

## A GEOECOLOGIA DA PAISAGEM PARA ANÁLISE DE ÁREA RURAL DEGRADADA POR EROSÃO: UMA PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO A PARTIR DE PARÂMETROS QUANTITATIVOS

Felipe Augusto Scudeller Zanatta  
Cenira Maria Lupinacci

### RESUMO

Os solos recobertos pela agropecuária convencional, mais utilizada no mundo, estão sendo degradados em ritmo acelerado, em variados ambientes. Assim, o objetivo deste estudo é apresentar uma adaptação da metodologia da Geoecologia da Paisagem, utilizada em diagnósticos ambientais, para o estudo de áreas rurais degradadas pela erosão, propondo procedimentos para quantificar a predisposição do meio físico (litologias, classes de solos, formas e energia do relevo) e do uso da terra à formação e desenvolvimento de feições erosivas lineares (sulcos, ravina e voçoroca). Foram elaboradas cartas de unidades físicas e de estado ambiental de uma área rural experimental, situada no oeste paulista, degradada pela erosão. Os resultados permitiram identificar os padrões de uso da terra que mais contribuem para a dinâmica erosiva, com destaque para as pastagens, que generalizam a ocorrência do estado ambiental instável, mesmo em unidades físicas de menor predisposição à erosão, e dos estados crítico e muito crítico, nas unidades de maior predisposição. Constatou-se a perda de potencial geoecológico em 92% da área, com consequências negativas para as atividades agrícolas, que são a base da economia local.

**Palavras-chave:** Feições erosivas; Unidades físicas; Estado ambiental; Predisposição à erosão; Potencial geoecológico.

### **GEOECOLOGY OF LANDSCAPE FOR THE ANALYSIS OF RURAL AREAS DEGRADIED BY EROSION: A PROPOSAL FOR ADAPTATION BASED ON QUANTITATIVE PARAMETERS**

### ABSTRACT

A significant proportion of the world's agricultural land is degraded by erosion, in a variety environment. Thus, the aim of this study is to present an adaptation of the Landscape Geoecology methodology, used in environmental diagnosis, for the study of rural areas degraded by erosion. Procedures are proposed to quantify the predisposition of the physical environment (lithologies, soil classes, forms and relief energy) and land use to the formation and development of linear erosive features (rill erosion, ravines and gullies). Maps of physical units and environmental state of an experimental area, marked by erosive characteristics were drawn up. The results allowed the identification of the land use patterns that most contribute to the erosive dynamics, with emphasis on pastures which cause the occurrence of an unstable environmental state, in physical units of fewer predispositions to erosion, and of critical and very critical states, in the units of greater predisposition. The loss of geo-ecological potential was observed in 92% of the area studied, with the consequent degradation of the soils for agricultural activities that are the basis of the local economy.

**Keywords:** Erosive features; Physical units; Environmental state; Erosion predisposition; Geo-ecological potential.

### Introdução

De acordo com relatório publicado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2015), 1/3 das terras destinadas à agricultura no mundo, nos mais distintos contextos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e climáticos, encontram-se degradadas.

Garcia-Ruiz et al. (2013) constataram que a erosão do solo em áreas agrícolas tem sido alvo de pesquisas em Israel, na Grécia, Espanha, Itália, França e Portugal. Fu et al. (2009) abordaram a

temática no semiárido da China, enquanto Cabecauer e Hofierka (2008) em áreas montanhosas da Eslováquia. No Brasil há estudos sobre a erosão do solo em áreas agrícolas na região Centro-Oeste (CANDIDO, et al., 2015; LEITE et al., 2009), no NE seco (ALBUQUERQUE; LOMBARDI NETO; SRINIVASAN, 2001), na região N (BASTOS; MANIESI; GOMES, 2015), bem como nas áreas de pecuária e cultivo de cana-de-açúcar da região SE (STEIN, 1993; BOIN, 2000; ZANATTA, 2014).

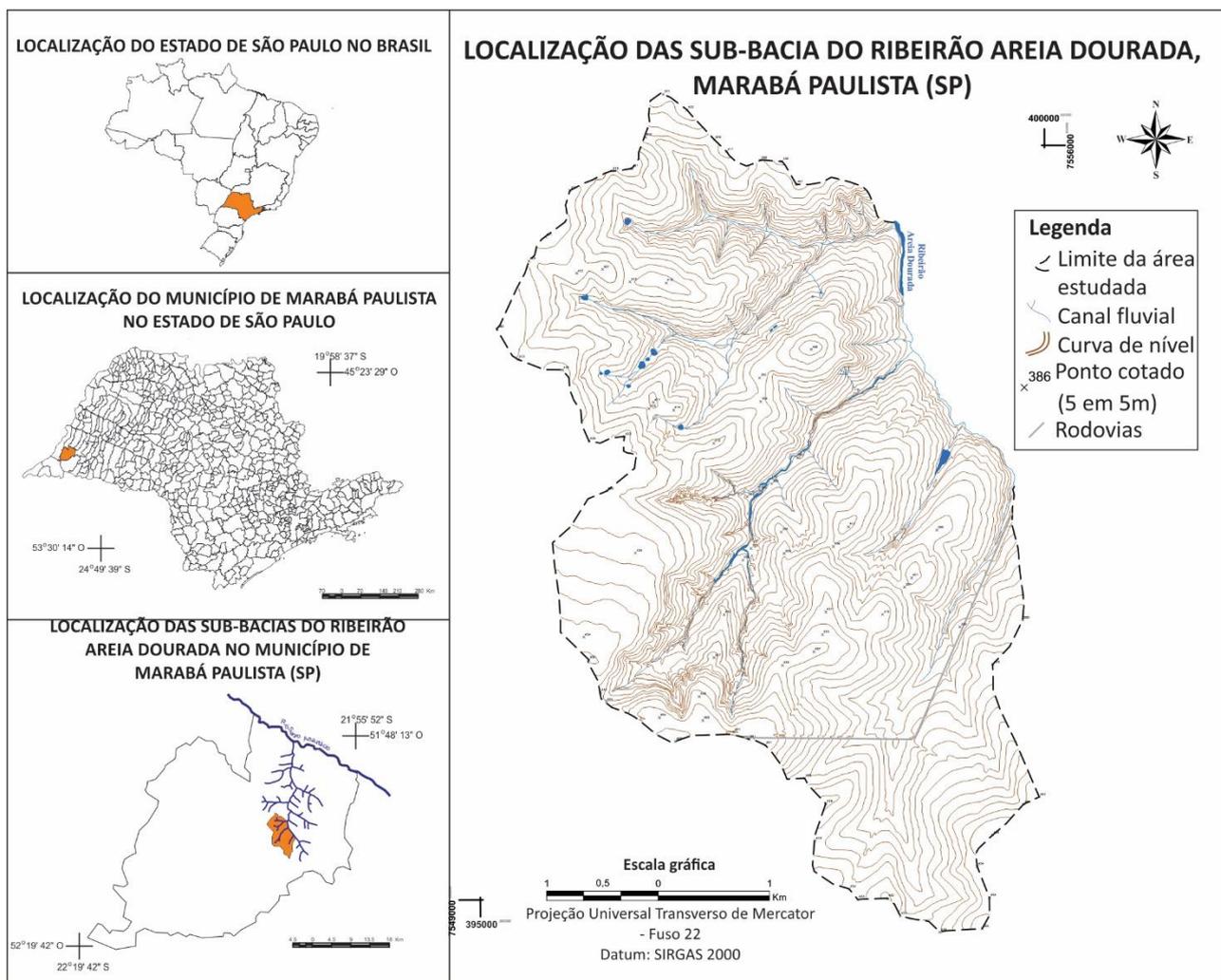
Na região do Oeste Paulista, a erosão do solo representa uma problemática significativa nas áreas agrícolas. Apenas na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI - Pontal do Paranapanema), que compreende 26 municípios, 4% do total do estado de São Paulo, encontraram-se 3.261 formas erosivas, ravinhas e voçorocas, cerca de 12,1% do total registrado no estado (IPT, 2012). Desses municípios, Marabá Paulista desponta como o segundo mais problemático, apresentando 371 formas erosivas, 11,3% de toda UGRHI-22.

Deste município, selecionou-se um conjunto de sub-bacias do ribeirão Areia Dourada (**Figura 1**) com 2.117,05 ha de área, utilizadas em sua totalidade para agricultura, onde, segundo dados constatados in loco, se desenvolvem quatro processos de voçorocamento e centenas de ravinhas e sulcos.

Dentre as muitas possibilidades metodológicas existentes para avaliar a problemática erosiva, destaca-se a metodologia da Geoecologia da Paisagem, a qual considera a interação entre os elementos físicos e humanos e suas características, apresentando uma proposta de zoneamento que, ao cruzar tais informações, permite levantar os terrenos com perda e com tendência à perda de seu potencial geoecológico, resultando na degradação dos recursos naturais. Assim, buscou-se identificar as unidades físicas (LEAL, 1993; RODRIGUEZ et al., 1995; 2004; OLVEIRA, 2003) existentes na área e, posteriormente, avaliar seu estado ambiental (RODRIGUEZ et al., 1995; 2004; DIAS, 2012), conforme propõem a referida metodologia.

Partindo desta proposta, o objetivo deste estudo é apresentar uma adaptação da referida metodologia para áreas rurais degradadas pela erosão, propondo procedimentos para quantificar a predisposição do meio físico (litologias, classes de solos, formas e energia do relevo) e do uso da terra à formação e desenvolvimento de processos erosivos lineares (sulcos, ravinha e voçoroca).

**Figura 1.** Localização das sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: os autores.

## Materiais e Métodos

### Carta de Unidades Físicas

De acordo com Rodriguez et al. (1995), a unidade física representa cartograficamente a individualização dos terrenos com características físicas semelhantes e, por conseguinte, setores que proporcionam respostas semelhantes aos inputs de energia no funcionamento do sistema.

Nesse sentido, na busca pela identificação das unidades físicas da área estudada, optou-se por trabalhar com as variáveis do meio físico apresentadas por Leal (1993) (litologias, solos e formas de relevo), substituindo a variável declividade pela energia do relevo, seguindo a proposta de Oliveira (2003). A escolha pelo uso da energia do relevo se deve por trabalhar com informações da morfometria do relevo que possibilitam indicar setores de maior dissecação e declividade, onde há maior potencialidade para a atuação de processos de denudação.

Os dados de litologia da área foram obtidos em fontes secundárias, em estudos referentes ao Grupo Bauru (Cretáceo) no Oeste Paulista, especialmente das Formações Adamantina e Santo Anastácio

(IPT, 1994; FERNANDES; COIMBRA, 1994; STEIN, 1999; BOIN et al, 2000; PAULA E SILVA, CHANG E CAETANO-CHANG, 2003; AGOSTINHO, 2009; DIBIESO, 2013).

Para o levantamento das classes dos solos, realizaram-se adaptações ao mapeamento elaborado por Carvalho et al., (1997), em escala 1:250.000, adequando à escala estudada com análise de imagens orbitais e levantamentos de campo.

As formas do relevo foram mapeadas a partir da análise das curvas de nível, com equidistância de 5m (IGC, 2000), a 1:10.000, identificando: topo; vertentes convexas, retilíneas, irregulares e côncavas. As áreas de terraço e planície fluvial foram identificadas através de fotointerpretação (EMPLASA, 2010), com reambulação dos dados em campo no ano de 2016.

Para a identificação da energia do relevo, foram seguidas as orientações apresentadas por Mendes (1993), que propõem o cruzamento de mapeamentos morfométricos (declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical). Para isso, foi utilizada a técnica automática desenvolvida por Zanatta et al, (2016) por meio da ferramenta python do ArcGIS, software utilizado para todos os mapeamentos descritos.

Ao considerar a significativa problemática erosiva da área, realizou-se uma adaptação da metodologia, de maneira a identificar e organizar as unidades físicas por grupos de menor para maior predisposição à formação e desenvolvimento de processos erosivos lineares. Para tanto, cruzaram-se as informações da área ocupada pelas feições erosivas lineares (sulco, ravina e voçoroca) dos anos de 1963, 1979, 1997, 2012 e 2016, com as classes temáticas das variáveis litologia, energia do relevo, formas de relevo e classes de solo. As feições erosivas foram mapeadas a partir da interpretação de fotografias aéreas e imagens orbitais dos períodos supracitados (**Quadro 1**).

**Quadro 1.** Produtos de sensoriamento remoto utilizados para o mapeamento das feições erosivas e do uso e cobertura superficial da terra.

<b>Fonte</b>	<b>Ano</b>	<b>Escala/Resolução</b>	<b>Fotografias aéreas e imagem orbital</b>	<b>Tipo de mapeamento realizado</b>
Estado de São Paulo	1963	1: 25.000	FX91A-2857 e 2858; FX92-2871 e 2873; e FX93-2921 e 2922.	Fotointerpretação em este-reoscopia digital.
Terrafoto S.A.	1979	1: 25.000	FX91A-2857 e 2858; FX92-2871 e 2873; e FX93-2921 e 2922	Fotointerpretação em este-reoscopia digital.
Aerolevantamento Presidente Venceslau e áreas correlatas	1997	1:35.000	07/5884; 07/5885 e 07/8856.	Fotointerpretação em este-reoscopia digital.
Empresa de Planejamento Metropolitano S.A.	2010	Resolução 0,45m	SF_22_YB_I_2_NE e SE; e SF_22_YB_II_1_NO e SO.	Fotointerpretação e reambulação dos dados em campo em 2012.

Google Earth –	2013	Resolução 0,6m	Imagem gerada por satélite Quickbird	Interpretação e reambulação dos dados em campo em 2016.
----------------	------	-------------------	---	---

Fonte: Os autores.

Embora ocorram diferenças entre a escala adotada neste trabalho, 1:10.000, e as escalas dos aerolevantamentos, ressalta-se que o mapeamento foi realizado com o máximo de zoom possível e que as feições lineares foram facilmente identificadas por meio desse procedimento. Os dados mapeados a partir das bases de 2010 e 2013 foram reambulados em campo nos anos de 2012 e 2016, respectivamente, atualizando os mapeamentos para estas datas.

Para distinguir os estágios do processo erosivo linear, os sulcos erosivos foram considerados como pequenas incisões verticais passíveis de correção por procedimentos simples de preparo do solo (LAL, 1990; SALOMÃO, 2012); as ravinas como incisões mais profundas, com formação de taludes laterais (FOOKES, 2007; KARMAN, 2008); e as voçorocas quando a erosão linear atinge e expõe o lençol freático (DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE); IPT, 1989; FOOKES, 2007; SALOMÃO, 2012).

Identificadas e mapeadas as formas erosivas lineares, os polígonos destas foram utilizados, a partir da ferramenta clip, para recortar as variáveis do meio físico; para os sulcos, foi adicionado um buffer de cinco centímetros em seu entorno para obter a área dessa forma. O procedimento de recorte foi repetido 60 vezes, de modo a compreender as três formas erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) nos cinco anos e nas quatro variáveis estudadas.

Com os dados tabelados, para estabelecer uma relação de proporcionalidade entre a área ocupada por cada classe das variáveis e a presença das formas erosivas nas classes destas variáveis (**Tabela 1**), calculou-se a densidade normalizada. Este procedimento objetiva evitar que classes que ocupam maior área e, portanto, apresentam maior frequência de formas erosivas, sejam avaliadas como aquelas de maior predisposição à erosão a partir do dado bruto.

**Tabela 1.** Área de cada classe e área ocupada pelas formas erosivas em cada classe de energia do relevo, nos cinco anos mapeados.

Energia do relevo	Área (ha)	Sulco (ha)					Ravina (ha)					Voçoroca (ha)				
		1963	1973	1997	2012	2016	1963	1973	1997	2012	2016	1963	1973	1997	2012	2016
Muito Fraca	21,93	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fraca	153,06	0,01	0,04	0,07	0,14	0,15	0,15	0,16	0,19	0,21	0,21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

Média	1139,09	0,23	0,54	0,71	0,91	1,13	0,77	2,98	1,71	3,55	3,33 7	0,00 9	0,38	0,24	0,34	0,33
Medianamente Forte	256,30	0,06	0,12	0,19	0,17	0,23	0,43	0,66	1,08	1,29	1,25	0,00 3	0,49	0,34	0,24	0,18
Forte	238,66	0,08	0,14	0,21	0,20	0,24	0,75	1,23	1,29	1,82	1,76 5	0,05	0,60	0,45	0,69	0,82
Muito Forte	306,54	0,19	0,22	0,25	0,19	0,24	2,85	3,49	8,86	7,18	6,91	0,36	4,82	9,19	8,34	8,76

Fonte: Os autores.

No cálculo da densidade normalizada dividiu-se a área de cada forma erosiva (colunas Sulco, Ravina e Voçoroca), em cada ano (colunas 1963, 1979, 2012 e 2016), pelo total da área da classe temática sobre a qual incide (coluna Área) (Tabela 1). Com o resultado, selecionou-se aquele de maior valor, dividindo os demais valores por este, de modo a atribuir ao dado relação de proporcionalidade em um grau de intensidade de zero a um (**Tabela 2**).

**Tabela 2.** Exemplo da proporcionalidade estabelecida entre a área ocupada pelas feições erosivas lineares em cada classe de energia do relevo nos cinco anos mapeados

Energia do relevo	Sulco					Ravina					Voçoroca				
	1963	1979	1997	2012	2016	1963	1979	1997	2012	2016	1963	1979	1997	2012	2016
Muito fraca	0,00	0,06	0,05	0,49	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fraca	0,11	0,42	0,55	1,00	1,00	0,11	0,10	0,04	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	0,32	0,65	0,70	0,87	0,99	0,07	0,23	0,05	0,13	0,13	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Mediana-mente forte	0,39	0,65	0,85	0,75	0,92	0,18	0,23	0,15	0,22	0,22	0,01	0,12	0,04	0,03	0,03
Forte	0,54	0,85	1,00	0,92	1,00	0,34	0,45	0,19	0,33	0,33	0,19	0,16	0,06	0,11	0,12
Muito forte	1,00	1,00	0,92	0,69	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Os autores.

Para transformar esses dados em peso e estabelecer a hierarquia dos setores de menor para maior predisposição dentro de cada variável, os dados de todos os anos foram reduzidos em um único para cada forma erosiva, a partir da média dos valores de densidade normalizada em cada classe temática (**Tabela 3**).

**Tabela 3.** Média da densidade normalizada de cada forma erosiva em cada classe de energia do relevo dos cinco anos mapeados.

Energia do relevo	Média		
	Sulco	Ravina	Voçoroca
MuitoFraca	0,06	0,00	0,00
Fraca	0,55	0,06	0,00
Média	0,70	0,13	0,01
Medianamente Forte	0,75	0,22	0,03

Forte	0,92	0,33	0,12
Muito Forte	0,92	1,00	1,00

Fonte: Os autores.

Para diferenciar os valores de sulcos, ravinas e voçorocas, de modo a quantificar essas formas erosivas pela intensidade do fenômeno, buscou-se estabelecer um peso relativo. Para tanto, foram comparados os dados de formas erosivas lineares com a área de terraço e planície fluvial, de 1963 e 2016, de duas sub-bacias da área estudada: a W, mais afetadas pelo processo de voçorocamento; e a S, que não apresenta voçoroca e predominam os sulcos, forma inicial do processo erosivo linear (**Tabela 4**). Entende-se que o aumento excessivo das áreas deposicionais, em escala de tempo histórico, constitui-se em reflexo das ações erosivas sobre as vertentes que forneceram o material depositado nos fundos de vale.

**Tabela 4.** Área (ha) atingida por sulcos, ravinas e voçorocas e área de sedimentação (planície e terraço fluvial) das sub-bacias W e S nos anos de 1963 e 2016

Sub-bacias	1963	2016
Sub-bacia W		
Voçoroca	0,00	7,91
Ravinas	2,33	7,0
Sulcos	0,26	0,5
Área de planície e terraço fluvial	0,64	3,52
Sub-bacia S		
Ravinas	0,31	1,30
Sulcos (ha)	0,16	0,51
Área de planície e terraço fluvial	0,62	1,40

Fonte: Os autores.

Na sub-bacia W constatou-se de 1963 a 2016 um aumento de 5,5 vezes da área de deposição, estabelecendo este valor (5,5) para ponderação das formas de voçoroca. A sub-bacia S apresentou aumento de 2,25 vezes, sendo este valor atribuído como ponderação para os dados de sulco. Para as áreas afetadas por ravinas, utilizou-se a ponderação de 3,87, intermediário entre 5,5 e 2,25. Com a ponderação de cada forma erosiva estabelecida, calculou-se a média ponderada de cada forma erosiva para cada classe temática das variáveis do meio físico (**Tabela 5**). O resultado foi multiplicado por 100, estabelecendo um valor de 0 a 100 para cada variável a fim de adequar o valor numérico ao exigido pelo sistema de informação utilizado (**Tabela 5**).

**Tabela 5.** Exemplo do cálculo da média ponderada a partir média da densidade normalizada nas classes de energia do relevo com as formas erosivas (sulco, ravina e voçoroca) para levantar o peso das classes de energia do relevo

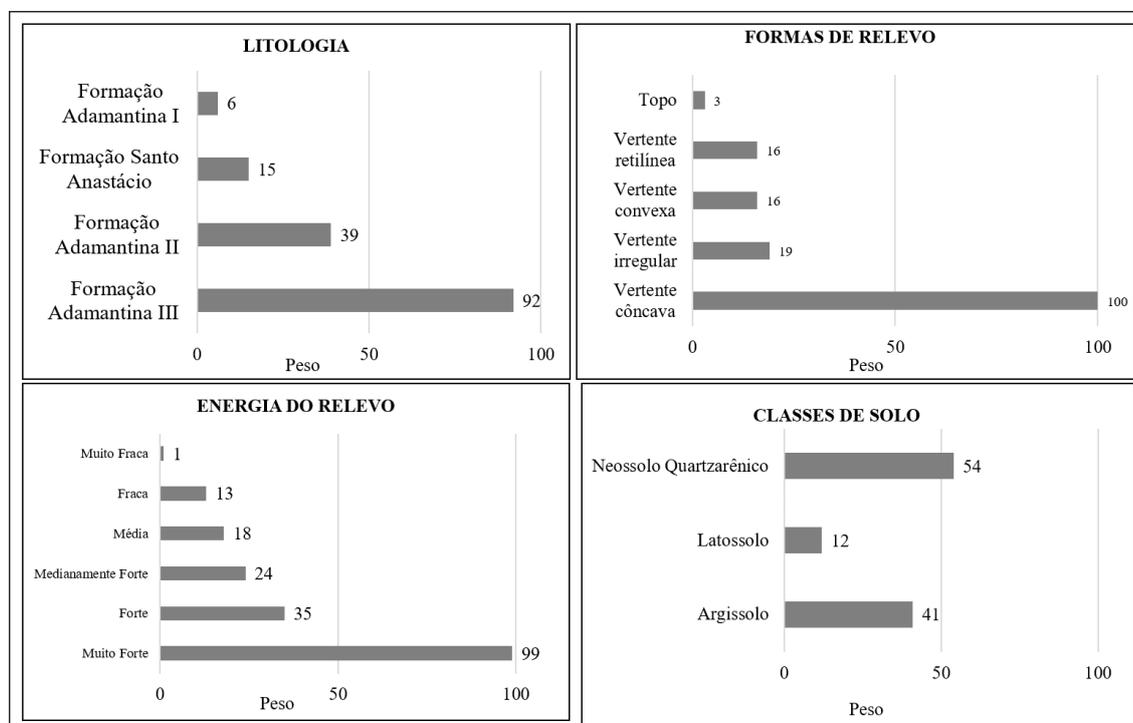
Energia do relevo	Média da densidade normalizada			Média Ponderada	Peso
	Sulco	Ravina	Voçoroca		

<b>Ponderação por formas erosivas</b>	<b>2,25</b>	<b>3,87</b>	<b>5,5</b>		
Muito Fraca	0,06	0,00	0,00	0,01	1
Fraca	0,55	0,06	0,00	0,13	13
Média	0,70	0,13	0,01	0,18	18
Medianamente Forte	0,75	0,22	0,03	0,24	24
Forte	0,92	0,33	0,12	0,35	35
Muito Forte	0,92	1,00	1,00	0,99	99

Fonte: Os autores.

Definiu-se, assim, o peso de zero a 100 de cada classe das variáveis litologia, energia do relevo, formas do relevo e classes de solo (**Figura 2**).

**Figura 2.** Peso de zero a 100 das classes das variáveis litologia, formas de relevo, energia do relevo e solos.



Fonte: Os autores.

Os valores apresentados na Figura 2 foram trabalhados como peso no *software* ArcGIS, adicionando estes aos dados espaciais das respectivas variáveis. Posteriormente, as variáveis em formato *raster* foram sintetizadas em um único produto a partir da ferramenta *weighed overlay*. Neste procedimento considerou-se a influência de cada variável de maneira igual, 25% para cada.

O produto síntese da combinação das classes temáticas consistiu em polígonos com seus atributos em valores, resultado da combinação dos pesos. Para organizar os intervalos destes valores, selecionou-se a classificação pelo natural breaks, realizando-se alguns ajustes nas classes muito semelhantes. Assim, obteve-se 7 classes, identificadas como unidades físicas de I a VII, de modo que

o aumento do número atribuído indica a maior predisposição à formação e desenvolvimento dos processos erosivos lineares.

#### Carta de Estado Ambiental

Segundo Rodriguez et al., (2004), o estado ambiental tem relação com as categorias de estados funcionais da paisagem, a saber:

- Homeostático: as entradas e saídas de energia, matéria e informação (EMI) estão equilibradas, mantendo-se a sua capacidade de autorregulação;
- Instável: alteram-se as entradas e saídas de EMI, as quais provocam desvios no funcionamento e na estrutura da paisagem, aproximando-se do estado crítico;
- Crítico (ponto de inflexão): registram-se mudanças da estrutura do sistema, devido às perturbações que sobrepõem a capacidade de autorregulação do sistema (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2004)

Dias (2012) identificou a possibilidade de trabalhar com cinco classes de estado ambiental, a partir da análise dos dados naturais, socioeconômicos e de uso e ocupação da terra, enquadrando-os nas seguintes classes: 1) Estável, em que não existem problemas ambientais e com influência antropogênica pequena; 2) Medianamente Estável (sustentável), com poucas mudanças na estrutura; 3) Instável (insustentável), com fortes mudanças, espacial e funcional, em que a exploração dos recursos resulta no declínio da produtividade; 4) Crítico, com perda parcial da estrutura espacial e funcional, em que o uso resulta em drástica redução do potencial de uso da terra; e 5) Muito Crítico, com alteração generalizada da estrutura espacial e funcional, em que o potencial inicial dos recursos foi completamente destruído.

Ao considerar a problemática erosiva e os diferentes estágios de desenvolvimento destes processos na área estudada, optou-se por trabalhar com as cinco classes apresentadas por Dias (2012). Para identificar essas classes de estado ambiental, se fez necessária a combinação das informações das unidades físicas com o uso da terra (RODRIGUES; SILVA; CAVALCANTI, 2004; DIAS, 2012). Desse modo, foram geradas as informações de uso e cobertura superficial da terra, em uma perspectiva também histórica, nos cinco anos, a partir das mesmas bases apresentadas no quadro 1.

Após o mapeamento do uso e cobertura superficial da terra, essas informações foram trabalhadas junto das feições erosivas, com os mesmos procedimentos adotados para as variáveis do meio físico, até identificar o peso de cada classe de uso da terra. Nesse caso, as formas erosivas foram sobrepostas às classes de uso da terra do mesmo ano.

Com os pesos de cada classe de uso e cobertura superficial da terra (**Tabela 6**), no *software* ArcGIS, utilizou-se a ferramenta *weighted overlay*, em que se adicionou em formato raster os dados de uso de 2016 e as informações espaciais das unidades físicas, com os respectivos pesos, utilizando o índice de influência de 50% para cada variável. Como resultado, optou-se por utilizar os valores gerados pelo natural break, que resultou em cinco intervalos de classes.

**Tabela 6.** Média da densidade normalizada dos cinco anos mapeados, ponderação das feições erosivas, média ponderada e peso de cada classe temática de uso e cobertura superficial da terra

Feições erosivas	Sulco	Ravina	Voçoroca	Média Ponderada	Peso
<b>Ponderação das formas erosivas</b>	<b>2,25</b>	<b>3,87</b>	<b>5,5</b>		
Cultura temporária	0,26	0,03	0,00	0,06	6
Pasto	0,94	0,55	0,47	0,59	59
Pasto Sujo	0,43	0,66	0,60	0,59	59
Vegetação de area úmida	0,09	0,00	0,00	0,02	2
Floresta Estacional Semidecidual	0,08	0,00	0,00	0,02	2
Eucalipto	0,26	0,00	0,00	0,05	5
Reflorestamento	0,11	0,05	0,01	0,04	4

Fonte: Os autores.

Após a análise dessas classes quanto às suas características físicas e de uso da terra e a sobreposição das feições erosivas, os cinco intervalos obtidos foram denominados de acordo com as cinco classes de estado ambiental descritas por Dias (2012), sendo:

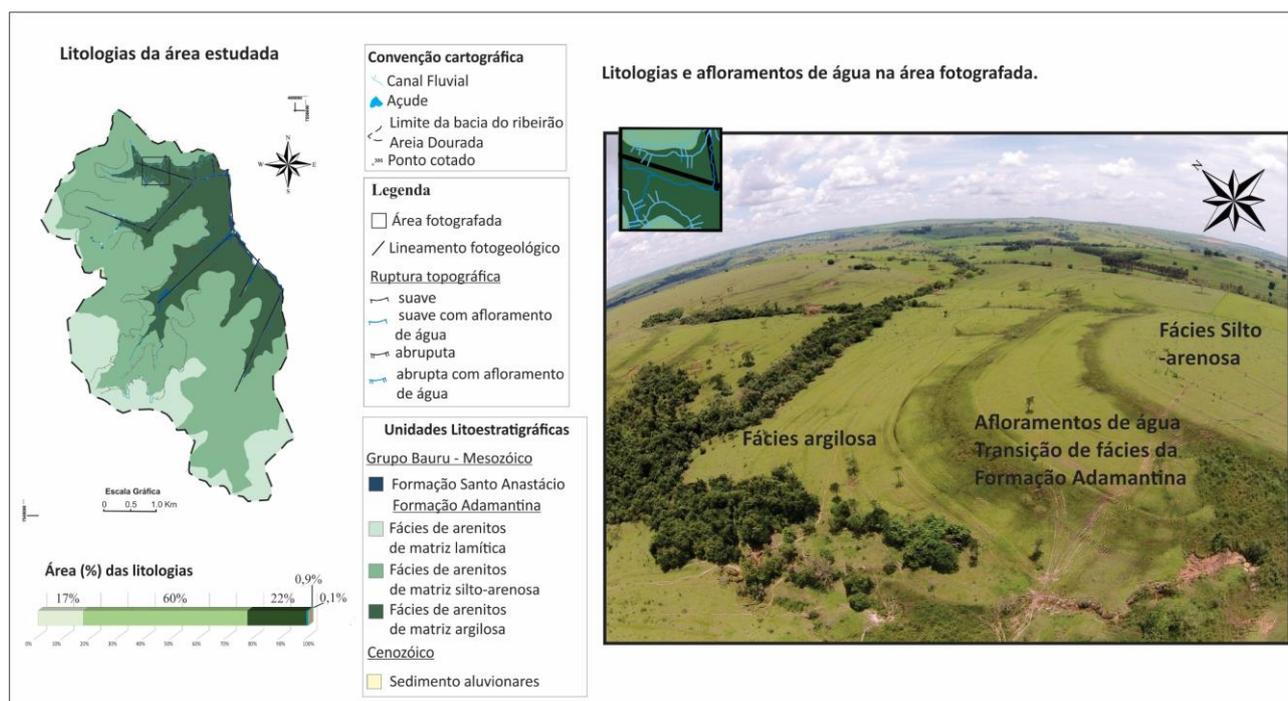
- Estável: terrenos em que a estrutura original foi mantida, onde não se encontram formas erosivas lineares. Nessa classe, as unidades físicas I e II e os usos e coberturas superficiais presentes não alteram essa predisposição;
- Medianamente estável: terrenos em que a estrutura original foi mantida, no entanto, diferentemente da anterior, ocorrem sobre parte das unidades físicas III, IV, V, VI e VII, de maior predisposição aos processos erosivos lineares. Nesse estado, considera-se que os usos e as coberturas superficiais presentes reduzem o efeito erosivo;
- Instável: terrenos em que se encontram sulcos erosivos, que indicam alterações funcionais. Nessa classe, o uso da terra potencializa o efeito erosivo, de maneira a estabelecer condições favoráveis ao desenvolvimento de sulcos erosivos;
- Crítico: terrenos com mudança parcial da estrutura espacial e funcional, em que, além de sulcos erosivos, encontram-se ravinas; ou que as coberturas superficiais presentes potencializam o desenvolvimento de ravinas em parte das unidades físicas III, IV e V

- Muito crítico: terrenos com alteração generalizada da estrutura espacial, nos quais se localizam as voçorocas; ou situações em que o uso e cobertura superficial potencializam o desenvolvimento dessa forma erosiva em setores das unidades físicas V, VI e VII.

### Área de Estudo

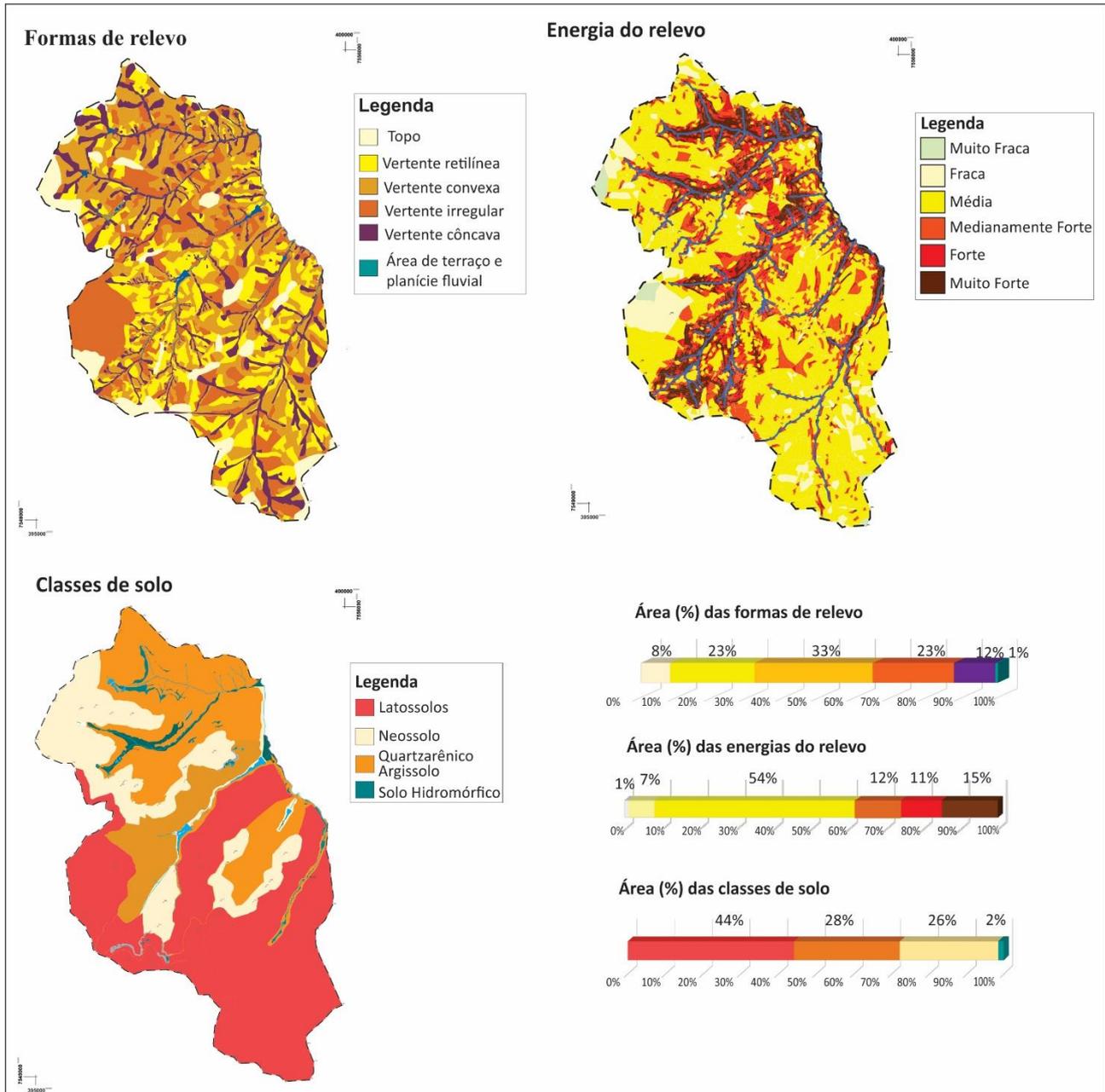
Sob as sub-bacias do ribeirão Areia Dourada encontram-se litologias predominantemente da Formação Adamantina, que se distinguem pela matriz em três fácies: lamítica; silto-arenosa e argilosa. Estas fácies condicionam diferenças de resistência e permeabilidade do substrato rochoso, que se refletem em características físicas distintas. Assim, quanto à rede de drenagem, destaca-se seu maior desenvolvimento na fácies argilosa da Formação Adamantina, sobretudo em terrenos com afloramentos de água nas rupturas topográficas, como na sub-bacia N (**Figura 3**). Nos setores de maior elevação sobre fácies de matriz lamítica (**Figura 3**), encontram-se os topos amplos, onde a energia do relevo (**Figura 4**) é de fraca a muito fraca. Têm-se também vertentes suavizadas em que se desenvolvem Latossolos, em energia média nas sub-bacias W e S. A fácies de matriz silto-arenosa da Formação Adamantina compreende 60% da área estudada (**Figura 3**). Sobre esta ocorrem os topos secundários, divisores das sub-bacias, predominando vertentes retilíneas (22%) e convexas (33%), que tendem a dispersar o fluxo de água, em energia do relevo média (54% da área) e Latossolos (44%), de estrutura arenosa à média e permeabilidade moderada.

**Figura 3.** Afloramento de água na transição entre a fácies silto-arenosa para argilosa da Formação Adamantina na sub-bacia N.



Fonte: Os autores.

**Figura 4.** Formas de relevo, energia do relevo e classes de solo das sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: Os autores.

Além do maior desenvolvimento da rede de drenagem, na fácies de matriz argilosa (**Figura 3**) têm-se predominantemente os Argissolos (**Figura 4**), a energia do relevo aumenta de média para medianamente forte a muito forte e há maior presença de concavidades, bem como de vertentes irregulares. Sobre esta fácies, nota-se uma tendência maior ao desenvolvimento de escoamento superficial, bem como da concentração do fluxo de água.

Sobre este ambiente, atua um clima tipicamente tropical. Boin (2000) destaca que, no período seco, há uma redução significativa das chuvas, seguido de meses com alta precipitação. Segundo o autor,

o período de maior risco à erosão ocorre quando as chuvas torrenciais se iniciam uma vez que encontram os solos muito secos, o que potencializa a erosividade.

Ainda, nos meses sequenciais de chuvas, a torrencialidade e o aumento progressivo destas proporcionam a saturação dos solos, favorecendo o escoamento em superfície, enquanto nos meses de menor precipitação, tem-se ativo o escoamento de subsuperfície, em que atuam os processos característicos. Tais situações, assim como constatado por Stein (1993) na bacia do rio Santo Anastácio, indicam uma atuação constante dos processos erosivos hídricos na área estudada, em superfície e subsuperfície.

## Resultados e Discussões

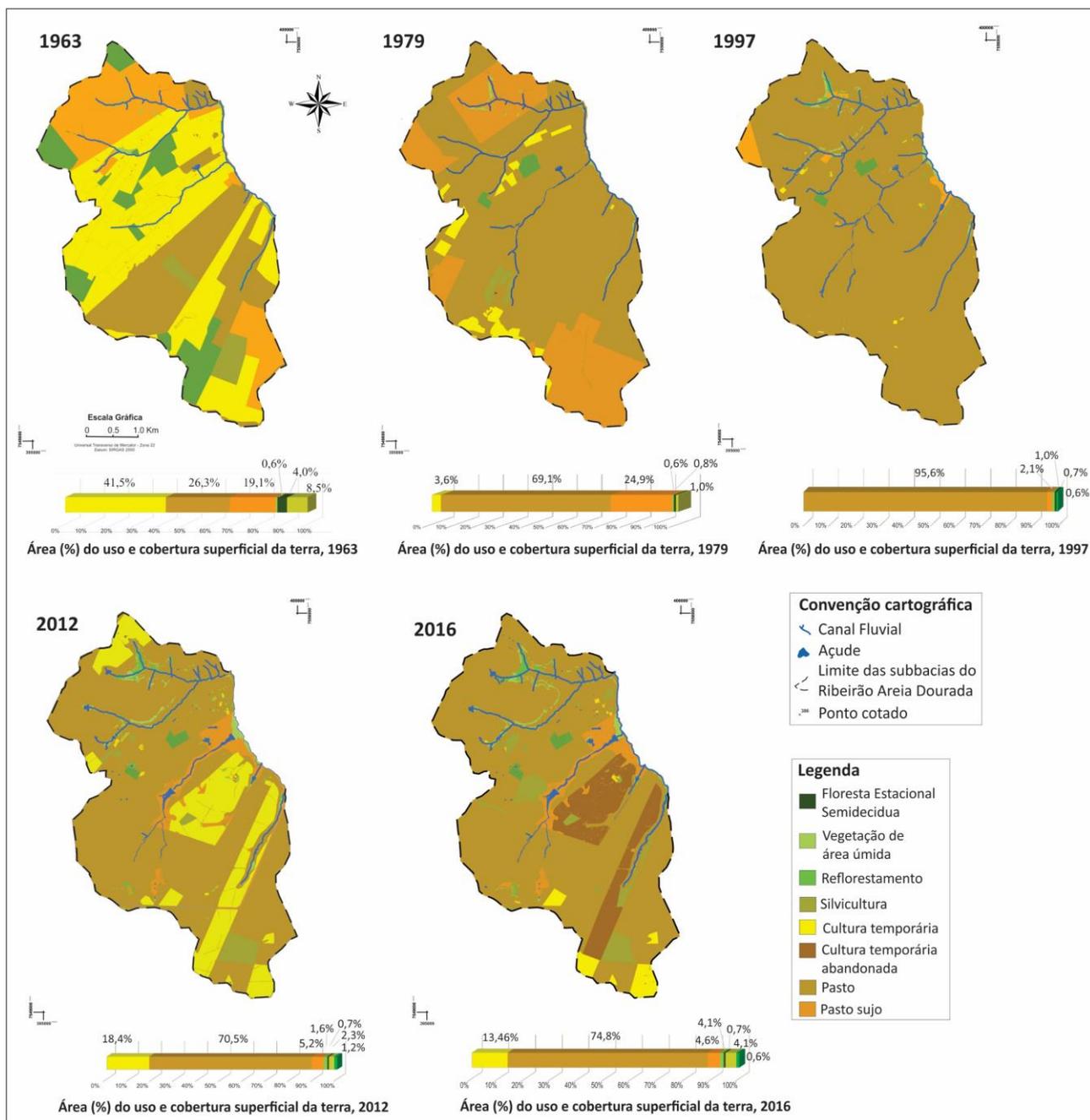
### Uso da terra

Ao longo de 53 anos, identificou-se um processo de ocupação devastador em relação à floresta nativa, inserindo-se no contexto regional relatado por Monbeig (1984) no Oeste Paulista e por Ferrari Leite (1999) no Pontal do Paranapanema. Em 1963, registraram-se apenas 4% da área recoberta pela Floresta Estacional Semidecidual, reduzindo para 0,7% em 1997, valor que se manteve até 2016 (**Figura 5**).

As áreas com mata nativa restringiram-se aos topos dos divisores da sub-bacia SW e N. Outro setor com matas são os terrenos à jusante das rupturas topográficas com afloramento da sub-bacia N, onde foi realizado reflorestamento. De acordo com ZANATTA et al. (2016), a localização dessas matas, bem como a área que ocupam estão muito abaixo do que a, já pouco restritiva, Lei 12651 de 2012 determina (ZANATTA et al., 2016), com extensas áreas de afloramentos de água, margem de canais fluviais desprotegidos e utilizados para pecuária.

As coberturas que substituíram as matas nativas, no primeiro ano analisado, foram principalmente as culturas temporárias e pastagens. As culturas temporárias, em 1979, sofreram redução significativa, concomitante ao aumento das áreas de pasto, cobertura que abrange maior área nos anos posteriores, chegando a 95,6% em 1997. De acordo com Rodrigues et al. (2006), esse movimento ocorre como resultado da erosão do solo, que tornou a produção muito onerosa e difícil para os pequenos proprietários, que venderam suas terras para grandes pecuaristas, resultando na expansão das áreas de pastos por toda região. A erosão, neste caso, intensificou a concentração fundiária e o uso predominante como pasto.

**Figura 5.** Uso e cobertura superficial da terra das sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), nos anos de 1963, 1979, 1997, 2012 e 2016.



Fonte: Os autores

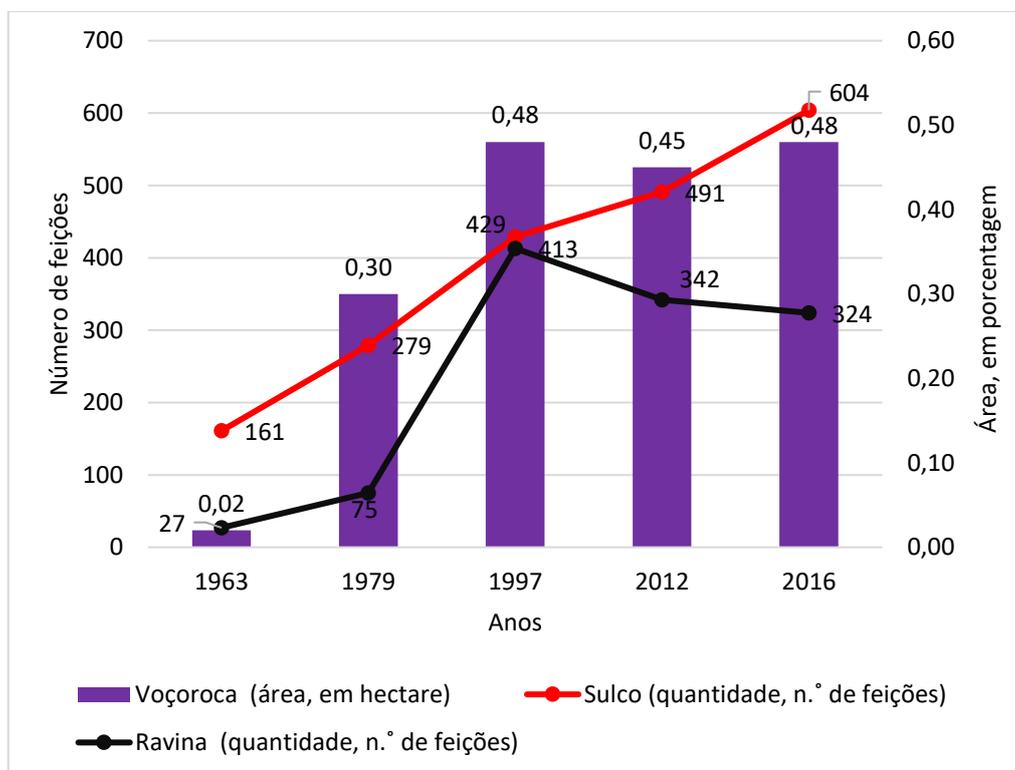
A partir de 2010, registrou-se 18,4%, seguido de 13,4% em 2016, de áreas com cultura temporária. Esta cobertura corresponde ao cultivo de cana-de-açúcar devido à expansão de empresas sucroalcooleiras na região do Oeste Paulista, com arrendamento de terras (BARRETO; THOMAZ Jr., 2012). Em 2016, verificou-se que boa parte das áreas de cultivo de cana-de-açúcar encontrava-se queimada e com o gado pastando sobre estas superfícies, resultado da decadência de empresas de produção canieira na região, com abandono das terras plantadas, seguido da transformação dessas áreas em pasto pelos proprietários.

### Dinâmica erosiva

Nas sub-bacias estudadas, o ambiente físico tem muitas de suas características determinadas pelo material do substrato rochoso, sendo aqueles mais elevados, sobre matriz lamítica e silto-arenosa, com maior capacidade de dispersão do fluxo e infiltração de água, enquanto aqueles a jusante, sobre fácies de matriz argilosa e Argissolos, com maior capacidade de formação de fluxo superficial concentrado.

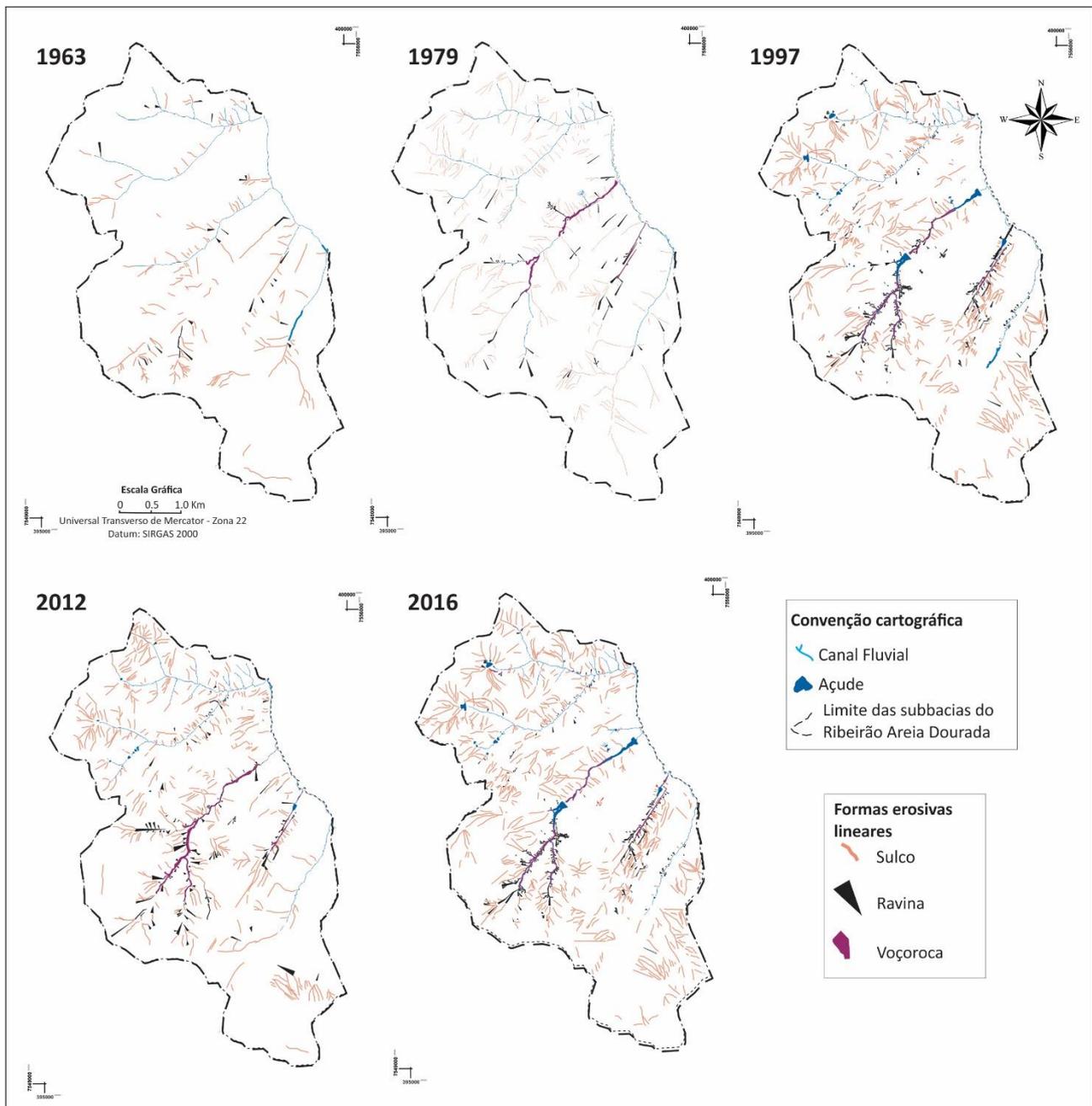
Neste ambiente, praticamente toda mata nativa foi substituída pela agricultura há pelo menos cinco décadas, com uso constante destes solos, sobretudo para pecuária extensiva, sem qualquer preocupação preservacionistas ou de proteção ao bioma nativo, ocupando com pasto terrenos marginais aos canais fluviais, nascentes, áreas declivosas, reconhecidas por Lei de necessária proteção. Assim, constatou-se, a partir do mapeamento das feições erosivas lineares, uma intensa atividade erosiva na área estudada (**Figura 6 e 7**). De 1963 a 2016, as feições erosivas aumentaram expressivamente: aproximadamente quatro vezes o número de sulcos, 12 vezes o número de ravinas e 24 vezes a área atingida por processos de voçorocamento (**Figura 6 e 7**).

**Figura 6.** Número e dimensão das formas erosivas em 1963, 1979, 1997, 2012 e 2016 nas sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: Os autores.

**Figura 7.** Formas erosivas lineares (sulco, ravina e voçoroca) nas sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), nos anos de 1963, 1979, 1997, 2012 e 2016.



Fonte: Os autores.

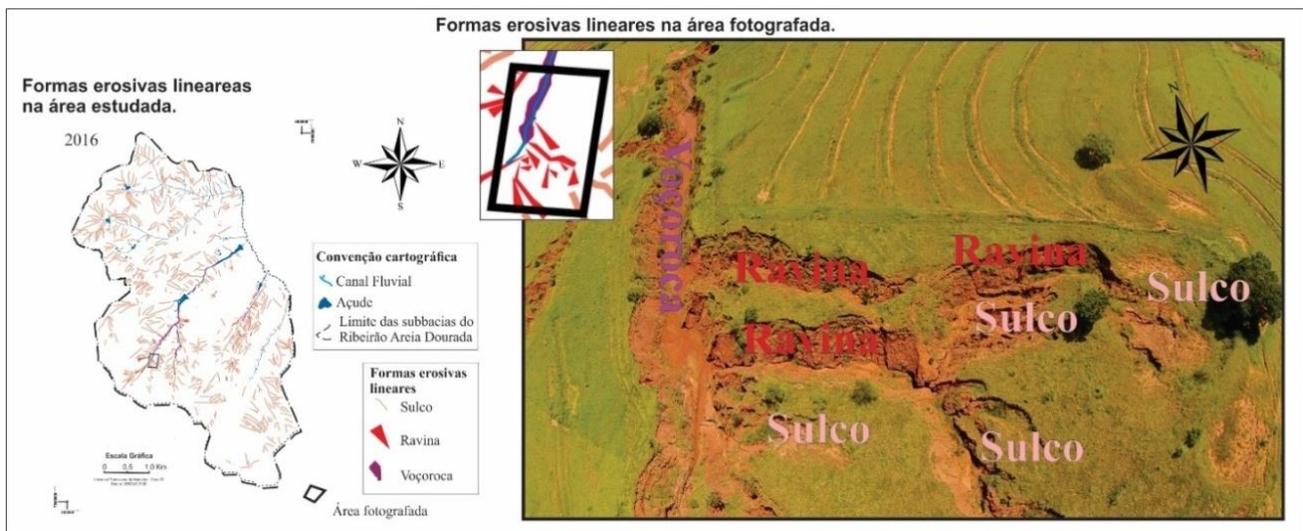
Os dados demonstram uma diminuição das formas erosivas em ravinas e voçorocas de 1997 para 2012. Essa redução ocorreu junto ao uso de diversas técnicas de contenção da erosão, como a obliteração de ravinas por soterramento, enquanto nos cursos d'água com voçorocamento foram construídas barragens, que reduziram a área afetada pelo processo através do alagamento do fundo e do talude da forma erosiva.

De 2012 a 2016, constatou-se uma nova redução do número de ravinas, pela continuidade das obliterações dessas feições. No entanto, há um aumento significativo de sulcos e voçorocas, com duas erosões atingindo e expondo o lençol na sub-bacia N, em terrenos a jusante das rupturas topográficas com afloramento de água.

Em um comparativo entre o uso e cobertura da terra (**Figura 5**) e as feições erosivas (**Figura 7**), constata-se que as áreas mais utilizadas pela pecuária desde 1963 são aquelas com maior dinâmica erosiva linear ao longo do período analisado, evidenciando o desgaste devido ao uso destes solos para o pastoreio. Entende-se que este uso dinamiza a ação erosiva sobre distintas características físicas, proporcionando o escoamento superficial concentrado da água em vertentes convexas e retilíneas, que tendem à dispersão de fluxo, de energia média e recobertas por Latossolo ou Neossolo Quartzarênico.

A ação erosiva também é maior nas bacias atingidas por processo de voçorocamento, registrando-se maior número de feições em ravinas e sulcos nestes setores. Averiguou-se, sobretudo nas sub-bacias W e SE, com processos mais antigos, que a voçoroca conecta as demais formas erosivas presentes na bacia, dinamizando, em uma ação combinada, o desenvolvimento da erosão (**Figura 8**), o que generaliza as formas erosivas sobre variáveis físicas, teoricamente, pouco suscetíveis a tais fenômenos.

**Figura 8.** Erosão linear na sub-bacia W. Desenvolvimento da voçoroca no fundo de vale, conectadas às ravinas e aos sulcos à montante.

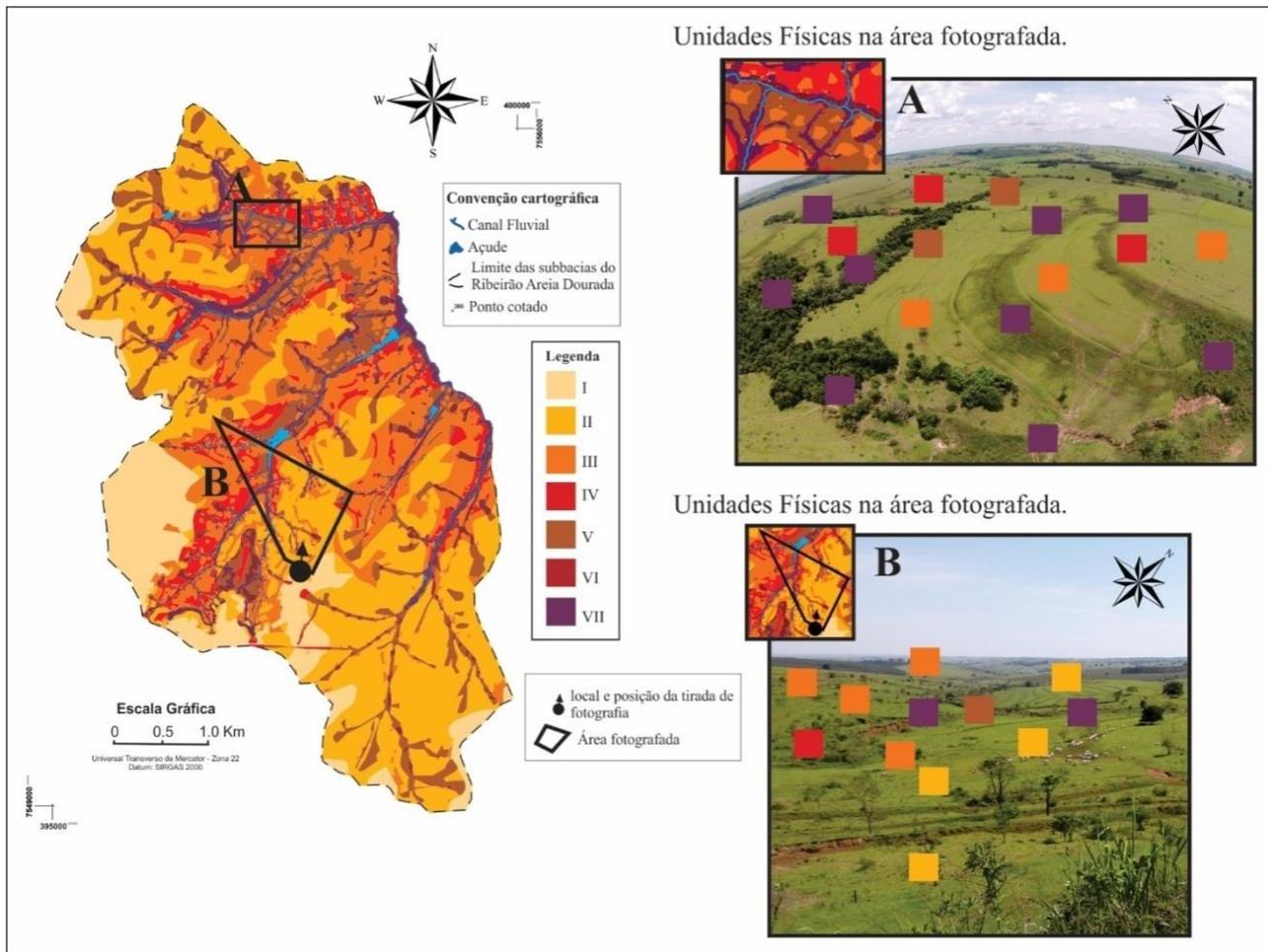


Fonte: Os autores.

Os caminhos da erosão: Busca pelo zoneamento físico

As unidades físicas foram definidas a partir dos atributos que determinam maior ou menor tendência à formação e desenvolvimento de processos erosivos lineares, baseando-se no próprio histórico de cinco décadas das formas erosivas sobre as variáveis físicas estudadas. Nestas unidades pode-se observar a significativa influência da energia do relevo, dos Argissolos, das vertentes côncavas e, sobretudo, das fácies da Formação Adamantina na distribuição espacial dos terrenos com maior predisposição à erosão linear (**Figura 9; Figura 4**).

**Figura 9.** Unidades físicas da área estudada: A) Unidades de III à VII na sub-bacia N, em terrenos com ruptura topográfica e afloramento de água; B) Unidades II e III na sub-bacia W, predominante nas vertentes convexas como energia do relevo média.



Fonte: Os autores.

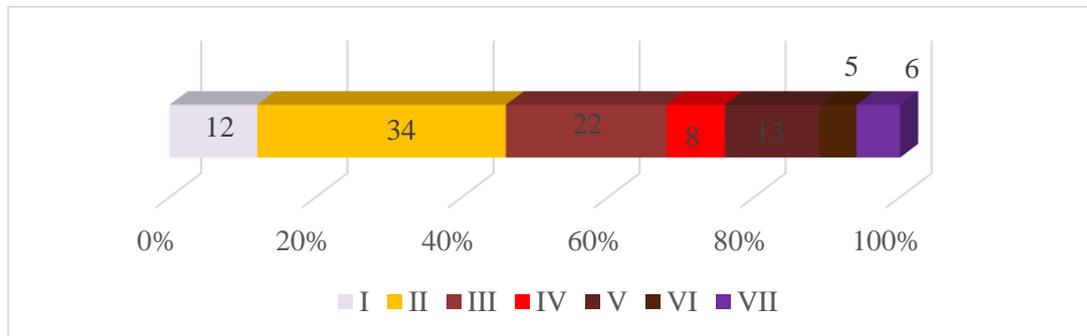
Ainda, na fácies silto-arenosa da Formação Adamantina, encontra-se a unidade III nas vertentes das sub-bacias SE e N e nas vertentes a W da sub-bacia W, em Argissolo (Figura 4; Figura 9). Registram-se unidades de maior predisposição, de IV a VII sobre essa fácies em vertentes côncavas ou onde a energia é de medianamente forte a muito forte (Figura 4; Figura 9).

Os terrenos sobre fácies argilosa da Formação Adamantina apresentaram maior variação das unidades físicas. Embora predomine a unidade III nessa fácies, ainda se destacam espacialmente as unidades IV e V, quando ocorrem Argissolos sobre essa litologia. Ocorrem ainda as unidades VI e VII nas concavidades e nos setores de maior energia ou afloramento de água nas proximidades das rupturas topográficas abruptas, em que dominam solos subordinados ao hidromorfismo, sobretudo na sub-bacia N (Figura 4; Figura 9).

A unidade I abrange 11,42% das sub-bacias (Figura 10), restringindo-se aos terrenos sustentados pela fácies lamíticas da Formação Adamantina, em topos de energia do relevo muito fraca, fraca e

média, com Latossolos (**Figura 9; Figura 4**). Estas variáveis, portanto, são as menos suscetíveis ao processo erosivo linear.

**Figura 10.** Área (%) ocupada pelas Unidades Físicas nas sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



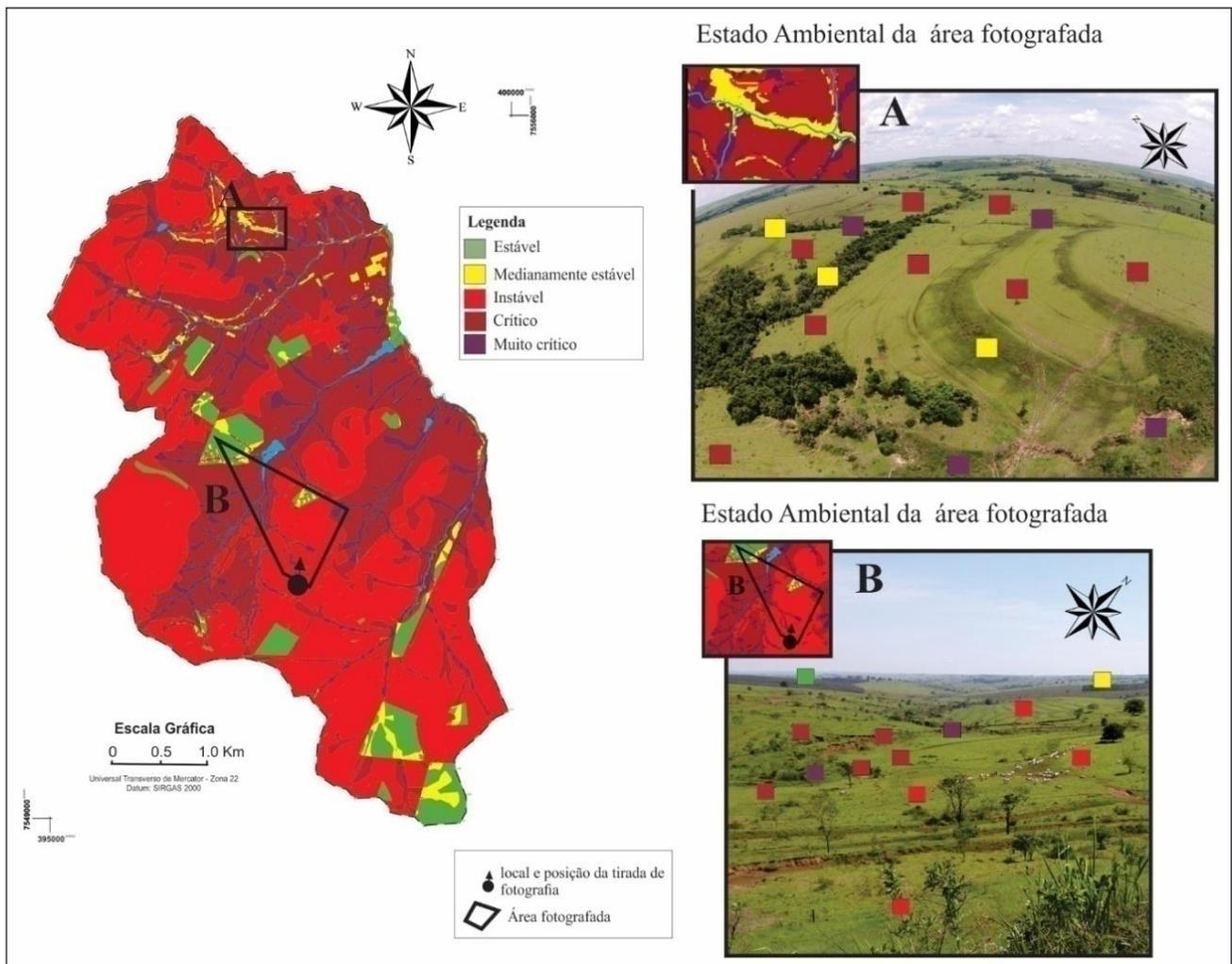
Fonte: Os autores.

A unidade física II ocorre sobre fácies silto-arenosas preferencialmente, perfazendo os setores mais elevados dos interflúvios entre as sub-bacias e as vertentes mais extensas, retilíneas e convexas (Figura 4; Figura 9). Ocupa a maior porcentagem da área estudada, compreendendo 34,11% da superfície (Figura 10). Portanto, nesses setores há uma tendência à infiltração e dispersão do fluxo de água, reduzindo o efeito erosivo.

A degradação do potencial geológico: O uso da terra das unidades físicas

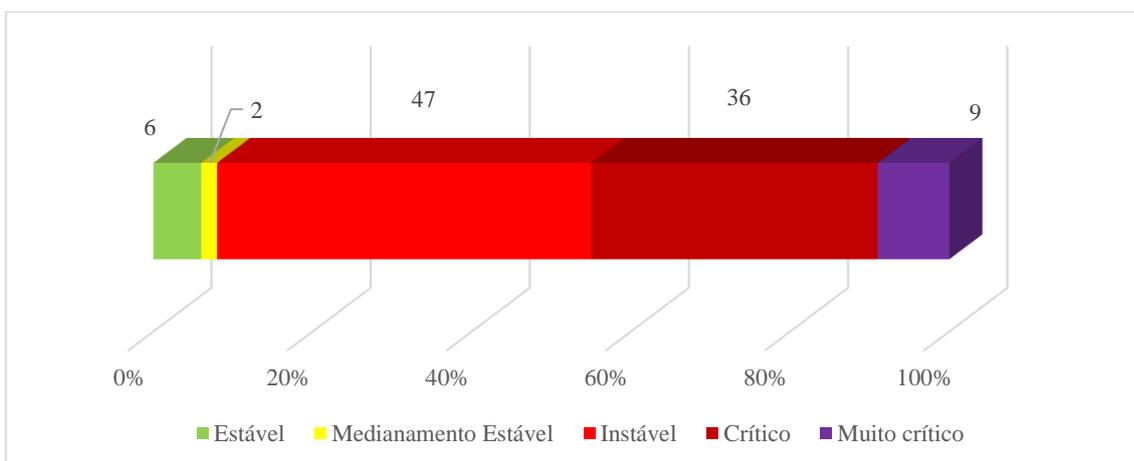
A baixa porcentagem de Floresta Estacional Semidecidual desde o primeiro ano analisado, com significativo e crescente uso dos terrenos como pasto há cinco décadas (**Figura 5**), colaborou para a expressiva distribuição espacial de setores em estado Instável, Crítico e Muito Crítico (**Figura 11**), registrando uma situação de intensa degradação do potencial geológico das sub-bacias pelo uso inadequado das terras, com 9% dos terrenos em estado Muito Crítico, 36% em Crítico e 47% Instável (**Figura 12**).

**Figura 11.** Estado Ambiental da área estudada: A) setor Norte; B) setor Oeste.



Fonte: Os autores.

**Figura 12.** Área (%) ocupada pelas classes de Estado Ambiental nas sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: Os autores.

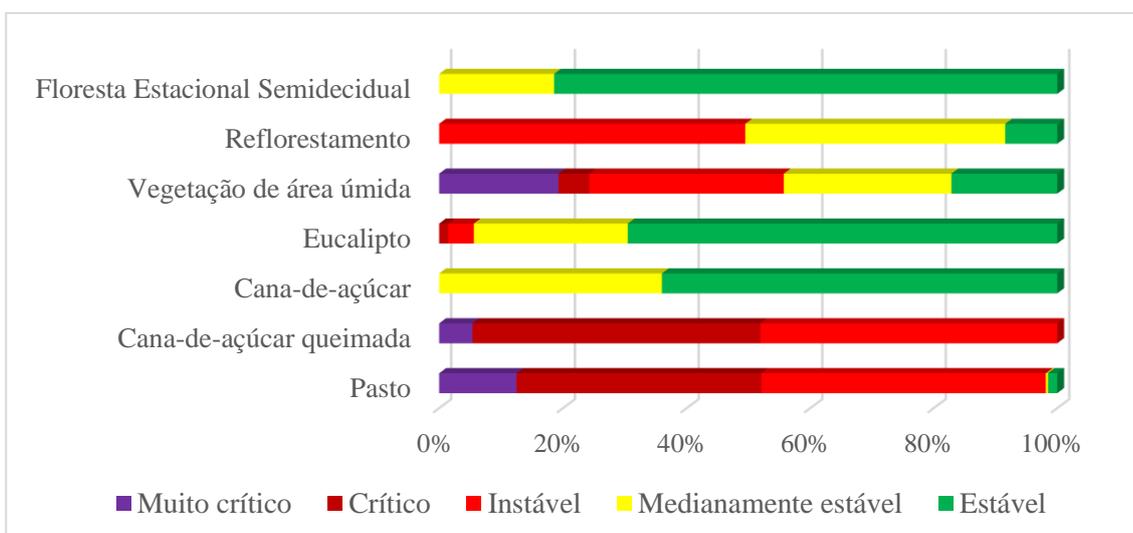
O pasto generaliza o estado Instável nas sub-bacias, no entanto, a degradação é mais intensa em terrenos sobre fácies de matriz argilosa, Argissolos e, sobretudo, nas vertentes côncavas, em que o estado é de Crítico a Muito Crítico, como destacados nas áreas A e B da **Figura 11**.

Outra questão a ser destacada, refere-se às situações de reflorestamento, em estado Medianamente Instável, e vegetação de área úmida em estados Instável, Crítico e Muito Crítico (**Figura 11 A**). Nessas situações, o uso do entorno, sobretudo para pastagem, proporciona o desenvolvimento da erosão, que, conseqüentemente, atinge os terrenos recobertos por reflorestamento ou vegetação de área úmida. Essa situação sugere que a avaliação da cobertura superficial não deve partir de uma análise restrita à localização destas nas unidades físicas, mas, também, considerar o uso do entorno para avaliar a problemática erosiva a partir da dinâmica do conjunto de vertentes.

Desse modo, verifica-se que apenas 8% da área estudada encontra-se com uso e cobertura superficial adequado às características das unidades físicas (**Figura 12**), como os terrenos recobertos por Floresta Estacional Semidecidual, reflorestamento, ou quando nas unidades IV e V tem-se silvicultura e unidades I e II com cultura temporária ou pasto (**Figura 12**).

Os dados apresentados na **Figura 13** permitem avaliar a importância da floresta nativa na estabilidade dos processos geocológicos, mas também, como o uso do entorno, por efeito de borda dos processos erosivos, pode instabilizar esses terrenos, apresentando situações de Floresta Estacional Semidecidual em estado Medianamente Instável e reflorestamento em situação Instável; mas principalmente afetando as áreas recobertas por vegetação de área úmida, naturalmente instável pela dinâmica do fluxo de água, de modo que o uso do entorno contribuiu para degradar seu potencial, encontrando-se em estado Crítico e Muito Crítico; situações também destacadas na **Figura 11 A**.

**Figura 13.** Estado ambiental (em %) das coberturas superficiais da terra nas sub-bacias do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: Os autores.

O pasto se mostrou Estável e Medianamente Estável apenas em situações muito específicas, como áreas com energia de relevo muito fraca sobre Latossolos (**Figura 4; Figura 5; Figura 11**); em todas as demais desencadeou a degradação do potencial geoecológico. Esses dados destacam a incompatibilidade do uso por pasto, generalizado e por décadas, com as características físicas da área estudada.

No que se refere ao cultivo de cana de açúcar, Zanatta et al. (2017b) identificaram que as correções constantes dos terraços agrícolas mascaram a erosão sob essa cobertura, tanto a laminar, como a formação de sulcos que ocorrem nos períodos de chuva, uma vez que tais feições são obliteradas logo após o surgimento. Assim, ao estabelecer os pesos a partir da presença das feições erosivas, esse tipo de cobertura, em função das técnicas mencionadas, apresenta um peso pouco significativo, embora, pelos dados de campo, se verifique que a dinâmica erosiva é considerável.

### **Conclusões**

A metodologia proposta permitiu levantar de maneira quantitativa os terrenos em que as combinações físicas são deflagradoras de maior predisposição a processos erosivos, como os setores de maior energia do relevo, vertentes côncavas, Argissolos e fácies argilosa da Formação Adamantina, bem como indicar a degradação provocada pelo uso contínuo e inadequado da terra, principalmente pelas pastagens, de modo a resultar em erosão mesmo quando as condições físicas são, teoricamente, estáveis. Tais situações ainda permitiram identificar terrenos que, embora estáveis atualmente, apresentam potencial degradação, situação indicada pela combinação dos elementos presentes.

A quantificação das formas erosivas e o uso destes dados para definir as unidades físicas e o estado ambiental, como proposto neste estudo, proporcionaram maior precisão dos mapeamentos, reduzindo a subjetividade de uma metodologia que se caracteriza por sua conotação qualitativa nos trabalhos tradicionais com uso da Geoecologia da Paisagem (LEAL, 1993; RODRIGUEZ et al, 1995). No entanto, ainda é necessário avaliar questões como o efeito de borda ou de culturas temporárias, como a cana-de-açúcar, que pela correção constante feita nos terraços agrícolas, suscita a necessidade de outra forma de avaliação da sua influência sobre os processos erosivos.

Assim, constatou-se uma tendência ao aumento na perda de potencial geoecológico em 92% da área estudada, as quais se encontram nas classes Instável (47%), Crítico (36%) e Muito Crítico (9%), com conseqüente desperdício de solos que são a base da economia local.

## Referências

- AGOSTINHO, M.B. *Reconhecimento geológico (Formação Santo Anastácio e Adamantina) e paleobiológico (Mesoeucrocodylia, Baurusuchidae Sphgesbauridade) na região Noroeste do estado de São Paulo*. 2009, 155f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da Caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, n.25, p. 121-128. 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000100013>
- BASTOS, A. S.; MANIESI, V.; GOMES, F. B. Vulnerabilidade natural à erosão no sudoeste da Amazônia associada aos seus modos de ocupação – o caso do entorno da terra indígena Uru Eu WauWau. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.16, nº 2, p.271-282. 2015. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i2.386>
- BARRETO, M. J.; THOMAZ Jr., A. O cenário do agronegócio canavieiro na região do Pontal do Paranapanema. In: *ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA*, 21, Uberlândia, 2012, Anais... Uberlândia: UFU, 2012, p.1-19.
- CABECAUER, T.; HOFIERKA, J. The consequences of land cover changes on soil erosion distribution in Slovakia. *Geomorphology*, n. 98, p.187-198. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.035>
- CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; MINCATO, R. L.; FERREIRA, M. M. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v.39, n.2, p. 589-597. 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140363>
- CARVALHO, W. A. (Coord.). *Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Santo Anastácio-SP*. Presidente Prudente, São Paulo: FCT-UNESP, 1997, v.1 e v.2.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE); INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas*. São Paulo: DAEE/IPT, 1989.
- DIAS, R. L. *Zoneamento Geoambiental da região do litoral sul do estado de São Paulo como subsídio ao uso e ocupação das terras: um estudo de caso dos municípios de Iguape, Ilha Comprida e Cananéia*. 2012, 201f. Dissertação (Mestrado em Geografia, análise ambiental e dinâmica territorial) - Universidade Estadual de Campinas. 2012.
- DITT, E. H. *Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema*. São Paulo: IPÊ, 2002.

- FERNANDES, L. A.; COIMBA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 24, n. 3, p. 164-176, 1994.. <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.1994164176>
- FERRARI LEITE, J. *A ocupação do Pontal do Paranapanema*. São Paulo: Hucitec/Fundação Unesp, 1999.
- FOOKES, P.G.; LEE, E.M.; GRIFFITHES, J.S. *Engineering geomorphology: theory and practice*. Dunbeath: Whittles Publishing, 2007.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.; NADAL-ROMERO, E.; LANARENAULT, N.; BEGUERÍA, S. Erosion in Mediterranean Landscapes: Changes and future challenges. *Geomorphology*. v.198, p. 20-36.2013. <http://dx.doi.org/10.1016/geomorph.2013.05.023>
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT), 2015. *Cadastro de erosões e inundações*. Disponível em: <[http://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=928](http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=928)>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Orientações para controle de erosão na bacia do Rio Santo Anastácio – 3ª fase*. São Paulo: IPT, Relatório Nº32.257, 1994.
- KARMAN, I. Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo. Companhia Editora Nacional, 2008. p. 113-138.
- LAL, R. *Soil erosion in the tropics: principles and management*. New York: McGraw – Hill, 1990.
- LEAL, A.C. *Meio Ambiente e Urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas, SP*. 1995, 125p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.
- LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num Latossolo-Vermelho-Amarelo Ácrico Típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, n.33, p. 689-699. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000300021>
- LEPSCH, I. F.; BELINAZZI Jr., D.; ESPINDOLA, C. R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso*. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1983.
- LESSCHEN, J. P.; CAMMERAAT, L. H.; NIEMAN, T. Erosion and terrace failure due to agricultural land abandonment in a semi-arid environment. *Earth Surface Processes and Landforms*. v.33, p. 1574-1584. 2008. <https://doi.org/10.1002/esp.1676>

- MARKER, M.; ANGELI, L.; BOTTAI, L.; COSTANTINI, R.; FERRARI, R.; INNOCENTI, L.; SICILIANO, G. Assessment of land degradation susceptibility by scenario analysis: A case study in Southern Tuscany, Italy. *Geomorphology*. v. 93, p. 120-129. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.020>
- MENDES, I. A. *A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP*. 1993. 171 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- MONBEIG, P. *Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo*. São Paulo: HUCITEC, 1984.
- OLIVEIRA, R. C. de. *Zoneamento ambiental como subsídio para o planejamento de uso e ocupação do solo do município de Corumbataí/SP*. 2003, 141p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; MAURO, C. A.; RUSSO, I. L.; SILVA, C. M.; BOLVO, R.; ARÇURI, M. E. P.; MARINHO, V. L. F. Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). *Geografia*, Rio Claro, v.20, n.1, p.81-129.1995.
- RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V. e CAVALCANTI, A. O. B. *Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: Editora UFC, 2004.
- SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.p. 229-265.
- STEIN, D. P. *Avaliação da degradação do meio físico. Bacia do rio Santo Anastácio. Oeste Paulista*. 1999, 197p. Tese (Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 1999.
- TRICART, J. *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris: Masson, 1965.
- ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M.N. Geoecologia da paisagem x legislação ambiental: uma análise da distribuição espacial das restrições ao uso da terra frente à problemática erosiva da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP). *Sociedade & Natureza* (UFU. Online) v.28, p.21-38. 2016. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160102>
- ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M.N. O uso de anaglifos na identificação de feições erosivas: estudo de caso em área rural degradada. In: BOIN, M.N.; MARTINS, P. C. S.; MIRANTE, M. H. P. (Org.). *Geotecnologias aplicadas às questões ambientais*. Tupã (SP), ed. ANAP, 1ª ed., vol.1, 2017a, p.31-53.

ZANATTA, F.A.S.; LUPINACCI, C.M.; BOIN, M.N.; MORUZZI, R.B. Antropogemorfologia e problemática erosiva em área rural degradada, Marabá Paulista (SP). *Revista do Departamento de Geografia USP*. Volume Especial – Eixo 10, p.199-20. 2017b. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132614>

### **SOBRE OS AUTORES / AUTORAS**

**Felipe Augusto Scudeller Zanatta.** Possui graduação em Licenciatura (2009) e Bacharelado (2010) em Geografia pela FCT Unesp, campus Presidente Prudente. Mestre e Doutor em geografia (2014) pelo IGCE Unesp, campus de Rio Claro. <https://orcid.org/0000-0002-3896-6148>. Email: [felipeASZ@hotmail.com](mailto:felipeASZ@hotmail.com)

**Cenira Maria Lupinacci.** Possui graduação em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1993), mestrado em Geografia (1997), doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001) e livre docência em Geomorfologia. Atualmente é professora doutora da Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: cartografia geomorfológica, erosão e planejamento ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-4732-1421>. Email: [cenira.lupinacci@unesp.br](mailto:cenira.lupinacci@unesp.br)