos erosivos, os quais passam a evoluir para feições mais complexas como voçorocas efêmeras entre 70 e 120 horas de experimento. Os dados apresentados também situam os processos erosivos na vertente, demonstrando que os sulcos erosivos ocorrem na média-baixa vertente, sendo que seu processo evolutivo ocorre de forma remontante, fazendo com que as voçorocas tenham seus setores de expansão localizados na média-alta vertente (Ni *et al.*, 2023).



Neste contexto cabe atenção às áreas com a presença de relevo de *cuesta*, uma vez que o mapeamento da suscetibilidade a erosão no estado de São Paulo, classifica tais regiões como “áreas extremamente suscetíveis a ravinas e voçorocas” ou “áreas muito suscetíveis a ravinas e voçorocas” (Kertzman *et al.*, 1995, p.34). Reforça-se que ao longo das *cuestras* paulistas as feições erosivas lineares são frequentes, conforme apontado por Pinton (2016) em Analândia (SP), Mathias (2016) em São Pedro (SP), Corrêa (2016) em Ipeúna (SP) e Andrade (2022) em Botucatu (SP).

Ainda, trabalhos como os de Stefanuto; Lupinacci (2019), Silva; Lupinacci (2021), Bonzanini; Lupinacci (2022), que também estudaram a ocorrência de feições erosivas em área de *cuesta*, apontam uma elevada suscetibilidade a ocorrência destes processos vinculada ao uso incorreto da terra e ao manejo inadequado, principalmente a partir da conversão de áreas naturais de vegetação para regiões agricultáveis e de pastagens.

Considerando estas questões, o objetivo deste trabalho é analisar os processos erosivos lineares e os padrões de uso da terra no setor *cuestiforme* do estado de São Paulo, visando identificar em quais padrões de uso ocorrem mais feições erosivas lineares. Para isso, apresentam-se dados da alta bacia do Rio Cabeça, localizada nos municípios de Corumbataí e Itirapina, comparando tais dados com outros estudos em região *cuestiforme*, como de Stefanuto; Lupinacci (2019) em Analândia, de Silva; Lupinacci (2021) em Corumbataí e de Bonzanini; Lupinacci (2022) em Botucatu.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

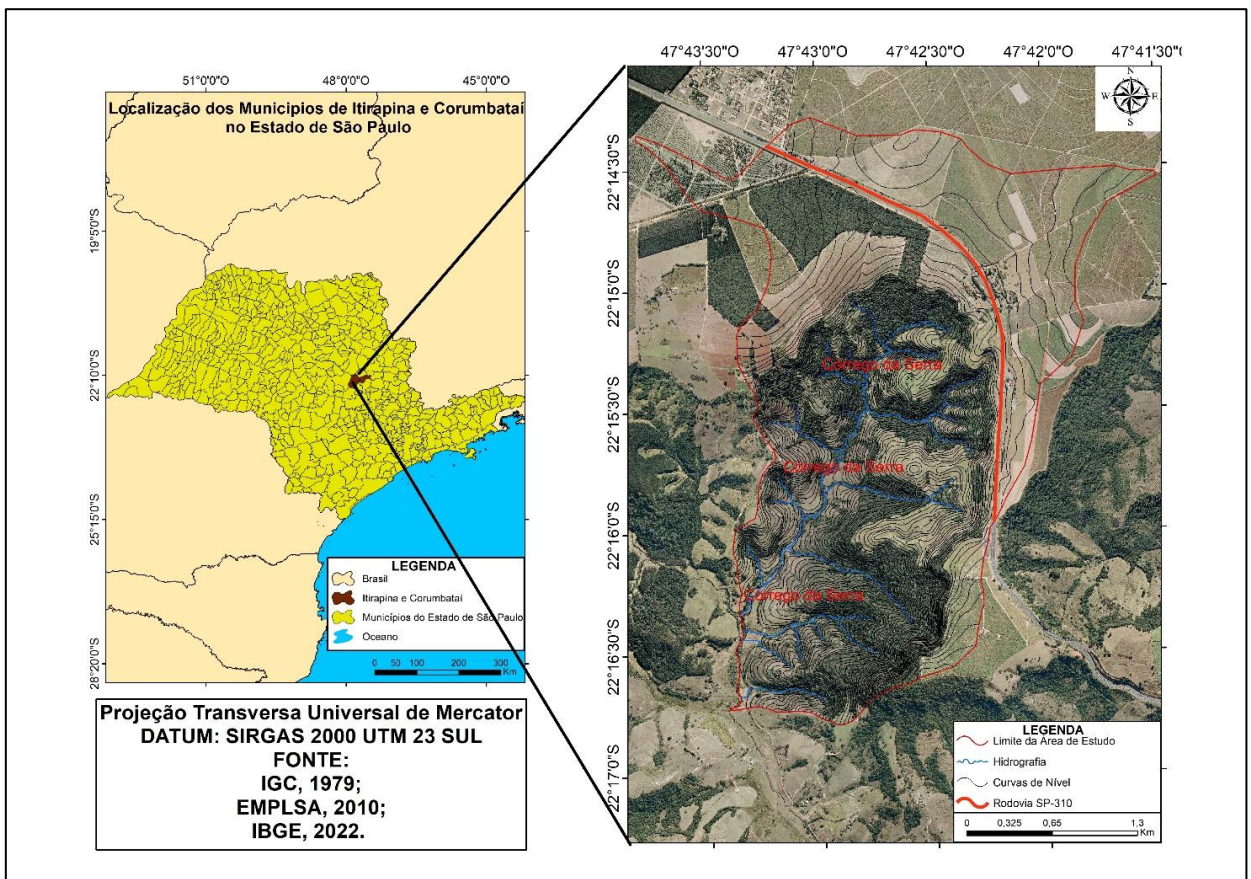
A área de estudo compreende setores de nascentes do Rio Cabeça, contida nos municípios de Itirapina e Corumbataí, no interior do estado de São Paulo (Figura 1). O setor de análise localiza-se no contato entre os compartimentos geomorfológicos Depressão Periférica Paulista e Cuestas Basálticas, apresentando considerável desnível altimétrico, que pode atingir 200 metros entre o fundo de vale e o *front* *cuestiforme* (IPT, 1981; Dal Ré Carneiro, 2018). Conseqüentemente, a declividade da região é acentuada, em muito influenciada pela presença do relevo de *cuestras*, podendo passar em alguns pontos de 45° de inclinação.

Sobre o elemento geológico, na área de estudo são encontradas três formações geológicas distintas (Perinotto; Lino, 2010), a saber: Formação Serra Geral, Formação Botucatu e Formação Piramboia. A Formação Serra Geral é constituída por basaltos que datam do período Cretáceo, intervalo de tempo que remete ao processo de abertura do Oceano



Atlântico, o qual ocasiona derrames basálticos (Almeida, 1964; Sousa, 2002). Devido a sua resistência, a formação sustenta o *front* cuestiforme em boa parte da extensão dos relevos de *cuesta* no estado de São Paulo (Almeida, 1964). Já a Formação Botucatu é constituída por arenitos, com estratificação cruzada e de coloração esbranquiçada e avermelhada, a depender da camada (Soares, 1973). A Formação remete aos períodos Jurássico e Cretáceo, de arenitos depositados nas fases pré-abertura e durante a abertura do oceano atlântico, intercalando em muitos pontos com os basaltos (Scheider *et al.*, 1974; IPT, 1981). A Formação Botucatu ainda evidencia a existência de um grande deserto na região, quando ainda os continentes americano e africano estavam unidos (Caetano-Chang; Wu, 1995). Por fim, a Formação Piramboia apresenta arenitos de coloração avermelhadas ou rosadas, com granulação fina a média, com estratificação cruzada e acanalada e plano-paralela (Sousa, 2002). Possui origem de ambiente deposicional fluvial e eólico, destacando um período de transição climática com um paleoambiente dinâmico, com fases de dunas, interdunas e de canais fluviais efêmeros (Caetano-Chang; Wu, 1995; Caetano-Chang, 2003). Sua idade remonta aos períodos Triássico e Jurássico (Sousa, 2002).

**Figura 1 – Localização da área de estudo**



Elaboração: Autores



Em relação aos aspectos climáticos, de acordo com a classificação de Monteiro (1973), a área de estudo apresenta influência de massas equatoriais e tropicais, constituindo um clima tropical, com verões e primaveras tipicamente úmidos, e com o período seco se constituindo entre o inverno e o outono. Ainda, a temperatura média anual permanece próximo de 21°C, com a pluviosidade média anual de 1638 mm (Clima-data, 2023).

Por fim, se tratando do uso da terra na bacia do Rio Cabeça, o trabalho realizado por Silva e Lupiancci (2021), destaca que a bacia possui quase 37% de áreas de pastagens, com a cana-de-açúcar ocupando cerca de 20% em 2010. Ainda, a vegetação arbórea representa 19,2% da área total da bacia, evidenciando que ao menos 57% da bacia do Rio Cabeça estava com o uso da terra destinado a atividades agropecuárias naquele ano.

## **METODOLOGIA**

Para atingir o objetivo proposto, foram mapeados os padrões de uso da terra e as feições erosivas lineares da alta bacia do Rio Cabeça, nos anos de 1988, 2010 e 2022, na escala de 1:10.000. Todos os procedimentos foram realizados no software ArcGis, em sua versão 10.5. As fotografias aéreas de 1988, elaboradas pela empresa Terra Foto S. A., foram disponibilizadas pelo Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Rio Claro, instituição onde foi realizada esta pesquisa. As ortofotos digitais de 2010, elaboradas pela EMPLASA, foram retiradas de forma gratuita através do portal online DATAGEO, mantido pelo Governo do Estado de São Paulo. As imagens de 2022 foram obtidas do software *Google Earth*, através da extensão *Portable Base Map 3.1*, instalada no ArcGis.

Para mapear as feições erosivas identificadas em 1988, 2010 e 2022, foram utilizados os princípios técnicos de mapeamento geomorfológico e a simbologia proposta por Tricart (1965) e por Verstappen e Zuidam (1975). Para cada uma das feições mapeadas (sulcos, ravinas e voçorocas), criou-se um *shapefile*.

Os mapas de uso e ocupação da terra dos cenários de 1988, 2010 e 2022 foram elaborados conforme o Manual Técnico de Uso da Terra, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013), considerando-se os procedimentos de fotointerpretação propostos por Ceron e Diniz (1966). O mapeamento foi feito através de *shapefiles* em forma de polígono, delimitados a partir da fotointerpretação.

Posteriormente, os dados referentes a feições erosivas lineares foram quantificados para cada classe de uso, gerando-se uma percentagem referente a concentração de feições

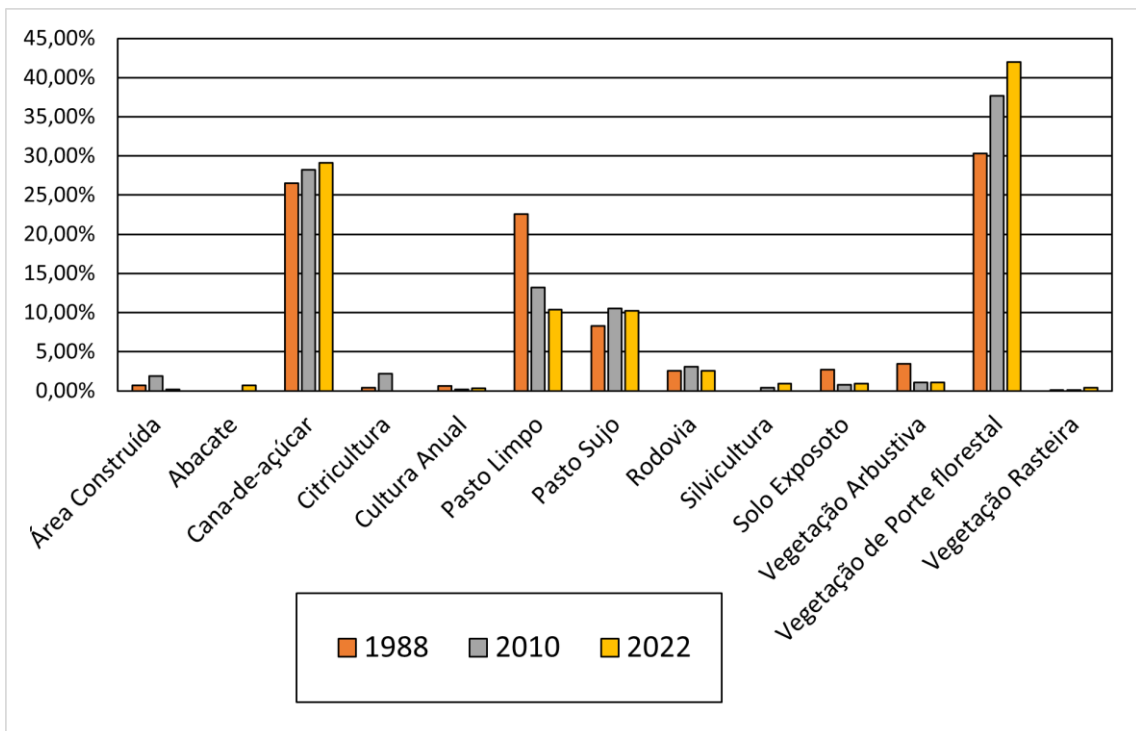
erosivas para cada uso. Este procedimento foi feito para cada um dos três cenários mapeados.

Ainda, os dados obtidos com estes mapeamentos foram comparados com outros da bibliografia (Stefanuto; Lupinacci, 2019; Silva; Lupinacci, 2021; Bonzanini; Lupinacci, 2022) a fim de identificar os padrões de uso da terra que mais apresentam feições erosivas lineares em ambiente de *cuesta*.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Partindo da análise do uso da terra na área de estudo (Figura 2), constata-se a ocorrência de grandes mudanças ao longo dos três cenários monitorados (1988, 2010 e 2022).

**Figura 2** – Alterações nos padrões de uso da terra ao longo dos cenários de 1988, 2010 e 2022.



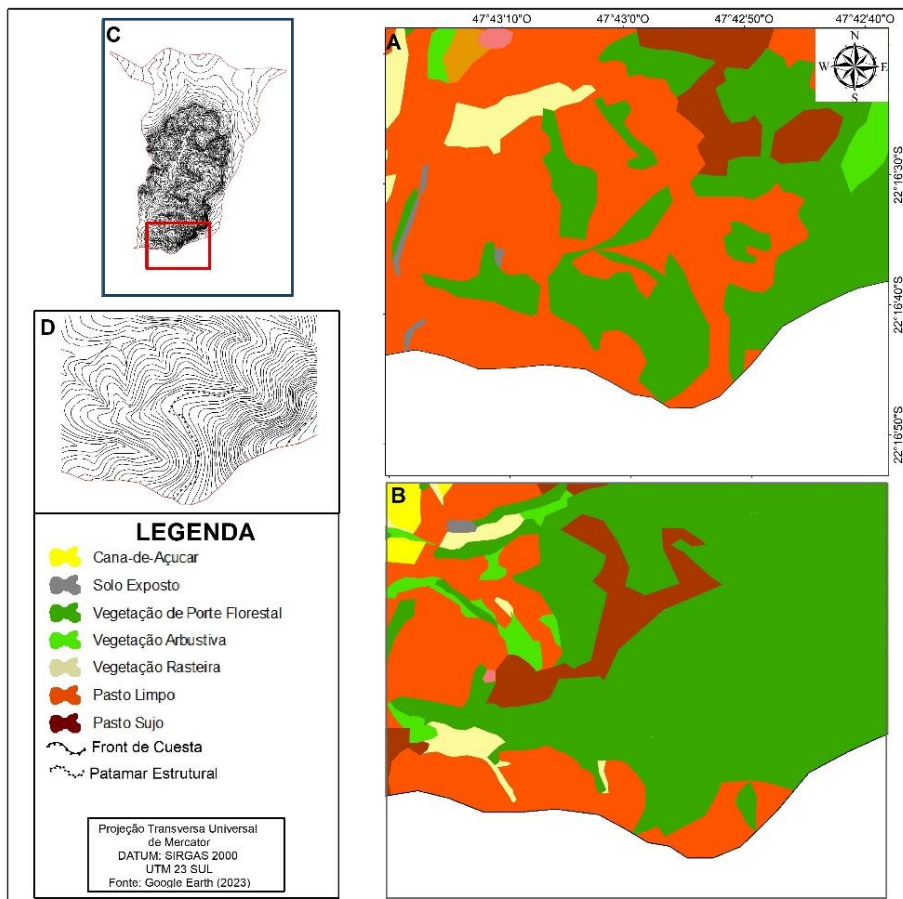
Elaboração: Autores

Observa-se que boa parte das alterações nas classes de uso da terra ao longo dos cenários ocorreram nas classes de vegetação de porte florestal, cana-de-açúcar, pasto limpo e de pasto sujo. Destaca-se que as áreas de pastagens foram divididas em setores com a ocorrência de pasto limpo e de pasto sujo. A divisão da classificação dos pastos é feita a partir de suas características, com as áreas de pasto limpo sendo indicadas por localidades com a predominância de gramíneas, com baixa ocorrência de arbustos e de árvores, indicando uma manutenção mais frequente dos proprietários nestas áreas. Já as áreas mapeadas como pastos

sujo, indicam setores de pastagens com a ocorrência recorrente de arbustos e de árvores, indicando uma menor manutenção do pasto por parte dos proprietários. Inúmeras vezes, as áreas de pasto sujo indicam um abandono da área, que ao longo dos cenários foram transacionando para usos classificados como de vegetação de porte florestal, perdendo o seu uso econômico.

Desta maneira, o pasto limpo ocupava 22,6% da bacia em 1988, passando para 13,2% em 2010 e diminuindo para 10,4% em 2022. Já o pasto sujo ocupava 8,3% da bacia, passando para 10,5% em 2010 e 10,2% em 2022. Já as áreas de vegetação de porte florestal aumentaram sua área de 30,3% em 1988, passando para 37,7% em 2010 e finalizando com 42% no cenário de 2022. Ainda, conforme pode ser verificado na Figura 3, setores com alta declividade foram restritos a áreas destinadas à pastagens (limpas ou sujas), as quais podem se transformar, no decorrer dos anos, em setores classificados como vegetação de porte florestal devido ao baixo uso dos proprietários.

**Figura 3** – A) Área de pasto próxima ao relevo cuestiforme em 1988. B) Mesma localidade com o avanço da vegetação de porte florestal sob as pastagens no cenário de 2022. C) Setor recortado da área de estudo. D) Curvas de nível com os patamares estruturais e o *front* cuestiforme mapeados, destacando a declividade da região.

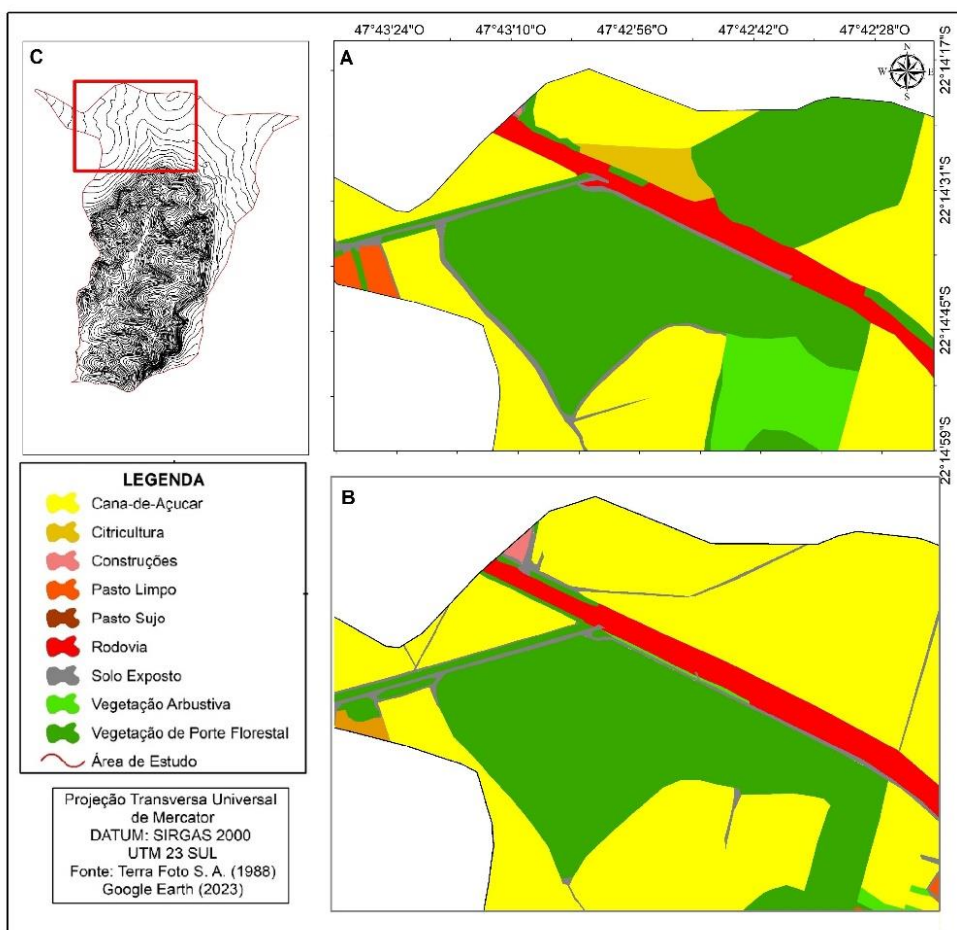




Elaboração: Autores

Já a classe cana-de-açúcar apresenta seu setor de expansão no reverso cuestasiforme, devido a ocorrência de relevo menos acidentado, fato que permite o emprego de agricultura mecanizada (Figura 4). Com isso, observa-se que o aumento das áreas de cana-de-açúcar foi de quase 4% ao longo dos cenários monitorados, saltando de 26,5% em 1988, 28,2% em 2010 e totalizando 29,1% em 2022 (Figura 2).

**Figura 4** – Expansão da Cana-de-açúcar no setor do reverso cuestasiforme, principalmente sobre áreas de vegetação de porte florestal e citricultura. A) Mapeamento de uso da terra de 1988. B) Mapeamento de uso da terra de 2022. C) Setor recortado da área de estudo.



Elaboração: Autores

Outros padrões de uso da terra, apesar de apresentarem menor expressividade em área ocupada, passaram por alguns processos que merecem atenção. A citricultura chegou a ocupar 2,2% da bacia em 2010, deixando de ser registrada no cenário de 2022. Já a silvicultura, inexistente no cenário de 1988, chegou a ocupar 0,4% da bacia em 2010,





totalizando 1% no cenário de 2022. Uma cultura que foi observada apenas no cenário de 2022 foi o abacate, chegando a quase 1% da bacia. Embora pouco expressivos em área ocupada, essas variações de uso, quando observados em conjunto com as áreas de cana-de-açúcar e de pastagens, indicam as mudanças nos padrões econômicos de uso da terra na bacia, reforçando as dinâmicas econômicas empregadas, com o progressivo abandono das áreas de pastagens (Figura 2).

Já em relação as feições erosivas lineares, identifica-se que as mesmas passaram por grandes modificações ao longo dos cenários monitorados, conforme pode ser observado no Quadro 1.

**Quadro 1** – Distribuição dos sulcos erosivos, ravinas e voçorocas entre as classes de uso ao longo dos cenários mapeados

Cenários	1988			2010			2022		
	Ravina	Sulco	Voçoroca	Ravina	Sulco	Voçoroca	Ravina	Sulco	Voçoroca
Área Construída	0%	0,9%	0%	0%	3,6%	0%	0%	0%	0%
Abacate	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cana-de-açúcar	0,06%	34,3%	0%	0%	30,6%	0%	0%	28,1%	0%
Citricultura	0%	0,3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cultura Anual	1,40%	0,5%	0%	1,3%	0%	0%	2,2%	0,6%	0%
Pasto Limpo	50%	41,1%	34,1%	71,6%	33,5%	89,5%	36%	34,5%	62,3%
Pasto Sujo	5%	11,1%	6,1%	8,4%	21,7%	0%	46,6%	32,5%	11%
Rodovia	0,40%	0,06%	0%	0%	1,9%	0%	0%	0,5%	0%
Solo Exposto	30,90%	1,6%	0%	0%	0,14%	0%	0%	0,2%	0%
Vegetação Arbustiva	0%	2,7%	0%	0,02%	1,8%	0%	2,17%	1,3%	0,3%
Vegetação de Porte Florestal	11,40%	6%	43,2%	18,8%	6,6%	10,4%	8,5%	1,9%	11,2%
Vegetação Rasteira	0	1%	16,4%	0%	0%	0%	4,3%	0%	15%
Silvicultura	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Elaboração: Autores

Através do Quadro 1, identifica-se para o cenário de 1988, a classe de uso pasto limpo com 50% das ravinas, 41,1% dos sulcos e 34,1% das voçorocas. Ainda, a cana-de-açúcar se destaca por apresentar 34,3% dos sulcos e a vegetação de porte florestal, por reunir 43,2% das voçorocas. A respeito dos sulcos encontrados nas áreas de cana-de-açúcar, pode-se justificar pela baixa manutenção nos períodos entre safra, já que o solo fica sem proteção

vegetal, facilitando o desenvolvimento de sulcos erosivos. Já a vegetação de porte florestal apresenta 43,2% das voçorocas em 1988, sendo tal fato justificado pelo abandono de áreas degradadas, que geralmente se constituíam em pastagens, sendo estas gradualmente ocupadas pela vegetação florestal.

Já para o cenário de 2010, o pasto limpo reúne 71,6% das ravinas, 33,5% dos sulcos e 89,5% das voçorocas, sendo o uso da terra com o maior número de feições erosivas nesse cenário. Ainda, a cana-de-açúcar chama a atenção mais uma vez, por apresentar 30,6% dos sulcos erosivos. A diminuição de voçorocamentos observadas em áreas de vegetação de porte florestal neste cenário em comparação com o de 1988, pode ser justificada pelo aumento deste tipo de vegetação em áreas que possuem voçoroca, uma vez que, com o avanço da vegetação, ocorre a dificuldade de se mapear os taludes que se encontram por debaixo da densa vegetação de porte florestal.

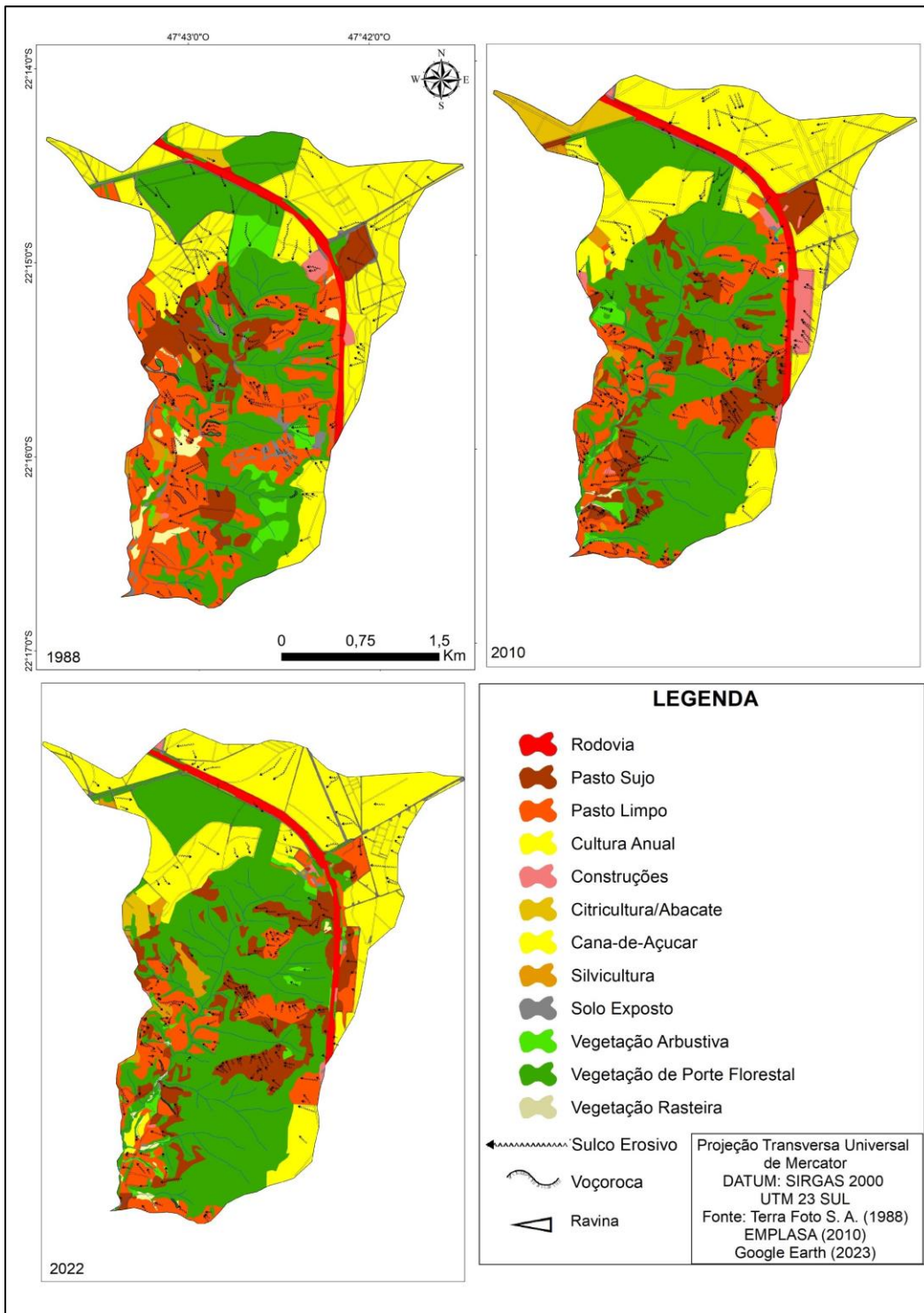
Em 2022, o problema permanece sobre as pastagens, mas desta vez, o pasto sujo se destaca perante as ravinas, por concentrar 46,6% das feições, seguido pelo pasto limpo, com 36%. O aumento dos ravinamentos nas áreas de pasto sujo pode indicar o abandono da manutenção destas localidades. Ainda, ambos possuem mais de 30% dos sulcos erosivos para esse cenário, com o pasto limpo possuindo 34,5% e o pasto sujo com 32,5%. Já para as voçorocas, o pasto limpo reúne mais de 62% das feições, com o pasto sujo abrigando 11%. A cana-de-açúcar mais uma vez merece atenção quando o assunto é sulco erosivo, apresentando 28,1% dos sulcos deste cenário.

Desta forma, através da análise da figura 5, podemos observar espacialmente os fenômenos quantificados no Quadro 1. Evidencia-se, desde o primeiro cenário monitorado, a grande presença de feições do tipo sulco erosivo nos setores central e sul da bacia, com uso da terra voltado para pastagens. Ainda, grandes concentrações de sulcos são observadas em áreas de plantio de cana-de-açúcar no reverso cuneiforme, fato observado desde o cenário de 1988 (Figura 5). Também as ravinas e as voçorocas, desde o cenário de 1988, se encontram nos setores centro e sul da área de estudo, muito associadas as áreas de pasto em todos os cenários (Figura 5).

Conforme apontam Descroix *et al.* (2008), as áreas de pastagem ao longo do globo se encontram em grande parte degradadas, e possuem as maiores taxas de feições erosivas ligadas a falta de manejo e a manutenção inadequada, fator impulsionado principalmente pelo sobrepastoreio, fato que pode explicar a concentração de feições erosivas neste uso para área de estudo (Quadro 1 e Figura 5).



**Figura 5** – Usos da terra e feições erosivas lineares nos cenários de 1988, 2010 e 2022



Elaboração: Autores

No entanto, assim como para muitas outras localidades do interior do estado de São Paulo, a cana-de-açúcar expandiu sua área de plantio, principalmente sobre as antigas áreas de pasto e, em alguns casos, contribuiu para a remoção da vegetação nativa (Camara;



Caldearelli, 2016). Embora esse uso não tenha apresentado significância perante feições erosivas como ravinas e voçorocas, se demonstrou constante a presença de um grande número de sulcos erosivos, sendo a segunda classe que mais apresentou esse tipo de feição em todos os cenários, atrás apenas das áreas de pasto. Couto Júnior *et al.*, (2019), destacam ainda que áreas com o plantio de cana-de-açúcar podem ocasionar o aumento de sedimentos carreados até os cursos d'água, podendo contribuir para o processo de assoreamento hídrico.

Desta maneira, comparando a área de estudo deste trabalho com a área de estudo de Bonzanini e Lupinacci (2022) localizada no setor cuestasiforme de Botucatu, a predominância das feições erosivas em áreas de pasto é similar. No entanto, apesar da redução nas áreas de pastagem possuir um padrão parecido nas duas áreas, em Botucatu ocorre o aumento da silvicultura no cenário mais recente, de 2020, diferentemente da área de estudo deste trabalho, na qual ocorre o aumento das áreas de cana-de-açúcar.

Já em relação a Stefanuto e Lupinacci (2019), desenvolvido no setor cuestasiforme de Analândia, ocorre também a predominância da classe pastagem. A concentração de feições erosivas lineares em Analândia, ocorre em áreas de pastagem, principalmente para os sulcos e para as ravinas. Já as voçorocas, embora ainda ocorram de forma significativa em área de pasto, também ocorrem em área de vegetação de porte arbóreo, fato observado na área de estudo deste trabalho no cenário de 1988, com pouco expressividade nos cenários de 2010 e 2022.

Ainda, comparando-se com a área total da bacia do Rio Cabeça, estudada por Silva e Lupinacci (2021), as áreas de pastagens ocupam boa parte de toda a bacia, concentrando as feições erosivas lineares. Ainda, a cana-de-açúcar possui relevância, sendo o segundo uso econômico mais frequente. O que é de fato similar entre a área de estudo e bacia do Rio Cabeça como um todo é a concentração de feições erosivas lineares em áreas de pasto e expansão das áreas de cana-de-açúcar ao longo dos anos.

Assim, verifica-se que, para o interior do estado de São Paulo, em áreas com a presença do relevo de *cuesta*, ocorre a predominância histórica do uso econômico da terra voltado para pastagens com finalidade pecuária. O setor apresenta ainda, em anos mais recentes, ocorrências significativas de cana-de-açúcar e de silvicultura. Ainda, de acordo com a área de estudo e a bibliografia analisada, a predominância das feições erosivas lineares ocorre em áreas de pastagem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na área de estudo predomina o uso econômico da terra voltado para pastagem e para cana-de-açúcar, dinâmica observada desde 1988. O mesmo panorama é identificado em outros setores do estado com a presença do relevo de *cuestas*, com o predomínio das áreas de pasto ao longo do tempo histórico. O declive acentuado do relevo responde, em parte, por este padrão de uso da terra. Ainda, assim como para a área de estudo e para as demais localidades apresentadas na análise comparativa, as feições erosivas lineares se concentram principalmente sobre as pastagens.

Desta maneira, as técnicas empregadas através da cartografia retrospectiva aplicada na área de estudo se demonstraram eficazes para avaliar o histórico do uso da terra e sua relação com as feições erosivas lineares. Ainda, destaca-se a importância de se estudar outros fatores que intervêm na erosão, como as características dos solos e morfometria do relevo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. V. de. **Processos erosivos no relevo de cuestas: a influência antrópica e a legislação ambiental no município de Botucatu (SP)**. 2022. 133p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2022.

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, n. 41, 1964.

BONZANINI, H. L.; LUPINACCI, C. M. Uso da terra e mudanças morfológicas em ambiente de cuesta na alta bacia do Rio Capivara – Botucatu (São Paulo, Brasil). **Revista Geograficares**. v. 2, n. 35, p. 277-303, 2022.

CAETANO-CHANG M. R.; WU F.T. As Formações Pirambóia e Botucatu no Estado de São Paulo. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 4, Águas de São Pedro, 1995. **Anais [...]**, Rio Claro, Boletim Resumos, p. 64. 1995.

CAETANO-CHANG, M. R.; WU, F. T. Diagênese de arenitos da formação Pirambóia no centro leste paulista. **Geociências**, Rio Claro, v. 22, 33-39, 2003.

CERON, A. O.; DINIZ, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 28, p. 161-173, 1966.

CHU, S.; OUYANG, J.; LIAO, D.; ZHOU, Y.; LIU, S.; SHEN, D.; WEI, X.; ZENG, S. Effects of enriched planting of native tree species on surface water flow, sediment, and nutrient losses in a Eucalyptus plantation forest in southern China. **Science of the Total Environment**, v. 675, p. 224–234, 2019.

CLIMATE-DATA. **Clima Itirapina**. 2023. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-dosul/brasil/sao-paulo/itirapina-34775/>. Acesso em: 12 out. 2023.

CORRÊA, E. A. **Perdas de solo e índice de vegetação: Proposta metodológica para determinação do fator C (Meups) em pastagens e cana-de-açúcar**. 2016. 187f. Tese



(Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2016.

COUTO JÚNIOR, A. A.; CONCEIÇÃO F. T.; FERNANDES, A. M.; SPATTI JÚNIOR, 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 a tropical watershed in São Paulo State (Brazil). **Catena**, v. 172, p. 313–323, 2019.

DAL RÉ CARNEIRO, C. “Os fundamentos geológicos do relevo paulista” nos dias atuais. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 3, 2018.

DESCROIX, L.; BARRIOS, J. L.G.; VIRAMONTES, D.; POULENARD, J.; ANAYA, E.; ESTEVES, M. *et al.* Gully and sheet erosion on subtropical mountain slopes: their respective roles and the scale effect. **Catena**, v. 3, p. 325-339, 2008.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO – EMPLASA. **Ortofotos do Estado de São Paulo 2010/2011**. São Paulo: EMPLASA, 2010/2011. Escala: 1:25.000.

IBGE. **Manual técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 170, 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. T., GOUVEIA, M. I. F., **Mapa de Erosão do Estado de São Paulo**. **Revista do Instituto Geológico**, volume especial, 31-36, 1995.

LI, Y.; LI, J.; ARE, K. S.; HUANG, Z.; YU, H.; ZHANG, Q. Livestock grazing significantly accelerates soil erosion more than climate change in Qinghai-Tibet Plateau: Evidenced from <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pb measurements. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 285, p.

MARTINELLI, L. A. *et al.* Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 5, p. 419–428, 1 jun. 2011.

MATHIAS, D. T. **Contribuição Metodológica para o Diagnóstico da Dinâmica Erosiva Linear e seu Prognóstico Evolutivo visando subsidiar Projetos de Recuperação**. 2016. 178 f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 2016.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. USP, São Paulo, 1973.

NI, S. *et al.* Impacts of slope morphological evolution on subsequent erosion for a coarse-textured soil. **Geoderma**, v. 430, p. 116320, 1 fev. 2023.

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.

PINTON, L. G. **Evolução dos processos morfogenéticos em relevo cuestasiforme: a bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)**. 2016. 129 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.



RIQUEITI, N. B. *et al.* Soil erosion assessment in the Amazon basin in the last 60 years of deforestation. **Environmental Research**, v. 236, p. 116846, 1 nov. 2023.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais [...]**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. v. 1, p. 41-65.

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

SOAREAS, P. C. **O Mesozóicogondwânico no Estado de São Paulo**. 1973. Tese (Doutorado em Geologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1973.

SOUSA, M. O. L. **Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Artemis, Pau D'Alho e Jibóia – Centro do Estado de São Paulo**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Avaliação das Características Ambientais de Ocorrências das Feições Erosivas Lineares nos Limites Depressão-Cuesta - Analândia (SP). **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 70, p. 367–384, 2019.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la geomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Éditeurs;1965.

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