

## **Análise das alterações antropogeomorfológicas na Bacia do Rio Cabeça (SP) a partir do uso de geoindicadores**

### **Analysis of anthropogeomorphological changes in the the Cabeça River Watershed (SP) using geoindicators**

Melina de Melo Silva  
Universidade Estadual Paulista (UNESP- Câmpus Rio Claro)  
melinamellosilva@gmail.com

Cenira Maria Lupinacci  
Universidade Estadual Paulista (UNESP-Câmpus Rio Claro)  
cenira.lupinacci@unesp.br

#### **Resumo**

As alterações nos sistemas ambientais decorrentes das ações antrópicas são frequentemente caracterizadas como causadoras de impactos negativos ao meio ambiente, em especial ao relevo. Nessa perspectiva, compreende-se a relevância do uso dos geoindicadores como uma ferramenta de análise das alterações morfológicas provocadas pela ação antropogênica. Desse modo, o presente artigo teve como objetivo analisar as feições do relevo e as mudanças do uso da terra, utilizando-se dos geoindicadores para identificar as alterações nas formas do relevo. A relação entre as formas de uso e ocupação da terra somada às características geomorfológicas, a partir de uma análise temporal de 22 anos, exhibe que o cultivo de cana-de-açúcar e pastagem na Bacia do Rio Cabeça, envolve a aplicação de técnicas que conduziram alterações nas feições geomorfológicas e, conseqüentemente, determinaram a constituição de uma morfologia antropogênica a qual se encontra diretamente associada com a dinamização dos processos erosivos lineares e alterações dos geoindicadores representados pelas rupturas topográficas e as formas de vertente. Assim compreende-se que a utilização dos geoindicadores mostraram-se eficazes na identificação dos processos geomorfológicos dinamizados pela ação antrópica, bem como para análise das possíveis causas e impactos ambientais.

**Palavras-chave:** Geoindicadores, Antropogeomorfologia, Feições erosivas lineares

#### **Abstract**

Changes in environmental systems resulting from anthropic actions are often characterized as causing negative impacts on the environment, especially in relief. In this perspective, the relevance of using geoindicators is understood as a tool for analyzing morphological changes caused by anthropogenic action. Thus, this article aimed to analyze the features of the relief and the changes in land use, using geo-indicators to identify changes in the forms of the relief. The relationship between the forms of land use and occupation added to the geomorphological characteristics, based on a 22-year temporal analysis, shows that the cultivation of sugar cane and pasture in the Cabeça River Watershed, involves the application

of techniques that they led to changes in geomorphological features and, consequently, determined the constitution of an anthropogenic morphology which is directly associated with the dynamization of linear erosive processes and changes in geoindicators represented by topographic ruptures and slope forms. Thus, it is understood that the use of geoindicators proved to be effective in identifying the geomorphological processes streamlined by anthropic action, as well as for analyzing possible causes and environmental impacts.

**Keywords:** Geoindicators, Anthropogeomorphology, Linear erosive features.

## **Introdução**

A utilização dos recursos naturais, somado as frequentes preocupações com as questões ambientais, chama atenção, a partir da década de 1980, para a influência da ação humana sobre o funcionamento dos sistemas geomorfológicos e dá origem a novas tendências no estudo das formas de relevo. Dentre essas tendências, destaca-se a busca pelo recolhimento mais eficaz e sistemático dos dados geomorfológicos segundo a perspectiva ambiental, que examina a diversidade geomorfológica junto às transformações estabelecidas pelas atividades humanas, com destaque para o desencadeamento dos processos erosivos e a detecção de áreas de risco a outros processos geomorfológicos no meio urbano (SILVA, 2010).

De acordo com Suertegaray (2018), as novas abordagens dentro da ciência geomorfológica, revelam a busca da ampliação do que se entendeu como processo geomorfológico, ao aceitar a atuação antropogênica como um dos elementos que provocam os processos geomorfológicos, como exibido pelas abordagens conceituais traduzidas em perspectivas mais totalizantes a partir das visões sistêmicas. A inserção de novas perspectivas relacionadas com a abordagem em sistemas promoveu a revitalização das concepções organicistas básicas, embora sob outros contextos conceituais e analíticos, repercutindo na abordagem das questões ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Nir (1982), precursor da chamada Antropogemorfologia, discute o papel das ações humanas na alteração dos processos geomorfológicos e enfatiza que determinadas modificações, quando comparadas a processos naturais, apresentam-se mais expressivas. Dessa forma, para além dos fatores climáticos, a ação antrópica pode alterar significativamente o solo, topografia, vegetação florestal e a cobertura superficial, aspecto que, condiciona a ação destrutiva do ciclo hidrológico e transforma o funcionamento dos sistemas naturais, isto é, provoca o desequilíbrio dos sistemas naturais, retardando ou acelerando processos geomorfológicos. Como exemplo, Nir (1982) aponta o desmatamento

em ambientes tropicais, os sistemas de drenagem mal projetados das rodovias e estradas, o pastoreio excessivo dos campos e a agricultura sem o emprego das técnicas adequadas de conservação dos solos.

No Brasil, Rodrigues (1997), expoente da chamada Antropogeomorfologia, evidencia a necessidade do reconhecimento de sistemas geomorfológicos em seus diversos estágios de intervenção antrópica, isto é, o período de pré-perturbação, equivalente a fase anterior à intervenção antrópica; períodos de perturbação ativa e pós-perturbação, que representam a sequência de intervenções nas formas e materiais superficiais pela atividade antrópica, para que seja possível identificar unidades espaciais.

Nesse contexto, durante a década de 1990, alguns trabalhos foram desenvolvidos visando definir parâmetros e indicadores para a observação padronizada das mudanças nas taxas, magnitude e frequência dos processos geomorfológicos, sejam esses gerados pela ação antrópica ou não, e que foram denominados como geoindicadores (COLTRINARI; MCCALL, 1995). Destaca-se no ano de 1994, o trabalho da Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT), grupo responsável pela elaboração de 27 geoindicadores para avaliar as prováveis mudanças de aspectos geológicos e geomorfológicos que poderiam ser identificados em intervalos temporais (COLTRINARI, 2002).

Entretanto, apesar desses critérios serem balizadores no reconhecimento das ações antrópicas sobre o relevo, Rodrigues (1997) ressalta que o conhecimento gerado vinha sendo reproduzido de modo descontínuo e desarticulado, o que apontava para a necessidade de se revisar os estudos que consideram a atividade humana na superfície terrestre. Nessa perspectiva, Rodrigues (2010) passa a compreender os geoindicadores como parâmetros para a quantificação da interferência antrópica sobre os meios naturais, a partir de sua estruturação por tipo (formas, materiais e processos antropogênicos ou originais), por escala e por sistemas geomorfológicos, apresentando também as respectivas unidades de medida e intervalos temporais recomendados para o monitoramento. “Trata-se de uma lista metodologicamente construída para leituras quantitativas isoladas ou correlacionadas e passíveis de interpretações na perspectiva da ciência geomorfológica” (RODRIGUES, 2010, p.118).

Para Berger (1997), a análise temporal realizada durante a caracterização dos geoindicadores é fundamental para a compreensão das mudanças ambientais rápidas que contribuem na modificação da paisagem, uma vez que, a utilização desses parâmetros na

identificação dos impactos ambientais negativos, revela o aporte e levantamento de informações que auxiliam o pesquisador no mapeamento de áreas com indícios de impactos ambientais, associando assim, as possíveis causas e características destas alterações. A aplicação da metodologia auxilia na geração de respaldo científico para a tomada de decisões de gerenciamento, tendo em vista o ritmo acelerado do processo de urbanização e degradação física nos trópicos. (GUPTA, 2002).

O uso dos geoindicadores na antropogeomorfologia baseia-se na cartografia geomorfológica evolutiva (RODRIGUES, 2010). Desse modo, compreende-se que, a adoção da cartografia geomorfológica, vinculada ao reconhecimento e identificação dos geoindicadores auxilia no diagnóstico dos problemas derivados das ações antropogênicas. A cartografia geomorfológica, ao aprimorar seu patrimônio metodológico, desenvolve recursos gráficos capazes de representar e designar os fatores geomorfológicos antropogênicos, causadores da modificação do relevo (MARQUES NETO *et al.*, 2017).

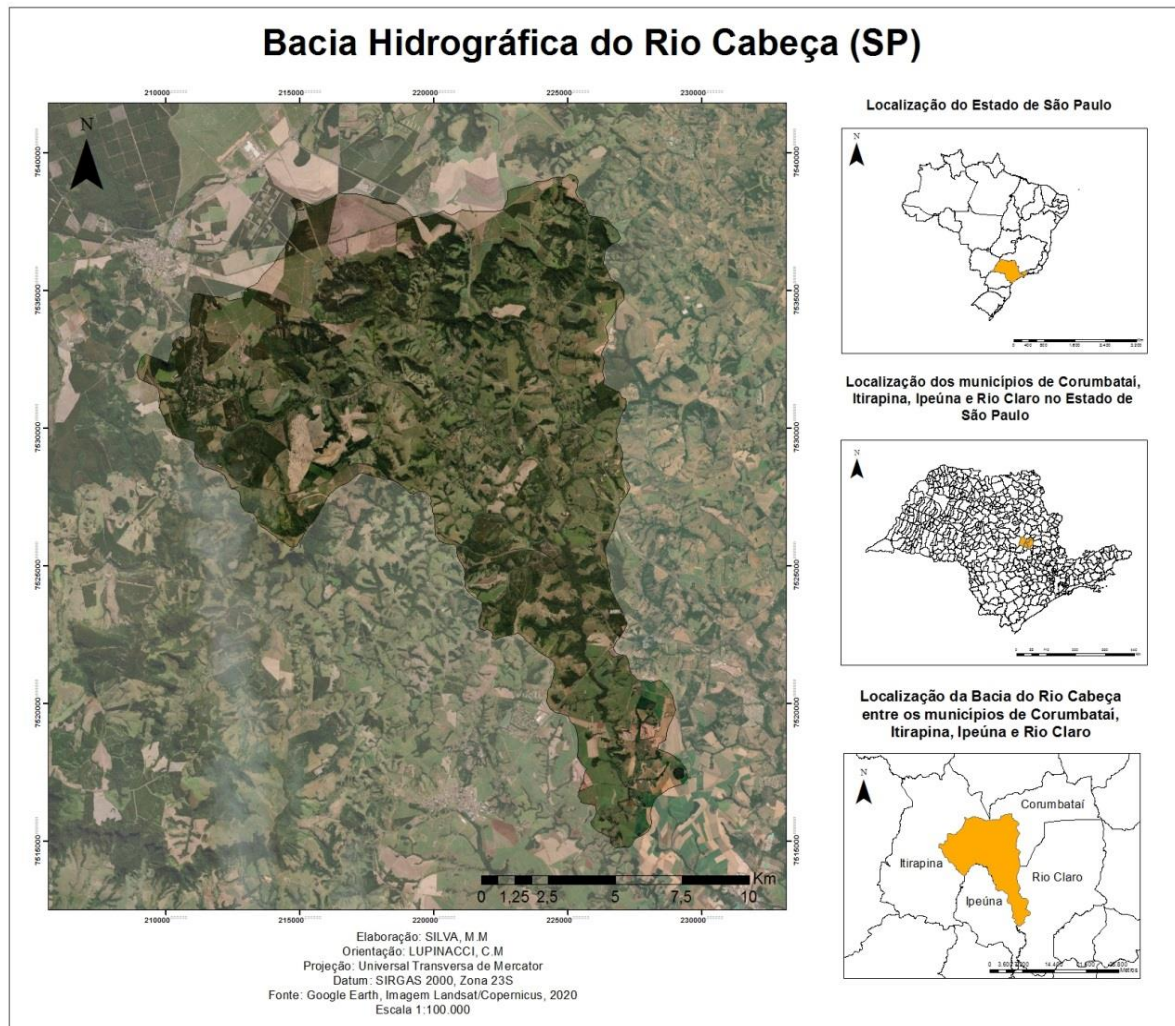
Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo analisar as feições de relevo e as mudanças do uso da terra, utilizando os geoindicadores para quantificar as formas do relevo, buscando identificar os processos geomorfológicos dinamizados pela ação antrópica. Para isso, foram coletados dados por meio da cartografia geomorfológica evolutiva e do mapeamento do uso da terra de períodos diferentes (1988 e 2010) da Bacia do Rio Cabeça.

A área foi selecionada em razão da elevada intervenção de atividades antrópicas sobre o relevo, especialmente, por meio da pastagem e do plantio de cana-de-açúcar. Outrossim, a diversidade natural derivada da disposição dessa Bacia na transição entre as Cuestas Basálticas para a Depressão Periférica Paulista, somada a dinâmica temporal do uso da terra, denotam-se como elementos relevantes para a pesquisa e representam um conjunto regional mais amplo de terrenos do interior do estado de São Paulo.

### **Área de estudo**

A Bacia do Rio Cabeça está localizada no setor centro-leste do estado de São Paulo, situada entre as coordenadas geográficas: 22°15' e 22°12'S e 47°49' e 47°40'W. A área de estudo posiciona-se em parte no município de Corumbataí a noroeste, Ipeúna a sudoeste, Itirapina a oeste e Rio Claro a sudeste (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cabeça (SP).



Fonte: Organizado pelas autoras

Os terrenos da Bacia do Rio Cabeça se posicionam no contato da Depressão Periférica Paulista com as Cuestas Basálticas, que se situam sobre a Bacia Sedimentar do Paraná. Penteadó (1974) pontua que na evolução paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná realizaram-se todas as condições indispensáveis ao desenvolvimento do relevo de *cuestas*, isto é, a existência de camadas inclinadas (estrutura monoclinal), a alternância de camadas de diferentes resistências e o ataque por erosão à medida que se a processava epirogênese positiva das bordas da bacia. Sobre a Depressão Periférica Paulista, Ab’Saber (1949) identifica essa região como decorrente dos processos de circundesnudação que ocorreram na borda da Bacia Sedimentar do Paraná, na qual há predominância dos processos denudacionais que se ajustaram à hidrografia regional.

A morfogênese responsável pelos compartimentos geomorfológicos da Bacia do Rio Cabeça desenvolve-se sobre litologias do período Paleozoico, representada pelas unidades estratigráficas da Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois, e do Mesozoico, formações Serra Geral, Pirambóia e Botucatu do Grupo São Bento. Além disso, encontram-se também sedimentos Cenozoicos representados pela Formação Rio Claro e Depósitos Aluvionares (CAMARGO, 2017).

Sobre tais condições litológicas e de morfologia, observa-se significativa variedade pedológica na área de estudo; assim a partir do mapeamento realizado por Koffler *et al.* (1992), constata-se que, no setor da Depressão Periférica Paulista da área de estudo, ocorre um domínio de Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, e no setor de Cuesta, Latossolo Vermelho Amarelo Álico e uma pequena concentração de Neossolo Litólico e da associação Neossolo Litólico + Latossolo Vermelho.

Os aspectos climáticos que influenciam nos processos de formação destes solos, segundo a classificação climática proposta por Monteiro (1973), vinculam-se ao clima tropical, apresentando temperatura média anual em torno de 21° C. No que diz respeito à precipitação, verifica-se aproximadamente 1000 mm de chuva no verão e, 200 mm no inverno (TROPMAIR, 2004).

Diante das características físicas da Bacia do Rio Cabeça (SP) apresentadas, como as formas de relevo, os dados lito-pedológicos, e os fatores climáticos, constata-se um elevado conjunto de condicionantes que influenciam na morfodinâmica do relevo.

## **Materiais e Métodos**

A orientação metodológica do presente trabalho teve respaldo nos princípios que concernem à Teoria Geral dos Sistemas aplicados à ciência geográfica (CHRISTOFOLETTI, 1979). Escolheu-se essa abordagem por tratar-se de uma bacia hidrográfica, caracterizada como sistema aberto, com constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo (*input*), quanto perdendo (*output*). Ressalta-se que os *inputs*, podem ser oriundos também das atividades proferidas pelo homem na bacia. Nessa perspectiva, esses conceitos também foram integrados a abordagem da Antropogeomorfologia (NIR, 1983; RODRIGUES, 2005; 2010).

Para elaboração da base cartográfica, utilizaram-se as cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), folhas Itirapina, Rio Claro, São Carlos e Corumbataí, com numeração SF-23-M-I-3, SF-23-Y-A-I-2, SF-23-M-I-4, SF-23-Y-A-I-1,

sendo as duas primeiras do ano de 1969 e as duas últimas do ano de 1971, na escala de 1:50.000. Além disso, utilizaram-se as fotografias aéreas de 1988, na escala de 1:40.000, elaboradas pela Base S.A. e as ortofotos digitais de 2010, na escala de 1:25.000, concedidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA). Os mapeamentos foram realizados na escala de 1:50.000, com o auxílio do *software* ArcGis 10.3.

O procedimento técnico para carta geomorfológica do ano de 1988 foi realizado em dois principais estágios: o primeiro correspondeu à formulação das imagens anáglifos; e o segundo, a adaptação da simbologia digital. Ressalta-se que as imagens anáglifos foram geradas apenas para o cenário de 1988, uma vez que as ortofotos digitais de 2010 concedidas pela EMPLASA não permitiram sua sobreposição, impedindo o uso da estereoscopia. Dessa forma, para a interpretação das feições do relevo foram utilizados os mesmos critérios visuais de 1988, buscando manter um padrão de análise para cada item identificado. Ainda, destaca-se que, a carta geomorfológica do ano 2010 foi reambulada em campo, buscando atualizar os dados e evitar prejuízos à qualidade do mapeamento em função da ausência de estereoscopia.

Assim, as cartas geomorfológicas foram realizadas segundo a proposta de Tricart (1965), que aponta os dados básicos que devem constituir o mapeamento geomorfológico: dados morfométricos, morfográficos, morfogenéticos e cronológicos. No que concerne a simbologia digital para representação das feições encontradas na área de estudo, utilizaram-se as orientações de Paschoal, Conceição e Cunha (2010) adaptadas para a escala de trabalho de 1:50.000.

No que concerne às cartas de uso e ocupação da terra, seguiram as orientações do Manual Técnico do IBGE (2013), as quais propõem uma base conceitual voltada à observação e síntese do conjunto de particularidades do uso da terra, orientada segundo a distribuição geográfica, a apropriação social e as transformações ambientais, bem como procedimentos técnicos de levantamento e mapeamento. Também foram utilizadas as sugestões técnicas de análise de imagens propostas por Ceron e Diniz (1966), as quais evidenciam os elementos e as chaves de identificação das culturas manejadas no interior do estado de São Paulo.

Os referidos dados proporcionaram a identificação das implicações da dinâmica do uso da terra, associada às ações antrópicas, sobre a distribuição de matéria e energia, culminando em uma morfologia antropogênica. Além disso, as informações obtidas permitiram a definição dos geoindicadores, estabelecidos com base na configuração espacial

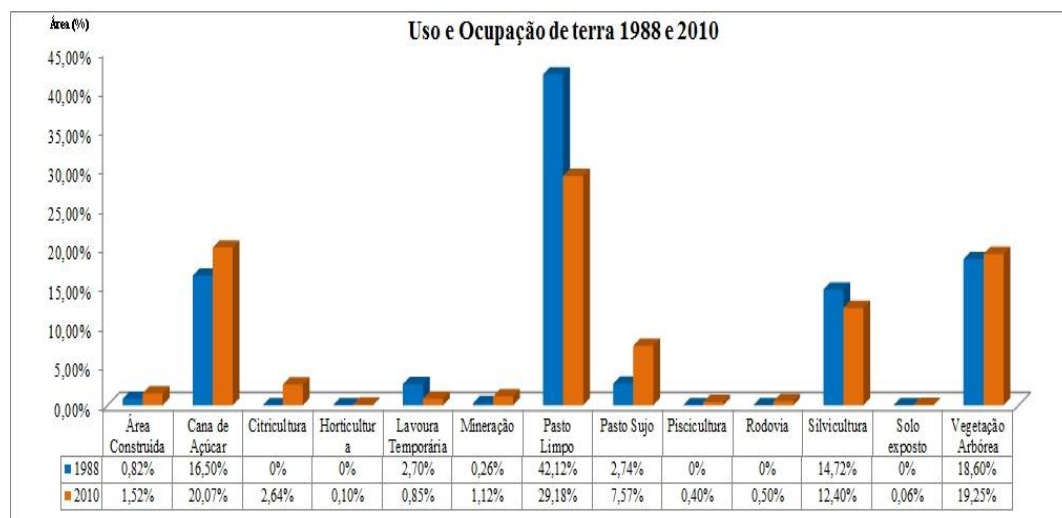
das feições geomorfológicas que denotam a atuação de processos morfogenéticos susceptíveis a mudanças numa escala de tempo histórica.

Neste viés, compreende-se que a cartografia geomorfológica retrospectiva permitiu a quantificação dos parâmetros extensão (quilômetros) e quantidade (número total) dos geoindicadores feições erosivas lineares (sulcos erosivos, ravinas e voçorocas), rupturas topográficas (ruptura topográfica abrupta, suave, antrópica e com afloramento de água) e leques aluviais, fornecendo informações sobre a sua evolução num período de 22 anos.

**Resultados e Discussões**

A partir dos dados obtidos nos mapas de uso e ocupação da terra, constatou-se uma dinâmica no padrão de uso da Bacia do Rio Cabeça para cada período analisado (Gráfico 1), com destaque para o comportamento das classes pasto limpo, pasto sujo, silvicultura, cana-de-açúcar e vegetação arbórea.

**Gráfico 1.** Área ocupada (%) pelas classes de uso da terra da Bacia do Rio Cabeça (SP) no período de 1988 a 2010



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).



Os setores ocupados por pasto limpo se sobressaíram sobre as demais classes de uso da terra, mesmo com uma diminuição no ano de 2010. Além desta diminuição, constatou-se neste mesmo cenário, a diminuição de áreas cobertas por lavoura temporária e em contrapartida o aumento do cultivo da cana-de-açúcar e pasto sujo.

Pinton e Cunha (2015), em estudo aplicado a área semelhante ao dessa pesquisa, aponta que o manejo realizado ao longo do tempo em áreas com cana-de-açúcar, silvicultura e pasto limpo envolvem a aplicação de técnicas conservacionistas que conduziram alterações em feições geomorfológicas e, conseqüentemente, determinaram a constituição de uma morfologia antropogênica. Nessa perspectiva, grande parte das modificações está relacionada diretamente a dinâmica de formas de caráter denudativo, isto é, as feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), rupturas topográficas e também, mas de modo indireto, na organização de feições deposicionais, exibida pelos leques aluviais.

Desse modo, os geoindicadores avaliados na Bacia do Rio Cabeça e suas respectivas propriedades, forneceram subsídios à quantificação e esclarecimento quanto à compreensão das mudanças provenientes da ação antropogênica (Quadro 1). Compreende-se que, as rupturas topográficas em um cenário natural, indicam os setores de maior fragilidade dos materiais constituintes do relevo nos quais a ação denudativa tem sido intensa. Reconhece-se que as referidas feições tendem a evoluir a partir de amplas escalas de tempo, entretanto, os desajustes em seus parâmetros numa série histórica pressupõem as mudanças causadas pela ação antrópica (PINTON; CUNHA, 2015). Além disso, esses desajustes causados pela interferência do homem também podem ser aplicados ao comportamento das feições erosivas lineares, tendo em vista a expressividade dessas em curto período de tempo.

**Quadro 1.** Geoindicadores utilizados para a quantificação das alterações geomorfológicas na Bacia do Rio cabeça (SP).

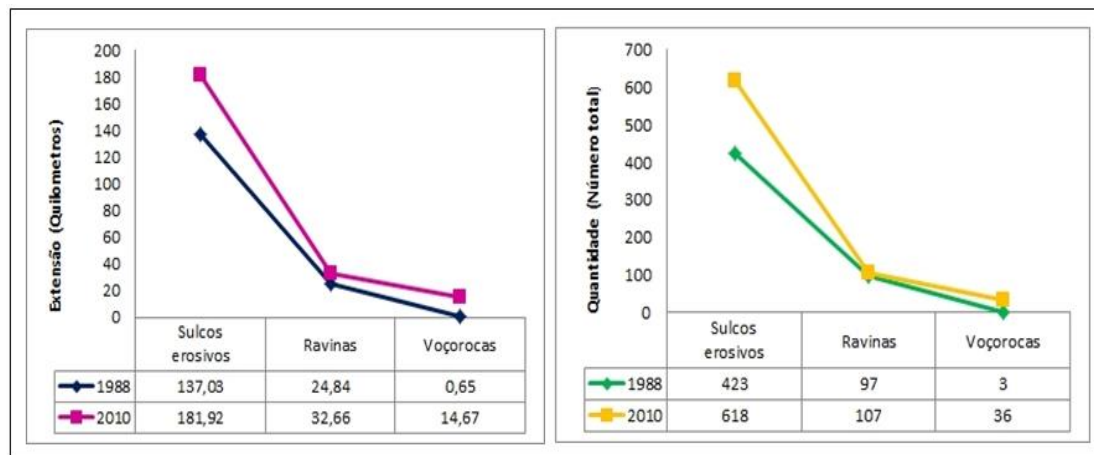
Geoindicadores		Parâmetro	Unidade de Medida	Origem	Simbologia
Leques Aluviais		Quantidade	Número total	Deposicional	
Ruptura Topográfica	Abrupta	Extensão	Quilômetros	Denudativa	
	Suave				
	Vertente com Afloramento de Água				
	Antrópica				
Feições Erosivas Lineares	Sulcos Erosivos	Extensão e Quantidade	Quilômetros e Número total		
	Ravinas				
	Voçorocas				

Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

Constata-se, no período de 1988 a 2010, um expressivo aumento na quantidade das feições erosivas lineares, uma vez que, os sulcos erosivos passaram de 423 unidades para 618 em 2010; as ravinas aumentaram de 97 para 107 unidades; e as voçorocas saltam de 3 no ano de 1988 para 36 unidades em 2010. Ressalta-se que o comportamento referente à extensão destas feições também evoluiu, visto que os sulcos passam do total de 137,03 km para 181,92 km; as ravinas de 24,84 km para 32,66 km; e as voçorocas de 0,65 km para 14,67 km (Gráfico 2).

O aumento das feições erosivas lineares ocorre em maior parte sobre condições de uso e ocupação da terra identificada pelas classes de pasto sujo e pasto limpo. Dessa forma, constata-se que o manejo inadequado da pastagem e suas consequências, como o pisoteio, compactação do solo e dificuldade de retenção de água, podem concentrar o fluxo superficial de água e potencializar a ocorrência de processos erosivos, evidenciando à dinâmica antropogênica na Bacia do Rio Cabeça.

**Gráfico 2.** Alterações no geoindicador das feições erosivas lineares na Bacia do Rio Cabeça (SP).

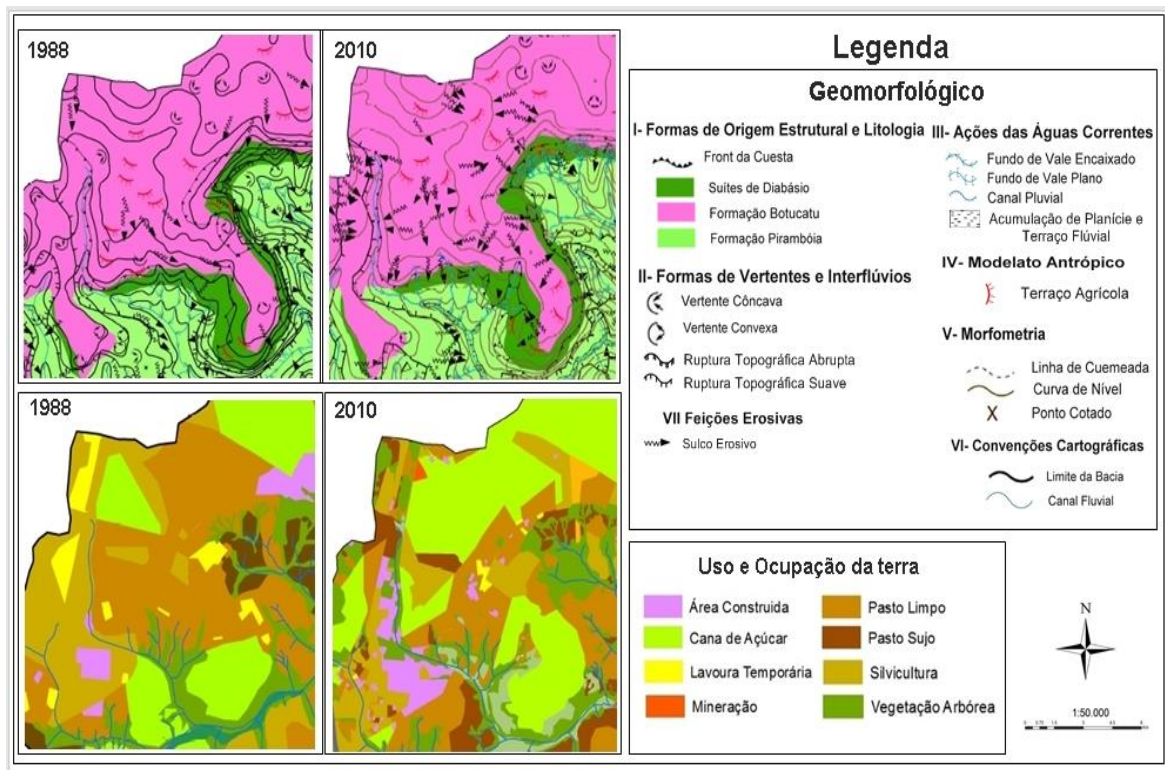


Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

Os sulcos erosivos localizados no setor norte, o qual se encontra no reverso cuestiforme, estão dispostos sobre as Formações Serra Geral e Botucatu. Os arenitos da Formação Botucatu intercalam-se, em grande escala, com os derrames tabulares de basalto da Formação Serra Geral, tornando complexa a delimitação de ambas as formações em âmbito regional. Os derrames basálticos afloram no topo e no reverso da *cuesta* basáltica e em morros testemunhos. Nos planaltos de rebordo dessas *cuestas*, tais derrames podem cobrir grandes extensões (COSTA, 2005). Nessa perspectiva, a transição litológica identificada no conjunto de derrames de basalto intercalados com fácies areníticas, denota a fragilidade para que se instalem feições erosivas lineares.

Além disso, verificam-se nesses setores atividades associadas à monocultura de cana-de-açúcar, que, mesmo empregando técnicas para o manejo do solo, com destaque para os terraços agrícolas, não contiveram a erosão linear e a consequente formação dessas feições denudativas (Figura 2). A exploração agrícola pela cana-de-açúcar depende, em grande parte, da investigação e do controle dos aspectos referentes aos agentes causadores da erosão, como as chuvas e certos atributos do solo, que, pela ação antrópica, podem favorecer ou dificultar o processo erosivo, já que as atividades humanas constituem-se em um dos principais agentes catalisadores desses processos (PANACHUKI *et al.*, 2010).

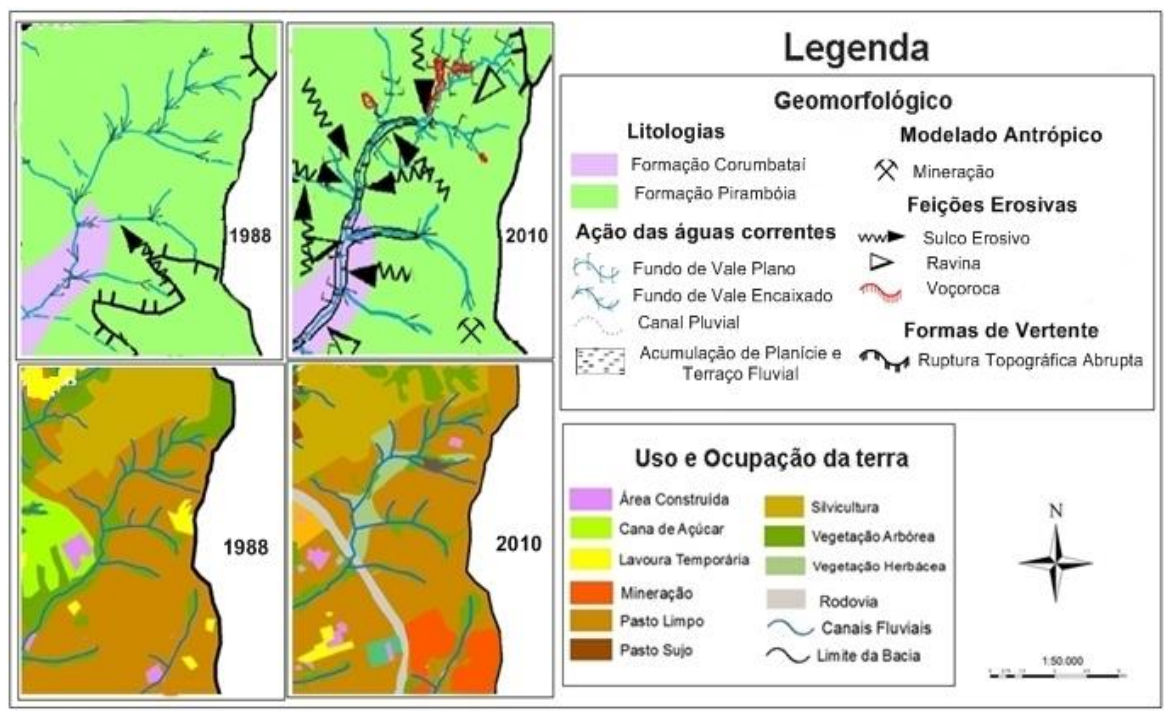
**Figura 2.** Presença de sulcos erosivos em áreas com uso e ocupação pela cana-de-açúcar no setor de reverso cuestiforme da Bacia do Rio Cabeça (SP).



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020)

As voçorocas identificadas no setor noroeste da bacia, já na Depressão Periférica Paulista, associam-se a fragilidade litológica demarcada pela Formação Pirambóia, que se constitui de arenitos de granulação média a fina (IPT, 1981), e as atividades atreladas à pastagem na área (Figura 3). Em adição, a presença da rodovia, somada ao aparecimento de atividades vinculadas à mineração no ano de 2010, demarcam a influência da dinâmica antropogênica no desdobramento de tais feições erosivas (Figura 4). Locais destinados às atividades minerárias, revelam a existência de alterações antrópicas, como a descaracterização nos interflúvios, a dinamização dos processos de denudação e de sedimentação dos rios, alterações no escoamento pluvial e cursos d’água e afloramento do lençol freático (PASCHOAL; CUNHA, 2016).

**Figura 3.** Constituição de morfologia antropogênica e mudanças nos geoindicadores sulcos erosivos e voçorocas no noroeste da Bacia do Rio Cabeça (SP).



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020)

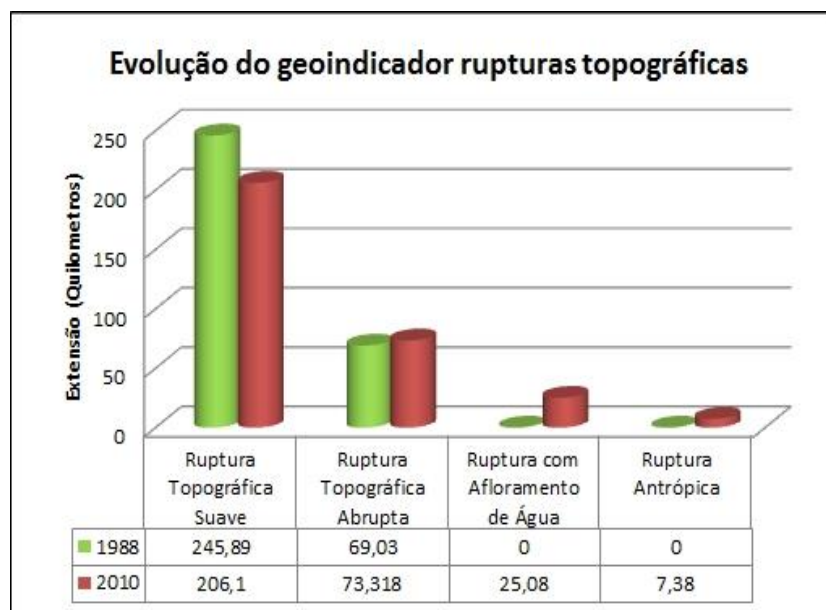
**Figura 4:** Mineração no setor noroeste da Bacia do Rio Cabeça (SP).



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020)

A respeito dos geoindicadores representados pelas rupturas topográficas, verifica-se que as de caráter abrupto aumentaram 4,27 km, indo de 69,03 km para 73,3 km em 2010. As rupturas topográficas com afloramento de água aumentam 25,08 km e as rupturas antrópicas 7,38 km no cenário mais recente. Entretanto, a feição mapeada como ruptura suave exibe uma relativa queda, passando de 245,8 km em 1988, para 206,1 km no ano de 2010 (Gráfico 3).

**Gráfico 3.** Alteração no geoindicador rupturas topográficas na Bacia do Rio Cabeça (SP).

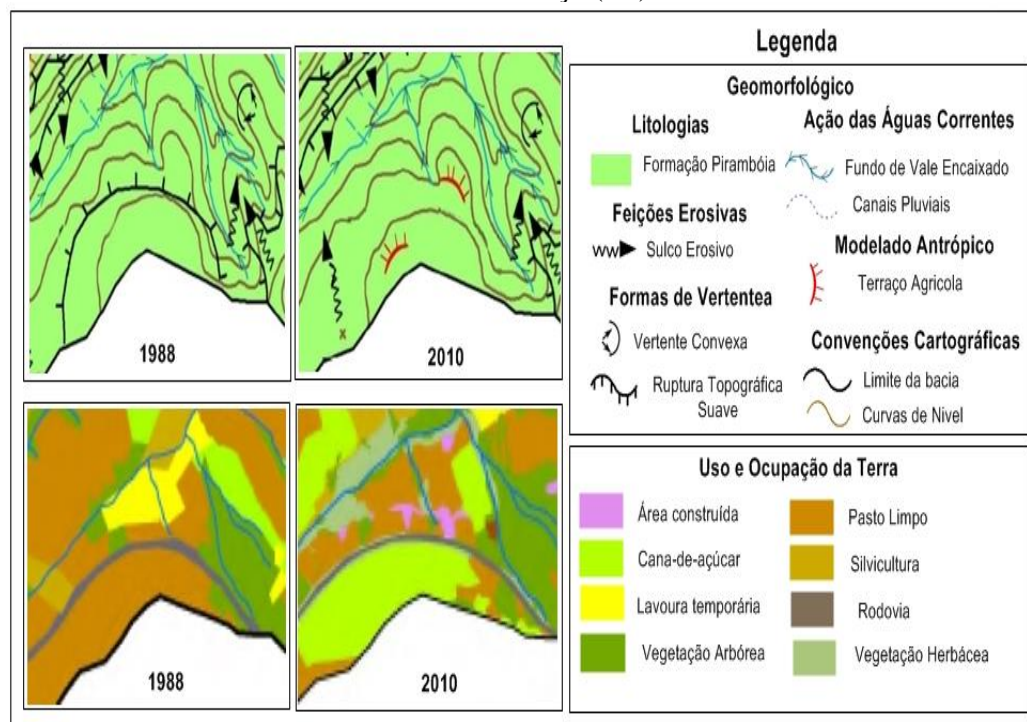


Fonte: Elaborado pelas autoras (2020)

A diminuição da extensão das rupturas topográficas suaves no ano de 2010 associa-se a introdução da cana-de-açúcar, visto que este cultivo comumente realizado por meio do plantio em curvas de nível, viabiliza a aparente eliminação desta feição geomorfológica como exemplificado no setor noroeste da área de estudo (Figura 5). A apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, é responsável pelas alterações substanciais do seu estado natural, como a implantação e o desenvolvimento de sistemas de cultivos e criação. Essas alterações, além de ocasionarem o desmatamento, também descaracterizam a topografia do terreno (VIERA, 2012). Convém lembrar ainda que as diferentes formas de manejo podem afetar, significativamente, as características de escoamento da água na superfície do solo, por alterações na rugosidade da superfície, como

também por variações na sua estrutura, estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica (CARVALHO *et al.*, 2009).

**Figura 5.** Eliminação do geoindicador ruptura topográfica suave no setor noroeste da Bacia do Rio Cabeça (SP).



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

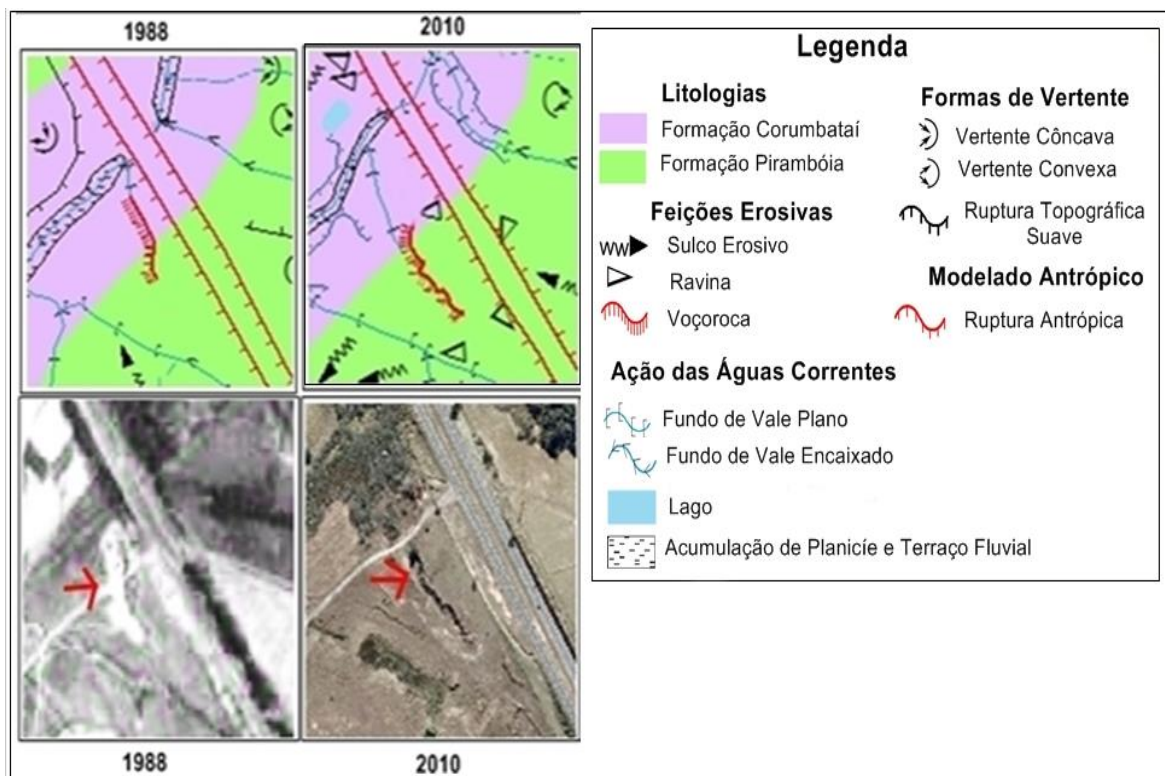
O aparecimento das rupturas com afloramento de água pode indicar mudanças no sistema de escoamento de água superficial e sub superficial da bacia. Além disso, essas feições encontram-se próximas de áreas de Acumulação de Planície e Terraço Fluvial (APTFs), indicando áreas úmidas com baixos índices de declive, que concentram materiais advindos de setores que apresentam maior declividade, acelerando o processo de escoamento, transporte e depósito de sedimentos nos fundos de vale plano.

O aumento das rupturas abruptas ocorreu sobre setores com predomínio da pastagem demarcados pela presença da Formação Pirambóia e da Formação Corumbataí (IPT, 1981). Essas condições dinamizaram a morfodinâmica local, já que o aumento na extensão das rupturas topográficas sugere o desenvolvimento da erosão laminar. Outrossim, a presença da rodovia Washington Luiz, no setor central, demarca a ruptura antrópica na morfologia da

área de estudo, submetida à execução de obras de cortes e aterros para acomodar as vias de acesso. (Figura 6).

As rupturas antrópicas provocam o surgimento de feições erosivas lineares, com destaque para o geoindicador do tipo voçoroca. As voçorocas são formas de erosão dotadas de grande poder destrutivo, de difícil controle e são responsáveis pela descaracterização das paisagens naturais em áreas rurais e urbanas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Essas feições, no contexto da evolução das encostas, principalmente em ambiente rural, são recorrentes, com destaque para as que possuem sua evolução nas estradas brasileiras (MARCHIORO, 2012). A construção de estradas mal alocadas ou que tem sistemas de drenagem deficientes, em que a quantidade de água escoada é superior a que os solos sejam capazes de suportar, contribuem para o início e/ou aceleração dos processos erosivos (GOULART, 2005).

**Figura 6.** Constituição de morfologia antropogênica e mudanças morfológicas nos geoindicadores ruptura antrópica e voçorocas no setor central da Bacia do Rio Cabeça (SP)

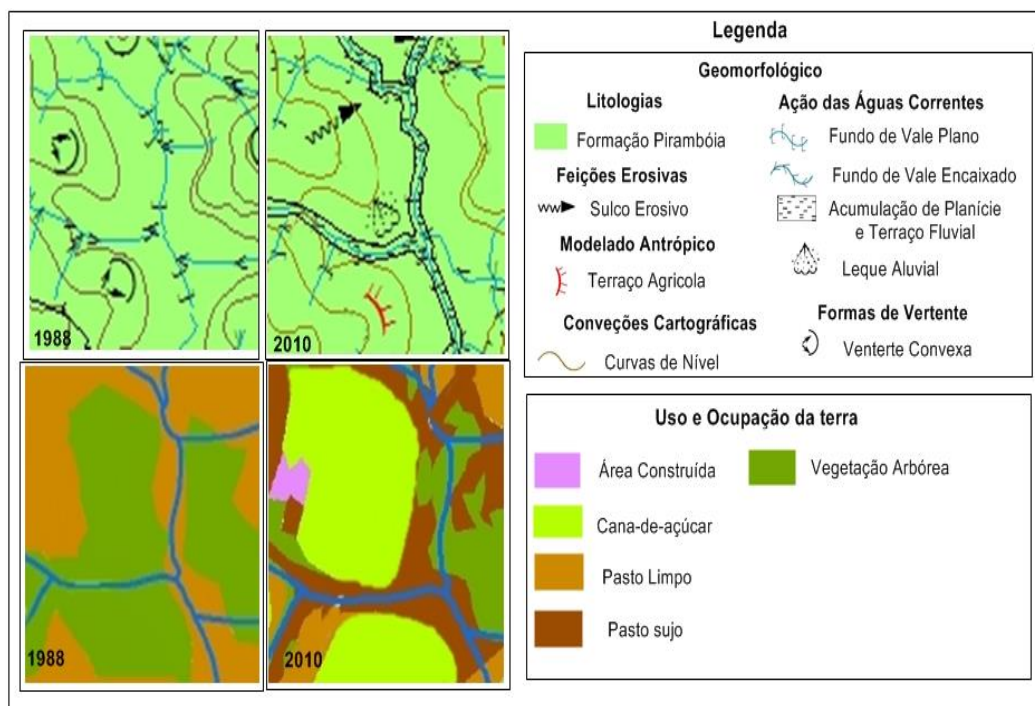


Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).



No que concerne aos leques aluviais, identificados pelo aumento significativo na carga de materiais no rio que sobrecarregam a sua dinâmica deposicional na foz, evidencia-se o aumento na quantidade desse geoindicador, que passa de 1 unidade em 1988, para 7 no ano de 2010. O aumento do referido geoindicador no setor nordeste da área de estudo reflete o processo de substituição da classe pastagem (pasto limpo) em 1988, pela cana-de-açúcar no cenário mais recente (Figura 7).

**Figura 7.** Presença do geoindicador leque aluvial no setor noroeste da Bacia do Rio Cabeça (SP) sobre o predomínio de cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

A expansão e o cultivo de cana-de-açúcar realizado indistintamente, não considerando as condições de fragilidade natural de cada ambiente, propiciam a intensificação dos processos erosivos, degradação e depauperamento dos solos, principalmente solos arenosos que se apresentam mais suscetíveis a elevadas perdas. Em consequência tem-se o aumento do escoamento superficial e o destacamento de grandes quantidades de material erodido, intensificando os processos de assoreamento dos corpos hídricos do entorno. (CORRÊA *et al.*, 2016).

Diante do exposto, compreende-se que práticas agrícolas voltadas à plantação de cana-de-açúcar constituem-se em um elemento que evidencia a constituição de morfologias antropogênicas, uma vez que acarreta na perda da capacidade potencial de transporte da Bacia do Rio Cabeça diante da carga excessiva de materiais vindos das vertentes, fornecendo condições necessárias para a formação de leques aluviais. De forma geral, as mudanças morfológicas quantificadas pelos geoindicadores utilizados nesta pesquisa demonstraram a interferência de mecanismos criados pela ação antropogênica na evolução dos processos morfodinâmicos do relevo.

### **Considerações finais**

A identificação dos geoindicadores no presente trabalho ocorreu por meio da utilização da cartografia geomorfológica que somada às condições de uso e ocupação da terra, permitiram quantificar as mudanças morfológicas induzidas pelas intervenções antrópicas numa séria histórica (1988 a 2010) na Bacia do Rio Cabeça.

Nessa perspectiva, constatou-se um expressivo aumento no período de 1988 a 2010, na quantidade e extensão dos geoindicadores mapeados, com destaque para as feições erosivas lineares, principalmente sobre condições de uso e ocupação da terra identificadas pelas classes de pasto sujo e pasto limpo. Compreende-se que o manejo inadequado dessas atividades propicia a concentração do fluxo superficial de água e potência a ocorrência de processos erosivos, evidenciando a dinâmica antropogênica na área de estudo. Evidencia-se que, mesmo com o emprego de técnicas para o manejo do solo, com destaque para os terraços agrícolas, não se conteve a erosão linear e a consequente formação das feições erosivas lineares.

Além disso, observou-se a concentração do geoindicador sulcos erosivos em áreas de transição litológica demarcadas por derrames de basalto intercalados com fácies areníticas (Formação Serra Geral e Botucatu) que podem viabilizar o desenvolvimento dos processos erosivos lineares. O geoindicador referente às voçorocas, em específico as localizadas no setor noroeste da área de estudo, estão dispostas em uma área de fragilidade litológica de demarcada pela Formação Pirambóia, que atrelada às atividades de pastagem, mineração e pela presença da rodovia no cenário mais recente, demarcam a influência da dinâmica antropogênica no desdobramento das referidas feições.

No que se refere ao geoindicador ruptura topográficas, pontua-se que a diminuição da extensão e quantidade das de caráter suave no ano de 2010, se deve as atividades de uso e ocupação pelo cultivo de cana-de-açúcar em plantio em curvas de nível, que viabilizam a descaracterização desta feição geomorfológica e provocaram a dinamização dos processos morfogenéticos. Já o aumento na quantidade e extensão do geoindicador rupturas abruptas, sugere o desenvolvimento da erosão laminar, principalmente em setores ocupados pela pastagem. Em adição, a dinâmica antropogênica, também é evidenciada pela presença da rodovia Washington Luiz, no setor central submetida à execução de obras de cortes e aterros para acomodar as vias de acesso. Por fim, observa-se que o aumento na quantidade do geoindicador leques aluviais, próximos a áreas com cana-de-açúcar, denotam a intensificação do escoamento superficial, destacamento de grandes quantidades de material e dos processos erosivos na área de estudo, sobrecarregando o sistema fluvial e a dinâmica deposicional no setor de foz.

Nessa perspectiva, conclui-se que a utilização dos geoindicadores para quantificar as formas do relevo, mostrou-se eficaz no monitoramento de formas do relevo e no diagnóstico dos problemas derivados das ações antropogênicas, já que, as condições de uso e ocupação realizadas ao longo do tempo na Bacia do Rio Cabeça, com destaque para a cana-de-açúcar e pastagem, envolvem a aplicação de técnicas que conduziram a alterações em feições geomorfológicas e, conseqüentemente, determinaram a constituição de uma morfologia antropogênica. Tal morfologia se encontra diretamente associada com a dinamização dos processos erosivos lineares e alterações nas rupturas topográficas e formas de vertente.

### **Referencias Bibliográficas**

AB'SÁBER, A. N. Regiões de Circundesnudação Pós-Cretácea no Planalto Brasileiro. São Paulo: *Boletim Paulista de Geografia*, n.1, p.1-21, 1949.

BERGER, A. R. Assessing rapid environmental change using geoindicators. *Environ. Geol.*, v. 32, n. 1, p. 36-44, 1997.

BERTONI, J. F.; L. NETO. *Conservação do solo*. 6ª Edição. São Paulo: Ícone Editora, 2008.

CAMARGO, M. Z. C. *Análise Morfométrica da Bacia do Rio Cabeça (SP)*. São Paulo: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, Processo Nº: 2016/19564-0, 2017.

CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S.; PINTO, M.F.; SILVA, L.D.B.; GUERRA, J.G.M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 13, p. 3-9, 2009.

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*, Rio de Janeiro, n. 2, p. 65-77, 1966.

CHRISTOFOLETTI, A. *Análise de sistemas em Geografia*. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 307-314, 2002.

COLTRINARI, L.; McCALL, G. J. H. Geoindicadores: ciências da Terra e mudanças ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 9, p. 5-11, 1995.

CORRÊA, E.A; MORAES, C.I; PINTO, S.A.F; LUPINACCI, C.M Perdas de Solo, Razão de Perdas de Solo e Fator Cobertura e Manejo da Cultura de Cana-de-Açúcar: Primeira Aproximação. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v.32, p. 72-87, 2016.

COSTA, A. L. C. *Estudo da vulnerabilidade à erosão com aplicação da Equação Universal de perdas de solo na alta Bacia Hidrográfica do rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2005.

GOULART, R.M. *Atributos de solos e comportamentos de espécies florestais em processo de estabilização de voçorocas*. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2005.

GUPTA, A. Geoindicators for tropical urbanization. *Environmental Geology*, v. 42, p. 736-742, 2002.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico de Uso da Terra*. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; DIVISÃO DE MINAS E GEOLOGIA APLICADA. *Mapa geológico do estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1981.

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.

MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P. de; FERNANDES, R. A. de; BARRETO, J. C.; EDUARDO, C. C. A espacialidade do relevo em paisagens transformadas e sua representação: Mapeamento geomorfológico da bacia do rio Paraibuna, sudeste de Minas Gerais. R. *Ra'e Ga*, Curitiba, v. 41, *Temático de Geomorfologia*, p. 65 -81, 2017

MARCHIORO, E. *Modelagem hidrossedimentológica na bacia do córrego Santa Maria: subsídios à aplicação de práticas de conservação de água e solo no noroeste fluminense*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio de Janeiro, 2008.

MONTEIRO, C. A. F. *A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo*. São Paulo: Universidade de São Paulo, *Instituto de Geografia*, 1973.

NIR, D. *Man, a Geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology*. Jerusalém: Katem Pub, House, 1983.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, C.M.A. & URCHEI, M.A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p.443-441, 2010

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. In: *VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Recife, 2010.

PASCHOAL, L.G.; CUNHA, C.M.L. Estudos geomorfológicos em áreas de mineração em Portugal: Cartografia Geomorfológica para análise do impacto sobre o relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.17, n.1, p.61-78, 2016.

PENTEADO, M. M. *Fundamentos de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1974.

PINTON, L. de G.; CUNHA, C. M. L. O uso de Geoindicadores em paisagem rural: subsídios à análise das mudanças morfológicas antropogênicas da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP). *Revista do Departamento de Geografia*. V. 29, p. 01-19, 2015.

RODRIGUES, C. *Geomorfologia Aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros*. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades Espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. São Paulo: *Revista do Departamento de Geografia*, 2005.

RODRIGUES, C. Cartografia e Simbologia Geomorfológica: Evoluindo da Cartografia Tradicional para o uso de Simbologia Digital. São Paulo: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2010

SILVA, J.M.F.da. *Caracterização e mapeamento das unidades geomorfológicas da Bacia do Rio Pequeno- Antonina-PR*. Tese (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geografia Programa de Pós- Graduação em Geografia, Curitiba, 2010.

SUERTEGARAY, D. M. A. *Geografia física e geomorfologia: uma releitura*. Editora Compasso Lugar-Cultura. Porto Alegre, 2018.

TRICART, J. *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris: Masson, 1965.

TROPMAIR, H. *Geossistemas e geossistemas paulistas*. Rio Claro: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Rio Claro, 2004.

VIERA, V. *Município de Canguçu/RS: O relevo e sua morfodinâmica como condicionantes do dinamismo agrícola*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências- Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, 2012