

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE
Programa de Pós-Graduação em Geografia – Organização do Espaço
Campus de Rio Claro

FELIPE AUGUSTO SCUDELLER ZANATTA

**DIAGNÓSTICO VISANDO PLANEJAMENTO AMBIENTAL
DA ALTA BACIA DO RIBEIRÃO AREIA DOURADA,
MARABÁ PAULISTA (SP).**

Rio Claro – SP

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE
Programa de Pós-Graduação em Geografia – Organização do Espaço
Campus de Rio Claro

FELIPE AUGUSTO SCUDELLER ZANATTA

**DIAGNÓSTICO VISANDO PLANEJAMENTO AMBIENTAL
DA ALTA BACIA DO RIBEIRÃO AREIA DOURADA,
MARABÁ PAULISTA (SP).**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia – Organização do Espaço.

Orientadora: Prof. ^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Rio Claro – SP

2014

551.302 Zanatta, Felipe Augusto Scudeller
Z27d Diagnóstico visando planejamento ambiental da alta bacia
do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP) / Felipe
Augusto Scudeller Zanatta. - Rio Claro, 2014
142 f. : il., figs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Cenira Maria Lupinacci da Cunha

1. Erosão. 2. Geoecologia da paisagem. 3. Problemática
erosiva. 4. Diagnóstico ambiental. I. Título.

FELIPE AUGUSTO SCUDELLER ZANATTA

DIAGNÓSTICO VISANDO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA
ALTA BACIA DO RIBEIRÃO AREIA DOURADA, MARABÁ
PAULISTA (SP).

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia – Organização do Espaço.

Membros da Comissão Examinadora

Prof. ^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha (Orientadora)

IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. ^a Dr.^a Regina Célia de Oliveira

IG/UNICAMP/Campinas (SP)

Prof. ^a Dr.^a Andréia Medinilha Pancher

IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Rio Claro, SP 30 de Junho de 2014.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nelson e Silvia, por todo apoio e carinho ao longo da vida, sempre incondicionais e sinceros. Aos meus padrinhos João e Ana e à minha tia Olga pela força nos momentos necessários. Às minhas avós, das que sempre levo o sorriso e o abraço no coração.

À minha esposa Iara por conviver comigo nos momentos bons e ruins, me acompanhar, encorajar e apoiar nas decisões que tomo na vida.

À orientadora Cenira Maria Lupinacci da Cunha e ao Co-orientador Marcos Norberto Boin pelos ensinamentos, conversas, dedicação, essenciais para meu amadurecimento enquanto pesquisador, e pelo exemplo de vida.

À prof.^a Dr.^a Regina Célia de Oliveira e à Prof.^a Dr.^a Andréia Medinilha Pancher pelos conselhos e correções na qualificação e defesa, essenciais para meu amadurecimento na pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento, proporcionando dedicação exclusiva durante 24 meses à pesquisa, essencial para o desenvolvimento do trabalho e divulgação do mesmo em diversos eventos nacionais e internacionais.

Aos amigos Herivelto, Altieres, Tiago, Jader e, em especial, ao Adriano e à Renata, por me acolherem em Presidente Prudente durante os trabalhos de campo e pela amizade que supera distâncias. À Juliana que me abrigou durante minha estadia em Vitória (ES).

Aos companheiros e companheiras Gabriel, Natália, Saulo, Giu, Silce, Marcel, António, Gustavo, Nuno, Renata, Leonardo Novaes, Yu e Thomazini, Ana Luiza, Jamile, André, Danilo, Fabrício, Rodolfo, Maicon, Renato, Maria, Luís, Paula, Pedro, Jaqueline, Mizu, Fantoche, Gabriela, Guilherme, Licoln e Chicão pelos momentos de distração e alegria.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho chegasse ao fim.

Resumo

O uso excessivo e com base em critérios econômicos, desvinculados da suscetibilidade e capacidade de uso dos terrenos, resultam no desperdício dos recursos naturais. Ao reduzir as áreas de domínio dos biomas de forma significativa e implantar: cultivos, estradas mal projetadas e a prática da pecuária, a ação da chuva, associada às novas coberturas, promovem a aceleração de processos geomórficos, do assoreamento e da contaminação dos cursos d'água. No Planalto Ocidental Paulista, em formações areníticas, essa situação tornou-se expressiva, principalmente na bacia do rio Santo Anastácio, onde diversos estudos sobre as características físicas, a problemática erosiva e o planejamento ambiental foram desenvolvidos. Parte da referida área, a alta bacia do ribeirão Areia Dourada, localizada no município de Marabá Paulista (SP), foi o foco deste trabalho, por despontar como uma das mais problemáticas do setor. Com objetivo de construir o diagnóstico ambiental para contribuir com os órgãos competentes na gestão da área estudada, a pesquisa visou compreender os condicionantes físicos e antrópicos que culminaram na degradação do ambiente e, por meio da concepção sistêmica e da adaptação da metodologia da geoecologia da paisagem, integrar e correlacionar diversos elementos da paisagem que influem na movimentação dos solos mediante os processos erosivos. Na análise, averiguou-se que dos 68,02% da bacia com alguma capacidade de uso, considerando suas restrições, apenas 4,35% estão de acordo com os limites das unidades físicas. No total, dos 95,75% da área estudada sobre alguma atividade antrópica, 91,4% apresenta-se acima da capacidade dos terrenos, o que resulta em desperdício do potencial de uso e dos recursos naturais. Considera-se que as adequações metodológicas para um ambiente predominantemente rural e degradado foram eficientes para diagnosticar a problemática da bacia, fornecendo informações relevantes para as autoridades responsáveis pela sua gestão e estudos que tratem da temática abordada.

Palavras-chave: Geoecologia da paisagem; alta bacia do ribeirão Areia Dourada; diagnóstico ambiental.

Abstract

The excessive use and based on economic criteria, unlinked susceptibility and ability to use the land; result in wastage of natural resources. By reducing areas of biomes and implement: crops, roads poorly designed and the practice of ranching, the action of rain, associated with new roofs, promotes the acceleration of geomorphic processes, sedimentation and contamination of water. In Western Planalto Paulista, in sandstone formations, this situation has become significant mainly in Santo Anastácio river basin, where several studies about the physical characteristics, erosive problems and environmental planning have been developed. Part of this area, the upper basin of the river Areia Dourada, located in the municipality of Marabá Paulista (SP), was the focus of this work, by manifest as one of the most problematic of the sector. With the aim of building environmental analysis to contribute to the appropriate agencies in the management of the study area, the research aimed to understand the physical and anthropogenic conditions that led to the degradation of the environment and, through the systemic conception and by adapting of the methodology of geoecology landscape, integrate and correlate many landscape elements that influence the movement of soil by erosion processes. In the analysis, it was investigated that 68.02% of the basin with some usability considering its restrictions, only 4.35% are in accordance with the limits of physical units. In total, 95.75% of the area studied about some human activity, 91.4% presents above the capacity of the land, which results in waste of potential use and natural resources. It is considered that the methodological adaptations to a predominantly rural and degraded environment were effective in diagnosing the problems of the basin, providing relevant information to the authorities responsible for managing and studies that deal with the theme.

Key-Words: Geoecology of the landscape; the upper basin of the river Areia Dourada; environmental diagnosis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP)...	4
Figura 2- Modelo sistêmico de funcionamento da paisagem, absorção, transformação e consumo de E.M.I.....	10
Figura 3- Sequência do processo de degradação dos geossistemas.....	12
Figura 4-Hierarquia fluvial de 1962 e 2012.	33
Figura 5- Identificação das áreas onde ocorrem processos de sedimentação relacionados ao Quaternário.	34
Figura 6- Solos subordinados ao hidromorfismo em rupturas topográficas com afloramento do lençol freático.....	35
Figura 7- Neossolo Litólico.....	36
Figura 8- Identificação da área de terraço, planície fluvial e de leque aluvial.....	37
Figura 9-Identificação das áreas com rupturas topográficas, sulcos e ravinas.....	38
Figura 10- Ruptura topográfica abrupta na imagem orbital e em fotografia de campo.	38
Figura 11- Sulco erosivo, imagem orbital e fotografia de campo.	39
Figura 12- Ravina, imagem orbital e fotografia de campo.....	40
Figura 13- Voçoroca com ravinas laterais em imagem orbital e fotografia de campo... ..	40
Figura 14- Colo topográfica, vertentes côncavas e convexas.	41
Figura 15- Terraços agrícolas em imagem orbital e fotografia em campo.....	41
Figura 16 - Obliteração em imagem orbital e fotografia em campo.	42
Figura 17- Bacias de contenção em imagem orbital.	42
Figura 18 - Símbolos da carta geomorfológica com seus respectivos autores.	44
Figura 19- Exemplo representativo das Unidades Físicas.	46
Figura 20- Identificação das áreas com pastagem, silvicultura e culturas anuais.	47
Figura 21-Cana-de-açúcar, eucalipto e estrada rural em imagem orbital e fotografia em campo.	48
Figura 22- Identificação das áreas com vegetação florestal, pastagem e pasto sujo.	49
Figura 23- Pastagem em imagem orbital e fotografia em campo.....	49
Figura 24 - Vegetação florestal, vegetação rasteira e cana-de-açúcar em imagem orbital e fotografia em campo.	50
Figura 25- Identificação das classes de uso e cobertura superficial da terra nos fundos de vale: bancos de areia, vegetação e brejo e, várzea e vegetação rasteira.	51
Figura 26 – Terraços agrícolas \leq a 10 metros, terraços de 10 a 30 metros e terraços \geq a 30 metros.	52
Figura 27 - Formação Adamantina, bancos silto-argilosos e bancos areníticos.....	58
Figura 28 - Esboço litológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	59
Figura 29 – Cabeceiras de nascentes amplamente erodidas em forma de anfiteatro.	61
Figura 30- Carta de declividade da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	62
Figura 31 – Classes de declividade da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	63

Figura 32 - Topos planos, topos secundários, declividade acentuada na alta vertente e relevo suavemente ondulado na baixa e média vertente.....	64
Figura 33 – Esboço dos solos da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	65
Figura 34 - Latossolo Vermelho Álico e plintitas em área de declividade de 2 a 5%....	66
Figura 35 – Carta de dissecação horizontal da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	67
Figura 36 - Relevo suavemente ondulado com dissecação horizontal de 100 a 400 metros no setor W, predomínio de Latossolo Vermelho Álico.....	68
Figura 37 – Classes de dissecação horizontal da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	69
Figura 38 – Carta de dissecação vertical da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	70
Figura 39 – Classes de dissecação vertical da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	71
Figura 40 – Declividade do relevo e Argissolo Vermelho Distrófico.....	72
Figura 41 – Gleissolo Háptico.....	73
Figura 42 - Gráfico da média de 1971 a 1990 de temperatura e da média de 1971 a 2004 de precipitações do município de Marabá Paulista (SP).....	73
Figura 43 – Carta de energia do relevo da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	78
Figura 44 – Classes de energia do relevo na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	79
Figura 45 - Erosão em estágio avançado em área de forte energia do relevo.....	81
Figura 46 – Carta de uso e cobertura superficial da terra na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.....	86
Figura 47 – Carta de uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.....	92
Figura 48 - Acampamento Irmã Gorete nas margens da rodovia SP-563 e da Fazenda Nazaré, de aproximadamente 5.000 hectares.....	93
Figura 49 – Carta de unidades físicas da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	95
Figura 50– Carta de Áreas de Preservação Permanente, Lei N° 12.651/12, da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	97
Figura 51 – Perfil topográfico da Área de Preservação Permanente na foz do ribeirão Areia Dourada e coberturas superficiais efetivamente protegidas. A legenda referente às unidades físicas encontra-se na figura 49.....	98
Figura 52 – Gado em Área de Preservação Permanente. A legenda referente às unidades físicas encontra-se na figura 49.....	100
Figura 53 – Área de Preservação Permanente cercada com vegetação do tipo braquiária de baixo porte.....	100
Figura 54 – Carta de capacidade de uso da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).....	102

Figura 55 – Classes de capacidade de uso da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	103
Figura 56 - As mudanças no uso e cobertura superficial da terra de 1962 para o ano de 2012 na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	104
Figura 57 – Carta de capacidade de uso x uso da terra atual (2012) da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	106
Figura 58 – Classes de capacidade de uso x uso atual (2012) da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	107
Figura 59 – Carta de hierarquia fluvial da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.	108
Figura 60 – Carta de hierarquia fluvial da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.	109
Figura 61 – Carta geomorfológica da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.	111
Figura 62 – Carta geomorfológica da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.	112
Figura 63 – Erosões em 1962 e 2012 na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	113
Figura 64– Erosões a montante e a jusante da rodovia BR-158 e nas margens do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	115
Figura 65 – Relevo de forte declive e marcas de erosão difusa, margens da nascente do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	115
Figura 66 – Erosão em sulco em terrenos possivelmente utilizados para tráfego de maquinário ou automóvel.	116
Figura 67 – Voçoroca desconectada da rede de drenagem.	117
Figura 68 – Sulco (1962) e ravinas e voçoroca (2012).	118
Figura 69 – Feições erosivas em área de cana-de-açúcar, a montante da voçoroca.	118
Figura 70– Feições erosivas em 1962 e 2012 no setor W da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	119
Figura 71 – Desmoronamento da parede da ravina (1) e início da voçoroca (2).	120
Figura 72 – Ravinas com desmoronamento das paredes laterais (1) e voçoroca na antiga estrada rural (2)b.	121
Figura 73 – Feições erosivas no setor E da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	122
Figura 74– Escoamento das águas pluviais da rodovia SP-563 direcionados para a cabeceira do canal fluvial.	123
Figura 75– Afloramento do lençol freático em 1962 e 2012.	123
Figura 76 – Feições erosivas em área de pasto com alta restrição ao uso.	124
Figura 77 – Feições erosivas e aumento das áreas de planície e terraço fluvial de 1962 para 2012.	125
Figura 78– Sulcos em área de pasto de alta a média restrição ao uso.	125
Figura 79– Carta de estado geoecológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	127

Figura 80– Classes de estado geocológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).	128
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.	87
Tabela 2- Uso e cobertura superficial da terra de Marabá Paulista (SP), 1995/6.	89
Tabela 3 - Uso e cobertura superficial da terra de Marabá Paulista (SP), 2007/08.	90
Tabela 4 - Uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.	90
Tabela 5 – Classes de uso e cobertura superficial das Áreas de Preservação Permanente, Lei N° 12.651/12.	99

SUMÁRIO

Introdução.....	1
CAPÍTULO I – Fundamentação teórica e metodológica	9
1.1 Os sistemas ambientais e a geoecologia da paisagem: teoria e método.	9
1.2 Erosão hídrica: processo, condicionantes, consequências e possibilidades.....	18
CAPÍTULO II - Técnicas cartográficas.....	32
2.1 Base cartográfica.....	32
2.2 Cartas de hierarquia fluvial de 1962 e 2012	32
2.3 Cartas de morfometria do relevo.....	33
2.4 Esboço da litologia.....	34
2.5 Esboço dos solos	34
2.6 Cartas geomorfológicas de 1962 e 2012.....	36
2.7 Carta de unidades físicas.....	45
2.8 Cartas de uso e cobertura superficial da terra de 1962 e 2012.....	47
2.10 Cartas de capacidade de uso, capacidade de uso x uso atual (2012) e estado geoecológico	54
CAPÍTULO III – Caracterização da área:	57
CAPÍTULO IV – O estado geoecológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada.....	94
Considerações finais	131
Referências	135
Anexo.....	140

Introdução

O ser humano é parte de um grande sistema que possibilita sua existência e sobrevivência. Ele habita e compõe a biosfera, onde o antagonismo das forças que resistem (litologia) e intemperizam (clima), ao longo do tempo, produzem solos e as condições para colonização da vida vegetal. As diversas interações que se desencadeiam a partir da possibilidade de estabelecimento da vida, criam variados ecossistemas, arrançados para manter o equilíbrio na ciclagem de gases, água, minerais, nutrientes e carbono orgânico. Esses elementos, por sua vez, permitem a produção e reprodução dos recursos naturais e das distintas formas de vida.

De acordo com Dorst (1974), esse fato, fundamentalmente, liga os humanos de forma íntima ao conjunto do mundo vivo, independente do desenvolvimento técnico e tecnológico no qual a sociedade se encontrar, sempre constituíram um elemento, uma das peças que completam o conjunto complexo do planeta, em que se articulam grande número de componentes. Essa afirmação garante que os recursos naturais são essenciais à sobrevivência da humanidade e que devemos compreender os processos que atuam em suas formações, os elementos que garantem a sua estabilidade, ciclagem e, determinam que os solos sejam produzidos, que os vegetais se desenvolvam e que a água tome seu caminho adequado, infiltrando nos solos e concentrando em qualidade e quantidade em aquíferos, rios, lagos e lagoas.

No entanto, como observado em campo e em diversos estudos que abordam o tema, pouco se faz na prática quanto à importância dos ecossistemas na produção, ciclagem dos solos e sua influência na regulação do ciclo hidrológico. Os avanços técnicos e tecnológicos permitiram transformações mais impactantes em espaços de tempo cada vez mais reduzidos nos distintos ecossistemas. Essas modificações resultam em novos ecossistemas artificiais e orientados a reproduzir uma dada (des)organização da sociedade, não considerando, assim, todo o equilíbrio criado no decorrer do tempo pelas forças da natureza, acarretando em mudanças significativas nos processos naturais e, impedindo por meio da ação constante, que os ecossistemas consigam se recuperar, estabelecendo, desse modo, sua degradação.

Nesse contexto, as transformações profundas no meio físico rompem o equilíbrio na ciclagem dos sistemas naturais. Rios não são capazes de depurar ao longo de seu

curso as cargas excessivas que lhe são despejadas pelas atividades antrópicas, solos são desperdiçados na agricultura e pecuária, constantes e sem as técnicas de manejo adequadas. Essas práticas permitem a ação destrutiva do ciclo hidrológico, que as plantas verdes não consigam absorver e purificar a quantidade de gases que se espalham pelo ar e que agroquímicos sejam incorporados às plantas, aos solos e aos recursos hídricos, causando graves consequências ao meio e, por conseguinte, à saúde da população. Assim, os novos elementos estranhos ao ambiente natural, introduzidos pela ação antrópica, resultam em uma evidente falta de compatibilidade.

Tais problemas desencadearam uma série de preocupações, sobretudo sobre os impactos resultantes das alterações nos ecossistemas tornarem os ambientes potencialmente impróprios à sobrevivência da humanidade no futuro.

Esse paradigma criado pela sociedade resultou, nos últimos 40 anos, em debates sobre a ação antrópica na transformação inadvertida dos ambientes naturais. Diversos documentos que discutem tal tema foram produzidos, derivando em encontros mundiais para tratar dos novos rumos que a sociedade deve adotar para minimizar os impactos ambientais. Desses encontros, muitos países aderiram parte do discurso ecológico em seus documentos legais, assinaram termos de adequação do modelo de desenvolvimento adotado com determinações para que formas de utilização dos recursos naturais e transformações nos ecossistemas tenham seus impactos minimizados.

No Brasil, documentos legais que incorporam a proteção dos ecossistemas surgiram a partir da década de 1980. O primeiro, em 1981, mediante a Lei Nº 9.638, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente; posteriormente, em 1988, foi legitimada pela Constituição Federal, que incorpora a proteção e preservação do meio ambiente, sendo redigido em capítulo exclusivo (Capítulo VI). A partir desses documentos, estabeleceu-se uma preocupação de importância nacional: a preservação dos diversos ecossistemas e dos recursos naturais, considerando-se a sua finitude. Por essa razão, deve ser respeitado o tempo de recuperação dos ambientes já muito explorados, o nível de degradação estabelecido e as possibilidades de utilização no presente e, sobretudo, no futuro pelas próximas gerações.

No entanto, na prática, essa preocupação ainda encontra-se restrita às discussões acadêmicas, no papel em documentos legais e no *marketing* de grandes empresas e de propagandas políticas, distantes da práxis do sistema econômico e político. Esse fato

permite, com a propriedade de pesquisador e geógrafo, suscitar questionamentos e apontar o nível de degradação de determinada área, de conhecer seus limites e reconhecer o quanto a ação antrópica vem reduzindo a capacidade de utilização e de recuperação dos ecossistemas naturais.

A experiência adquirida durante o período de estágio no Ministério Público, regional de Presidente Prudente, através de trabalhos de campo por toda região do Pontal do Paranapanema entre 2010 e 2011, foi possível verificar o nível de degradação dos solos, do assoreamento dos rios, da ausência de vegetação florestal, principalmente pela substituição por pastagens e pela cana-de-açúcar. Mas, foi em visita às propriedades rurais no município de Marabá Paulista (SP), especialmente nos terrenos drenados pelo ribeirão Areia Dourada, onde o quadro de degradação mais chamou atenção. Esse extenso município, que abrange aproximadamente 918,8 km², com pequena população de 4.812 habitantes, em sua maioria rural (IBGE, 2010), apresenta, nos 46 km² que perfazem a alta bacia do ribeirão Areia Dourada (Figura 1), centenas de processos erosivos em distintos estágios de desenvolvimento, que removem toneladas de solos e poluem os rios que drenam a referida área. Desse cenário, inquietações surgiram sobre o contexto histórico para se chegar a este ambiente degradado.

Regionalmente, essa problemática está vinculada à formação natural, bem como ao processo histórico de ocupação do Oeste Paulista pelas forças econômicas e políticas do setor rural.

Litologicamente localizada em formações sedimentares - composta essencialmente por arenitos - sob clima tropical úmido, tem a condição de equilíbrio frágil do ambiente. Os solos que resultam dessa interação apresentam-se extremamente arenosos, com baixa agregação das frações granulométricas, facilmente removidas e transportadas em períodos de chuvas intensas, sobretudo na primavera e no verão. Nesse meio, as vegetações dos biomas Mata Atlântica e, com menor domínio, Cerrado, que ocuparam a região por centenas de anos, proporcionaram a proteção necessária e melhorias no desenvolvimento dos solos da região.

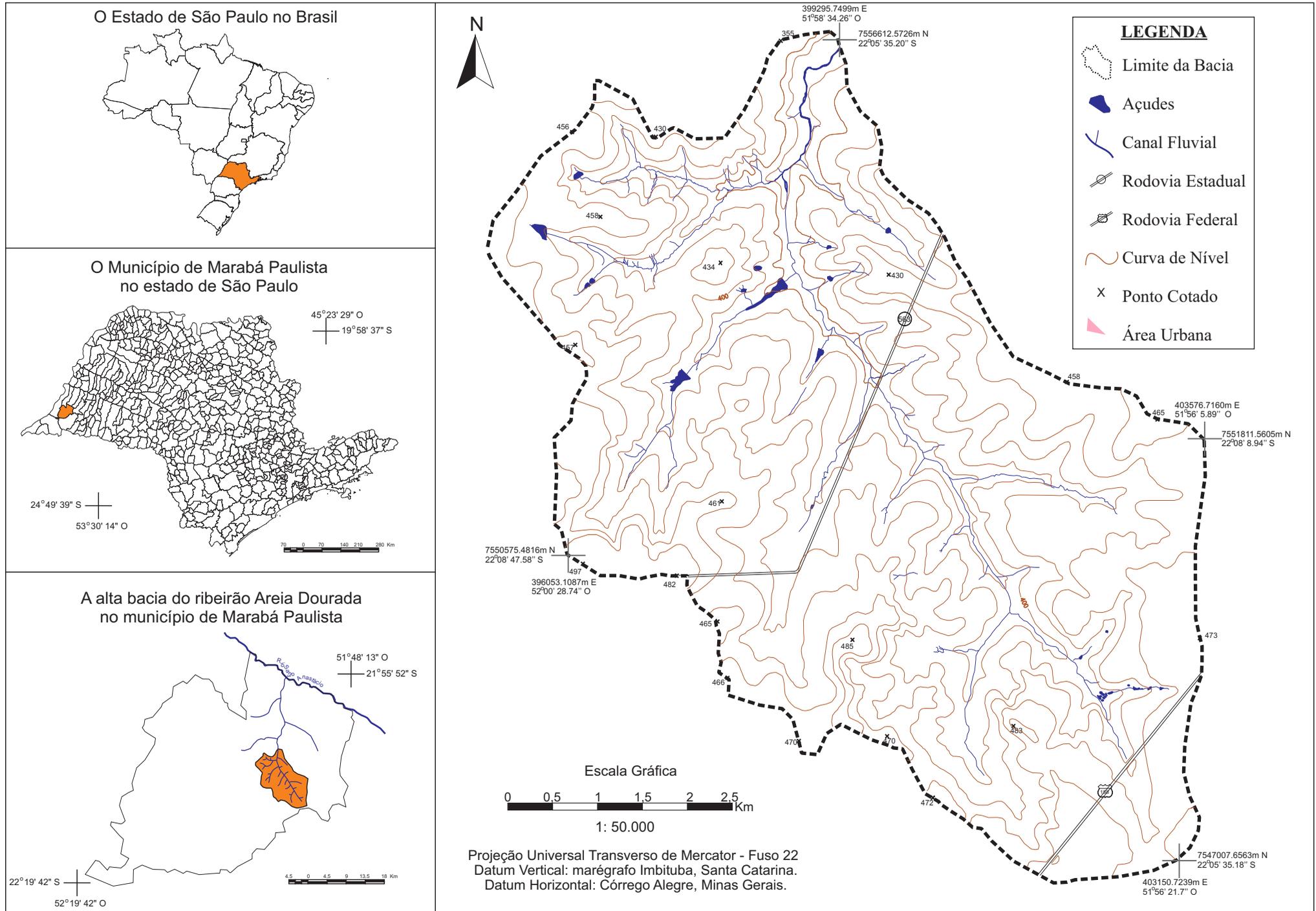


Figura 1 - Localização da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Monbeig (1984) relata que a expansão da fronteira agrícola para o W do estado de São Paulo animou os pioneiros. Nas primeiras explorações foram observadas espécies vegetais, grandes árvores, testemunhas da fertilidade dos solos, propícios a serem ocupados por pastagens para alimentar o gado e pela monocultura do café e algodão, que já dominavam os campos a E. Pouco se soube que abaixo daquela enorme floresta havia solos tão frágeis à ação erosiva das chuvas e que a própria floresta contribuiu significativamente no desenvolvimento das condições necessárias à colonização de espécies indicadoras de tamanha fertilidade.

Os terrenos viraram propriedades rurais pela ação ilegítima dos coronéis na grilagem das terras. Na região W do estado, tomada a partir do genocídio étnico contra os índios que habitavam região, as grandes propriedades demarcadas mediante processos ilegais foram transformadas em centenas de pequenos lotes, mesclados com poucas grandes fazendas. A ideia central era especular as novas terras dominadas e atrair colonos nordestinos, europeus e nipônicos (FERRAI LEITE, 1998).

A remoção da floresta foi rápida, potencializada a partir da construção da estrada de ferro Alta Sorocabana sentido vale do Paranapanema. Da mesma forma que os trilhos eram cravados no chão, a fauna e flora eram vítimas da ação predatória. Em pouco tempo, a grande obra da natureza, construída ao longo de diversos anos, foi reduzida a pequenos fragmentos florestais, espalhados por todo Oeste Paulista. Centenas de serralherias foram abertas em toda região. A remoção da floresta foi tão desmedida que faltou lenha para abastecer a locomotiva, restando a necessidade de replantar a floresta, não aquela que fora derrubada, mas a de eucalipto (MONBEIG, 1989).

Ciclos econômicos vinculados à produção agrícola e pecuária passaram a fazer parte do ecossistema regional. As terras foram recobertas por florestas de eucalipto, algodão, café, amendoim, cana-de-açúcar e pastagens ao longo de 70 anos de exploração da região (MONBEIG, 1989 e FERRARI LEITE, 1998). Ineficientes quanto à proteção do solo e à ciclagem de nutrientes que garantem sua fertilidade, as coberturas superficiais, introduzidas pela ação antrópica, desgastaram e expuseram os solos à ação erosiva das chuvas, que castigaram os terrenos, rios e agricultores. Embora tamanha consequência ao ambiente, tais terrenos nunca foram postos em descanso ou devidamente cuidados para que se recuperassem. Ainda hoje, observa-se pouca

vegetação florestal, muito gado, cana-de-açúcar e processos erosivos com rios assoreados.

Com base nessas informações, o presente trabalho, fruto de dois anos de pesquisas na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), teve como objetivo geral aprimorar conhecimentos sobre planejamento ambiental e buscar, por meio da adaptação metodológica, contribuir na resolução dos problemas ambientais encontrados na alta bacia do ribeirão Areia Dourada e auxiliar na gestão da UGRHI -22, mediante a elaboração do Inventário e Diagnóstico Ambiental da referida área. Para tanto, os objetivos específicos consistiram em:

- verticalizar conhecimentos sobre legislação ambiental, categoria paisagem, teoria geral dos sistemas e geocologia da paisagem;
- avaliar as condições da área de pesquisa a partir do inventário socioeconômico e físico-territorial da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, na escala 1: 35.000;
- identificar e analisar a atuação dos processos erosivos e suas consequências nos corpos d'águas assoreados;
- construir o Diagnóstico Ambiental da bacia hidrográfica em questão, com base no desenvolvimento das cartas de unidades físicas e estado geocológico.

Para alcançar os propósitos deste estudo, opta-se pela metodologia da geocologia da paisagem, a qual proporciona a possibilidade de integração e interrelação dos elementos físicos (geologia, solos e morfometria do relevo), antrópicos (uso e cobertura superficial da terra) e os processos atuantes, resultando em um produto que permite identificar tanto a fragilidade do ambiente, a partir da delimitação das unidades físicas, quanto o nível de degradação dessas, como resultado da ação antrópica, com a utilização da carta de estado geocológico.

Com intuito de elucidar a trajetória deste trabalho, este foi organizado em quatro capítulos.

O Capítulo I trata do embasamento teórico da pesquisa. Assim, foi dividido em dois subtópicos que discorrem sobre as revisões bibliográficas que fundamentam. No primeiro, discute-se a metodologia de trabalho a partir da fundamentação teórica, com a identificação dos elementos chaves na interpretação sistêmica da paisagem e, do método

na análise da aplicação da proposta geocológica em Mateo-Rodriguez *et al.* (1994), Leal (1995) e Oliveira (2002). Já no segundo, o foco é a problemática diagnosticada na área estudada: a erosão do solo. Nessa parte, a erosão é tratada a partir de seus condicionantes, dos aspectos naturais, como características dos solos e do clima, as influências das diversas atividades antrópicas, considerando tanto as consequências da substituição da vegetação primitiva, como as possibilidades agronômicas de minimização dos impactos sobre os solos.

No Capítulo II, são apresentadas as técnicas cartográficas utilizadas para confecção das cartas de hierarquia fluvial de 1962 e 2012; solos; litologia; morfometria do relevo; unidades físicas; geomorfologia de 1962 e 2012; uso e cobertura superficial da terra em 1962 e 2012; carta das Áreas de Preservação Permanente, seguindo os critérios do Código Florestal vigente, a Lei 12.651/2012 e; os produtos da aplicação da metodologia, a saber: as cartas de capacidade de uso da terra, capacidade de uso x uso atual (2012) e carta de estado geocológico.

No Capítulo III realizou-se uma caracterização da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, levantando informações relacionadas a pesquisas envolvendo a área estudada, associados a dados levantados nesta pesquisa, como o histórico de ocupação da região e de Marabá Paulista relacionado ao uso e cobertura superficial da terra de 1962 e 2012. Discute-se, também, a litologia, o relevo, a morfometria do relevo, o clima e os solos. Os documentos bibliográficos são confrontados com fotografias e imagens de satélite da área estudada.

No Capítulo IV foram analisados os produtos cartográficos elaborados exclusivamente nesta pesquisa. Inicia-se pela carta de unidades físicas, na qual por meio das características particulares de cada unidade, identificou-se e discutiu-se a suscetibilidade erosiva dos terrenos. Posteriormente, realiza-se uma análise do atual Código Florestal, Lei Nº 12.651/12, sua definição para o levantamento e confecção da carta de Áreas de Preservação Permanente e as contradições do texto legal e sua aplicação na área estudada. A combinação das duas cartas supracitadas possibilitou o desenvolvimento da carta de capacidade de uso da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, avaliada em conjunto com dados de evolução do uso e cobertura superficial da terra de 1962 e 2012, assim como aos conflitos entre o uso da terra e sua capacidade de uso. Para distinguir as mudanças na estrutura e no funcionamento da paisagem como

resultantes da relação entre atividades antrópicas e características físicas, foram levantadas as modificações na rede de drenagem e da formação de feições geomorfológicas a partir das cartas de 1962 e 2012 de hierarquia fluvial e geomorfológicas. Para finalizar, foi confeccionada a carta do estado geoecológico da área, apontando as unidades em estado: *otimizado; compensado; alterado; intensamente alterado e; esgotado*.

CAPÍTULO I – Fundamentação teórica e metodológica

1.1 Os sistemas ambientais e a geocologia da paisagem: teoria e método.

O uso dos recursos naturais e as alterações do meio físico pela ação antrópica têm desenvolvido impactos significativos no ambiente, desencadeando fenômenos indesejados. Os avanços técnicos e tecnológicos que possibilitaram construções monumentais, como grandes centrais hidrelétricas, expansão das cidades, industrialização e mecanização da agricultura, não foram devidamente acompanhados de estudos sobre os sistemas naturais. Por essa razão alteraram significativamente o clima local, o impacto das chuvas, com perda de solos agricultáveis e enchentes, e a qualidade do ar e das águas em rios, lagos, lagoas e aquíferos. Tais mudanças ultrapassam os limites suportáveis pelos sistemas naturais e afetam diretamente a qualidade de vida da população, tornando os ambientes propícios à proliferação de doenças, à destruição de casas e estruturas urbanas e à diminuição da capacidade de produção agrícola.

Na busca pelo ordenamento das atividades antrópicas, diversos estudos com enfoque no funcionamento do meio físico foram desenvolvidos no intuito de compreender e diminuir as consequências de tais atividades. Dentre as pesquisas, destaca-se a abordagem sistêmica, aplicada à metodologia da geocologia da paisagem.

A partir da teoria dos sistemas, considera-se o meio físico como um conjunto de componentes ligados por fluxos e funcionando como uma unidade (DREW, 1986). Essa concepção enfatiza a ideia de mutação constante, condicionada pelo metabolismo de suas partes inter-relacionadas como um todo integral (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 2004), tornando-se inerente a ideia de que ao se alterar um elemento, todo o sistema será afetado, sendo que seu funcionamento procurará um novo ponto de equilíbrio frente à mudança (CUNHA; MENDES, 2005).

Faz-se necessário, sobretudo, conhecer a composição dos sistemas, como os fluxos de energia, matéria e informação (E.M.I.), a estrutura, o funcionamento e a evolução da paisagem (MATEO-RODRIGUEZ *et. al*, 2004).

De acordo com a proposta geocológica,

[...] a paisagem é um espaço físico, um “depósito” de recursos naturais – inclusive o homem –; um complexo de sistemas naturais e antropoculturais, com os quais se integram as sociedades, os sistemas sociais, em um binômio inseparável sociedade-natureza [...] suporte básico para a sociedade, enquanto recurso potencial e como objeto de transformações no processo de satisfação das necessidades sociais. (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 1995, p.84).

Em síntese, o sistema paisagem funciona através do *input* de E.M.I., processado, dissipado, armazenado pelos subsistemas componentes, resultando em *outputs*, transformados em produtos incorporados e/ou evacuados pelo sistema (Figura 2). Essa dinâmica é responsável pela reprodução e formação do meio e dos recursos naturais (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 1995).

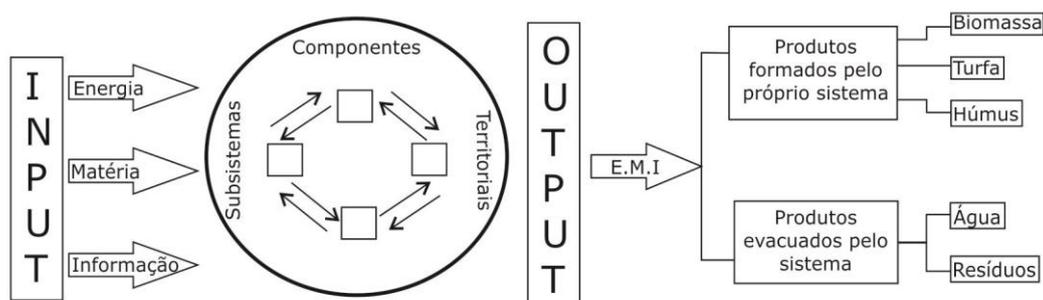


Figura 2- Modelo sistêmico de funcionamento da paisagem, absorção, transformação e consumo de E.M.I.

Fonte: Mateo-Rodriguez *et al.*, 2004.

Os fluxos de E.M.I garantem o movimento do sistema. Tais fluxos são provenientes, fundamentalmente, da atmosfera e litosfera e são dissipados pelo sistema em função do componente litogeomorfológico, responsável pela redistribuição do E.M.I e em resistir às tensões aplicadas. As interações metabólicas, de transformação do E.M.I, são função do componente pedobiótico, através da decomposição de matéria e de formação de meios (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 2004).

A estrutura representa a combinação dos componentes que resulta nas formações integrais e na organização estrutural do sistema paisagístico. Ela reflete a organização sistêmica dos elementos funcionais, as regulações dos *inputs*, as formas de armazenamento, de dissipação e distribuição dos fluxos de E.M.I, que determinam sua

essência, morfologia e integridade. De acordo com Mateo-Rodriguez *et al.*(2004 p.111-112),

[...] a homogeneidade relativa da estrutura em um nível hierárquico dado, manifesta-se mediante a estabilidade com relação aos impactos e cargas tanto naturais como antropogênicas, o caráter das reações e a capacidade de restabelecer sua estrutura e seu regime de funcionamento.

O funcionamento da paisagem representa a sequência estável de processos que atuam permanentemente e, que consistem na transmissão de E.M.I, garantindo a conservação de um estado da paisagem conforme determinada amplitude de *input*.

Todo fluxo através do sistema provoca algum efeito, mas essas mudanças variam grandemente com a intensidade da entrada. Em sua ajustagem, o sistema é capaz de absorver determinada amplitude de variação sem que ocorram alterações. A importância dos eventos de alta magnitude é grande, muitas vezes provocando ultrapassagem nos limiares de absorção e promovendo modificações intensas. No entanto, os eventos de magnitude média e de maior frequência são os mais efetivos, a longo prazo. (ALMEIDA; TERTULIANO, 2007 p.118).

Ainda, quanto ao funcionamento e à estrutura, Mateo-Rodriguez *et al.* (2004) destacam a autoregulação da paisagem, considerada como “propriedade da paisagem no funcionamento, de conservar, em determinado nível, a forma do estado típico, o regime e o caráter das relações entre os componentes” (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 2004 p.142), complementando que os mecanismos existentes determinam a autoregulação e o

[...] estado dinâmico ou funcional da paisagem a uma determinada correlação dos parâmetros da estrutura e funcionamento em um prazo de tempo dado, no qual um impacto de entrada concreta ao sistema (radiação solar, precipitação, etc.), transforma-se em determinadas funções de saída (evaporação, escoamento, etc.) (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 2004 p.142).

Os referidos autores também destacam que o conjunto dos processos que garantem o funcionamento do sistema paisagem é definido como dinâmica funcional. Essa dinâmica é sustentada pelos mecanismos e balanços de fluxos de E.M.I, e por uma cadeia de relações reversíveis (homeostáticas), as quais garantem a integridade e a

coerência do sistema. Alterações no funcionamento e nos mecanismos conduzem a um desequilíbrio funcional, resultando na degradação geocológica.

A degradação geocológica ocorre pela “perda de atributos e propriedades sistêmica que garantem o cumprimento das funções geocológicas e a atividade dos mecanismos de auto-regulação” (MATEO-RODRIGUEZ *et al.*, 2004 p.139). Esse fenômeno ocorre como sequência de etapas dos níveis de degradação em decorrência do reforço de processos naturais, como eventualidades climáticas ou da ação antrópica, que resultam na perda de potenciais naturais e na capacidade produtora dos sistemas (Figura 3).



Figura 3- Sequência do processo de degradação dos geossistemas.

Fonte: Mateo-Rodriguez *et al.*, 2004 p.140.

A figura 3 evidencia a sequência do processo de degradação, que ocorre, inicialmente, por uma modificação no meio, a exemplo no desflorestamento, que desencadeia uma série de eventos, como o rompimento do balanço entre morfogênese e pedogênese, intensificando o primeiro em detrimento do segundo. A retirada de um agente regulador, no caso, a vegetação nativa, transforma o funcionamento do sistema, alterando a estrutura da paisagem. A manutenção desse estado promove a degradação geocológica, com diminuição dos processos geocológicos de ciclagem de nutrientes

nos solos, na redução da biodiversidade, na remoção dos solos e na perda, em qualidade e quantidade, de recursos hídricos. Essa alteração no sistema paisagem traz consequências diretas à população, pois dificulta o cumprimento de suas funções socioeconômicas.

Sobre o tema, Drew (1986) enfatiza que a intensidade das alterações inadvertidas no meio físico depende, em primeiro lugar, do esforço antrópico aplicado ao sistema e, em segundo lugar, do grau de suscetibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema.

De acordo com os princípios da abordagem geocológica, a ideia central da proposta, que tem com base na análise sistêmica da paisagem, consiste em identificar as relações existentes, tanto na formação das estruturas, por meio do que se observa no momento presente e estático, como em seu funcionamento frente aos *inputs* de E.M.I., dimensionando a evolução do sistema de forma dinâmica ao longo do tempo. Essa concepção permite orientar as diversas atividades antrópicas, servindo “como meio de previsão das mudanças, de avaliação da sensibilidade dos sistemas naturais e de determinação dos pontos de interferência e dos limiares de sistemas que terão de ser modificados” (DREW, 1986, p.32), bem como, quando já efetuadas as alterações, identificar como o sistema reage, o nível de alteração e a capacidade do ambiente retornar ao seu estado natural.

O intuito é individualizar a paisagem em unidades, onde a combinação de elementos (litologia, tipo de solo, forma e morfometria do relevo, cobertura superficial, etc.) em uma dada porção do espaço condiciona em estrutura, função e característica específica em relação ao conjunto. Essa individualização permite diagnosticar se a interação dos elementos resulta na geração de uma estrutura capaz de absorver e dissipar os fluxos de E.M.I., ou esteja em um período de adaptação a alguma alteração, tendo como consequência uma nova forma em desenvolvimento.

Assim, a pesquisa com enfoque na abordagem geocológica é sistematizada em três fases: Organização, Inventário e Diagnóstico.

A primeira fase, denominada de *Organização* do trabalho, refere-se à: definição dos objetivos da pesquisa, escolha da área e da escala de trabalho, justificativa de sua execução e adequação das atividades ao cronograma.

A escolha da escala relaciona-se com o nível de detalhe das informações, as quais devem atender ao método e aos objetivos propostos. Para Leal (1995), segundo as considerações do Centro de Estudios del Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (CEOTMA) (1984) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (1990), a escolha da escala relaciona-se a três níveis de detalhamento: *Nível de reconhecimento* (1: 100.000 a menores), apropriado para estudos em escala regional ou nacional; *Nível de semi-detalhe* (1:25.000 – 1:100.000), aconselhável para estudos mais específicos do que os do *nível de reconhecimento* e dirigidos a tomadas de decisões gerais e; *Nível detalhado* (até 1:25.000) , recomendado para estudos que requerem tomada de decisões concretas, como localização de ações humanas ou análise de impactos ambientais.

A segunda fase, designada como *Inventário*, consiste na organização de informações sobre os componentes socioeconômicos e naturais, mediante a sobreposição dessas informações, elabora-se a classificação das unidades ambientais, permitindo que se compreenda a organização espacial e funcional do ambiente. Essa etapa representa a base operacional para todo o processo de planejamento.

Segundo Oliveira (2003), a integração e a análise dos dados, elaborada no inventário, levam aos chamados indicadores geoambientais. Essa função é realizada em cada unidade de paisagem aventada na etapa anterior e corresponde na paisagem a “mecanismos de absorção, transformação e saída de matéria e energia, fatores que garantem a subsistência e produção” (OLIVEIRA, 2003, p.74). Conforme Leal (1995) e Oliveira (2003), com base em Mateo Rodriguez (1994), são necessárias investigações geoquímicas e geofísicas que exigem uma equipe multidisciplinar. No entanto, para as referidas pesquisas optou-se por uma classificação qualitativa das funções das unidades físicas, baseada em três categorias principais: áreas emissoras, transmissoras e coletoras.

As *áreas emissoras* equivalem aos setores da paisagem que garantem o fluxo de matéria e energia para o restante da área, encontram-se posicionadas em níveis altimétricos elevados, como as unidades de topo.

As *áreas transmissoras* coincidem com as vertentes, cuja função consiste em assegurar o transporte que mantém os fluxos de matérias e energia para os níveis inferiores.

As *áreas coletoras* têm como função coletar os fluxos de matéria e energia e transmitir concentrada e seletivamente esse mesmo fluxo por meio das correntes hídricas, no leito dos rios, correspondendo aos fundos de vales.

A classificação qualitativa das funções das unidades físicas foi adaptada no trabalho de Oliveira (2003) aos compartimentos do relevo; a autora, assim, denominou as *áreas emissoras* como topos; *áreas transmissoras* como vertente convexa, retilínea e côncava e; as *áreas coletoras*, como fundos de vale.

Em estudo realizado por Leal (1995), para delimitação das unidades ambientais, foram elaboradas, a princípio, duas cartas sínteses: a carta síntese de unidades físicas e a carta de unidades de uso e ocupação do solo.

A carta síntese das unidades físicas representa a sobreposição de cartas dos componentes naturais, refletindo a relativa homogeneidade dos setores quanto a seus fatores naturais, atributos, funções, aptidão para determinada forma de uso e ocupação e respostas semelhantes frente às ações antrópicas estabelecidas; enquanto a carta de unidades de uso e ocupação do solo considera as áreas que possuem características particulares.

Tanto no trabalho de Leal (1995), como no de Oliveira (2003), a etapa *Análise* compreendeu observações individualizadas e integradas dos dados levantados na etapa *Inventário*.

A fase de *Diagnóstico*, ou síntese dos resultados dos estudos, consiste na avaliação do potencial dos recursos, do estado de deterioração geocológica, da avaliação da eficiência de uso e impacto atual, bem como a identificação dos problemas ambientais.

A partir de todas as cartas temáticas e informações sistematizadas na etapa do *Inventário*, Leal (1995) elaborou o mapeamento dos processos ambientais, onde foram identificados setores com desmatamento/queimadas, extração de areia em leitos e margens de rios, extração de argilas/siltitos para cerâmica e/ou olarias, lagoa resultante da cava de extração de argila abandonada, movimento de terra/terraplanagem/corte ou aterro, canais retificados, afloramento de lençol freático soterramento de nascentes e/ou várzea, sulcos/ravinas, voçorocas, assoreamento, poluição sonora, nuvens de poeira, deposição irregular de lixo doméstico e industrial, esgotamento doméstico e industrial

sem tratamento e entulhos. Ainda, no levantamento de setores com restrição ao uso do solo, Leal (1995) utilizou-se do Código Florestal e Código de Obras.

Para essa mesma carta, Mateo-Rodriguez *et al.* (1995), no município de Corumbataí (SP), denominou de mapa de processos geocológicos, identificando áreas com presença de processos erosivos (erosão areal: laminar, sulcos; erosão concentrada: deslizamentos, voçoroca, ravinas, etc. ; desbarrancamento de encostas e margens de rios e; processos acumulativos) ou denudacionais, provocados por atividades antrópicas (mineração e lançamento de esgoto). No trabalho de Oliveira (2003), os setores que apresentavam tais problemas foram identificados por meio da carta geomorfológica.

A partir da sobreposição da carta de unidades ambientais, processos ambientais e dos setores com restrição ao uso do solo, Leal (1995) definiu o *estado geocológico* das unidades ambientais, o qual determina a “situação ambiental das unidades físicas após alterações e transformações provocadas em suas características originais pelas ações humanas” (LEAL, 1995, p.96). Na referida pesquisa, o autor, seguindo as orientações de Mateo-Rodriguez (1994), classificou as unidades ambientais em:

1. *Otimizado*: áreas que apresentaram relação compatível e adequada entre a capacidade de uso e a função socioeconômica, acrescidas de medidas de proteção e conservação.
2. *Compensado*: para áreas que apresentaram relação compatível entre capacidade de uso e função socioeconômica, com boa qualidade de infraestrutura urbana ou áreas que possuem estabilidade nos processos erosivos.
3. *Alterado*: áreas que demonstram relação incompatível entre a capacidade de uso e função socioeconômica, estando essas degradadas devido a desmatamentos, arruamentos a favor do declive, aceleração dos processos erosivos, etc.
4. *Esgotado*: foi atribuído para áreas com relação incompatível e inadequada entre a capacidade de uso e função socioeconômica, como áreas fortemente erodidas, desmatadas e poluídas.

O diagnóstico permite apontar setores com incompatibilidade entre o uso e cobertura superficial da terra, as características físicas e instrumentos legais. A partir da identificação dos conflitos existentes, responsáveis pela degradação ambiental, é possível estabelecer medidas corretivas e manejos adequados para esses setores. Tal proposta também permite elaborar prognósticos sobre as unidades ambientais, evitando que possíveis degradações dos recursos naturais e do ambiente ocorram.

Oliveira (2003) identificou como resultado da análise geocológica no município de Corumbataí (SP): a ausência de mata ciliar; os cultivos agrícolas, sobretudo de café e cana-de-açúcar, sem as práticas conservacionistas adequadas ao solo e ao relevo, e as pastagens em declives acentuados como principais problemas ambientais resultantes da degradação dos recursos naturais. Tais alterações no ambiente natural determinaram o desenvolvimento de diversos processos geomórficos e, conseqüentemente, no assoreamento dos cursos fluviais.

Já Dibieso (2013), em estudo na bacia do manancial do rio Santo Anastácio, identificou a ausência de mata ciliar, as estradas rurais não adequadas, movimentações de terras relacionadas à construção civil e o pastoreio excessivo, como principais condicionantes da formação de diversos processos erosivos, como sulcos, ravinas, voçoroca e assoreamento de corpos d'água.

Nesta pesquisa, que tem como área de estudo a alta bacia do ribeirão Areia Dourada, predominantemente rural e, cuja problemática erosiva é significativa devido a sua fragilidade natural e a ação antrópica, propôs-se colaborar com a solução da degradação ambiental existente a partir dos princípios de planejamento ambiental ligado à teoria da geocologia da paisagem. Desta forma, dos trabalhos supracitados, foram utilizados os critérios formulados por Leal (1995) na elaboração das unidades físicas e a partir de Oliveira (2003), aproveitada a carta geomorfológica como forma de identificar os processos ambientais.

A utilização desses trabalhos como referencial, seguindo a proposta geocológica, tem como justificativa o pioneirismo de Leal (1995) na adaptação da proposta geocológica para uma bacia em território brasileiro, sobretudo em área de clima tropical úmido, servindo de base para diversos trabalhos que seguiram essa linha, enquanto o trabalho de Oliveira (2003) traz uma adaptação para ambiente predominantemente rural, o que se enquadra na proposta deste trabalho.

1.2 Erosão hídrica: processo, condicionantes, consequências e possibilidades

A substituição da cobertura vegetal primária por culturas, pastagens, estradas e rodovias, sem as devidas técnicas de manejo de solo ou preocupações com setores específicos da paisagem é um dos principais problemas existente nos ambientes rurais. Essa problemática reside na alteração do equilíbrio morfo-hidro-pedológico (PONÇANO; PRANDINI, 1987), relacionado ao escoamento e infiltração da água pluvial, o que contribui para ação destrutiva das águas no solo por meio do desenvolvimento e aceleração de processos geomórficos, com consequências diretas para o produtor, como a diminuição da fertilidade do solo, e até a perda total de áreas agricultáveis.

A erosão é responsável pelo modelado da paisagem. Ela é fruto das tensões existentes entre os elementos componentes do ambiente e a dinâmica climática, com as variações sazonais de precipitações, ventos e temperatura. A concepção da erosão distingue-se em duas intensidades: a erosão natural e a erosão acelerada, ou artificial. A primeira é inevitável, no entanto efetua-se em ritmo lento, no qual a remoção do solo é geralmente compensada pela decomposição da rocha e deposição de elementos alóctones, que condiciona no equilíbrio entre perda e formação do solo; enquanto a erosão acelerada, ou artificial, é produzida pela ação antrópica, consequente do manejo inadequado do solo que rompe o equilíbrio do ambiente e aumenta de forma significativa a remoção e transporte das partículas (DORST, 1973).

Quando as condições de substituição da vegetação primitiva não favorecem a proteção necessária ao solo contra a ação erosiva das chuvas, ocorre o aceleração dos processos erosivos. Estes muitas vezes resultam de alterações do meio pela ação antrópica, como, por exemplo: construções e utilização de máquinas na agricultura, que compactam o solo e proporcionam a formação de escoamento, afetando áreas à jusante.

Diminuída a proteção do solo, o impacto direto das gotas d'água da chuva descarrega a energia cinética e causa a ruptura dos agregados, “a partir dessa ruptura, os demais processos se desencadeiam no topo do solo, no sentido de desestabilizá-lo e, conseqüentemente, começa a ocorrer o processo erosivo” (GUERRA, 2012, p.22); outro efeito do impacto da gota da chuva no solo é o desprendimento e o transporte das partículas mais finas, que resultam na selagem do solo.

O escoamento superficial ocorre a partir da selagem ou saturação do solo, já o subsuperficial dá-se, apenas, após o solo saturado. Enquanto superficial, o impacto das gotas das chuvas transmitem energia na forma de turbulência na água, que escoam superficialmente, aumentando o potencial de transporte das partículas de duas formas: difusa ou concentrada.

Na forma difusa, o escoamento age sorrateiramente; a princípio, remove as partículas menores do solo no sentido horizontal, isto é, a parte mais ativa e de maior valor para o agricultor. Nessa manifestação, a erosão é de difícil percepção, observável somente quando ocorre mudança na cor do solo e na diminuição de sua produtividade, quando já está comprometida a fertilidade do solo. Nota-se, também, em áreas sob influência da erosão laminar, o aparecimento de manchas de solo exposto em meio a cobertura vegetal.

Quando concentrado, o escoamento alinha-se com irregularidades do declive do terreno, o que resulta, inicialmente, na remoção vertical de partículas mais leves, formando caminhos ou rastros, mais ou menos profundos, ao longo de seu percurso. Esta configuração do processo erosivo denomina-se de erosão em sulco, ainda passível de recuperação por obliteração ou mediante operações normais de preparo do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Com o aumento da velocidade das enxurradas, ocorre a remoção das partículas mais pesadas do solo, aumentando a profundidade e a largura dos caminhos percorridos pelas águas. Neste estágio, a erosão é chamada de ravina. Para considerar a erosão como ravina, admite-se uma profundidade mínima, onde não é possível a obliteração por operações mecânicas de manejo agrícola (PONÇANO; PRANDINI, 1987).

Ainda, para os referidos autores, segundo estudos de Imenso e Kwadd (1980), a análise da morfologia das ravinas permite a identificação dos processos atuantes na sua formação em ambientes com estações úmidas e secas contrastadas e bem definidas. Para essas condições, os autores distinguem a morfologia das ravinas em duas classes: quando encaixadas, desenvolvem-se a partir da concentração superficial das enxurradas em materiais de maior resistência, o que limita seu aprofundamento; quando a base é larga e plana, ocorre a formação de enxurrada superficial e subsuperficial, afetando o saprólito de espessura considerável.

Para Ponçano e Prandini (1987), as voçorocas correspondem a feições erosivas com quinze metros ou mais de profundidade e centenas de metros até quilômetros de comprimento. Elas ocorrem, em geral, pelo escoamento subterrâneo acentuado no local, onde a erosão superficial cortou o lençol freático expondo-o; por vezes, formam-se dutos subsuperficiais por onde a água escoava, denominados de *pippings*, que aumentam pouco a pouco seu diâmetro e extensão até remover a sustentação dos horizontes mais superficiais, causando colapso.

Para Setzer (1949 *apud* PONÇANO; PRANDINI, 1987), a evolução das voçorocas ocorre a partir de desabamentos ou por blocos escalonados. Essa instabilidade resulta da ação das águas subterrâneas, enquanto a ação das águas superficiais, de acordo com levantamento de Rodrigues (1982), forma trincas verticais, paralelas às paredes da voçoroca, indicando setores preferenciais de percolação, que, por vezes, acarretam no deslizamento de blocos para o interior da voçoroca. Esse colapso das paredes da voçoroca forma as voçorocas laterais, “que evoluem até atingir os respectivos perfis de equilíbrio, compatíveis com o da voçoroca principal ou até encontrar uma camada rochosa como obstáculo” (SUDO; GODOY; FREIRE, 1991, p.13).

As voçorocas ocorrem tanto de forma conectada à rede hidrográfica, com seu início na baixa vertente, como desconectadas da rede hidrográfica, com seu começo na alta vertente, com tendência de desenvolvimento a jusante até chegar ao canal subjacente (OLIVEIRA, 2012). Elas desenvolvem-se por meio de erosão remontante, com aprofundamento constante do seu leito, que cessa ao encontrar o substrato rochoso de maior resistência, o qual constitui, naturalmente, uma barreira à erosão característica desse processo (SUDO; GODOY; FREIRE, 1991).

Os processos erosivos movimentam grande volume de sedimentos, carreados pela água das chuvas às partes mais baixas do relevo, os fundos de vale. A compactação do solo aumenta a velocidade do escoamento superficial e a quantidade de água e sedimentos que chegam aos canais fluviais, elevando o talvegue e a área de deposição, o que resulta no solapamento das margens e na ampliação da área de trabalho dos rios. Tais efeitos da erosão dos solos podem ser compreendidos como uma forma de poluição da água, pois o depósito de partículas, transportadas para os fundos de vale, provoca alterações na qualidade da água (MOTA, 1999).

A erosão dos solos possui efeitos chamados de *onsite*, no próprio local onde ocorre, e *offsite*, fora do local em que a erosão acontece. Como afirma Guerra (2012),

A erosão dos solos não causa problemas apenas nas áreas onde ocorre, podendo reduzir a fertilidade dos solos e criar ravinas e voçorocas, o que torna, às vezes, impossível sua utilização agrícola. A erosão causa, quase sempre, uma série de problemas ambientais, em nível local ou até mesmo em grandes áreas. Por exemplo, o material que é erodido de uma bacia hidrográfica pode causar assoreamento de rios e reservatórios. Além disso, as partículas transportadas pela água, em uma área agrícola, podem estar impregnadas de defensivos agrícolas e contaminar as águas dos rios. O desmatamento e a erosão dos solos podem provocar desaparecimento de mananciais, bem como acentuar os efeitos das inundações (GUERRA, 2012, p. 187).

Além dos impactos no meio natural, a recuperação de áreas degradadas e de rios assoreados envolve um volume grande de recursos, ocasionando, em muitos casos, o abandono dessas áreas pelos proprietários, tornando-as um ônus a sociedade.

Para compreender os processos erosivos em suas diversas formas de manifestação é necessário, sobretudo, identificar os fatores que controlam a erosão do solo e a ação das águas pluviais. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), tais determinantes compreendem a erosividade das chuvas, as características do relevo, a capacidade que tem o solo de absorver água, a densidade da cobertura vegetal, o tipo de lavoura e o manejo aplicado.

Em ambientes tropicais, a ação da chuva é bastante intensa e prolonga-se por vários meses ao longo do ano. No entanto, nem toda chuva tem potencial erosivo. Os elementos pluviométricos que caracterizam a erosividade da chuva, como o volume e velocidade do escoamento, devem ser analisados em três frentes: intensidade, duração e frequência (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

A intensidade tem papel fundamental na erosividade das chuvas pela relação direta com a energia cinética das gotas d'água: quanto maior a intensidade da chuva, maior a erosão, pois uma chuva muito forte descarrega milhares de milhões de gotas d'água que golpeiam os terrenos e proporcionam o desprendimento das partículas do solo, iniciando os processos erosivos.

A duração da chuva complementa a intensidade, relacionada à quantidade de água que precipita sobre uma área. Quando saturado o solo pelo excesso de água, inicia-

se o escoamento superficial, que transporta para as áreas à jusante as partículas desprendidas.

A frequência também influi diretamente na erosão, o intervalo que ocorre entre uma chuva e outra afeta diretamente a quantidade de água infiltrada nos solos: quanto maior o intervalo, maior o tempo de secagem do solo, retomando a capacidade de absorção da água das chuvas; quanto menor o tempo, mais saturado o solo, e maior a possibilidade do desenvolvimento de escoamento superficial. Dessa forma, mesmo chuvas de baixa intensidade, mas com intervalos de tempo curtos, podem proporcionar o escoamento superficial.

As características do relevo também influenciam diretamente no comportamento da água precipitada no ambiente, principalmente a declividade do terreno, o comprimento e a forma da vertente. Terrenos planos proporcionam maior infiltração das águas pluviais, enquanto, de acordo com a inclinação e o comprimento da vertente, há um aumento da tendência de formação do escoamento superficial. O declive acentuado e o comprimento da vertente são determinantes para a velocidade do escoamento, a quantidade e o tamanho do material particulado transportado.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), em um estudo realizado por Ayres (1936), foi levantado que em relação ao comprimento da vertente, “a velocidade da água varia com a raiz quadrada da distância vertical que ela percorre e sua energia cinética de acordo com o quadrado da velocidade”. Enquanto que “se o declive do terreno aumenta quatro vezes, a velocidade de escoamento da água aumenta duas vezes e a capacidade erosiva quadruplica” (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990 p.56).

As formas da vertente têm papel de dispersão ou concentração dos fluxos de água. Nas vertentes convexas há uma tendência no escoamento difuso, ou seja, de dispersão de água, já nas vertentes côncavas ocorre a concentração das enxurradas, o que proporciona a saturação dos poros e, conseqüentemente, menor capacidade de infiltração (BOTELHO; SILVA, 2007).

Em relação às características dos solos, Silva (2012), Bertoni e Lombardi Neto (1990) destacam os principais fatores que determinam a suscetibilidade à erosão, estes são: cor, textura, estrutura dos agregados, estabilidade dos agregados, porosidade e permeabilidade. Essas características são fundamentais para compreensão da

erodibilidade do solo, visto que “alguns solos erosionam mais que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990 p.82).

Mediante a cor do horizonte é possível identificar os processos atuantes, como o conteúdo de carbono orgânico, a tipificação de óxidos de ferro e a drenagem do solo. Quando o horizonte apresenta coloração mais escura, há maior concentração de carbono orgânico, isso é suficiente para conferir maior estabilidade dos agregados no solo, o que contribui para menor possibilidade de formação de crosta, aumento da infiltração e diminui a suscetibilidade à erosão pela maior resistência à desagregação (GUERRA; BOTELHO, 1996). A cor vermelha representa presença de óxidos de ferro (hematita) em grande quantidade, evidenciando solos bem drenados, enquanto a pigmentação amarelada aponta para a maior presença de óxido de ferro hidratado (goethita), um indicativo de deficiência na drenagem. Quando os solos apresentam cor acinzentada, isso corresponde a condições de má drenagem, o que resulta na ausência de Fe^{3+} e Fe^{2+} solúvel, caracterizando um processo de gleização, ou seja, de concentração de água.

A textura corresponde à proporção relativa das frações granulométricas, relacionadas ao material de origem e aos agentes naturais de formação do solo. As partículas maiores são os minerais de maior resistência ao intemperismo, sendo esses presentes na fração areia (de 2 a 0,05mm), composta de quartzo, e na fração silte (0,05 a 0,002mm), composta de quartzo ou feldspato, enquanto a argila (<0,002mm) é um mineral pedogênico, mais reativo e suscetível ao intemperismo. A textura relaciona-se com a quantidade de cada uma dessas frações no horizonte do solo, determinando maior ou menor volume de solo arrastado pela erosão (LEPSCH, 2010).

O domínio da fração areia fina e silte, por exemplo, favorece uma maior erodibilidade, enquanto elevados percentuais de areia grossa permitem uma maior permeabilidade e, portanto menor erodibilidade. De maneira geral, os solos que apresentam percentuais elevados de argila possuem uma boa coesão e uma apreciável estabilidade estrutural (MAFRA, 2012, p.302).

A estrutura corresponde à agregação das partículas primárias do solo (areia, silte e argila), agrupadas por substâncias orgânicas, óxidos de ferro e alumínio, carbonatos, sílica e pela própria reatividade da fração argila. Sua formação é resultado da alternância entre umedecimento e ressecamento do solo, que causam movimentos de

contração ou expansão e provocam a formação de rachaduras e aglomeração das partículas. As rachaduras também ocorrem pela penetração de raízes e pela atividade de pequenos animais (LEPSCH, 2010).

Nessas rachaduras ou fendas entre os agregados do solo, encontram-se os macroporos, e dentro dos agregados, os microporos. A macroporosidade tem origem estrutural, corresponde a setores onde a água da chuva circula mais rápido, mas devido ao diâmetro dos poros, há baixa retenção, e ao cessar da chuva, os poros ficam vazios. Os microporos, pelo diâmetro menor, conferem circulação mais lenta da água, a retendo por mais tempo (SILVA, 2012).

Em horizontes superficiais, a maior presença de carbono orgânico influencia na formação dos agregados, que ocorre normalmente em forma grumosa ou granular, onde as partículas estão arranjadas em torno de um ponto, em forma de esfera. Tais condições determinam estruturas de média a muito porosas. Já nos horizontes mais subsuperficiais, a formação é em blocos, nos quais as três dimensões da unidade estrutural são relativamente iguais. Eles se formam em blocos angulares e subangulares, com as dimensões horizontais próxima das verticais, o que confere boa porosidade ao solo (SANTOS, *et al.*, 2013).

O gradiente textural entre horizontes superiores, principalmente quanto ao teor de argila, também determina o comportamento erosivo. Solos com diferença textural abrupta apresentam o horizonte A bem mais arenoso que o horizonte Bt, que fica subjacente; a água que infiltra no horizonte A com facilidade e encontra no topo do horizonte Bt dificuldade para dar continuidade a percolação, saturando o horizonte A, e proporcionando o escoamento de subsuperfície no topo do horizonte Bt (SALOMÃO, 2012).

Outra característica importante dos agregados é o grau de resistência ou estabilidade. Essa consistência ou coesão entre as partículas determina a taxa de erodibilidade do solo e relaciona-se com o teor de umidade nos poros. Quanto menor a estabilidade do agregado, maior a possibilidade de formação de crosta na superfície do solo, dificultando a infiltração da água, o que favorece o escoamento superficial. Para Silva (2012, p.116), “a situação ideal é representada pelas condições intermediárias, uma vez que elas propiciam a formação de uma boa porosidade e textura média, em função do equilíbrio na distribuição das partículas granulométricas”.

Fator determinante para proteção dos solos é a cobertura superficial, responsável pela produção de carbono orgânico, pela proteção do solo e pelo favorecimento da infiltração por meio da penetração das raízes. Existem diferenças consideráveis na proteção do solo pelos diversos tipos de cobertura superficial. Estudos apontam que a cobertura florestal representa as condições ecológicas de estabilidade do ambiente, proporcionando condições de extrema eficiência na proteção do solo.

David *et al.* (2000, *apud* BOIN, 2005) constatou que a taxa de infiltração de água em solo com cobertura florestal pode ser de dez a quinze vezes maior do que sobre a pastagem e quarenta vezes mais do que em solo exposto.

A estabilidade do ambiente, proporcionada pela vegetação florestal, deve-se à proteção contra o impacto da gota de chuva, na dispersão da água e na produção de serapilheira. Áreas com florestas apresentam boa proteção ao solo, a copa das árvores, os galhos e a cobertura morta servem de anteparo entre a chuva e o solo, impedindo que as gotas d'água descarreguem a energia cinética diretamente no solo, causando a desagregação das partículas; as raízes contribuem para penetração da água e, quando ocorrem enxurradas, a serapilheira e os troncos freiam a velocidade das águas escoadas.

Nas áreas com pastagens, o sistema radicular das gramíneas proporciona proteção contra erosão através da diminuição da intensidade do escoamento superficial, como também prende as partículas do solo, evitando o rompimento pela pressão da água. No entanto, o pastoreio excessivo e o mau manejo das pastagens contribuem para o desenvolvimento de processos erosivos, principalmente pelo pisoteio do gado e a diminuição do vigor das plantas, surgindo áreas descobertas de vegetação, além da selagem do solo e de caminhos preferenciais para escoamento das águas pluviais (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

De acordo com levantamento realizado por Ferreira *et al.* (2010), a compactação do solo, causada pelo pisoteio animal reduz a densidade e a macroporosidade do solo, que aumentam a resistência ao crescimento radicular em condições de baixa umidade e reduz a oxigenação em condições de excesso de umidade. O manejo animal extensivo, dentre os sistemas de manejo de pastagens, é o mais prejudicial ao solo por não obedecer ao ciclo de desenvolvimento das forrageiras, diminuindo, ao longo do tempo, a reposição dos nutrientes e o carbono orgânico no solo, o que proporciona a atuação de pragas, plantas daninhas e, principalmente, a erosão hídrica. Santos (2007, *apud* Ferreira

et al., 2010) relata, que dependendo do estágio de degradação das pastagens, as perdas de solos chegam ao redor de 17 t/ha/ano.

Na bacia do rio Santo Anastácio, Sudo, Godoy e Freire (1991) detectaram como principal foco de erosão dos solos a deterioração das pastagens, em consequência do pastoreio excessivo, analisando a quantidade de cabeças por superfície vegetada.

Áreas com cana-de-açúcar apresentam diversos problemas quanto à proteção do solo e aos impactos decorrentes da mecanização ou da queimada. A colheita da cana coincide com o período de chuvas mais intensas, quando efetuada com a queimada, provoca consequências negativas na produtividade da terra e libera grandes concentrações de monóxido de carbono, ozônio e dióxido de carbono para atmosfera (EMBRAPA, 1997); já a mecanização compacta o solo e proporciona o escoamento superficial das águas pluviais, o que intensifica os processos erosivos.

Quanto à perda de solo, em experimento com chuva simulada de 65 mm durante uma hora, Silva (2011) levantou que nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Álico, se o solo é recoberto com no mínimo 50% de palha de cana-de-açúcar, há redução de 90% em relação às áreas com solo exposto. Essa diminuição ocorre pela proteção contra o impacto das chuvas, aumento da infiltração e retenção de água, reduzindo a concentração do fluxo de água corrente.

Já para os sistemas de colheita, Garbiate *et al.* (2011) desenvolveram artigo retratando a erosão entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada, avaliando as concentrações de nutrientes nos sedimentos presente nas enxurradas da erosão. Com chuvas simuladas de 60mm/h, durante 50 minutos, em área de Latossolo Vermelho Álico, textura média, o autor constatou que os resíduos vegetais, distribuídos na superfície do solo pela colheita mecânica de cana crua, reduzem as concentrações de sedimentos nas enxurradas em 7,6 vezes e a de carbono orgânico em 9,7 vezes, comparada com a colheita mecânica de cana queimada. O efeito da compactação do solo pela pressão exercida pelo tráfego de máquinas na colheita é reduzido com a colheita de cana crua, que espalha os resíduos vegetais sobre o solo. Essa cobertura também favorece a preservação do estado de agregação do solo, resultado do menor impacto das gotas de chuva na superfície, no entanto, em relação ao sistema de colheita manual, a concentração de sedimentos nas enxurradas foi menor do que as encontradas nos sistemas de colheita mecanizada, com a queima e a cana crua,

pois a utilização do maquinário diminui a porosidade do solo pela pressão e tráfego das máquinas, favorecendo o escoamento superficial.

Para o plantio de eucalipto, de acordo com Arana e Boin (2013), em estudo na região do Pontal do Paranapanema, dentre as vantagens destaca-se o sequestro de gás carbônico e a fonte de renda pelo amplo mercado interno e externo, como a produção de carvão vegetal, de madeira e as crescentes demandas industriais por celulose. Para o ambiente, destaca-se a boa proteção ao solo contra a ação erosiva das chuvas exercida pela floresta de eucalipto. No entanto, a plantação em larga escala, de acordo com levantamento de Viana (2004), empobrece e resseca o solo, assim como rebaixa o lençol freático pela escavação profunda das raízes, secando nascentes.

Pires *et al.* (2006), na pesquisa sobre o cultivo de Eucalipto em nível sobre Latossolo Vermelho Álico com relevo ondulado, constatou que apenas após um ano do plantio, quando o eucalipto chega na fase de sub-bosque, a proteção quanto à perda de solo aproxima-se da que é realizada pela vegetação florestal. Gama-Rodrigues *et al.* (2008), em estudo sobre a produção de biomassa microbiana da serapilheira pelo eucalipto, destacou que em situação de baixa produção de C e N, a floresta de eucalipto contribui significativamente para melhora dos solos, no entanto, a produção de biomassa pelo eucalipto encontra-se significativamente abaixo da produzida pela vegetação florestal.

A construção das rodovias, se por um lado protege o solo contra a ação erosiva da gota d'água, simultaneamente, proporciona o escoamento superficial, que aliado à inclinação da rodovia favorece a formação de enxurradas. Junto ao traçado da rodovia ou estradas deve ser implantado um eficiente sistema de drenagem, relacionado à suscetibilidade dos terrenos e à caracterização/quantificação hidráulica para que seja realizado um eficiente mecanismo de captação, condução e dissipação das águas (SALOMÃO, 2012).

De acordo com Zoccal (2007, *apud* FRANCISCO, 2011), as estradas rurais são responsáveis por aproximadamente 70% dos processos erosivos, devido, principalmente, à falta de manutenção e à implantação de estruturas, como canais de derivação, terraços e bacias de contenção.

Os efeitos negativos na substituição da vegetação florestal podem ser minimizados a partir de técnicas conservacionistas de caráter vegetativo, edáfico e mecânico, assim como de técnicas preservacionistas. A localização e distribuição das técnicas citadas precedem um levantamento das características condicionadoras da capacidade de uso do solo e de setores legalmente protegidos, o que indicará “o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar no terreno sem que o solo sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p.213).

Nas práticas de caráter vegetativo, a densidade da cobertura vegetal é o princípio fundamental da proteção do solo. Essa técnica relaciona-se com a capacidade de produção do solo e com a suscetibilidade erosiva. Ou seja, áreas com baixa capacidade produtiva e muito suscetíveis devem ser recobertas por florestas ou reflorestamento; terrenos onde as culturas não proporcionam produção compensadora ou com potencial para desenvolvimento de processos erosivos devem ser destinadas à pastagem, reservando a eles manejo adequado; as culturas são plantadas nas áreas que proporcionam produções compensadoras, em que o risco de erosão é mínimo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

As plantas de cobertura, leguminosas e gramíneas são essenciais para manter o solo coberto durante o período de chuva, além de aumentarem o conteúdo de carbono orgânico no solo. Tal técnica é eficiente para culturas anuais, impedindo que o solo fique exposto.

Para conter os processos erosivos durante o plantio de culturas que oferecem pouca resistência a perda de solo utiliza-se da cultura em faixas, onde essas se intercalam com culturas que oferecem boa proteção, o que permite que “as perdas por erosão sofridas por determinada cultura, sejam, em parte recuperadas pela que vem logo abaixo” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990 p. 99). Outra técnica utilizada, nessa situação, é o cultivo com cordões de vegetação permanente, com uma espécie de crescimento denso, rápido e cerrado, como o capim-chorão, a erva cidreira e a leucena, todas elas formam um obstáculo contra o escoamento da enxurrada.

As práticas de caráter edáfico correspondem àquelas que buscam manter a fertilidade do solo, com reposição de elementos nutritivos, controle da combustão de carbono orgânico e diminuição da lixiviação. Entre essas técnicas, destacam-se: o

controle do fogo, a adubação verde e a correção do solo a partir da adubação química, orgânica e a calagem (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

O controle do fogo é necessário para diminuir os impactos das queimadas, que destroem grande parte do carbono orgânico e do nitrogênio do solo, e diminuem a resistência à erosão e a capacidade de retenção de umidade.

Adubação verde é realizada com plantas que produzem grande quantidade de massa em pouco tempo, como as leguminosas. Elas protegem o solo enquanto vivas, e quando mortas, são enterradas, proporcionando o melhoramento das condições físicas e químicas do solo pela incorporação de carbono orgânico e nitrogênio. A adubação verde é feita no mesmo período das culturas anuais, o que exige que o terreno seja reservado para recuperação no período aproximado de um ano. A adubação química e a adubação orgânica são utilizadas no melhoramento do solo, já a calagem é útil na correção da acidez.

As práticas de caráter mecânico se relacionam com as características do solo e a declividade do terreno. Nelas são utilizadas estruturas artificiais com objetivo de formar obstáculos à velocidade do escoamento e facilitar a infiltração, como a distribuição racional dos caminhos, o plantio em contorno e terraceamento.

Com a disposição reta do carreador criam-se caminhos preferenciais para escoamento das águas pluviais, favoráveis à formação dos processos erosivos. Quando se realiza a disposição racional dos caminhos, colocando-os, ao máximo, próximos das curvas de nível, ocorre a diminuição da tendência à formação de caminhos preferenciais do escoamento superficial; a ideia é não traçar um caminho reto e, sim, locar os carreadores na ligação entre os nivelados, inclinados e desencontrados, com 3 a 4m de largura. Essa técnica também pode ser utilizada nas estradas rurais dentro das propriedades.

O plantio em contorno consiste na disposição da plantação em fileiras, além da execução de todas as operações feitas no sentido transversal à pendente. A aplicação dessa técnica torna tanto as fileiras de plantas, como os pequenos sulcos e camalhões de terras que as máquinas de preparo e cultivo do solo deixam na superfície, em obstáculos para o escoamento superficial, o que diminui a capacidade, a velocidade do escoamento e o arrastamento das partículas. A disposição das fileiras varia de acordo com a

declividade do terreno, em áreas de topografia irregular há maior necessidade de linhas básicas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

O terraceamento é um das técnicas mais utilizadas no controle de erosão nas terras cultivadas. Ele consiste na construção de cortes da linha de maior declive do terreno, com objetivo de diminuir o comprimento da vertente em patamares ou terraços, o que dificulta a formação de sulcos, isso contribui para reter e infiltrar ou escoar lentamente a água para as áreas adjacentes.

As práticas preservacionistas são relacionadas a setores específico das propriedades que devem ser protegidos e preservados de acordo com a legislação ambiental. Dentre as leis ambientais, destacam-se a proteção e preservação como função social da propriedade privada estabelecida pelo Código Florestal, Lei 12.651/2012, que determina a existência de duas distintas áreas com presença de vegetação nativa: as Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL).

As Áreas de Preservação Permanente (APP) têm, de acordo com o Art. 3º, Inciso II da Lei 12.651/12, “a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012). Essas áreas localizam-se na margem de rios, em nascentes, nas áreas com declividade superior a 45º, etc. Já a Reserva Legal (RL), segundo o Art. 3º Inciso III, tem a “função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliando a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade” (BRASIL, 2012). A área da RL nos domínios da Mata Atlântica deve compreender 20% da propriedade e localizar-se em local escolhido pelo proprietário.

A compreensão dos processos denudacionais em suas diversas formas de manifestação contribui para realização de um levantamento qualitativo, diferenciando-os por meio das formas identificadas, do estágio de evolução do fenômeno erosivo e de sua dimensão espacial. Tais contribuições permitem a elaboração de um diagnóstico mais preciso e, assim, de um planejamento mais adequado de acordo com a degradação do ambiente.

Esse estudo também buscou apontar algumas possibilidades agronômicas para diminuição do impacto na perda de solo ocasionado pela alteração da cobertura superficial primitiva, levando em consideração os usos identificados na área estudada, bem como a existência de setores específicos das propriedades privadas destinadas à preservação e proteção, conforme a legislação vigente.

CAPÍTULO II - Técnicas cartográficas

Depois de realizados os levantamentos que serão descritos neste capítulo, ficou decidido que a escala de impressão adotada na confecção final das cartas seria 1:35.000. Essa decisão foi relacionada à quantidade de informações levantadas por meio dos produtos de sensores remotos e trabalhos de campo, principalmente no mapeamento geomorfológico, no qual a quantidade de erosões identificadas são impossíveis de representar na escala da base cartográfica do trabalho, isto é, 1:50.000.

Os trabalhos de campo foram realizados durante os dias: 28, 29 de novembro e 02 de dezembro de 2011; 06 de setembro e 20 de novembro de 2012 e; 15 de fevereiro de 2013.

2.1 Base cartográfica

Inicialmente, foi realizada a base cartográfica da alta bacia do ribeirão do Areia Dourada a partir da delimitação da área de estudo com a utilização das cartas topográficas do IBGE (1976) em escala 1:50.000, com equidistância das curvas de nível de 20 metros, representadas cartograficamente nas folhas de Marabá Paulista (SF-22-Y-B-II-1) e Ribeirão das Anhumas (SF-22-Y-B-I-2).

Para a elaboração da base cartográfica considerou, após a delimitação da área de estudo, foram consideradas as curvas de nível, as rodovias e a localização da área urbana.

2.2 Cartas de hierarquia fluvial de 1962 e 2012

Para o levantamento de 1962 foram utilizadas seis fotografias aéreas, em escala 1:40.000, adquiridas junto ao Laboratório de Aerofotogrametria e Sensoriamento Remoto (LASERE) da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), da Universidade de São Paulo (USP). Essas fotografias foram georreferenciadas de acordo com a base cartográfica e interpretadas visualmente, obtendo a drenagem do referido

ano. Já para 2012, foi usada imagem orbital do satélite ALOS, sensor AVNIR, de 2009, com reambulação em campo, onde se adquiriu os canais fluviais.

No intuito de comparar a quantidade de nascentes entre os dois anos analisados, a hierarquia da rede de drenagem seguiu as orientações de Shreve (1966, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980), em que cada ligamento exterior tem magnitude 1, seguindo até a confluência com outro canal. Quando dois canais de magnitude 1 se encontram, o canal que segue tem magnitude 2, até a próxima confluência, como, por exemplo, a um canal de magnitude 3; dessa forma, o canal que segue terá magnitude 5 e, assim por conseguinte (CHRISTOFOLETTI, 1980) (Figura 4).

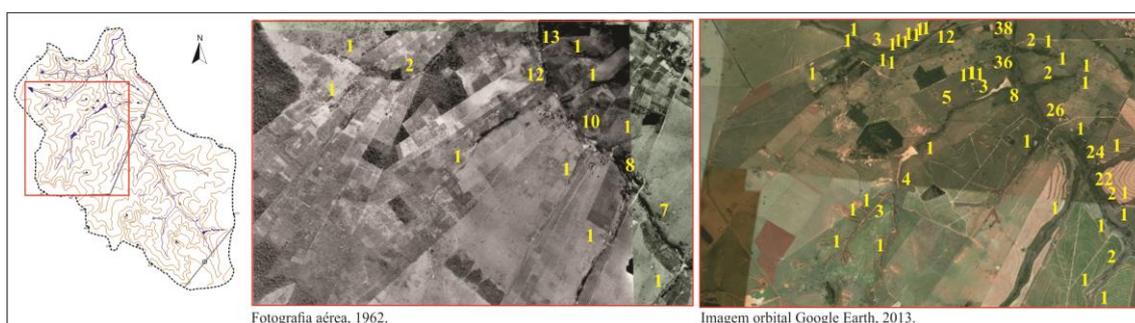


Figura 4-Hierarquia fluvial de 1962 e 2012.

2.3 Cartas de morfometria do relevo

As cartas morfométricas, elaboradas por Boin (prelo), foram digitalizadas e organizadas para esta pesquisa. Boin (prelo) utilizou as técnicas de De Biasi (1970) e Sanchez (1994) para construção da Carta de Declividade; as de Spiridonov (1981) e Mauro *et al.* (1991) para a elaboração da Carta de Dissecação Horizontal; novamente, a técnica de Spiridonov (1981) na carta de Dissecação Vertical e; a partir dessas três cartas reunidas, elaborou o documento síntese de Energia do Relevo, segundo Mendes (1993).

As cartas foram obtidas em meio impresso, portanto, foram digitalizadas utilizando um scanner e georreferenciadas no *Software* ArcMap.

Em campo, verificou-se a veracidade das informações referentes à declividade do terreno e à dissecação horizontal. A obtenção dos dados quantitativos das classes de

declividade, dissecações vertical e horizontal e energia do relevo foram realizadas através do uso da ferramenta *medida de classes* do *software* SPRING.

2.4 Esboço da litologia

Quanto aos dados geológicos, foram obtidas as informações da litologia da bacia do rio Santo Anastácio em escala de 1:250.000, em Stein (1999), já adaptado da carta geológica da bacia do rio Santo Anastácio, na escala de 1:500.000, presente no relatório elaborado pelo IPT (1980). Destas cartas foram extraídos os lineamentos fotogeológicos, sendo necessária adaptação dessas informações à escala do trabalho, de 1:35.000, realizada a partir de imagem orbital do satélite ALOS, sensor AVNIR de 2009, com reambulação em campo nos anos de 2011, 2012 e 2013, onde foram ajustadas as áreas de planícies e terraços aluviais referentes a processos de sedimentação do Quaternário (Figura 5), realizados mediante orientações verbais do professor Doutor Marcos Norberto Boin.

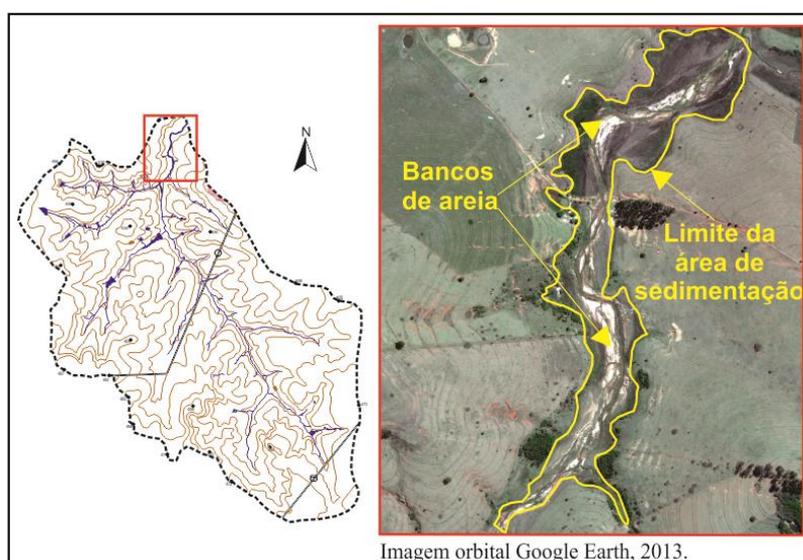


Figura 5- Identificação das áreas onde ocorrem processos de sedimentação relacionados ao Quaternário.

2.5 Esboço dos solos

Os dados pedológicos da área de estudo foram obtidos no levantamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Santo Anastácio (SP), em escala 1: 250.000,

coordenado por CARVALHO (1997), sendo necessária a adaptação das informações à escala desta pesquisa de 1:35.000, mediante interpretação de imagem orbital do satélite ALOS do ano de 2009, sensor Avnir, com reambulação em campo.

Na confecção da carta pedológica, os critérios adotados para as nomenclaturas e tonalidade de cores seguiram os estabelecidos pela EMBRAPA (1999). No entanto, para as classes Latossolos não foram encontradas terminologias correspondentes às descrições dos solos de Carvalho (1997), determinando-se que essa classe de solo fosse mantida segundo a fonte, sem alterações.

Na adequação da escala 1: 250.000 da carta de Carvalho (1997) a escala adotada neste trabalho, 1: 35.000, os ajustes foram realizados através da interpretação de imagem orbital do satélite ALOS do ano de 2009, sensor Avnir, com reambulação em campo em 2012 e 2013, onde foram ajustados os limites do Gleissolo Háplico, do solo subordinado ao hidromorfismo na média vertente, onde aflora o lençol freático (Figura 6), como também Neossolo Litólico, associados a alguns setores das rupturas topográficas levantadas no mapeamento geomorfológico e aferidas em campo (Figura 7).

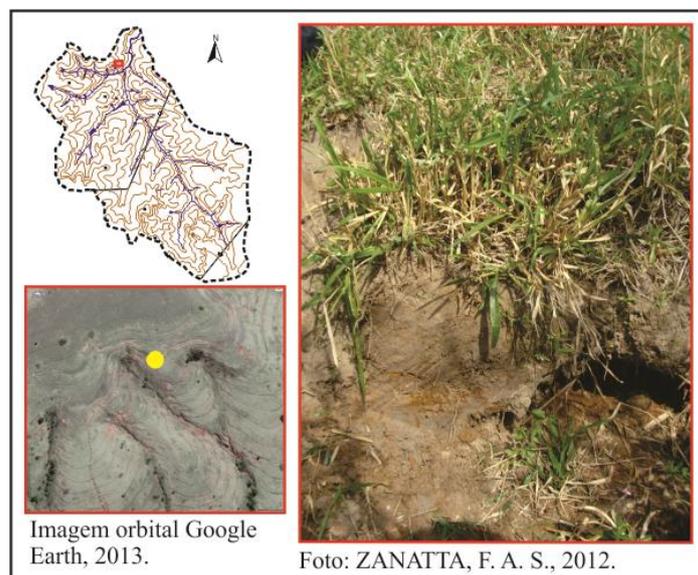


Figura 6– Solos subordinados ao hidromorfismo em rupturas topográficas com afloramento do lençol freático.

Na figura 6, a cor cinza do solo corresponde a condições de má drenagem, o que resulta na ausência de Fe^{3+} e Fe^{2+} solúvel, caracterizando um processo de gleização.

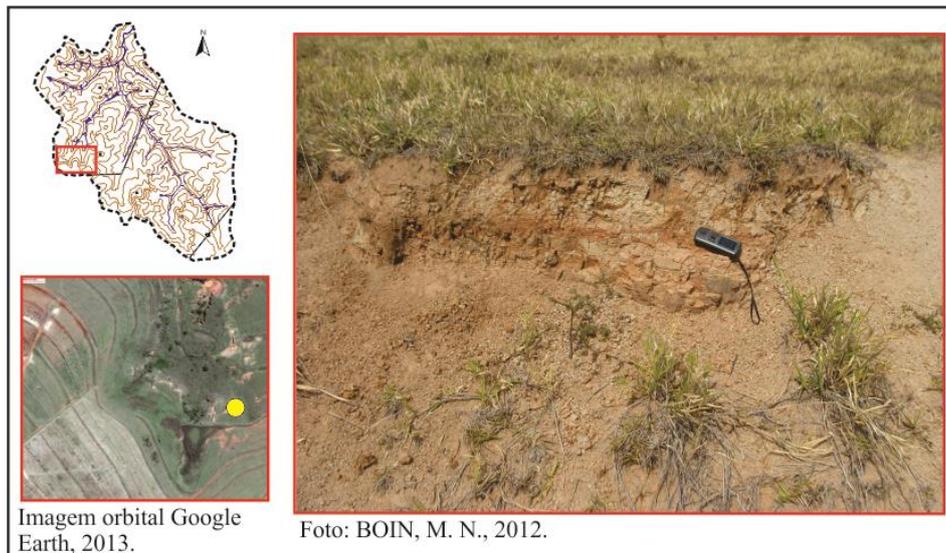


Figura 7- Neossolo Litólico.

Na figura 7, verifica-se a presença de Neossolo Litólico associado, principalmente, às rupturas topográficas. Foram identificadas em campo outras áreas menores com presença dessa classe de solo, no entanto, para a escala adotada não foi possível esse nível de detalhamento, considerando-se apenas os setores passíveis de representação.

2.6 Cartas geomorfológicas de 1962 e 2012

Para a confecção da carta geomorfológica de 1962, foram interpretadas visualmente as fotografias aéreas descritas no subtópico 2.2, sobre a hierarquia fluvial. Para o ano de 2012, foi utilizada a imagem orbital do satélite ALOS, sensor Avnir, de 2009, com reambulação em campo em 2012. Em ambas as cartas geomorfológicas foram utilizadas a base cartográfica e o levantamento geológico do IPT (1980), com adaptações de Stein (1999).

Em comum entre os dois anos analisados, foram identificadas as seguintes feições geomorfológicas: área de terraço e planície fluvial e leque aluvial (Figura 8); rupturas topográficas abruptas (Figuras 9 e 10), suaves e com afloramento do lençol freático; feições erosivas, como sulcos (Figura 9 e 11) e ravinas (Figura 9, 12 e 13); formas de vertente e colo topográfico, identificados pelas formas das curvas de nível

(Figura 14); canais fluviais e formato do fundo de vale; solapamento das margens; e, canais pluviais, onde se encontrava algum registro de escoamento pluvial, como as feições erosivas lineares.

Para o ano de 2012, outras feições foram acrescentadas, como: voçorocas (Figura 13); marcas de erosão laminar; terraceamento (Figura 14), identificados nas imagens orbitais entre as curvas de nível; obliteraões (Figura 15), definidas como soterramento de feições erosivas e as bacias de contenção das águas pluviais (Figura 16); também foram extraídas as rodovias e as estradas rurais, muitas das quais estavam associadas à exposição do solo e ao desenvolvimento de erosões ao longo do seu percurso.

As áreas de terraços e planície fluvial foram assim consideradas devido à escala adotada nesta pesquisa, o que não possibilita a separação entre a área de terraço e a área de planície fluvial de forma que fique visível na carta final. A identificação dessas áreas teve como base setores com tons de cinza escuro, que representam solos subordinados a encharcamentos e vegetação de porte rasteiro e arbustivo, características de área úmida. Quanto ao leque aluvial, verifica-se no desague do tributário no canal principal, a formação em forma de leque com o mesmo padrão de tons de cinza e vegetação própria de ambientes encharcados (Figura 8).

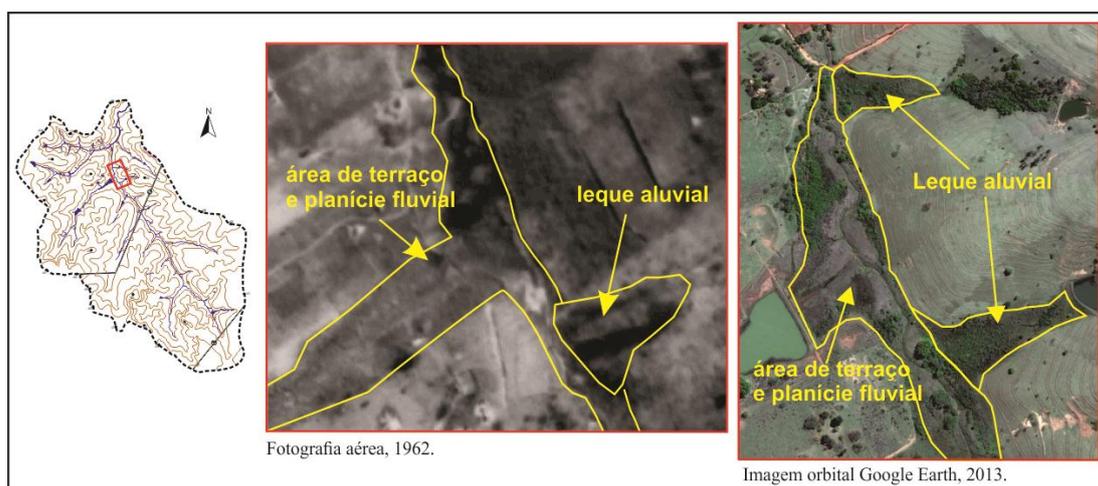


Figura 8- Identificação da área de terraço, planície fluvial e de leque aluvial.

Na identificação das rupturas topográficas do ano de 1962, na figura 9, verifica-se um setor mais plano, a montante da ruptura e, um setor rebaixado, a jusante, potencialmente com declividade acentuada, caracterizando a ruptura topográfica

abrupta. Nesta mesma imagem, percebe-se a distinção entre os sulcos erosivos, com tom de cinza claro, formando um trajeto e as ravinas em tom de cinza escuro, evidenciando a profundidade da erosão. Não foram notados processos erosivos em nível de voçorocamento para o ano de 1962.

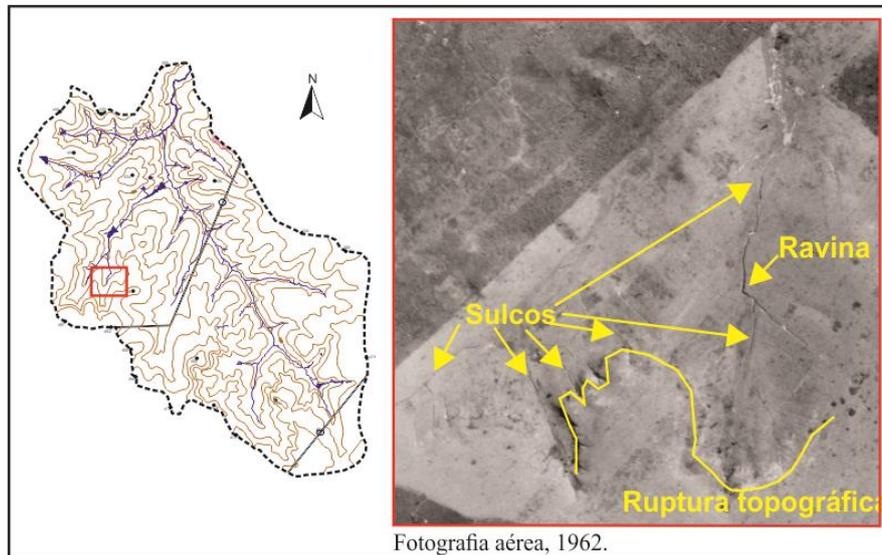


Figura 9-Identificação das áreas com rupturas topográficas, sulcos e ravinas.

Para o ano de 2012, assim como na imagem de 1962, a identificação de rupturas topográficas em imagem orbital foi feita pela transição entre uma área plana e outra declivosa, caracterizando uma ruptura topográfica abrupta, como se constata na fotografia de campo (Figura 10).

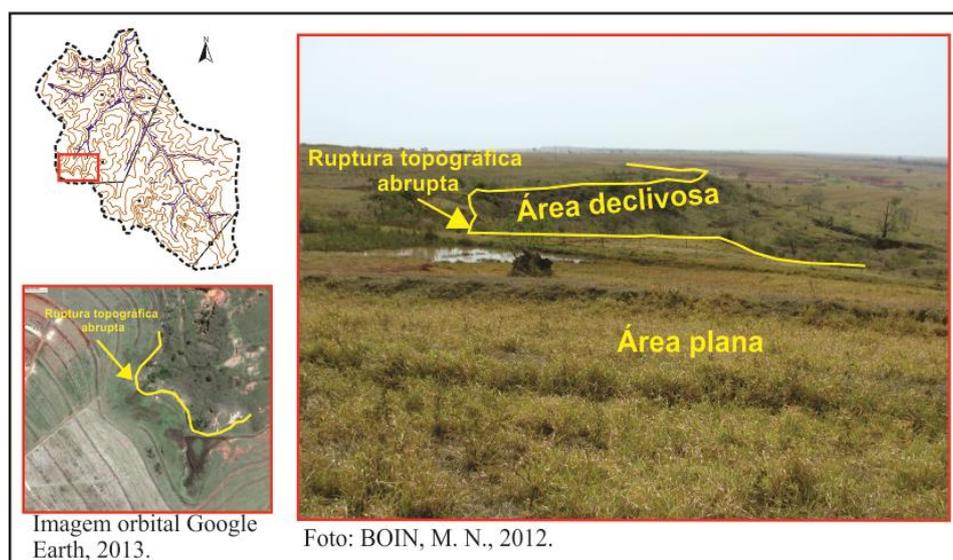


Figura 10- Ruptura topográfica abrupta na imagem orbital e em fotografia de campo.

Na caracterização dos sulcos erosivos, no ano de 2012, buscou-se identificar os caminhos percorridos pela água pluvial, com moderado aprofundamento da erosão, como demonstrado na figura 11, tanto pela imagem orbital, como pela fotografia em campo.

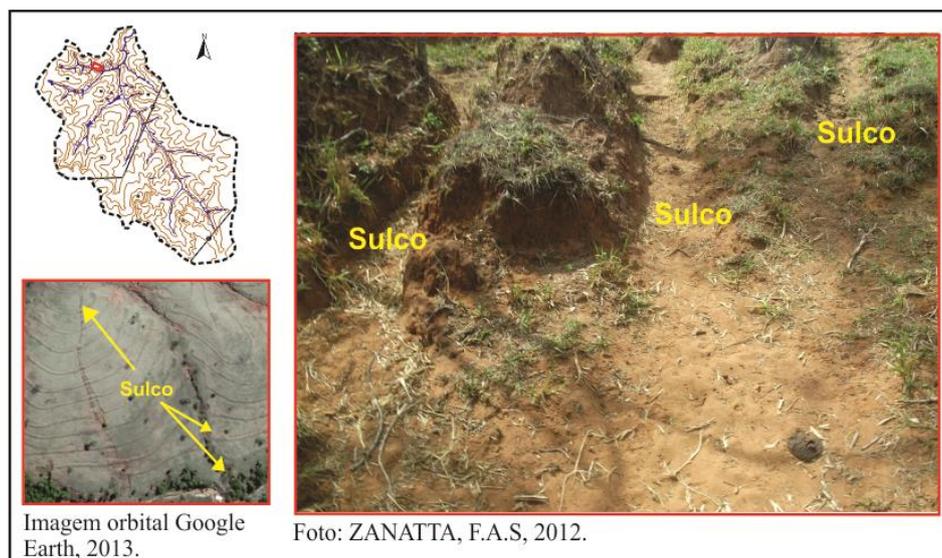


Figura 11- Sulco erosivo, imagem orbital e fotografia de campo.

A diferença entre sulcos e ravinas consiste em que as últimas implicam em incisões com maior aprofundamento e alargamento que as erosões em sulco. Comparando a figura 11 com a figura 12, observa-se essa diferença nas ravinas, com ampliação da erosão tanto na dimensão vertical, quanto na horizontal. Essas características são confirmadas na fotografia em campo, onde é possível averiguar o perfil do solo exposto.

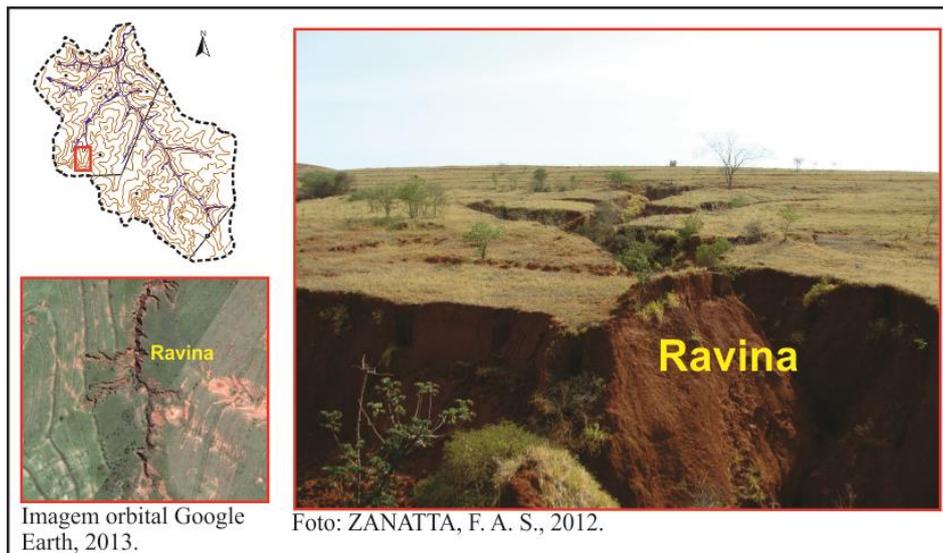


Figura 12- Ravina, imagem orbital e fotografia de campo.

As voçorocas surgem quando a ação erosiva atinge o lençol freático ou nível d'água do terreno. Na figura13, é possível destacar, na imagem orbital, a diferença na cor do solo. Assim, onde há presença de água, a tonalidade é de marrom escuro, confirmando, na fotografia em campo, a presença da água corrente. Em todas as voçorocas houve aferição em campo, buscando obter coordenadas geodésicas de pontos por meio do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) do local onde tem início o afloramento de água.

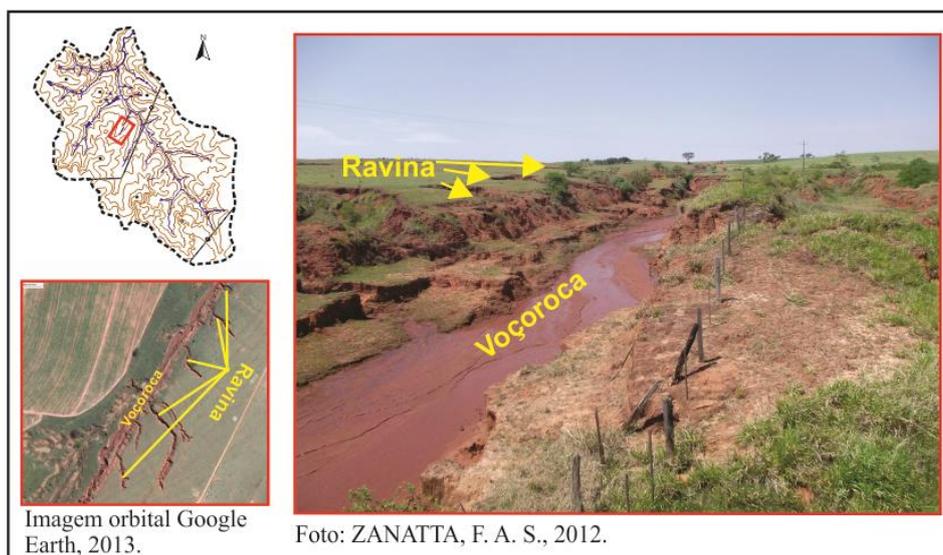


Figura 13- Voçoroca com ravinas laterais em imagem orbital e fotografia de campo.

Utilizando a carta base, a identificação das vertentes côncavas e convexas foi realizada pela orientação das curvas de nível, enquanto as áreas de colo topográfico foram identificadas pela proximidade de duas cabeceiras, em vertentes côncavas, em lados opostos (Figura 14).

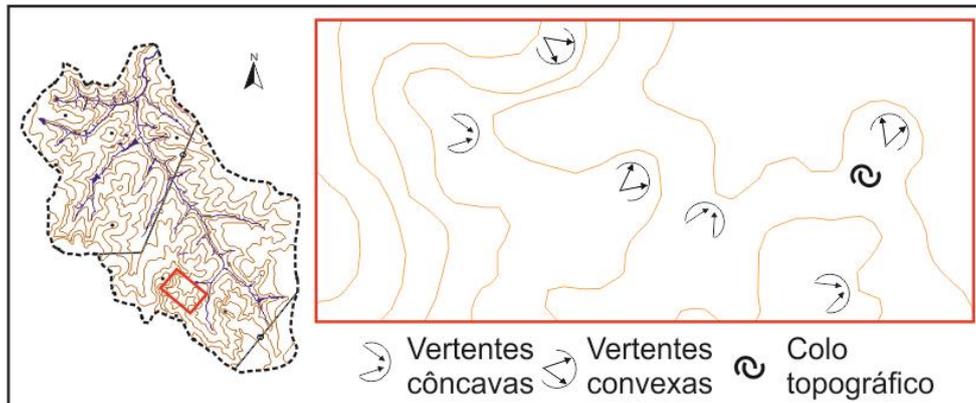


Figura 14– Colo topográfica, vertentes côncavas e convexas.

A identificação do terraceamento em imagem orbital foi feita pela presença de curvas em sequência, modelando o relevo (Figura 15).

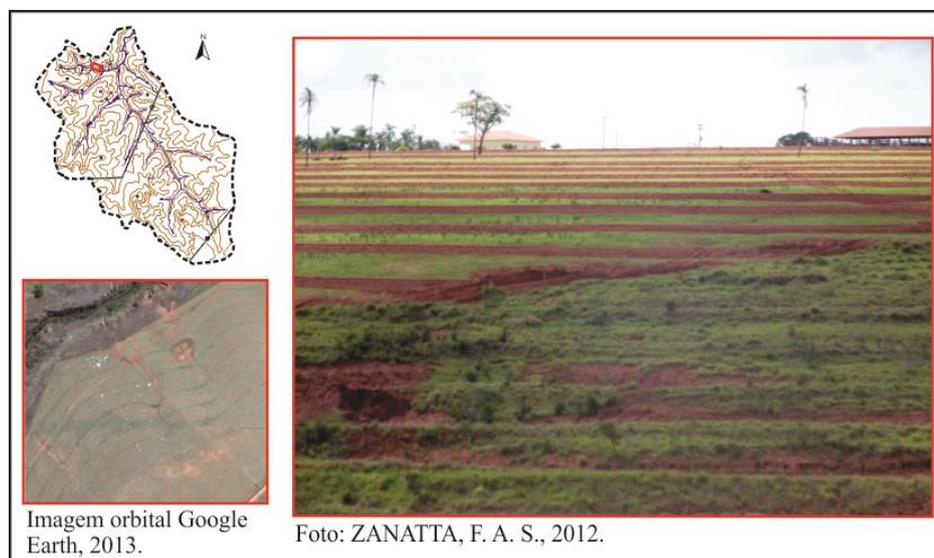


Figura 15- Terraços agrícolas em imagem orbital e fotografia em campo.

Na fotografia de campo, observam-se essas curvas com solo exposto, caracterizando os terraços em curva de nível.

Também, referente ao modelado antrópico do relevo, destacam-se as técnicas de obliteração - soterramento das feições erosivas - ressaltado na figura 16, onde na imagem orbital, observam-se manchas de solo exposto e vegetação rasteira preenchendo as feições erosivas, fato constatado na fotografia em campo.

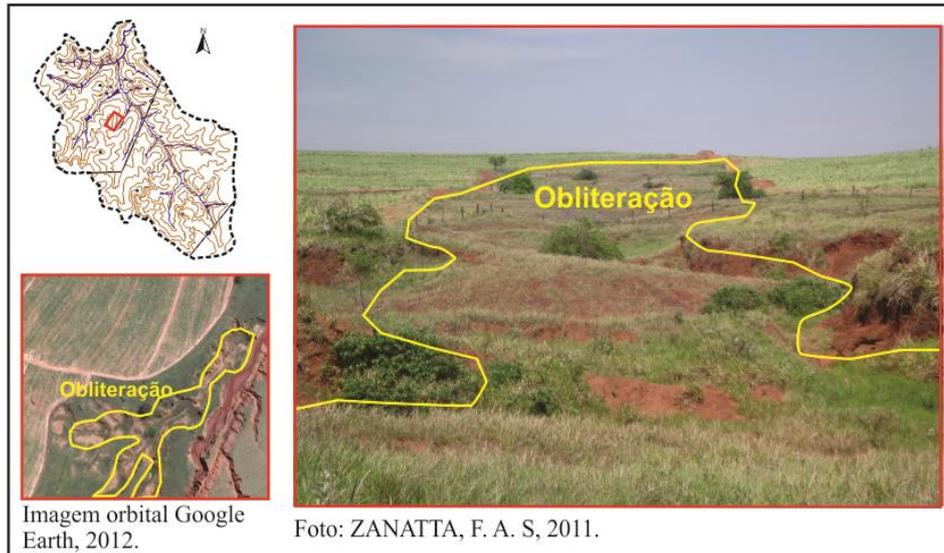


Figura 16 - Obliteração em imagem orbital e fotografia em campo.

Foram identificadas bacias de contenção no percurso das erosões, construídas entre as curvas de nível para conter o fluxo do escoamento superficial das águas pluviais (Figura 17).

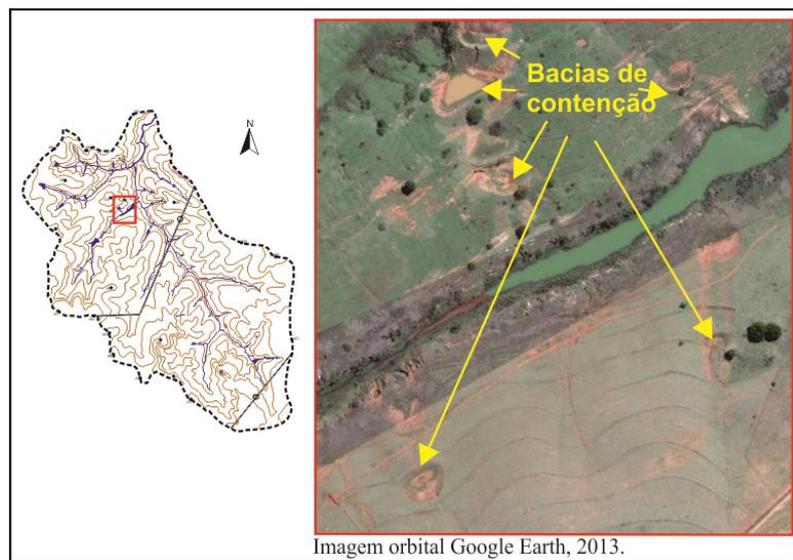


Figura 17- Bacias de contenção em imagem orbital.

Na confecção das Cartas Geomorfológicas, os símbolos indicativos das feições identificadas tiveram como referência Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975), sendo necessária a criação de símbolos para: as rupturas topográficas, onde aflora o lençol freático; as áreas em que foram efetuadas obliterações e as bacias de contenção (Figura 18).

ELEMENTOS	DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO	FONTE	
Dados litológicos	Formação Adamantina			Tricart (1965)	
	Formação Santo Anastácio			Tricart (1965)	
	Contato Geológico			Tricart (1965)	
	Falha Geológica			Tricart (1965)	
Interflúvios	Vertentes	Côncava		Verstappen e Zuidam (1975)	
		Convexa		Verstappen e Zuidam (1975)	
		Retilínea		Verstappen e Zuidam (1975)	
	Linha de cumeada	Suave		Tricart (1965)	
	Colo topográfico			Verstappen e Zuidam (1975)	
	Feições erosivas	Sulco		Tricart (1965)	
		Ravina		Tricart (1965)	
		Voçoroca		Tricart (1965)	
		Marcas de erosão difusa		Adaptação de Verstappen e Zuidam (1975)	
	Topografia e morfometria	Curvas de nível (20 - 20m)		Tricart (1965)	
		Ponto Cotado		Tricart (1965)	
Ação das águas correntes	Feições de drenagem	Canal Fluvial		Tricart (1965)	
		Canal Pluvial		Tricart (1965)	
		Solapamento da margem		Dibieso (2013)	
	Formas de acumulação	Área de acumulação de planície e terraço fluvial		Tricart (1965)	
		Leque aluvial		Tricart (1965)	
	Modelado de entalhe	Modelado de entalhe	suave		Tricart (1965)
			abrupta		Tricart (1965)
			com afloramento do lençol freático		Zanatta, Cunha e Boim (2013)
		Fundo de vale	em "V"		Verstappen e Zuidam (1975)
			plano		Verstappen e Zuidam (1975)
Modelado antrópico	Terraços Agrícolas			Adaptação de Verstappen e Zuidam (1975)	
	Obliteração			Zanatta, Cunha e Boim (2013)	
	Bacias de contenção			Zanatta, Cunha e Boim (2013)	
	Canal antropogênico			Adaptação de Verstappen e Zuidam (1975)	

Figura 18 - Símbolos da carta geomorfológica com seus respectivos autores.
Elaboração: ZANATTA, CUNHA e BOIN, 2013.

2.7 Carta de unidades físicas

A Carta de Unidades Físicas tem como objetivo dividir a bacia em setores que apresentam características similares e, por conseguinte, respostas semelhantes às alterações impostas.

Para determinar o limite desses setores, de acordo com os princípios de Leal (1995), a partir das curvas de nível da carta base e a carta geomorfológica, a bacia foi dividida em topos, vertentes côncavas, vertentes convexas, vertentes retilíneas e pelo limite da área de terraço e planície fluvial da carta geomorfológica, em fundos de vale. Após essa primeira divisão, foram acrescentadas as informações da litologia, pedologia e energia do relevo.

Para a área estudada, tornou-se necessária a realização de adaptações às orientações do trabalho de Leal (1995). Assim, as diferenças na elaboração da Carta de unidades físicas consistem na delimitação dos fundos de vale exclusivamente relacionados às áreas de terraço e planície aluvial, extraídos do esboço litológico, e a utilização da carta de energia do relevo ao invés da carta de declividade.

No emprego da carta de energia do relevo, as classes de energia foram organizadas em três grupos: 1) energia forte e muito forte; 2) medianamente forte e média e; 3) fraca. Ainda para essa carta, os setores que apresentavam energia do relevo forte a muito forte, com influência direta da carta de dissecação vertical foram consideradas como energia do relevo medianamente forte e média. Essa alteração foi realizada considerando que a dissecação vertical não determina, para os fins desta pesquisa, energia do relevo forte a muito forte, sendo essas classes determinadas, principalmente, pela declividade do terreno e dissecação horizontal. Essa adaptação foi necessária devido à carta de energia do relevo ser desenvolvida por Boin (prelo) com objetivos distintos deste estudo.

Dessa forma, dentro de cada compartimento do relevo separou-se os setores por litologia, tipo de solo e energia do relevo, como, por exemplo: vertentes côncavas, em litologia da Formação Santo Anastácio, com Argissolo Vermelho Distrófico e energia do relevo forte a muito forte. Essa divisão resultou em 57 unidades físicas, sendo: 12

unidades nas áreas de topo; 14 unidades nas vertentes côncavas; 18 unidades nas vertentes convexas; seis unidades nas vertentes retilíneas e; seis unidades nos fundos de vale.

Para a cartografia dessas unidades, foram utilizados tons de roxo para os setores mais instáveis e, tons de verde para áreas mais estáveis, empregando algarismos romanos de acordo com a fragilidade da unidade, do mais estável (I) ao mais instável (LVI) (Figura 19).

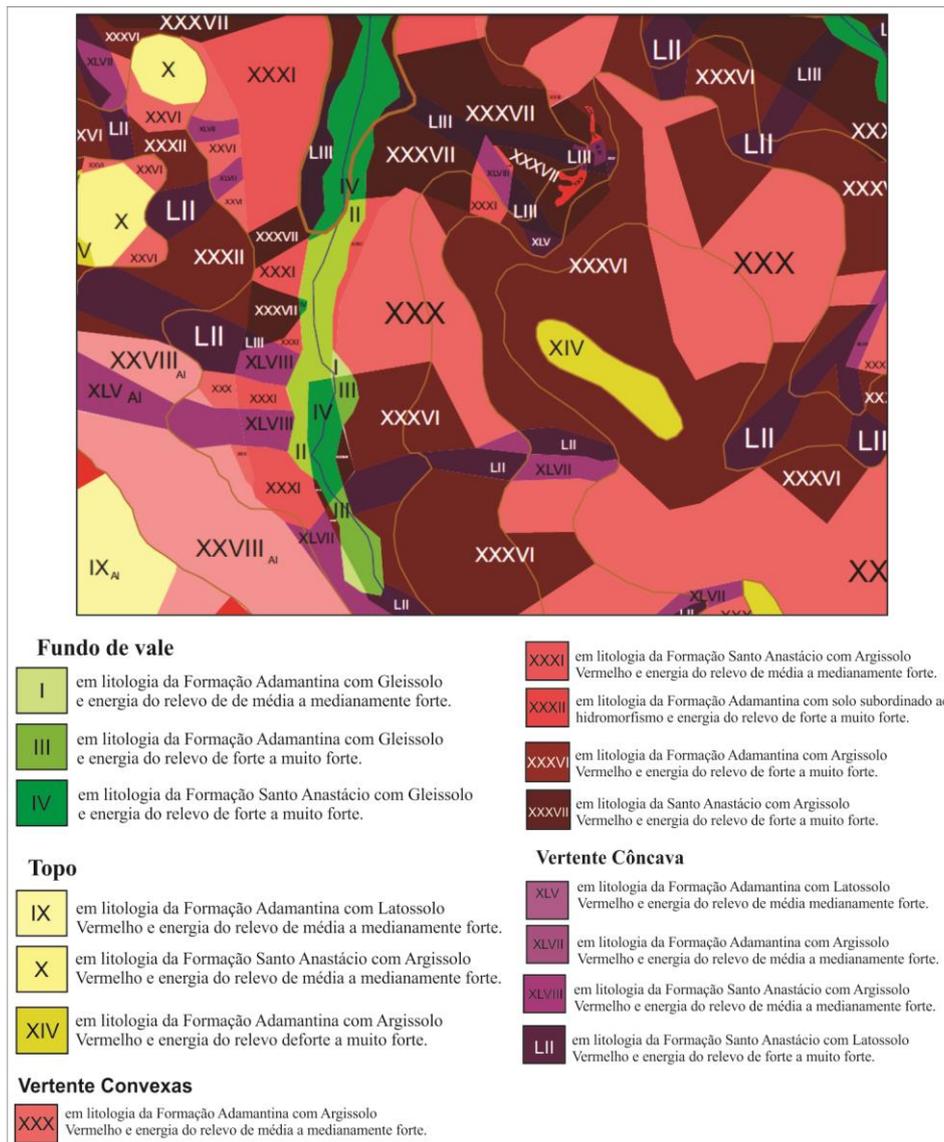


Figura 19– Exemplo representativo das Unidades Físicas.

2.8 Cartas de uso e cobertura superficial da terra de 1962 e 2012

A base para elaboração das cartas de uso e cobertura superficial da terra de 1962 e 2012 foram as mesmas descritas no subtópico 2.2, que tratou das cartas de hierarquia fluvial.

As classes de uso e cobertura superficial da terra seguiram os critérios definidos pelo IBGE (2006) tanto na denominação, como nas cores utilizadas. Em ambas as cartas foram identificadas as seguintes classes: vegetação rasteira (Figura 20); vegetação de brejo e várzea e bancos de areia (Figura 25); vegetação florestal (Figura 22 e 24); silvicultura (Figura 20 e 21); estradas rurais (Figura 21) e rodovias. Para os anos em estudo, especificamente no ano de 1962, foram identificadas as classes: pasto sujo (Figura 22) e cultura anual (Figura 20); enquanto para 2012, distinguiram-se as classes cana-de-açúcar (Figura 21 e 24), área urbana e solo exposto.

Na identificação dos usos e coberturas superficiais da terra de 1962, as áreas com culturas anuais foram reconhecidas a partir de pequenos lotes, com diferenças de tonalidade e rugosidade das coberturas superficiais. A silvicultura foi caracterizada pelo padrão homogêneo tanto no ano de 1962 (Figura 20), como em 2012 (Figura 21).

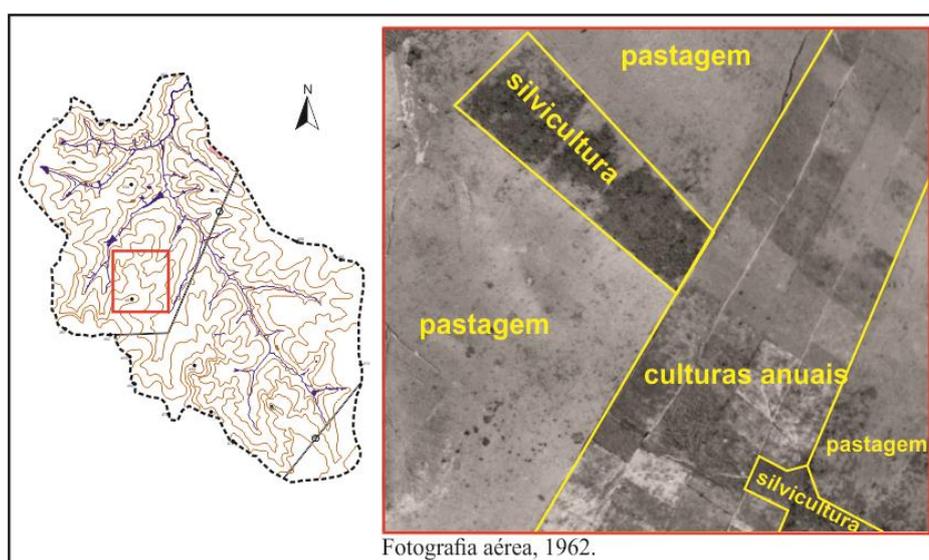


Figura 20- Identificação das áreas com pastagem, silvicultura e culturas anuais.

Conforme verificado na Figura 20, em algumas áreas, essa cobertura apresenta diferenças no tamanho das coníferas e alguns trechos com solo descoberto, devido, possivelmente, à derrubada recente de parte da plantação.

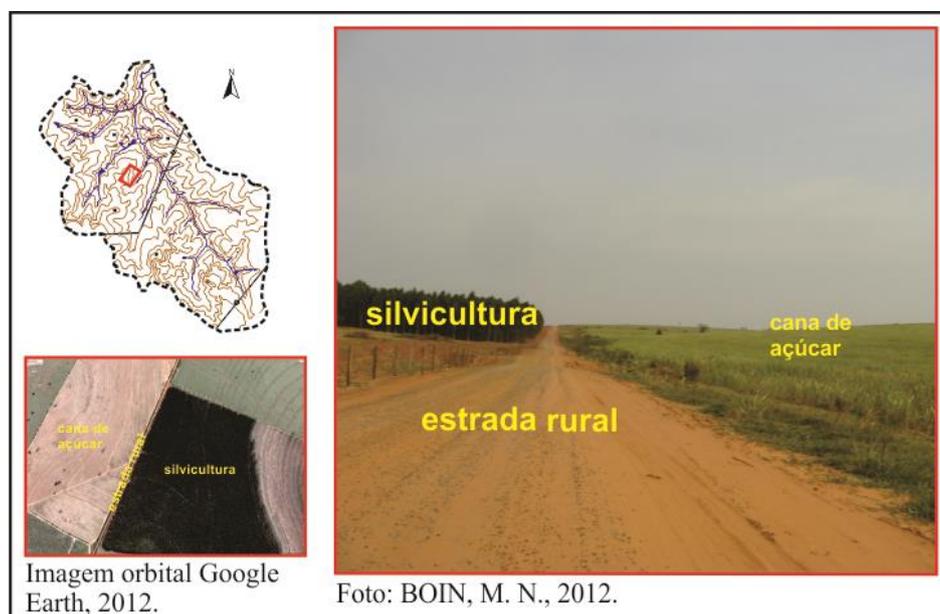


Figura 21-Cana-de-açúcar, eucalipto e estrada rural em imagem orbital e fotografia em campo.

Na Figura 21, na imagem orbital, a W da área de silvicultura, apresenta solo exposto, sendo necessário o campo para determinar a cana-de-açúcar como classe. Para o levantamento das estradas rurais, utilizaram-se os caminhos percorridos em campo, marcados em GNSS e a identificação em imagens orbitais de trajetos com solo exposto, com características de compacto.

Na imagem de 1962, as áreas de pastagem e pasto sujo foram diferenciadas a partir das coberturas superficiais por gramíneas, com tonalidade mais clara e áreas extensas. A diferença entre pasto sujo e pastagem consiste que, na primeira, há maior número de vegetação de porte arbustivo em meio às gramíneas, de porte rasteiro (Figura 22).

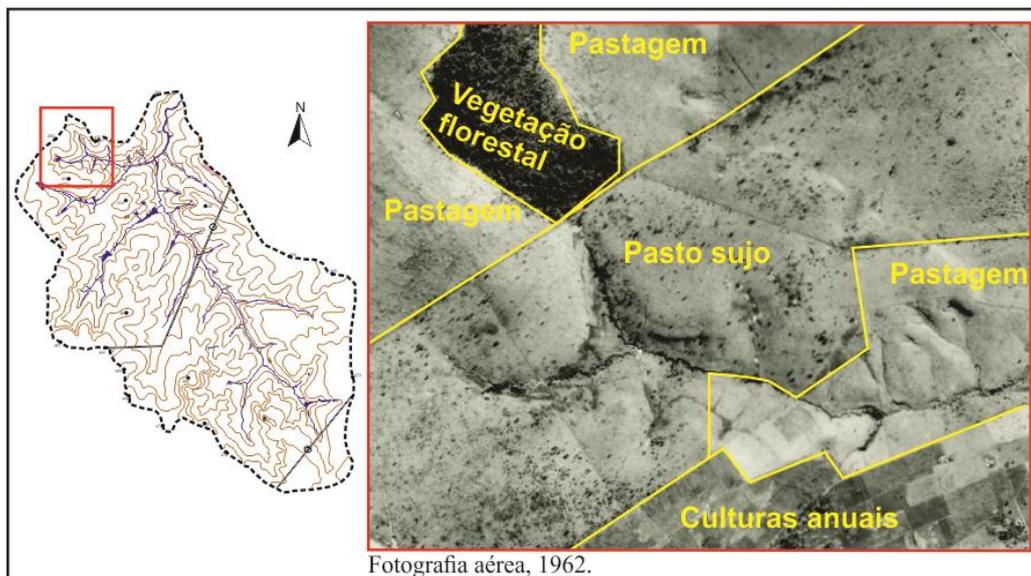


Figura 22- Identificação das áreas com vegetação florestal, pastagem e pasto sujo.

O levantamento das áreas com vegetação florestal foi realizado a partir da rugosidade e do porte heterogêneo da cobertura citada, como verificado na figura 22.

Para o ano de 2012, a definição da classe pastagem foi feita a partir do porte baixo e homogêneo da braquiária, assim como, as manchas de solo exposto (Figura 23).

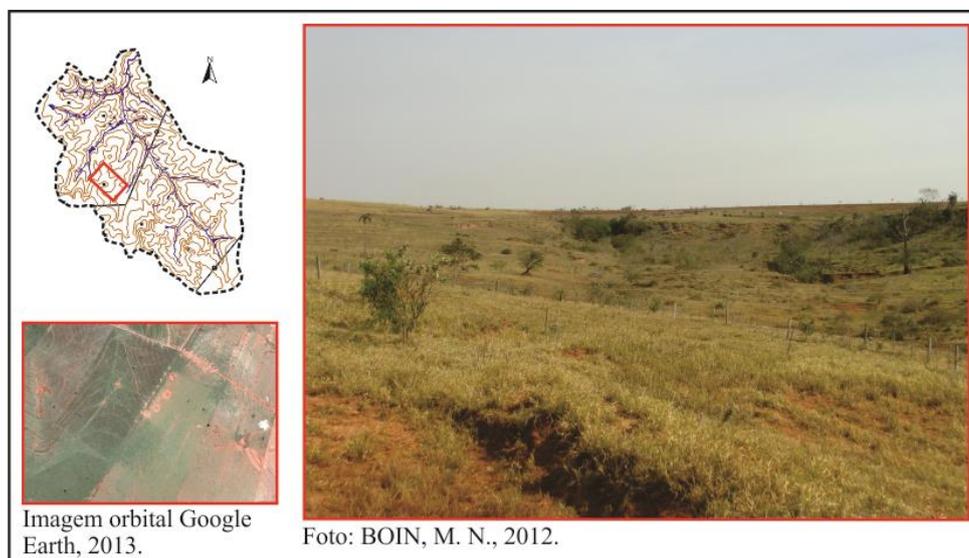


Figura 23- Pastagem em imagem orbital e fotografia em campo.

Na figura 23, em comparação à figura 20, verifica-se a diferença entre as classes pastagem, com campos abertos e, pasto sujo, onde os maus cuidados com o pasto resultam no aparecimento de diversas árvores de porte arbustivo em meio à braquiárias.

A vegetação florestal, na imagem de 2009, com reambulação em campo em 2012, teve a mesma chave de interpretação da imagem de 1962, isto é, o porte heterogêneo característico dessa classe apresentou resposta espectral rugosa (Figura 24).

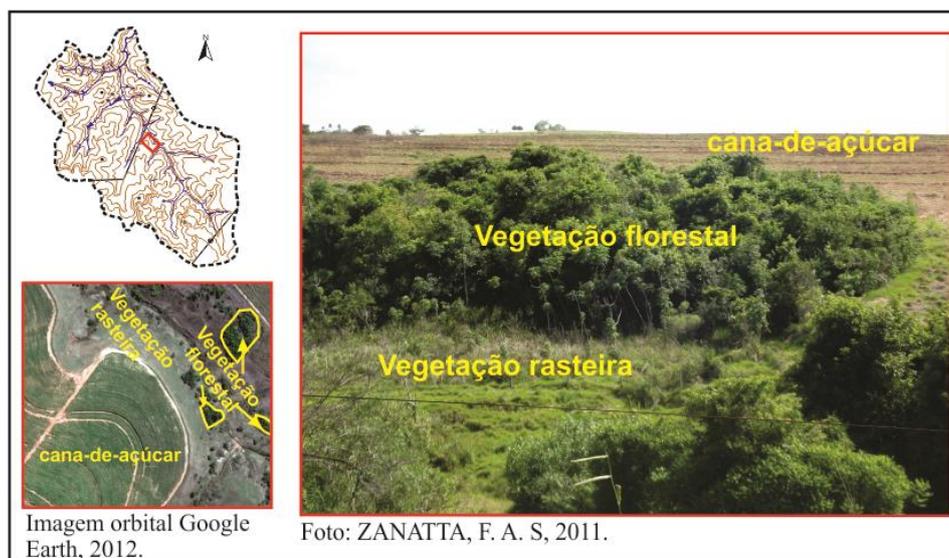


Figura 24 - Vegetação florestal, vegetação rasteira e cana-de-açúcar em imagem orbital e fotografia em campo.

A classe cana-de-açúcar mostra-se homogênea, característica de áreas plantadas e com porte médio. A vegetação rasteira, também, tem característica homogênea e diferencia-se das pastagens pela ausência de manchas, com solo exposto (Figura 24).

Nas áreas de fundo de vale, foram identificados três tipos de cobertura superficial para os anos analisados, a saber: os bancos de areia, levantados partir de cores mais claras em meio aos rios; vegetação de brejo e várzea, onde a tonalidade é de cinza escuro a preto na imagem de 1962, e verde escuro na imagem de 2012, e vegetação rasteira, onde a tonalidade é de cinza claro a cinza na imagem de 1962 e verde claro na imagem de 2012 (Figura 25).

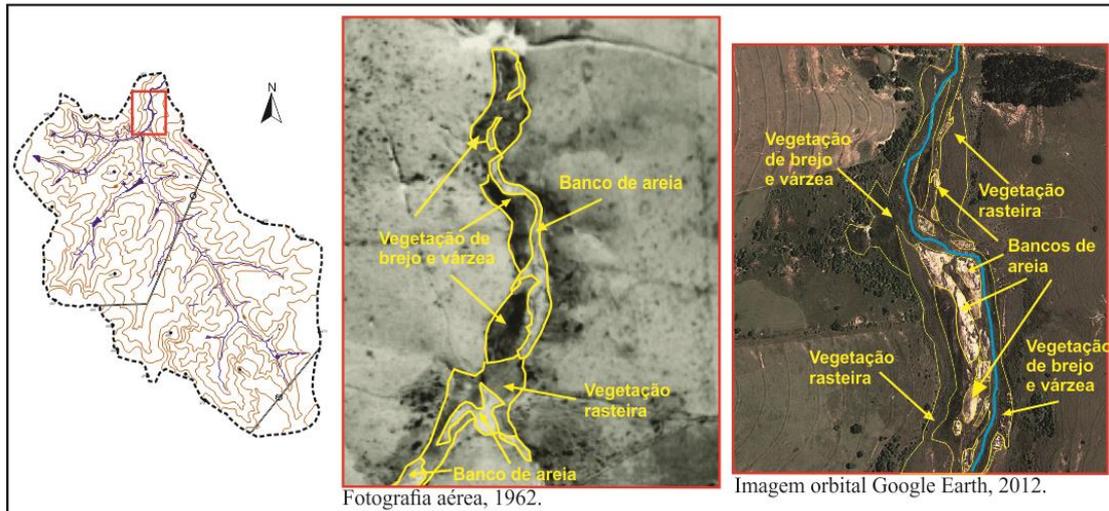


Figura 25- Identificação das classes de uso e cobertura superficial da terra nos fundos de vale: bancos de areia, vegetação e brejo e, várzea e vegetação rasteira.

A classe bancos de areia foi identificada no percurso dos canais fluviais, principalmente nas proximidades da foz do ribeirão Areia Dourada, onde há maior presença de bancos de areia, sendo necessária a diferenciação entre essa classe e a de solo exposto, devido à seleção dos grãos pela dinâmica fluvial.

Na carta de uso e cobertura da terra de 2012 também foram mapeadas as técnicas conservacionistas de caráter mecânico, reconhecidas a partir dos terraços agrícolas. O levantamento desse dado foi necessário devido às diferenças observadas na formação e desenvolvimento dos processos erosivos em setores com as mesmas características (litologia, solos, declividade e cobertura superficial). Como verificado na figura 22, foram mensuradas três distâncias entre os terraços agrícolas: ≤ 10 metros; de 10 a 20 metros; e, ≥ 30 m (Figura 26).

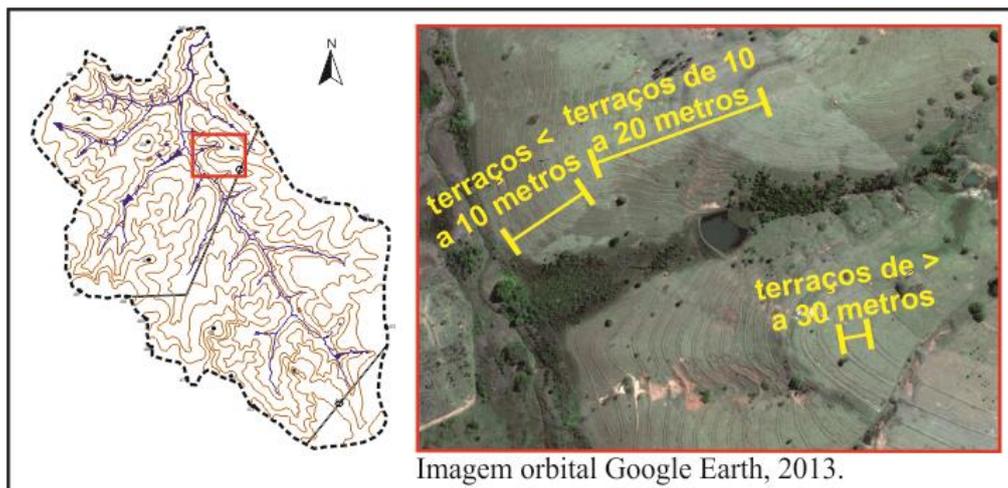


Figura 26 – Terraços agrícolas \leq a 10 metros, terraços de 10 a 30 metros e terraços \geq a 30 metros.

Para confecção da Carta de Uso e Cobertura Superficial da Terra de 2012, a cor das classes seguiu o estabelecido pelo IBGE (2006). Algumas classes foram adaptadas para melhor destaque, como os canais fluviais e aquelas levantadas, especificamente, para a área de estudo, como a vegetação rasteira, as estradas rurais, solo exposto e bancos de areia. Para diferenciar bancos de areia de solo exposto foram analisadas as características espectrais da imagem orbital, enquanto os setores com presença de bancos de areia apresentavam coloração clara, as áreas com presença de solo exposto possuíam tons avermelhados.

Foi realizado o levantamento quantitativo de cada classe vetorizada por meio da ferramenta *medida de classes*, do software SPRING. Esses dados foram tabulados e transformados em gráficos e tabelas.

2.9 Carta de Áreas de Preservação Permanente (Lei N° 12.651/12)

De acordo com a Lei 12.651/12, Inciso I, do Art. 4º, o início da delimitação das Áreas de Preservação Permanente de canal perene deve partir do “leito regular”, caracterizado, no Inciso XIX, Alínea “k”, do Art. 3º da referida Lei, como “calha por onde correm regularmente as águas do rio durante o ano” (BRASIL, 2012). Dessa forma

o “leito regular” é interpretado nessa pesquisa como leito vazante, embora o conceito na Lei não seja claro.

O Inciso IV, do Art. 3º, da referida lei, determina alterações na medida da APP em caso de área rural consolidada, autorizando, exclusivamente, a continuidade de atividades em parte da APP nas áreas “de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção de regime de pousio”. Nessas situações, o Art. 61-A, da mesma Lei, estabelece classes a partir de módulos fiscais, alterando a medida da APP de acordo com a área do imóvel rural, sendo: cinco metros para imóveis rurais com até um módulo fiscal; oito metros para imóveis rurais com área superior a um e até dois módulos fiscais; quinze metros para imóveis rurais com área superior a dois e até quatro módulos fiscais e para imóveis rurais com área superior a quatro módulos fiscais é obrigatória a recomposição das respectivas faixas. No caso da APP com área consolidada em nascentes e olhos d’água perene, o §5 estabelece a proteção de um raio mínimo de quinze metros.

O tamanho do módulo fiscal, determinado a partir da Lei Nº 6.746/79, para o município de Marabá Paulista equivale a trinta hectares.

Seguindo esses critérios, foram identificadas diferentes medidas de APP, de acordo com o tamanho da propriedade e da área rural consolidada, levantando APP’s de cinco, oito, quinze, trinta e cinquenta metros. Os limites das propriedades foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de Marabá Paulista e ao Ministério Público, regional de Presidente Prudente (SP).

No setor NE da bacia, não foi obtido o limite das propriedades devido à ausência desses dados nas fontes buscadas, e a medida das APP’s seguiram os critérios estabelecidos no Inciso I, do Art. 4º, identificando APP’s com trinta metros, para os cursos d’água com menos de dez metros de largura e, cinquenta metros, para cursos d’água com dez a cinquenta metros de largura.

Para os reservatórios artificiais, de acordo com §4º, do Art.4º, “nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva da faixa de proteção” (BRASIL, 2012).

As APP's foram traçadas a partir da ferramenta *mapa de distâncias*, do *software* SPRING 5.1.3, criando um *buffer* em torno dos rios e nascentes, de acordo com o limite da APP definido pela Lei.

2.10 Cartas de capacidade de uso, capacidade de uso x uso atual (2012) e estado geocológico

A confecção das cartas de capacidade de uso, capacidade de uso x uso atual e estado geocológico teve como base a elaboração da Tabela 1 (Anexo 1).

A partir das informações de cada unidade física, foi identificada a capacidade de uso, a qual, de acordo com Leal (1995 p.98), “refere-se ao tipo de uso e ocupação que pode ser exercido na unidade física sem alterar significativamente suas características originais e sem provocar-lhe impacto ambiental negativo”.

Por exemplo, em áreas com baixa suscetibilidade erosiva, como as áreas de topos com Latossolo Vermelho Álico e energia do relevo fraca, a alteração dessa unidade precede apenas de técnicas conservacionistas de caráter mecânico e edáfico, para manter a fertilidade dos solos e a infiltração de água das chuvas, impedindo que escoamentos superficiais se formem a jusante, não havendo, assim, grandes restrições ao uso, podendo ser utilizado tanto para pastagens, como para culturas diversas.

Nas vertentes convexas ou retilíneas, com energia do relevo de média a medianamente forte, deve haver uma combinação entre técnicas conservacionistas, edáficas e usos que ofereçam melhor proteção ao solo, como a silvicultura em terraços agrícolas.

Áreas que apresentam energia do relevo de forte a muito forte, Neossolos Litólicos e vertentes côncavas, pelo alto risco de desenvolvimento de processos geomórficos, como também as Áreas de Preservação Permanente, por representarem áreas legalmente protegidas, não devem ser alteradas, apenas preservadas em suas características de cobertura superficial natural.

Seguindo essa lógica, foi elaborada a carta de capacidade de uso, distinguindo as áreas em: baixa, média e alta restrição ao uso.

Posteriormente, a carta de capacidade de uso foi comparada à carta de uso e cobertura superficial da terra de 2012, identificando as adequações e conflitos entre a capacidade de uso e o uso efetivo. Nesse contexto, foram criadas as classes de: compatível e adequado; incompatível e adequado e; incompatível e inadequado.

A relação de compatibilidade tem como referência a adequação do uso atual à capacidade de uso, enquanto a incompatibilidade refere-se à geração de conflito. Já as classificações em adequado e inadequado estão associadas à legislação ambiental vigente. No caso em questão, as APP's, quando acompanhadas de coberturas, seja vegetação nativa ou não, que ofereçam proteção aos recursos hídricos e solos e permitam o fluxo gênico de fauna e flora, considera-se como adequado; se a cobertura causa o rompimento desse equilíbrio, o uso é taxado como inadequado.

A partir dessa sobreposição de informações, foi elaborada a carta de capacidade de uso x uso atual (2012). Cabe ressaltar que nas bibliografias consultadas não existe a confecção dessa carta, contudo considerou-se importante sua elaboração nesta pesquisa, visto que a carta propicia a espacialização de setores que apresentam compatibilidade e incompatibilidade, adequação e inadequação, bem como a obtenção de dados quantitativos.

A partir dos dados supracitados, associados à carta geomorfológica de 2012, foram criadas as seguintes classes de estado geocológico:

1. *Otimizado*: áreas que apresentam vegetação nativa preservada;
2. *Compensado*: o uso atual está de acordo com a capacidade de uso;
3. *Alterado*: o uso atual não está em conformidade com a capacidade de uso;
4. *Intensamente alterado*: áreas com feições erosivas, onde há possibilidade de recuperação;
5. *Esgotado*: áreas com erosão em ravina e voçoroca, onde não há possibilidade do ambiente retornar a seu estado original.

Quando em estado geocológico *otimizado*, as unidades físicas apresentam cobertura vegetal nativa preservada. Nessa classe de uso, independente do grau de

restrição, os solos se encontram devidamente protegidos e, dependendo do tamanho da área preservada, há maior diversidade de flora e fauna, mantendo o ambiente próximo de suas características naturais.

No estado *compensado*, as unidades físicas foram alteradas de acordo com a capacidade de uso. As modificações do meio e as coberturas superficiais implantadas estabelecem pequena possibilidade de desenvolvimento de impactos negativos significativos.

Nos setores *alterados*, as modificações das unidades físicas não estão adequadas com sua capacidade de uso, estabelecendo um primeiro estágio de degradação do ambiente, com maior possibilidade desses setores evoluírem para *intensamente alterados*.

As áreas *intensamente alteradas* correspondem a unidades físicas que apresentam feições erosivas em estágio inicial do processo geomórfico, como marcas de erosão laminar e sulcos. Nesses setores, técnicas conservacionistas associadas ao replantio de mudas de espécies nativas, com os cuidados necessários em todas as fases de desenvolvimento das plantas, são suficientes para o ambiente retornar ao estado compensado.

Nas unidades classificadas como *esgotadas*, a possibilidade do ambiente voltar ao seu estado original é difícil de ser atingido dentro de um tempo histórico. A recuperação dessas áreas exige uma combinação de técnicas conservacionistas, investimento e cuidados mais específicos para que as erosões cessem seu desenvolvimento, no entanto, não há possibilidade desses ambientes retornarem ao seu estado original, visto que uma nova forma de relevo já foi estabelecida.

Das cartas de capacidade de uso, capacidade de uso x uso atual e estado geológico também foram extraídos dados quantitativos de cada uma das classes, mediante a ferramenta *medida de classes*, do *software* livre SPRING 5.1.3, as quais foram organizadas na forma de gráfico.

CAPITULO III – Caracterização da área:

A alta bacia do ribeirão Areia Dourada, em Marabá Paulista (SP), abrange uma área de 4.623,48 ha, dentro da bacia do rio Santo Anastácio. Nessa região, componente da bacia sedimentar do rio Paraná, após a finalização dos derrames de lavas da Formação Serra Geral, de idade Jurássico Superior e Cretáceo Inferior, inicia-se a deposição basal dos sedimentos do Grupo Bauru, estratigraficamente subdividida em arenitos das Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília (IPT, 1994).

De acordo com o levantamento do IPT (1994) e as adaptações de Stein (1999), na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, encontram-se as Formações Santo Anastácio e Adamantina. A primeira é composta por arenitos finos, com porcentagem variada de grãos médios, subarcoseanos, maciços, seleção regular a ruim, dispostos plano-paralelamente em bancos espessos, ocasionais, estratificações cruzadas, tênues e de grande porte, além da presença frequente de orifícios de dissolução de nódulos carbonáticos e coloração característica, vermelha e roxa (IPT, 1994).

Para Silva *et al.* (2005), a análise dos padrões de variação granulométrica sugere que a unidade Santo Anastácio tenha sido depositada em ambiente fluvial. A princípio, do tipo meandrante, apresentando fácies de canal e de transbordamento bem delineados, posteriormente, evoluindo para modelo entrelaçado, com carga psimítica dominante e escassez de fácies pelíticas, caracterizando menor organização.

O contato é discordante tanto inferior, com a Formação Serra Geral, quanto superior, com as formações mais jovens, como a Formação Adamantina (SILVA *et al.* 2005).

Já a Formação Adamantina (Figura 27),

[...] cuja litologia é representada por bancos areníticos de granulação média a muito fina, coloração entre cinza-castanho claro a bruno avermelhado claro. Suas espessuras mais frequentes estão em torno de dois metros. Estes bancos areníticos estão intercalados por estratos de argilito, silito e arenito lamítico de espessuras muito variáveis. Ocasionalmente, encontram-se conglomerados constituídos de seixos de silte-argilítico envolvidos por películas ferruginosas. Nódulos de carbonato de cálcio são muito raros. Os silitos são reconhecidos por sua coloração acinzentada e por estratificação plana paralela ao passo que os argilitos e os arenitos lamíticos apresentam mini-estratificação intercruzadas e onduladas. Já os arenitos apresentam-se em estratos

macios com variações granulométricas, tanto no sentido vertical quanto horizontal.

A maior parte dos afloramentos rochosos encontra-se em avançado estado de intemperização, principalmente os siltitos e os arenitos lamíticos. Estão muito fraturados com bordas esbranquiçadas e quando expostos à intempérie tornam-se quebradiços e muito friáveis (SUDO *et al.*, 1991, p.4).

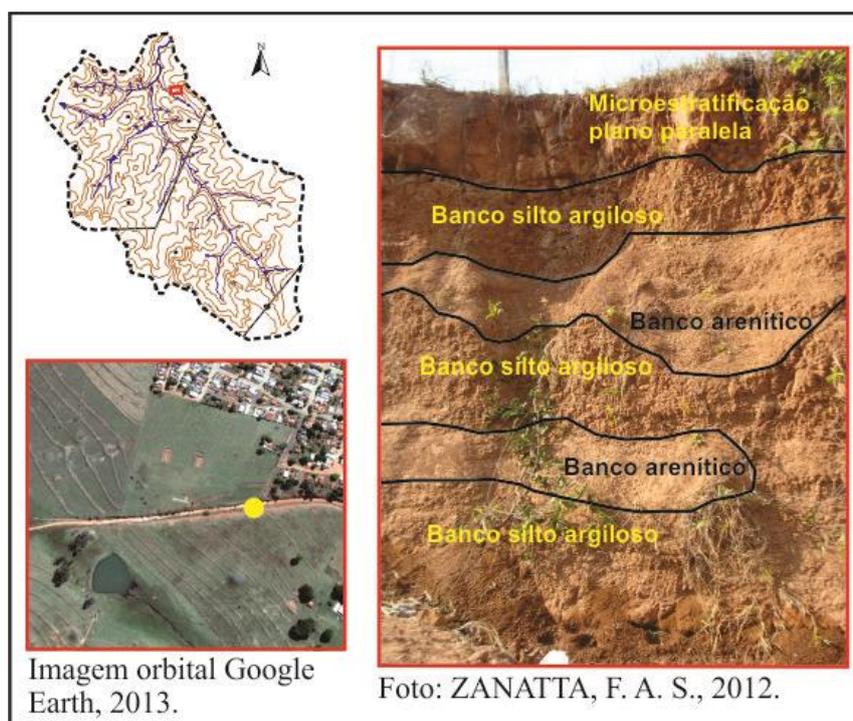


Figura 27 - Formação Adamantina, bancos silto-argilosos e bancos areníticos.

Em termos paleoambientais, essa unidade apresenta características que sugerem sedimentação fluvial em canais meandranes. Já a sucessão indica progradação do sistema fluvial sobre nível de base lacustre, contribuindo para o processo de assoreamento da bacia (SILVA *et al.*, 2005).

Na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, a Formação Adamantina ocupa os setores mais altos, dos topos à alta vertente, enquanto a Formação Santo Anastácio aparece em setores próximos ao fundo de vale, onde a erosão removeu os depósitos que caracterizavam a Formação Adamantina (Figura 28).

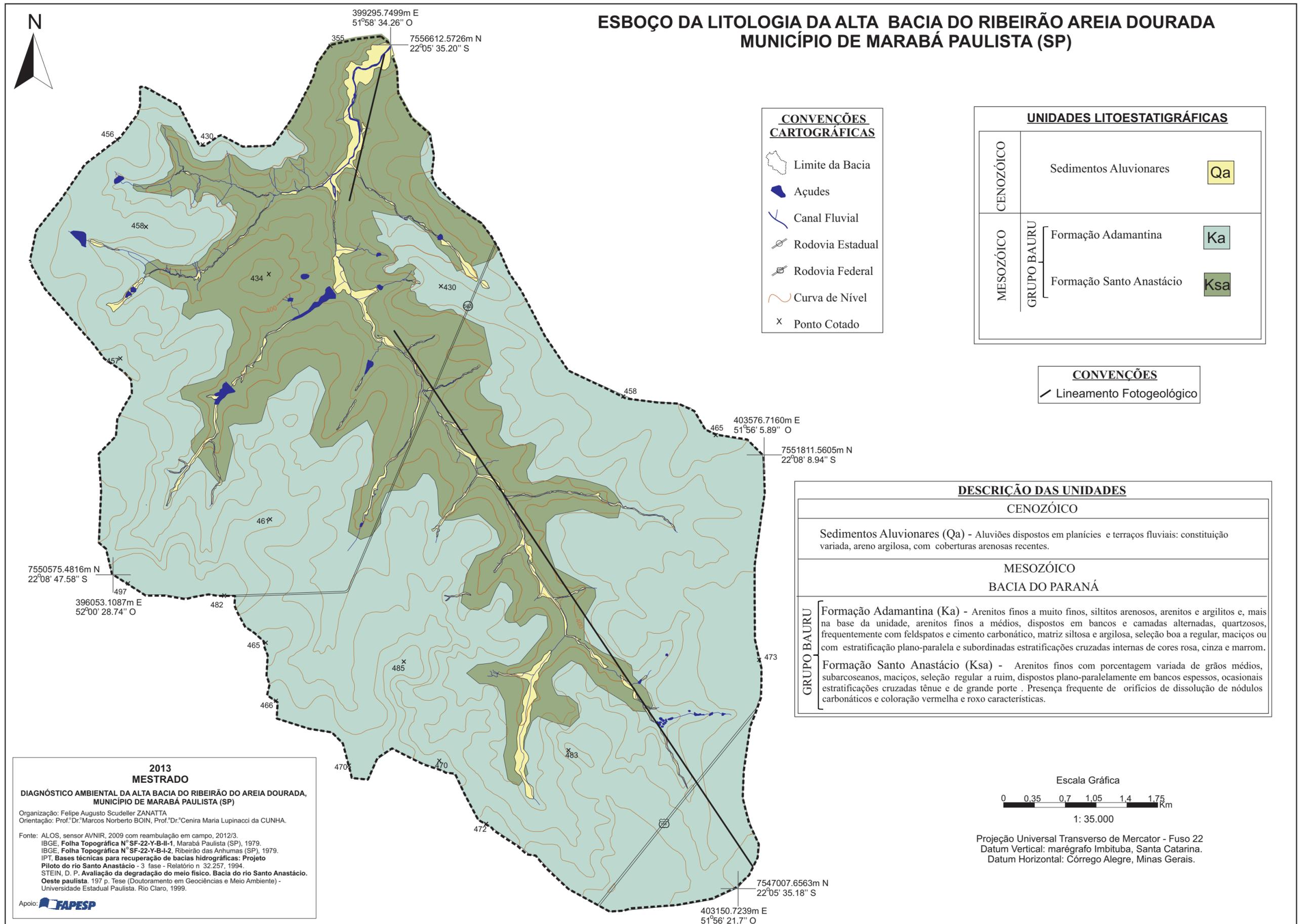


Figura 28 - Esboço da litologia da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Além das referidas Formações, sobrepõe-se a Formação Santo Anastácio sedimentos Quaternários, que se configuram em aluviões, dispostos em planície e terraços fluviais de constituição variada, areno-argilosa, com coberturas arenosas recentes.

As diferenças entre as Formações refletem na suscetibilidade a processos erosivos dos solos que originam. A Formação Adamantina, por apresentar bancos de sedimentos silto-argilosos e cimentação carbonática, determina maior resistência que as áreas da Formação Santo Anastácio, com seleção de grãos de regular a ruim e deficiência de material pelítico.

Já o relevo da bacia do rio Santo Anastácio,

[...] apresenta-se rebaixado por uma predisposição onde os divisores dos cursos d'água são longos espigões tabuliformes dissecados lateralmente por vales curtos e relativamente profundos, subordinados a uma drenagem dendrítica. Esse tipo de relevo se encontra compartimentado em superfície cimeira acima de 520 metros, nível intermediário entre 340 e 360 metros. No compartimento dos interflúvios são frequentes as rupturas de declives, quer sejam de natureza estrutural, quer sejam de natureza erosiva. Associadas à dissecação dos interflúvios encontram-se cabeceiras de nascentes, amplamente erodidas em forma de concha ou anfiteatro (SUDO *et al.*, 1991 p.6).

As características do relevo e da rede de drenagem descritas por Sudo (1991), também ocorrem na alta bacia do ribeirão Areia Dourada. Na figura 29, a área de captação da nascente, em forma de anfiteatro, encontra-se amplamente erodida, com escorregamentos em toda a lateral.

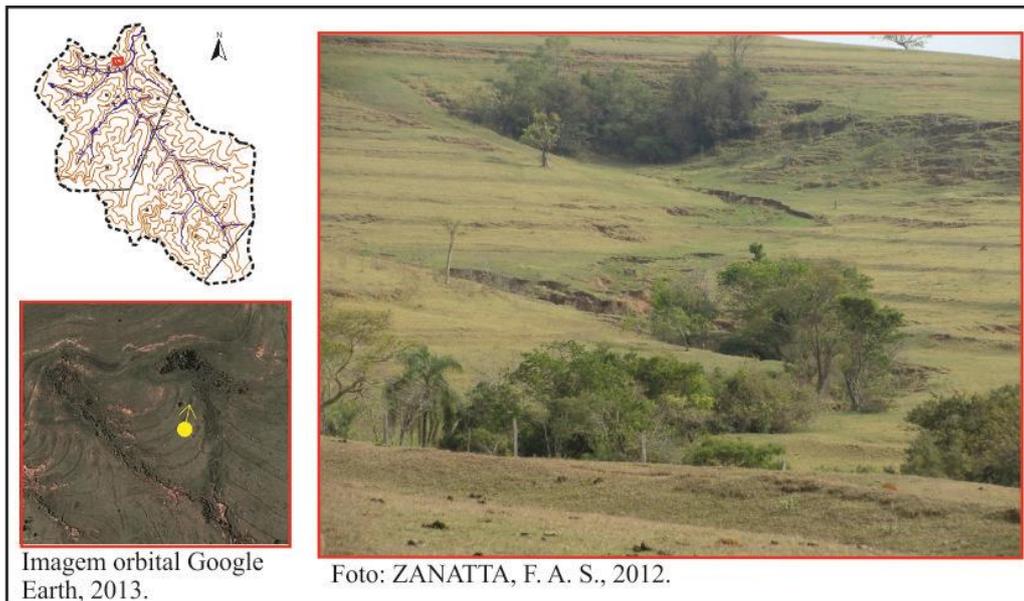


Figura 29 – Cabeceiras de nascentes amplamente erodidas em forma de anfiteatro.

O relevo da bacia sofre, igualmente, a influência da adaptação da rede de drenagem a movimentos neotectônicos, ocorridos no período Cretáceo Superior, os quais formaram falhas geológicas, identificados na figura 28, como lineamento fotogeológico. Tais falhas definiram o traçado do ribeirão Areia Dourada, da nascente até a foz, nas posições de SSE-NNW com inflexão de SSW-NNE, denotando forma assimétrica na área estudada.

Consequência dessa assimetria, o setor W da bacia apresenta maiores altitudes em relação a E, com topos estreitos, rede de drenagem mais desenvolvida e vertentes alongadas. A E verificam-se topos amplos com baixa declividade, sobretudo nas cabeceiras, onde os canais fluviais são menos desenvolvidos e as vertentes mais curtas (Figura 30).

Já o setor E apresenta topos amplos com declividade $< 2\%$ e de 2% a 5% , enquanto a W, os topos são estreitos com declives mais acentuados de 5% a 10% e de 10% a 15% , sendo que há poucos terrenos de 2% a 5% de declividade, os quais são encontrados nos topos amplos, topos secundários e vertentes do setor W e NW. As inclinações acentuadas do relevo estão localizadas, sobretudo, nas altas vertentes a SW, W e NW e, próximos ao fundo de vale, principalmente ao do ribeirão Areia Dourada. A maioria dessas inclinações está associada a rupturas topográficas.

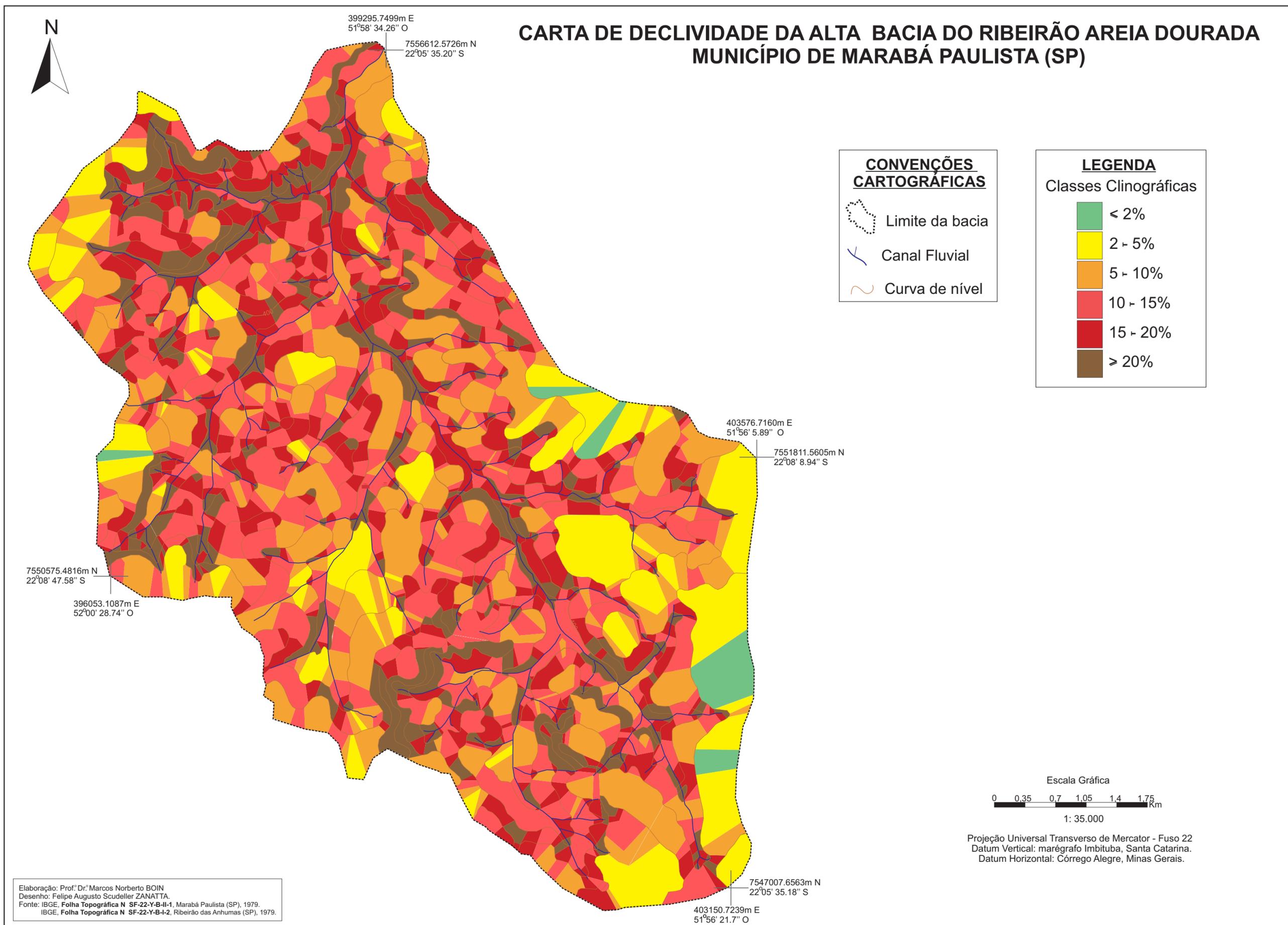


Figura 30 - Declividade da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

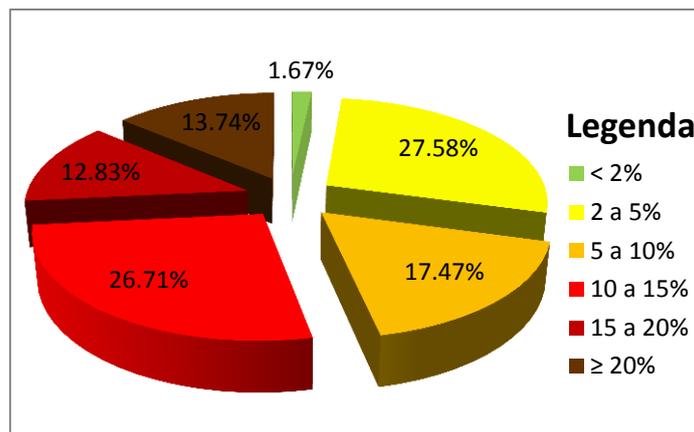


Figura 31 – Classes de declividade da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Os declives de 2 a 5%, que ocorrem nos topos amplos e em vertentes suavizadas, compreendem 27,58% (1.275,18 ha) da bacia, enquanto que de 10% a 15%, sobretudo em setores próximos aos fundos de vale e a jusante das rupturas topográficas na alta vertente, somam um montante de 26,71% (1234,95 ha). Já as menores inclinações do relevo, de 5 a 10%, estão localizadas nos topos estreitos e nas vertentes do setor centro-W, S e N, totalizando 17,47% (807,73 ha); os mais acentuados, com inclinação de 15 a 20% e $\geq 20\%$, são encontrados nas rupturas topográficas e nas vertentes, com menor expressão areal na região central da bacia, e ocupam 12,83% (593,2 ha) e 13,74% (635,27ha), respectivamente. Os topos amplos e suavizados (< 2%) correspondem a menor parte da área estudada, com 1,67% (77,25 ha).

De acordo com Stein (1999), ocorrem eventuais rupturas topográficas com afloramento do lençol freático, conseqüente das características da Formação Adamantina, em que os sedimentos mais arenosos e permeáveis, ao se assentarem sobre os bancos de sedimentos silto-argilosos, pouco permeáveis, originam o primeiro lençol de água subterrânea. Por sua vez, o retardamento do fluxo de infiltração concentra e encharca o solo em vários níveis (BOIN, 2000). Na área estudada os afloramentos surgem em declividades $\geq 20\%$.

Em outros setores, onde as rupturas topográficas não apresentam afloramento do lençol freático, acontece, possivelmente, um processo diferencial de erosão devido a maior concentração de argila em algumas camadas da referida formação. Em alguns setores, as rupturas ocorrem nas bordas das áreas de topo, que são controlados pelas

rochas (STEIN, 1999), com declividade acentuada na alta vertente, amenizando na média e baixa vertente. Litofácies mais resistentes da Formação Adamantina, potencialmente, são responsáveis pelas áreas de topos secundários (Figura 32).

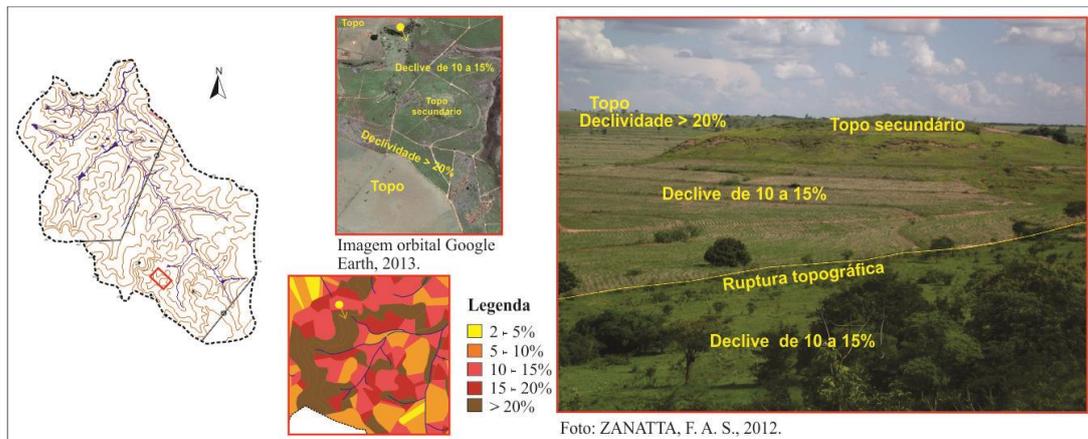


Figura 32 - Topos planos, topos secundários, declividade acentuada na alta vertente e relevo suavemente ondulado na baixa e média vertente.

Com base no levantamento coordenado por Carvalho (1997), na bacia do rio Santo Anastácio, na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, a litologia e o relevo apresentam relação direta com a formação dos solos (Figura 33).

Nas áreas de topo, principalmente nos topos amplos, há o predomínio de Latossolo Vermelho Álico, de profundidade superior a 170 cm. Esses topos apresentam horizonte A moderado, com 20 cm de profundidade, estrutura moderada pequena a média angular, composta em média por 72% da fração areia, dessas 41% é areia muito fina, 27% de argila e 1% de silte. Nos horizontes B, a espessura é superior a 150 cm, com a estrutura em blocos subangulares, de textura argilo-arenosa, com aproximadamente 58% de fração de areia, 36% de argila e 6% de silte, os horizontes B ainda apresentam nível de alumínio tóxico em quase toda sua extensão (CARVALHO, 1997) (Figura 34).

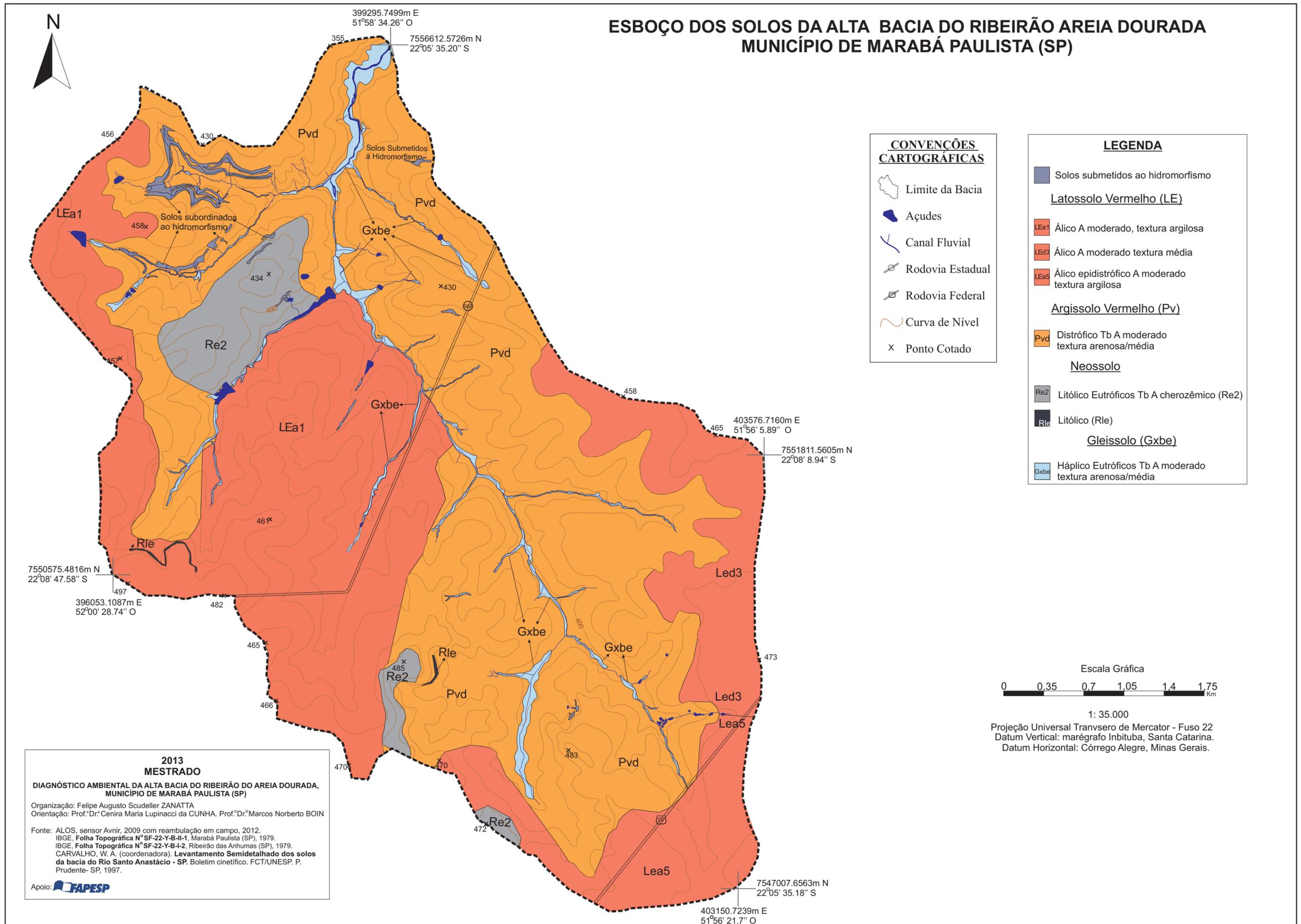


Figura 33 - Esboço dos solos da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

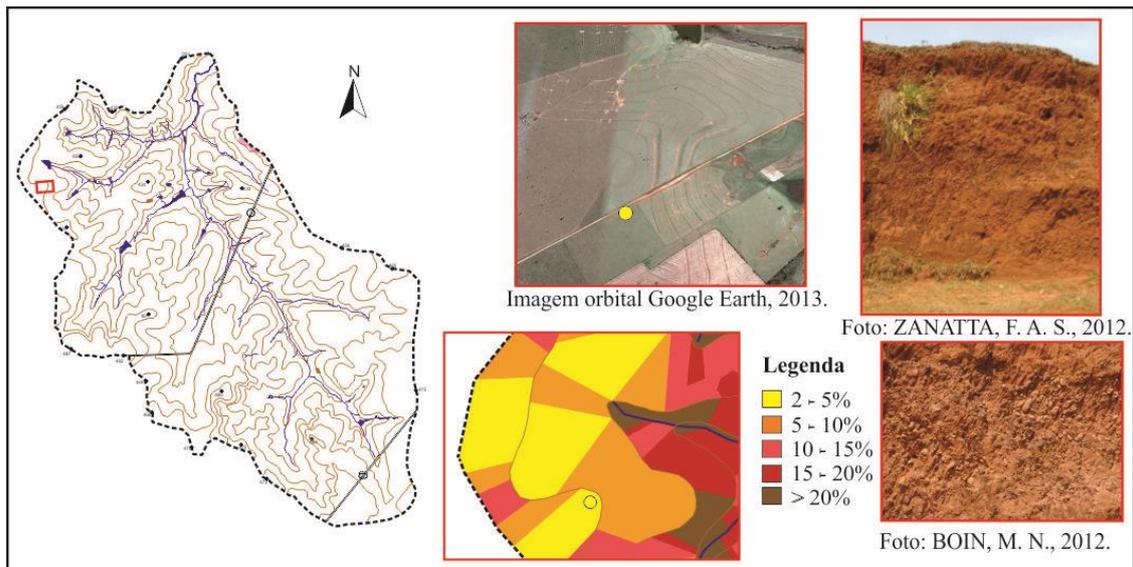


Figura 34 - Latossolo Vermelho Álico e plintitas em área de declividade de 2 a 5%.

Verifica-se na figura 34 a ocorrência de plintitas no Latossolo Vermelho Álico, que se formam pelo enriquecimento em óxido de ferro no horizonte B e indicam restrições na drenagem.

Essa classe de solo também é encontrada nas vertentes do setor W da bacia, onde há baixa densidade de drenagem; menor dissecação horizontal, de 100 a 200 m e de 200 a 400 m (Figura 35) e; predomínio de declividades de 2 a 5% (CARVALHO, 1997). Os Latossolos Vermelhos Álico, embora, apresentem concentração elevada da fração areia, ocorrem em áreas de menor dissecação horizontal (Figura 36) e declividade, configurando baixa suscetibilidade erosiva (STEIN, 1999).

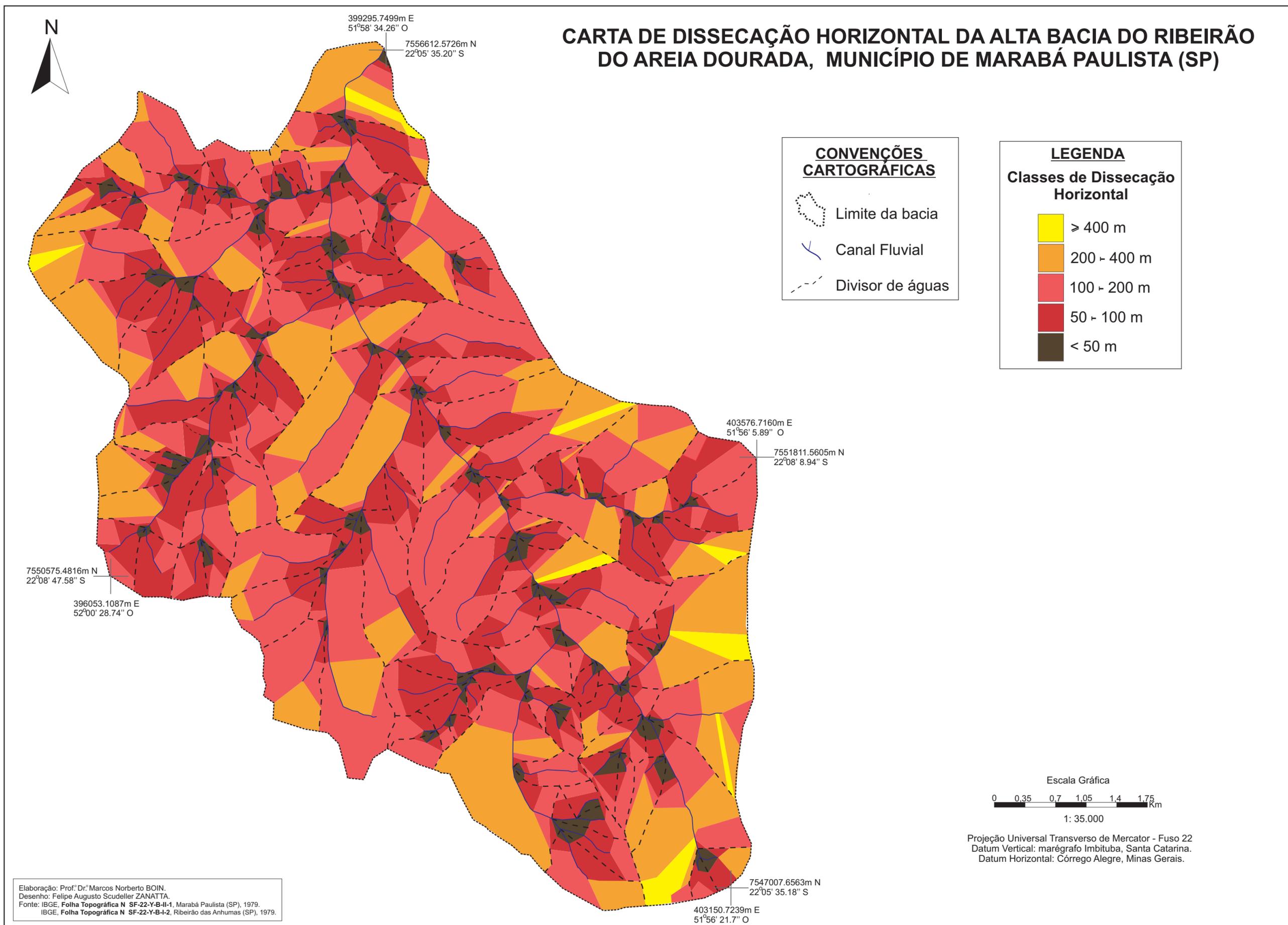


Figura 35 - Dissecação horizontal da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

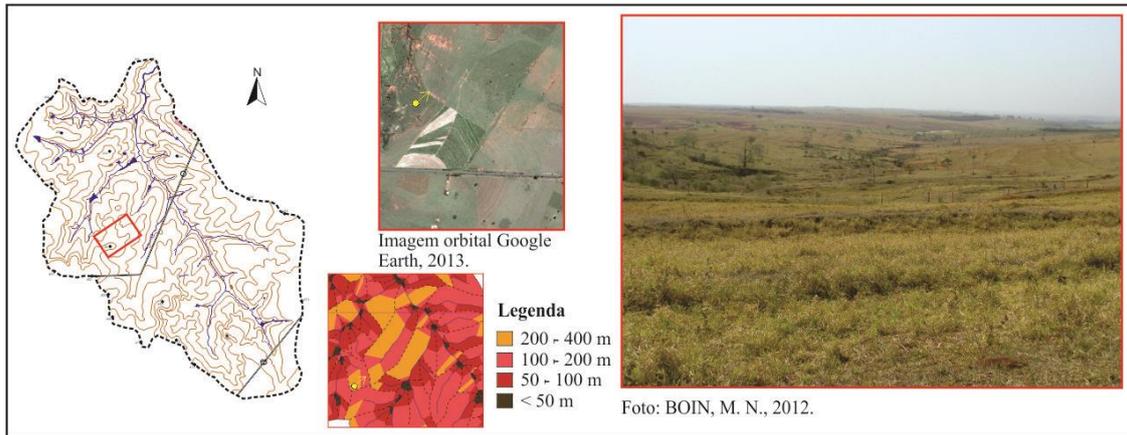


Figura 36 - Relevo suavemente ondulado com dissecação horizontal de 100 a 400 metros no setor W, predomínio de Latossolo Vermelho Álico.

A W, as vertentes exibem dissecação horizontal de 100 a 200 e de 200 a 400 metros (Figura 36), diferente das demais áreas da bacia, onde predominam dissecações de 50 a 100 e de 100 a 200 metros nas vertentes. Já as áreas mais dissecadas, < 50m, encontram-se nas confluências dos canais fluviais.

A maior parte da bacia tem relevo bem dissecado, com classes de 100 a 200 metros, totalizando 40,22% (1.859,6 ha), principalmente nas vertentes. As classes de 50 a 100 metros e < 50 metros ocorrem próximas à confluência dos canais fluviais e correspondem a 26,76% (1.237,73 ha) e 5,8% (268,16 ha), respectivamente. Classes de menor dissecação do relevo, como de 200 a 400 metros incidem nas vertentes da região O, S e N, e nos topos, somando 25,51% (1.179,47 ha), enquanto a classe de 400 a 800 metros, com menor expressão areal na bacia, compreende apenas 1,72% (79,06 ha) (Figura 37) das vertentes próximas à cabeceira e a foz do ribeirão Areia Dourada, e nos topos do setor SE e NW.

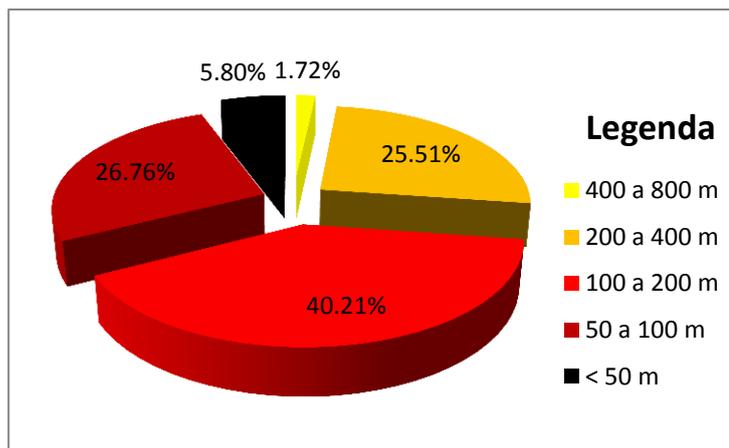


Figura 37 – Classes de dissecação horizontal da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

No setor SW da bacia, em área de topo estreito, fácies mais resistentes da Formação Adamantina determinam a presença de Neossolo Litólico Eutrófico, que tem horizonte A chernozêmico, com Ap de espessura de 40 cm, textura arenosa, estrutura fraca, pequena e média, granular e grãos simples, com 87% da fração areia, 8% de silte e 5% de argila. A transição é abrupta, quebrada e descontínua para o horizonte A/R, de 40 cm de profundidade, textura areia franca e estrutura fraca, pequena, granular, composto por 81% de fração areia, 9% de silte e 10% de argila. Essa mesma classe de solo ocorre em área de topo secundário, no setor NW da bacia (CARVALHO, 1997).

As características do Neossolo Litólico Eutrófico, embora apresente boa saturação por base com horizonte A chernozêmico, deflagram muito alta suscetibilidade erosiva a essa classe de solo, pela a transição abrupta e descontínua entre os horizontes, alta porcentagem de fração areia e o aumento da fração de argila do horizonte A para o horizonte A/R, (STEIN, 1999).

Nos topos, encontrados a mais de 60 metros do nível de base local, a força gravitacional é potencializada. Estão neles os terrenos mais suscetíveis a esses fenômenos, principalmente os secundários, encontrados em todos os setores da bacia (Figura 38). Essa classe de dissecação corresponde à menor porcentagem da área estudada, compreendendo 2,43% (112,12 ha) (Figura39).

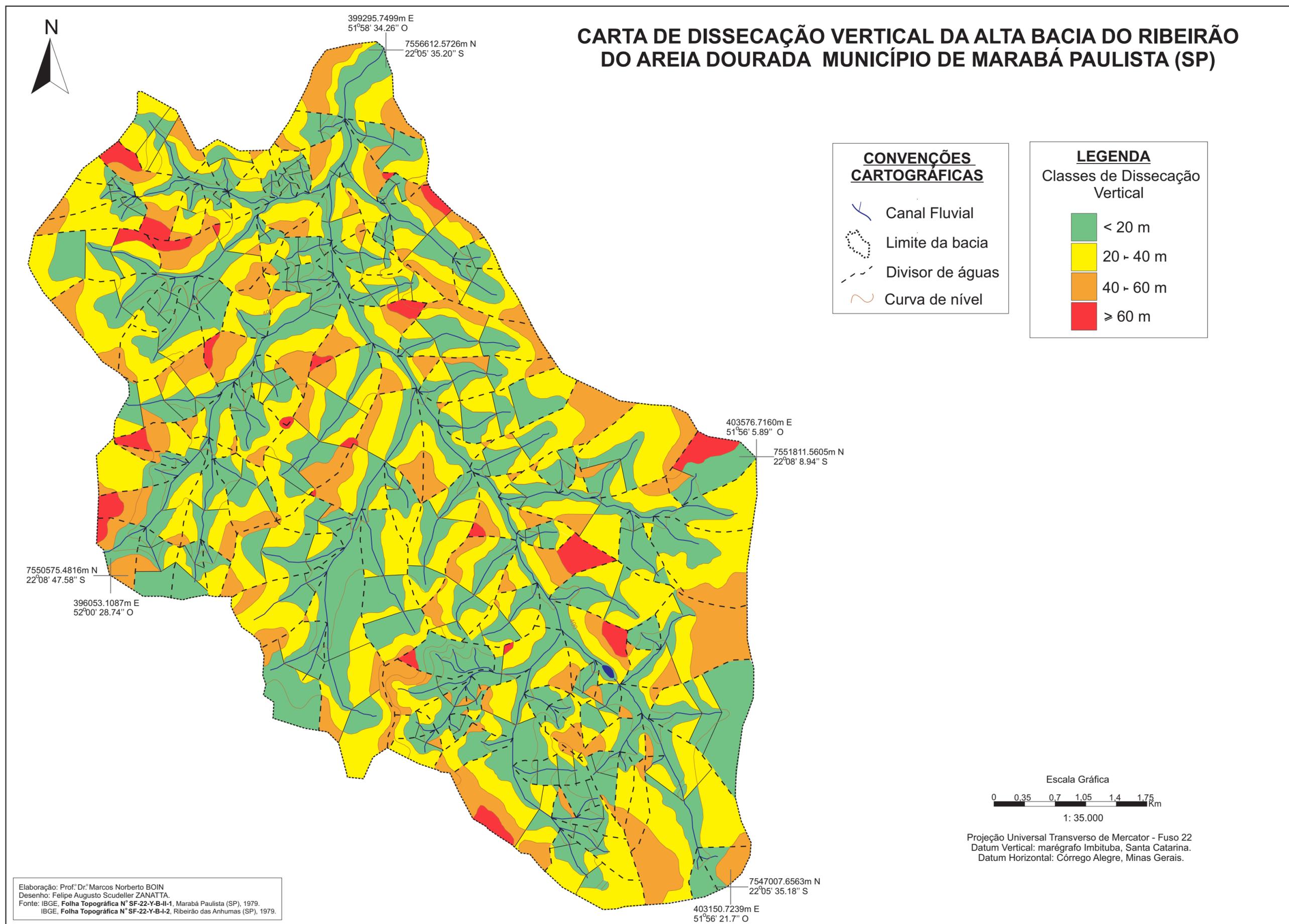


Figura 38 - Carta de dissecação vertical da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Os terrenos com menor suscetibilidade a processos gravitacionais, situados a menos de 20 metros do nível de base local, abrangem a maior porcentagem em área da bacia, com 43,45% (2.008,74 ha), localizam-se próximos, ou nas próprias vertentes côncavas. Nos topos, nas altas vertentes e nos terrenos que bordejam os topos secundários, há maior domínio de dissecação vertical, com valores de 40 a 60 m, essa classe corresponde a 16,2% (748,81 ha), enquanto nas vertentes retilíneas e convexas, as dissecações de 20 a 40 metros predominam, compreendendo 37,92% (1.753,91 ha) do total da área estudada.

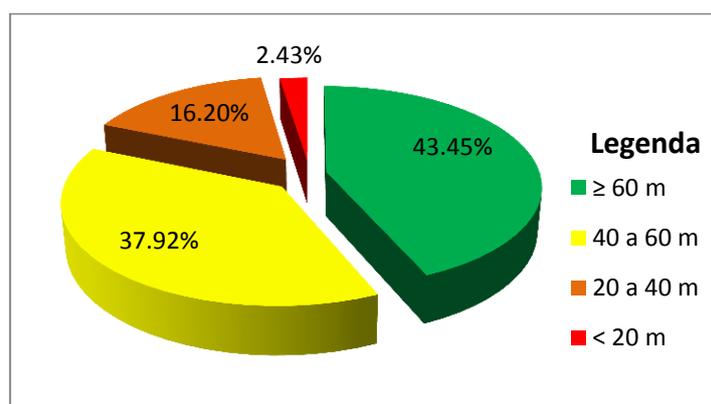


Figura 39 – Classes de dissecação vertical da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Nas vertentes, com declividades mais acentuadas, e nos topos estreitos há predomínio de Argissolo Vermelho Distrófico. Essa classe de solo, com profundidade superior a 230 cm, apresenta horizonte A moderado, de textura areia franca e estrutura fraca, pequena e média, granular e blocos subangulares, com 86% de fração areia, dessa porcentagem 47,5% são de areia muito fina, 8% de argila e 6% de silte. A transição para o horizonte Bt é abrupta e descontínua. Esse horizonte, por ter a maior presença da fração argila, com 24%, apresenta textura franco argilo arenosa, de estrutura fraca, pequena em blocos subangulares (CARVALHO, 1997) (Figura 40). Essas características, principalmente o aumento de 16% da fração argila do horizonte A para o horizonte Bt e a declividade acentuada, denotam a essa classe de solo, alta suscetibilidade erosiva (STEIN, 1999).

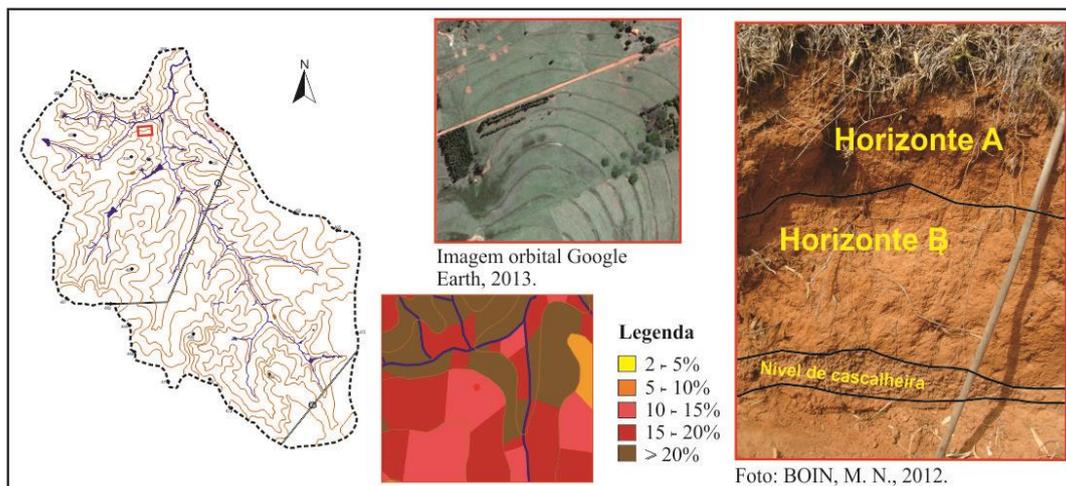


Figura 40 – Declividade do relevo e Argissolo Vermelho Distrófico.

Na figura 40, nota-se mudança na cor do perfil do horizonte A, que está mais escuro pela mistura de minerais com carbono orgânico; já o horizonte Bt é mais claro e tem maior presença de argila. Essa mudança textural abrupta determina a permeabilidade facilitada no horizonte A, encontrando no horizonte Bt drenagem muito lenta até o nível de escoamento de subsuperfície, logo abaixo, onde ocorre a cascalheira.

Os Gleissolos Háplicos são encontrados nos fundos de vale, possuem sequência de horizonte A – C, com espessura superior a 120 cm. O horizonte A moderado tem 40 cm de profundidade, textura areia franca, estrutura composta, fraca, pequena, granular e grãos simples, com 87% de fração areia, 10% de argila e 3% de silte. O horizonte C, com espessura superior a 80 cm, possui textura arenosa, estrutura maciça que se desfaz em fraca, pequena, granular, composta por 73% de fração argila, 15% de argila e 12% de silte (CARVALHO, 1997). Essa classe de solo, por estar localizada nas partes mais baixas do relevo, demonstra suscetibilidade erosiva nula (STEIN, 1999) (Figura 41).

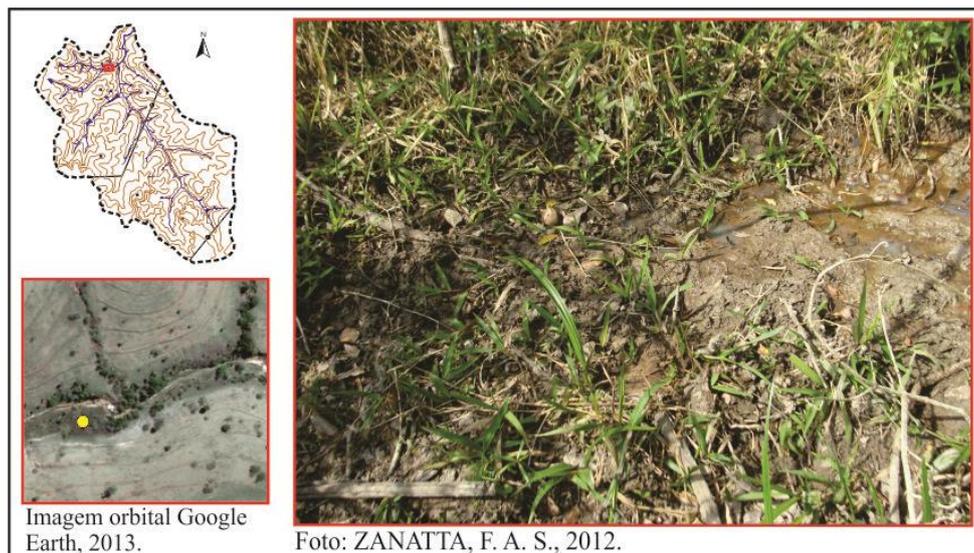


Figura 41 – Gleissolo Háplico.

Os solos da alta bacia do ribeirão Areia Dourada encontram-se submetidos a um clima tropical úmido, com estações bem definidas, alternando entre período quente e chuvoso e, período frio e seco (Figura 42).

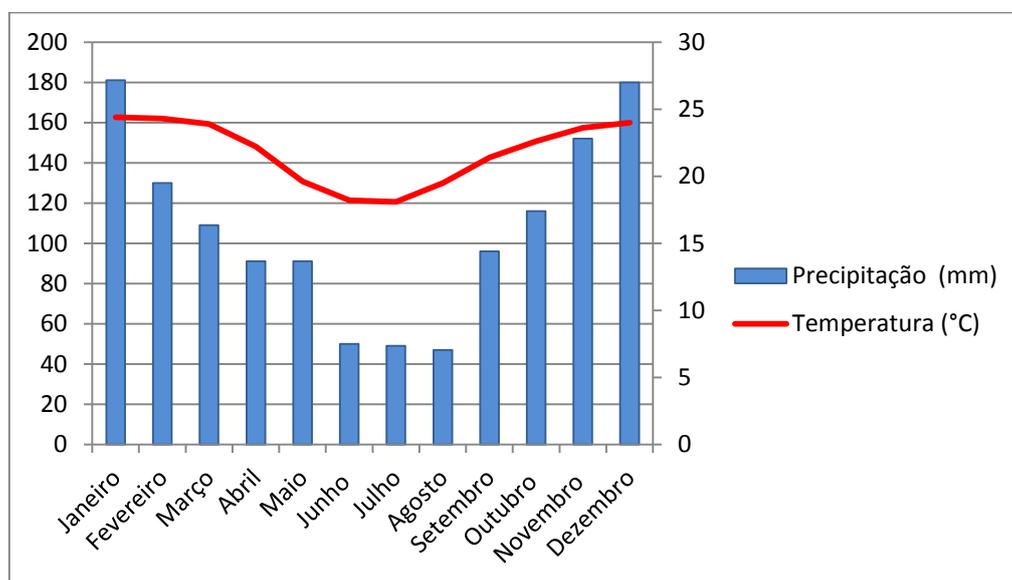


Figura 42 - Gráfico da média de 1971 a 1990 de temperatura e da média de 1971 a 2004 de precipitações do município de Marabá Paulista (SP).

Fonte: CARVALHO (1997), adaptado por ZANATTA (2013).

As médias mensais de precipitações são praticamente iguais na primavera e verão. Enquanto na primavera, as médias de chuvas e de temperatura aumentam

progressivamente de setembro (20°C e 82,5 mm), no início da primavera, até a máxima em dezembro (24°C e 168 mm), fim da primavera; no verão, os maiores valores médios de precipitação ocorrem no final de dezembro, começo do verão, diminuindo progressivamente até o fim dessa estação (117,5mm) e as temperaturas médias são mantidas em 24° C em todo período. A partir do outono, há uma retomada na queda das médias de temperatura e precipitação, tendência que segue até o inverno, estação em que a temperatura (18°C) e a precipitação (82,5mm) chegam à média mínima mensal.

As chuvas ocorrem em todos os meses do ano, com picos na primavera e verão, reduzindo no outono, até chegar às médias mínimas no inverno. A linha de temperatura média mensal acompanha essa oscilação das precipitações, com máximas médias nos períodos mais chuvosos, chegando a 25°C e, mínimas médias nos períodos de menor precipitação, com 20° C.

Ao realizar análise das condições climáticas em ano de pluviosidade habitual, em 1984, na região do Oeste Paulista, Boim (2000) definiu a atuação dos sistemas atmosféricos no verão, outono, inverno e primavera.

Durante o verão, os sistemas frontais e as correntes de E foram as principais causadoras de chuvas nesse período. Os sistemas frontais, referentes ao confronto da Massa Tropical Atlântica e Tropical Continental, geraram 47% das chuvas e, as correntes de E, 36%. As precipitações ocorreram de vinte a quarenta dias na maior parte do Oeste Paulista, enquanto a distribuição espacial das chuvas apresentou valores que variam de 300 a 500 mm (BOIM, 2000).

As precipitações com mais de 10 mm/h resultaram da entrada da Frente Polar Atlântica, gerando eventos pluviais intensos, que continuaram ocorrendo devido à Frente Polar Atlântica Oclusa. No início de fevereiro, por influência da Massa Tropical Atlântica em confronto com a Massa Polar Atlântica, com setor de retorno quente, ocorreram cinco dias de chuvas e três dias com eventos acima de 10mm/h. No início de março, a Massa Tropical Atlântica e a Massa Tropical Continental atraíram a Frente Polar Atlântica, resultando em quatro dias de chuvas e três episódios acima de 10mm/h. No final de março, “a Massa Tropical Atlântica em confronto com a Massa Polar Atlântica, que avançou e estacionou sobre o Oeste Paulista, recuou e deu entrada a uma outra Frente Polar Atlântica” (BOIM, 2000 p.158), acarretando em seis dias de chuva e um episódio acima de 10mm/h. Essas sequências, causadoras de excedentes hídricos,

saturaram os solos, que acompanhados de eventos pluviais intensos, potencialmente, foram causadores de processos geomórficos na região.

Os valores de erosividade do verão variaram entre 1.500 MJ x mm x h⁻¹ x ha⁻¹ a 3.500 MJ x mm x h⁻¹ x ha⁻¹ (BOIN, 2000).

De acordo com os dados do Sistema de Informações para Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SigRH), no posto com prefixo D8-035, no município de Marabá Paulista (SP), durante o verão do ano de 1984 ocorreram 39 dias de chuvas, totalizando 314,1mm. Sendo que, 46,76% (146,9mm) dessas chuvas concentraram-se do dia 27 de dezembro ao dia 2 de janeiro, o restante foi bem distribuído ao longo da estação, exceto durante os dias 11 a 19 de março, em que não foi registrado episódio de chuva.

Já durante o outono, a ampliação para 51% da atuação das correntes do E, bloqueou o avanço das correntes de sul, diminuindo significativamente os dias de chuva em todo Oeste Paulista, que esteve entre zero e vinte dias (BOIN, 2000).

As chuvas neste período estiveram geneticamente associadas às linhas de instabilidade (42,7%), ao eixo principal da Frente Polar Atlântica (28,3%), a repercussão da Frente Polar Atlântica (21,9%) e à Frente Reflexa (6,2%), concentrando-se nos primeiros 45 dias desta estação e, depois, não mais ocorrendo até o início de agosto (BOIN, 2000 p.168).

Ainda de acordo com Boin (2000), os episódios de maior intensidade da estação estiveram ligados às Linhas de Instabilidade e às Frentes Polares Atlântica em seu eixo principal, sendo o maior desses eventos sobre influência da Massa Tropical Atlântica, que evoluiu para Massa Tropical Atlântica com linhas de instabilidade. Outros dois eventos chuvosos estiveram relacionados à Massa Polar Atlântica e suas derivações.

Os valores de erosividade variaram entre menos de 500 MJ x mm x h⁻¹ x há⁻¹ e mais que 1000 MJ x mm x h⁻¹ x há⁻¹ (BOIN, 2000).

Para o município de Marabá Paulista, de acordo com os dados do SigRH, no posto com prefixo D8 – 035, no outono as chuvas foram concentradas, isto é: 72,87% (213mm) do total das precipitações ocorreram entre 26 e 31 de março; entre 13 e 18 de abril, 36,85% (107,7mm); as demais chuvas acontecerem em dias isolados. Nesse

interstício foram 23 dias com chuvas, somando um montante de 292,3mm precipitados. Essa estação também teve sequência de 36 dias sem chuva durante o mês de junho.

No inverno, no Oeste Paulista, registrou-se um aumento das correntes de sul no controle da circulação, agindo em 57% da estação, controlando, também, a geração de chuvas, nos 92% das precipitações ocorridas; dessas, somente a Frente Polar Atlântica gerou 71,8% das chuvas, as demais foram causadas pelo bloqueio efetivo por parte das Massas Tropicais Atlânticas. A baixa quantidade de dias com chuvas, assim como no final do outono, aconteceu pelos avanços, ainda muito fracos do ar polar, assim como grandes bloqueios às correntes de sul, formados pela atuação das correntes de E em junho e julho. Os dias de chuvas em todo Oeste Paulista variaram entre zero e vinte dias durante a estação (BOIN, 2000).

Os valores de erosividade, bem como no outono, oscilaram entre menos de 500 MJ x mm x h⁻¹ x há⁻¹ e mais que 1000 MJ x mm x h⁻¹ x há⁻¹ (BOIN, 2000).

Em Marabá Paulista, de acordo com dados do SigRH, prefixo D8 -035, os 36 dias sem chuva, no final do outono, prolongaram-se por mais 44 dias durante o início do inverno. As precipitações durante essa estação foram bem escassas, com 11 dias de chuvas em toda a estação, isolados em meio a dias de escassez, registrando um total de 134,3mm precipitados.

No Oeste Paulista, o início da primavera teve predomínio das massas de E, Massa Tropical Atlântica e Massa Tropical Atlântica Continentalizada e, de W, prevaleceu a Massa Tropical Continental. Todas essas massas bloquearam as correntes de sul e controlaram a circulação durante o mês de outono. Nos meses de novembro e dezembro, há retomada nas entradas das correntes de S, gerando intensa atividade pluvial, predominantemente frontal, associada ao eixo principal da Frente Polar Atlântica. O número de dias de chuva, na maior parte do Oeste Paulista, esteve entre vinte e quarenta dias e, os valores de precipitação na região do Pontal estiveram em torno de 700 mm (BOIN, 2000).

Para o município de Marabá Paulista, de acordo com os dados do SigRH, no posto D8 -035, nos primeiros 42 dias da primavera ocorreram apenas sete episódios de pluviosidade, todos isolados. Nos demais dias, assim como no verão, as chuvas foram pouco concentradas, com sequência máxima de quatro dias de chuvas, de 12 a 15 de

dezembro, com 76,3mm precipitados, perfazendo 26,4% do total. Ao todo, choveram em 26 dias, 288,5mm, volume muito abaixo do registrado na média da região do Pontal.

Os valores de erosividade variaram entre menos de 1500 MJ x mm x h⁻¹ x há⁻¹ e mais que 5500 MJ x mm x h⁻¹ x há⁻¹, com os maiores índices na região do Pontal do Paranapanema (BOIN, 2000).

De acordo com os dados elaborados por Boin (2000), a erosividade das chuvas acompanha o aumento das precipitações e da temperatura levantados na figura 42, com maiores valores na primavera e verão, diminuindo no outono e inverno.

Quanto ao risco de erosão pluvial do Oeste Paulista, sobretudo no verão, a região que compreende a alta bacia do ribeirão Areia Dourada encontra-se na classe muito forte (BOIN, 2000).

O referido autor ainda cruzou as informações de suscetibilidade à erosão do estado de São Paulo, desenvolvida pelo IPT em parceria com o Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) (1994), com as informações de risco de erosão pluvial. A combinação das Formações Adamantina ou da Formação Santo Anastácio, em relevo ondulado a fortemente ondulado com Argissolo Vermelho Distrófico de textura arenosa/argila e transição abrupta, com lençol freático raso, frequentemente suspenso, determina suscetibilidade muito alta à erosão, sujeita à formação de voçorocas de encostas, ravinas e sulcos erosivos, erosão laminar intensa, assoreamento intenso de cursos d'água e pequenos reservatórios e processos de sedimentação. Enquanto as áreas sobre as mesmas formações, em relevo ondulado a suave ondulado, com Latossolo Vermelho Álico espesso e homogêneo e, lençol freático no contato com a rocha, apresentam risco alto, sujeitos à formação de ravinas e voçorocas de encostas frequentes e de grandes dimensões, com erosão laminar moderada à intensa e sulcos erosivos (BOIN, 2000).

Quanto à energia do relevo, as áreas mais suscetíveis ao desenvolvimento de processos geomórficos encontram-se próximas aos fundos de vales e às rupturas topográficas. Nas vertentes, predominam energia medianamente forte, enquanto nos topos e em algumas áreas dos topos secundários, a energia é de média à fraca (Figura 43).

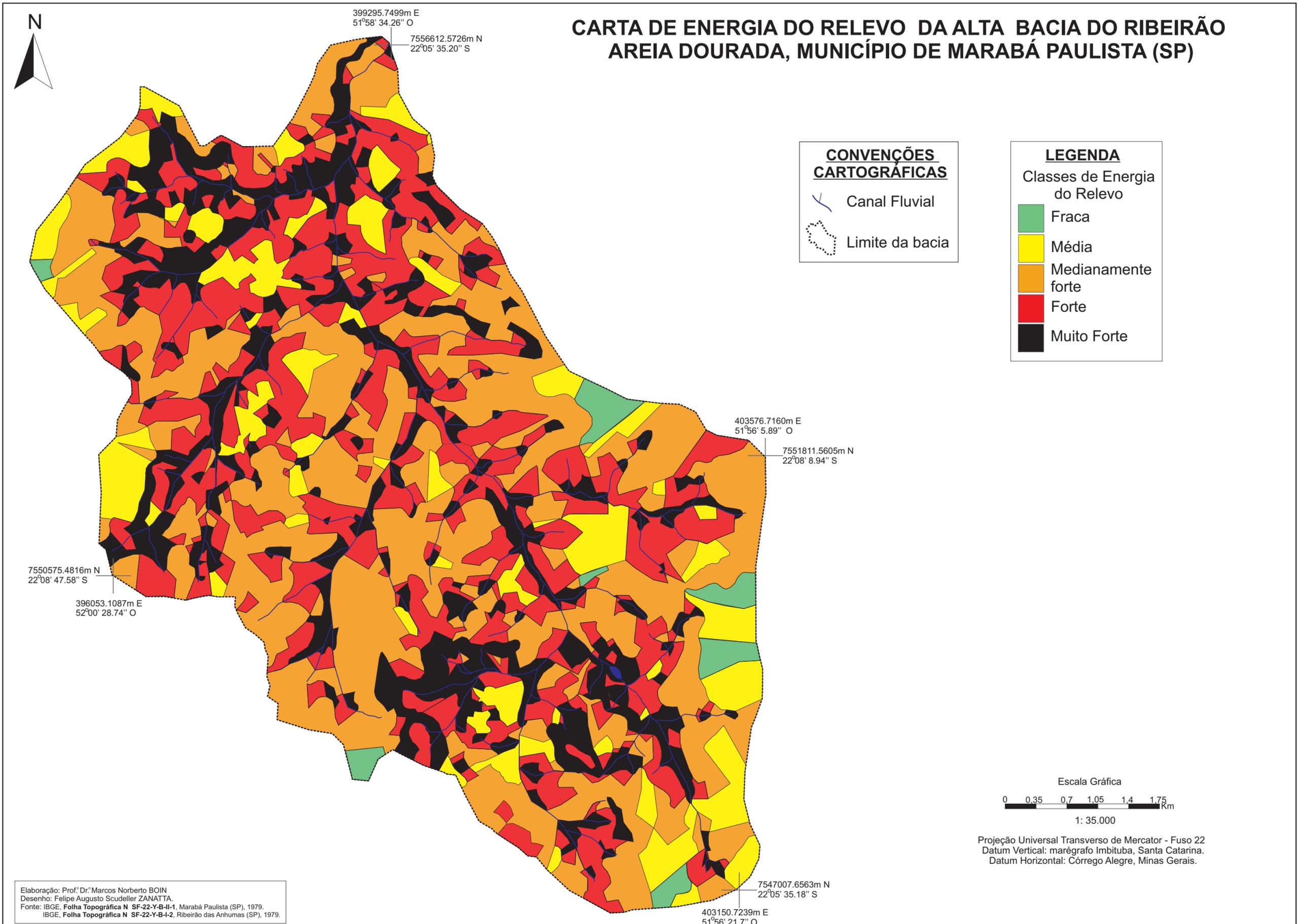


Figura 43 - Carta de energia do relevo da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Os terrenos com energia do relevo forte e muito forte abarcam a maior porcentagem da bacia, somam 49,33%, com 28,93% (1337,6 ha) da primeira classificação e 20,4% (943,21 ha) da segunda. A classe de energia medianamente forte compreende, isolada, a maioria da área estudada, com 41,04 % (1897,53 ha). Já os setores com média e fraca energia englobam 6,9% (319,02 ha) e 2,73% (126,22 ha), respectivamente (Figura 44). De acordo com esses dados, 90,37% do total dos terrenos que abrangem a alta bacia do ribeirão Areia Dourada situam-se nas classes de muito alta a medianamente forte energia do relevo. Esse fato indica alta potencialidade para o desenvolvimento de processos geomórficos, incluindo aqueles vinculados à erosão.

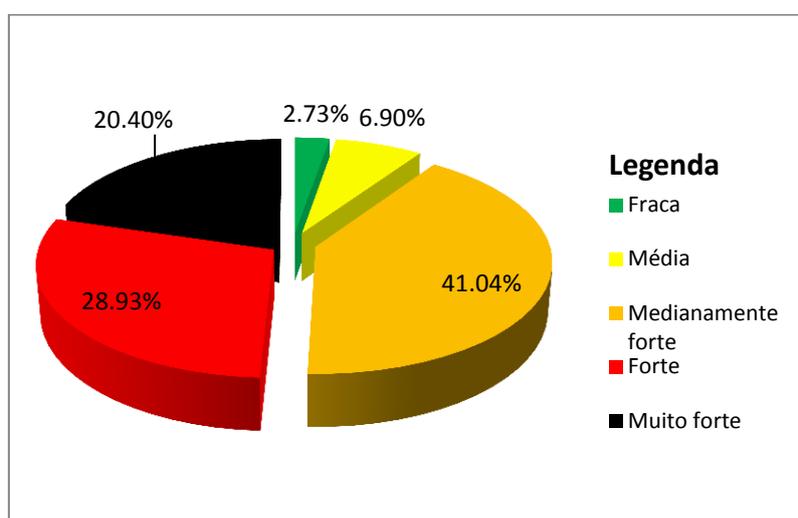


Figura 44 – Classes de energia do relevo na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Esses dados de suscetibilidade erosiva dos terrenos se confirmam quando cruzados com as informações de Stein (1999) sobre a bacia do ribeirão Areia Dourada e, Sudo *et al.* (1991), quanto à erosão na bacia do rio Santo Anastácio.

Em uma análise sobre a bacia do ribeirão Areia Dourada, no conjunto da bacia do rio Santo Anastácio, Stein (1999) verificou forte erosão afetando as cabeceiras da bacia, com concentração de ravinas próximas ao fundo de vale e em algumas cabeceiras de cursos d'água de menor ordem.

O reentalhe da drenagem é uma constante, alargando as calhas por solapamento das margens e condicionando colapso das porções de encostas atingidas. A partir daí evoluem ravinas e voçorocas encosta acima. A erosão laminar é intensa por toda a bacia, embora estruturas de conservação dos solos largamente empregadas. O assoreamento

intenso, como dito, transcende o nível de baixos terraços (STEIN, 1999 p.81).

Para a bacia do rio Santo Anastácio, Sudo *et al.* (1991) identificaram, nos topos, amplos sinais de erosão laminar. A erosão em sulco ocorre de modo generalizado nos interflúvios colinosos e atinge todas as vertentes,

[...] aparecem como canais sinuosos que descem vertente abaixo a partir, geralmente, das rupturas de vertentes, paralelas à linha de maior declive. Muitos não chegam a atingir os talvegues devido à diminuição da declividade das encostas. Nesses casos, eles terminam em cones de dejeção, mal definidos, espalhando os materiais detríticos que se confundem com os carregados por escoamento em lençol laminar, em alguns pontos antes do fundo de vale (SUDO *et al.*, 1991 p.11).

Nas encostas côncavas, os sulcos aparecem paralelamente alinhados entre si, com os eixos praticamente retos. As cabeceiras de cursos d'água também exibem sulcos. “Não raras vezes, apresentam ramificações laterais, hierarquizadas, assemelhando-se a uma pequena drenagem” (SUDO *et al.*, 1991 p.11).

As ravinas e voçorocas se instalam preferencialmente nas vertentes côncavas das cabeceiras de erosão e nas partes montantes dos vales, secos e rasos, com perfis longitudinais em desequilíbrio em relação aos perfis dos cursos d'água logo a jusante. Geralmente instalam-se a partir do nível das várzeas ou dos terraços com as encostas adjacentes. O processo se inicia com o sulcamento das encostas pelas águas pluviais concentradas que, em sua trajetória vertente abaixo, ocasionam solapamentos seguidos de desmoronamentos de material (SUDO *et al.*, 1991 p.12).

Esse processo é contínuo e remontante. As contribuições das águas das chuvas, que escoam através dos sulcos à montante, resultam em seu alargamento e na formação de ramificações que, em alguns casos, podem atingir proporção semelhante à voçoroca principal, as quais, juntas, podem dominar toda a área nobre da uma bacia de recepção fluvial, chegando a dezenas de quilômetros quadrados (Figura 38). As voçorocas se estabilizam relativamente quando o plano de fundo dos vales ou das várzeas passam a ser o nível de base local da atividade erosiva (SUDO *et al.*, 1991).

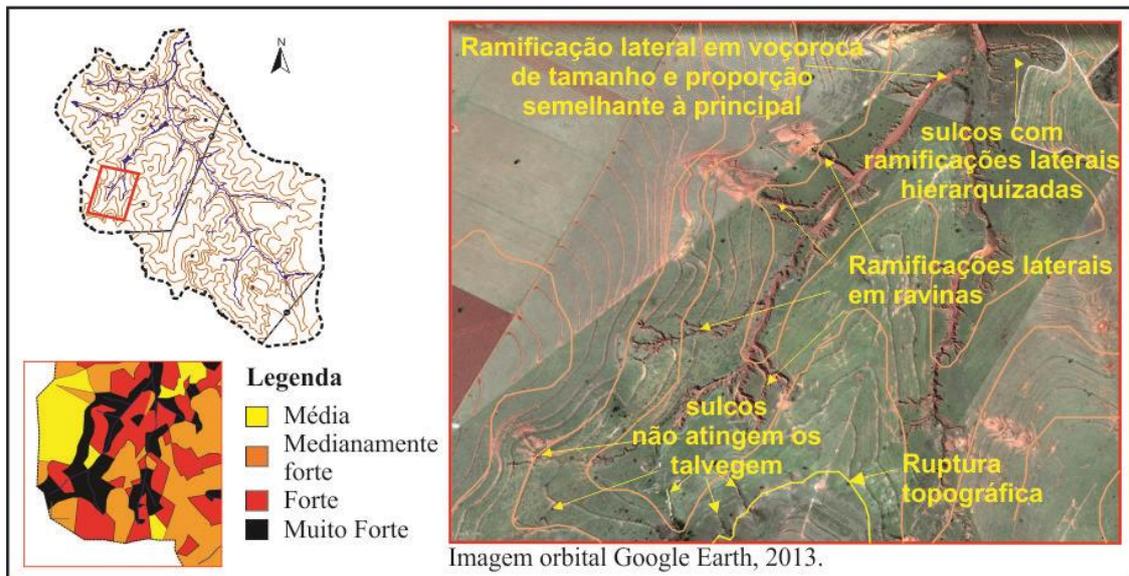


Figura 45 - Erosão em estágio avançado em área de forte energia do relevo.

Como descrito por Sudo *et al.* (1991), na figura 45, verifica-se que as erosões, preferencialmente, ocorrem nas vertentes côncavas. Os sulcos na borda da ruptura topográfica e a montante da voçoroca não atingem o talvegue, mas contribuem, significativamente, com a concentração do escoamento superficial. Nota-se, também, a formação de sulcos com ramificações laterais hierarquizadas.

Sudo *et al.* (1991) ainda destacam o modo de ocupação e uso do solo da bacia do rio Santo Anastácio como condicionante para a formação de processos geomórficos. Usos inadequados de implementos agrícolas compactam e destroem a estrutura do solo, reduzindo a capacidade de infiltração, as estradas vicinais mal projetadas e mal conservadas canalizam o escoamento superficial para as terras agrícolas, além do preparo inadequado dos solos à espera das chuvas e da deterioração das pastagens em consequência de uma relação de uso exagerado. Esses são os principais fatores de contribuição para a formação e desenvolvimento dos processos erosivos.

Para melhor entender os condicionantes da formação e desenvolvimento dos processos geomórficos na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, faz-se necessário, sobretudo, compreender, além das características físicas da área, o processo de ocupação e as formas de uso da terra que possibilitaram a degradação do ambiente como citado por Sudo *et al.* (1991). Essa análise deve partir do histórico de ocupação da região, do município até a área estudada.

O município de Marabá Paulista (SP), localizado na região do Pontal do Paranapanema, a qual sofreu um dos maiores processos de grilagem de terras do estado de São Paulo. As tentativas de transformação das terras virgens do extremo W paulista em grandes fazendas teve início na metade do século XIX, por meio da falsificação de documentos para legitimar a posse da Fazenda Pirapó – Santo Anastácio, com área de 600mil hectares. A área abrangia todas as vertentes dos rios Pirapó e Santo Anastácio, cobrindo quase toda a região do Pontal (FERRARI LEITE, 1998).

Devido à falta de conhecimento sobre o território na descrição dos limites e localização da Fazenda Pirapó – Santo Anastácio, as autoridades responsáveis não legitimavam a posse da referida área, alegando que as terras do Pontal eram devolutas. Foram inúmeras as tentativas, de 1856 até 1892, quando uma autorização despachada pelo Ministério da Agricultura permitiu que Manuel Goulart trouxesse e assentasse imigrantes em suas terras, iniciando, assim, a venda, troca e doação dos terrenos da fazenda (FERRARI LEITE, 1998).

Mesmo com essa autorização, as terras do Pontal ainda eram consideradas devolutas por grande parte da população paulista e mineira da época. Inúmeros casos de grilagem dentro do próprio grilo surgiram nas terras da fazenda e, conseqüentemente, vários conflitos marcaram a história da ocupação da região. Primeiro, a partir do enfrentamento com os habitantes da mata, os índios “caingangues”, que foram dizimados pelos jagunços contratados pelos grileiros, posteriormente, a disputa se estendeu entre os próprios grileiros, sobretudo a partir do avanço da ferrovia rumo ao vale do Paranapanema. (FERRARI LEITE, 1998).

O povoamento da região acompanhou a instalação lenta dos trilhos da Estrada de Ferro Sorocabana no sentido W, fortemente incentivada pelo governo federal com intuito de anteceder o avanço do café para a região. A construção da estrada de ferro permaneceu estacionada desde 1889, na vila Botucatu, atingindo: Manduri, em 1906; Salto Grande em 1910; Presidente Prudente, em 1917 e; Presidente Epitácio, em 1922. O valor das terras do pontal subia com a chegada dos trilhos da estrada de ferro, o que aumentava os conflitos e a grilagem da terra na região (FERRARI LEITE, 1998).

Junto à estrada de ferro veio a presença do Estado, mediante o policiamento e a formação de municípios. No entanto, a presença era de um Estado latifundiário, em que os prefeitos eram detentores de grandes fazendas e utilizavam o cargo público para

consolidar sua ação na apropriação das terras e no controle da vida das pessoas (CARVALHOSA; GUARIBA, 2005).

Colonos europeus, japoneses e nordestinos eram atraídos para a região. Espanhóis, húngaros, portugueses, alemães, japoneses e baianos vinham para as terras do Pontal com propósitos distintos de trabalho, comércio ou posse de terras nas grandes fazendas, todos motivados pela crescente do café, que tinha bom mercado no exterior e, do gado, que crescia na região (MONBEIG, 1984).

Com a Crise do Café de 1929, os rumos da economia regional mudaram. O gado avançou nas terras, assim como o cultivo de amendoim e algodão. Ademais, outras culturas, em menor escala, foram inseridas no Pontal do Paranapanema a fim de minimizar os efeitos da crise (MONBEIG, 1984).

Além das novas culturas que tomavam a região, a venda de madeira ainda tinha um bom mercado a abastecer. Dezenas de serralherias foram abertas, conseqüente do avanço contínuo e rápido sobre as matas da região. Monbeig (1984) destaca o problema criado pelo desmatamento acelerado no transporte da madeira para as serralheiras:

Tem-se a ideia do problema criado pelo distanciamento crescente do corte com relação à serraria, sabendo-se que a Serraria Madeiral, localizada entre Presidente Venceslau e Caiuá, a separação era de 9 km em 1931, 13 em 1936, 17 em 1938 e ultrapassava 20 km em 1946. Atualmente, em certos casos, a madeira vem de mais de 40 km (MONBEIG, 1984, p.245).

O problema se estendeu para além da distância entre as serralherias e o abatimento das matas. O desmatamento foi tão desmedido e rápido, que chegou a faltar lenha para abastecer a locomotiva e as casas, restando a necessidade do plantio de uma nova floresta, a de eucalipto. A silvicultura, então, passou a ocupar grandes porcentagens de terra da região (MONBEIG, 1984).

Em 1940, o desmatamento intensificava-se pela ocupação agrícola para implantação de fazendas de criação de gado, cotonicultura e cultivo de amendoim. Fazendeiros e especuladores que compraram grandes porções de terra por pouco dinheiro na região, atraíam colonos e posseiros com falsas promessas. Os recém-chegados trabalhavam na abertura das matas com a condição de produzirem

futuramente nos terrenos abertos, mas logo eram expulsos ou assassinados pelos grileiros, intensificando os conflitos pela terra.

Embora os problemas se agravassem nas lutas no campo, nesse período, o aumento populacional foi crescente, chegando a 275.972 habitantes em todo o Pontal, sendo que a maioria da população se concentrava nas áreas rurais da região (FERRARI LEITE, 1998).

As disputas de terras que se travavam na região, sobretudo pela confusão de títulos de posse, quase sempre julgados imprestáveis, o aumento da população e os avanços que comprometiam seriamente a integridade das últimas florestas do Planalto Ocidental Paulista, motivaram o, então, governador de São Paulo, Fernando de Sousa Costa, em 1942, a criar a Reserva Estadual do Pontal do Paranapanema, com área de 247.000 ha. Contudo, isso não provocou a diminuição dos desmatamentos, da caça e dos conflitos pela terra na região, que apenas se intensificaram ao longo dos anos. O desrespeito à Reserva Estadual ocorreu, particularmente, pelo governo de Sebastião Nogueira de Lima, que sucedeu o que implantou a reserva, o qual incentivou a venda de terras, a exploração da pecuária e da madeira.

Quanto à derrubada das matas,

Segundo Patrimônio Imobiliário do Estado, em 1945, cerca de 8.000 ha de florestas haviam sido abatidas no Pontal, o que correspondia a cerca de 4% da área reservada. Em 1952, com base em levantamentos aerofotogramétricos, os técnicos do Instituto Florestal calcularam 11,5% a área desmatada; em 1955, já atingira os 20% [...] calcula-se que apenas cerca de 12,5% de vegetação primitiva mantenha-se em pé e, mesmo assim, atingida com certa frequência pela queimadas anuais das pastagens que a rodeiam (FERRARI LEITE, 1998 p. 25 e 27).

A grilagem de terras já tomava o Pontal por inteiro, inúmeras fazendas se configuravam em meio às diversas disputas pela terra da região. Característica particular da região, grandes fazendas, da posse de grileiros e especuladores, e pequenos lotes de colonos europeus, nipônicos e aventureiros nordestinos se mesclavam na produção agrícola e pecuária (MONBEIG, 1984).

A cultura do algodão cresceu durante o período da Segunda Guerra Mundial, especialmente pela diminuição da atuação dos japoneses no mercado exterior durante

esse período. No Pós-Guerra, em meados da década de 1950, houve uma retomada da participação do Japão no mercado, reduzindo, significativamente, as áreas de cotonicultura na região do Pontal do Paranapanema (MONBEIG, 1984). Outro agravante para essa diminuição foi a exaustão dos solos, fruto do manejo inadequado e da baixa proteção exercida pela estrutura vegetal do algodão contra a ação erosiva das chuvas, que tornava o custo da produção oneroso e, assim, insustentável. Essa redução das áreas destinadas ao cultivo do algodão foi acompanhada pelo avanço das pastagens plantadas (NUNES *et al.*, 2006).

A ocupação da terra já alcançava as proximidades das margens do rio Paraná e novos municípios surgiam na região a partir da emancipação de grandes fazendas. Em 1958, nordestinos produtores de algodão e comerciantes espanhóis, italianos e japoneses se emanciparam do município de Presidente Venceslau, a então, Fazenda Marabá, dividida em diversos lotes, fundando o município de Marabá Paulista (FERRARI LEITE, 1998; MARABÁ PAULISTA, 2013).

As informações históricas do período do desmatamento intenso para produção agrícola, pecuária e silvicultura estão de acordo com os dados levantados na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, em Marabá Paulista (SP). Os dados obtidos de produtos de sensores remotos demonstram que, no ano de 1962, a referida bacia apresentava poucas áreas com vegetação nativa, pequenas porções de terras destinadas a culturas anuais e vasta área recoberta por pasto e silvicultura (Figura 46 e Tabela 1).

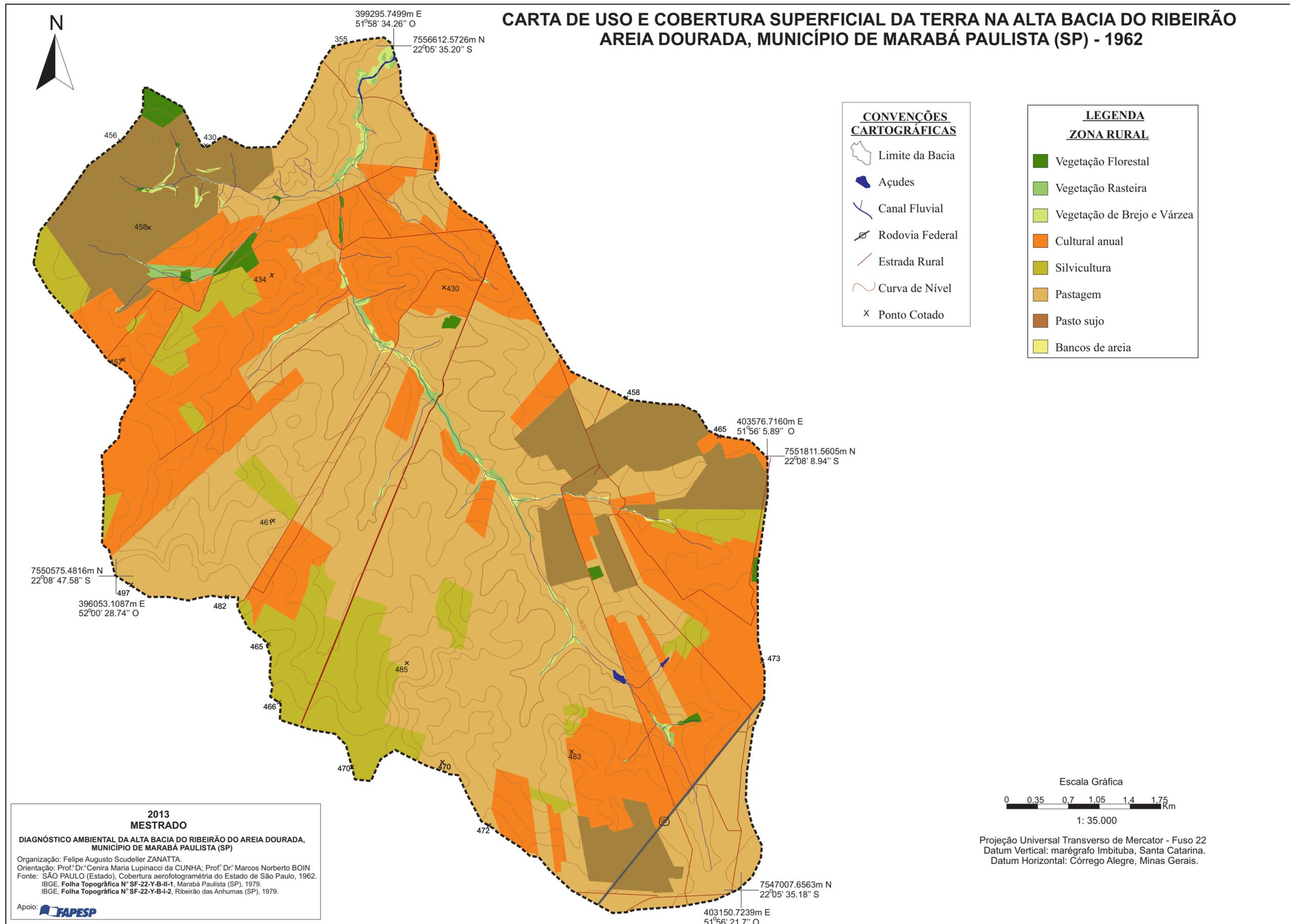


Figura 46 - Carta de uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.

Tabela 1 - Uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.

Uso e cobertura superficial da terra - 1962.		
Uso e cobertura superficial da terra	Área (ha)	Área (%)
Pasto	2121,99	45,89
Silvicultura	1334,87	28,87
Pasto sujo	594,04	12,85
Cultura anual	422,86	9,15
Vegetação Florestal	32,73	0,71
Vegetação rasteira	31,21	0,68
Estrada rural	26,16	0,57
Vegetação de brejo e várzea	24,98	0,54
Rodovias	16,6	0,36
Curso d'água	10,3	0,21
Banco de areia	7,84	0,17

Os dados da Tabela 2 demonstram o avanço predatório sobre as matas nativas da bacia, restando apenas 0,71% (32,73 ha) da área recoberta por vegetação do tipo florestal. A silvicultura, necessária para abastecimento da locomotiva e utilização doméstica, com aumento significativo do valor no mercado, ganhou notoriedade na economia dos agricultores, compreendendo 28,87% (1334,87 ha) do total da bacia, enquanto a pecuária ocupava a maior parte da bacia, com 45,89% (2121,99 ha), ou seja, 1,58 vezes mais que as áreas de silvicultura e 64,63 vezes mais que vegetação florestal. As áreas com culturas anuais, identificadas a partir de pequenos e diversos lotes com distintos padrões de cobertura superficial, indicam diminuição da participação dessas culturas na economia regional, refletido na área estudada, com um montante de 9,15% (422,86 ha). As classes vegetação de brejo e várzea, vegetação rasteira e bancos de areia estão relacionadas à dinâmica fluvial, ocupando um total de 1,36% (64,03 ha).

Verifica-se, na figura 46, a ausência de qualquer tipo de prática conservacionista, as quais, de acordo com Francisco (2011, *apud* Oliveira, 1994), foram utilizadas apenas a partir da década de 1970, com os terraceamentos em curvas de nível. Tal processo foi concomitante a queda da cultura do amendoim, quando a produção agrícola foi praticamente abandonada e os agricultores, principalmente, os pequenos e descapitalizados, venderam suas terras para grandes proprietários que expandiram as áreas de pastagens plantadas (NUNES *et al.*, 2006).

Com as sucessivas crises do petróleo no início da década de 1970, o governo militar, através do decreto n° 76.593/75, instituiu o Programa Nacional do Álcool (Pro-Álcool), com incentivos ao cultivo de cana-de-açúcar e a construção de usinas para produção de álcool. No município de Marabá Paulista, a primeira unidade foi instalada em 1980 (BARRETO; THOMAZ Jr, 2012).

No final da década de 1980 e início de 1990, houve uma diminuição do protecionismo do Estado às empresas sucroalcooleiras, resultando no fechamento de muitas unidades de produção, com redução das áreas cultivadas com cana-de-açúcar e aumento do plantio de outras culturas.

Nesse mesmo período, com o fim da ditadura militar e da repressão aos movimentos sociais, é retomado o conflito pelas terras devolutas do Pontal. Inicia-se na região um intenso processo de ocupação de terras por parte de movimentos sociais, conseguindo junto ao Governo Estadual e Federal a desapropriação de parte das grandes fazendas para formação de assentamentos rurais. Porém, graves problemas de degradação ambiental, principalmente relacionados à erosão do solo já eram sentidos no repasse das terras (MASSARETTO; NUNES, 2010). Esse movimento, concomitante a queda da cana-de-açúcar, estabelece na região uma nova forma de produção, verifica-se que diversas culturas alimentícias passam a ocupar pequenos lotes, mesclados com grandes áreas de pecuária.

Os dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agrícola (LUPA) do município de Marabá Paulista (Tabela 3), em 1995/96, apontam para a reduzida área ocupada pelo cultivo da cana-de-açúcar, 6,52% (5.424,1 ha). Nota-se que diversas culturas, como milho, capim-colonião, algodão, sorgo, feijão mandioca, arroz, cenoura, incorporados na classe outras culturas, correspondem a segunda maior destinação de terras do município, abrangendo 6,52% (5.424,1 ha) da área, perdendo apenas para as pastagens que ocupam 85,45% (71.109,7 ha) dos terrenos. Isto é, 12,95 vezes mais áreas que outras culturas e 21,9 vezes mais que a vegetação natural e reflorestamentos, que juntos somam apenas 3,9% (3253,2 ha) das terras. O eucalipto, que outrora ocupou grande porcentagem dos terrenos da região, tem sua área reduzida para 0,08% (70,1 ha).

Tabela 2- Uso e cobertura superficial da terra de Marabá Paulista (SP), 1995/6.

Censo Agropecuário de Marabá Paulista (SP) - 1995/6		
Uso e cobertura superficial da terra	Área (ha)	Área (%)
Pastagem	71.109,7	85,45
Outras culturas	5.424,1	6,52
Cana de açúcar	3.365	4,05
Vegetação natural	3.183,1	3,82
Eucalipto	70,1	0,08
Reflorestamento	70,1	0,08
Total	83.221,9	100

Fonte: CATI (1996).

A partir de 2003, com a política nacional de ampliação da matriz energética, as empresas sucroalcooleiras retomaram e intensificaram suas atividades no Pontal do Paranapanema (BARRETO; THOMAZ Jr, 2012). Tal processo foi acompanhado pelo arrendamento de terras, aumento das áreas com cultivo de cana-de-açúcar e redução na diversidade de culturas plantadas.

Esse movimento de transição da agricultura familiar, fundamentada na diversidade de culturas, para o modelo agrícola do monocultivo, com base no agronegócio, transformou intensamente as atividades agrícolas do município de Marabá Paulista, antes considerado produtor de diversos gêneros alimentícios, tornou-se o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do Pontal do Paranapanema (BARRETO, THOMAZ Jr e OLIVEIRA, 2009).

Dados do Levantamento Censitário de Unidades de Produção (LUPA) do município de Marabá Paulista de 2007/8 (Tabela 4) indicam esse movimento de transição, quando se compara aos números de 1995/6 (Tabela 3). Nota-se uma diminuição de 84% (de 5.423,1 ha para 861,1 ha) da classe de outras culturas, concomitante ao aumento de 396,9% (de 3.365 ha para 13.355,6 ha) das áreas destinadas ao plantio da cana-de-açúcar. Por outro lado, essa mudança aumentou 1.091 ha de vegetação florestal, que passou a ocupar 4,89% (4.274,1 ha), como também da área destinada ao reflorestamento, 0,53% (462,7 ha), 392,5 ha a mais que em 1995/6.

Tabela 3 - Uso e cobertura superficial da terra de Marabá Paulista (SP), 2007/08.

Censo Agropecuário de Marabá Paulista (SP) - 2007/08.		
Uso e cobertura superficial da terra	Área (ha)	Área (%)
Pastagem	67.719,6	77,43
Cana de açúcar	13.335,6	15,25
Vegetação natural	4.274,1	4,89
Outras culturas	861,1	0,98
Eucalipto	460	0,53
Reflorestamento	462,7	0,53
Vegetação de brejo e várzea	343	0,39
Total	87.456,1	100

Fonte: CATI (2008).

Os dados da Tabela 4, quando comparados ao uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada do ano de 2012 (Tabela 5), demonstram que a referida bacia encontra-se sobre o mesmo movimento de ocupação e uso da terra que ocorre no município de Marabá Paulista. Verificam-se arrendamentos de terras para cultivo de cana-de-açúcar, ocupando 31,26% (2.530,22 ha); junto a essas áreas, nota-se a presença de terrenos marginais a rios e a áreas com solo exposto, potencialmente consequente da atuação de processos geomórficos, cercados e com presença de vegetação rasteira (Figura 47). As áreas com pastagens plantadas dominam a bacia, ocupam 54,72% (2.530,22 ha), isso representa 76,3 vezes mais que as áreas com vegetação florestal, com apenas 0,69% (32,12 ha) e, 182,4 vezes mais que áreas destinadas ao reflorestamento, que correspondem a 0,3% (14,08 ha) de toda a bacia.

Tabela 4 - Uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.

Uso e cobertura superficial da terra (2012)		
Uso e cobertura superficial da terra	Área (ha)	Área (%)
Pastagem	2.530,22	54,72
Cana de açúcar	1.445,11	31,26
Estrada rural	193,77	4,19
Vegetação rasteira	144,22	3,12
Vegetação de brejo e várzea	73,71	1,59
Eucalipto	68,29	1,48

Solo exposto	55,15	1,19
Corpo d'água	38,2	0,83
Vegetação florestal	32,12	0,69
Rodovia	20,9	0,45
Área com reflorestamento	14,08	0,3
Área Urbana	4,72	0,08
Banco de areia	3,09	0,1

Nas áreas dominadas pela cana-de-açúcar, além das práticas preservacionistas, com cercamento de terrenos próximos aos rios e formas erosivas, constata-se o uso de técnicas conservacionistas, como os terraços agrícolas, com espaçamentos de 10 a 20 metros, de 20 a 30 metros e >30 metros, com intuito de minimizar o impacto das chuvas nas diferentes declividades dos terrenos.

Esses dados demonstram que tanto na cidade de Marabá Paulista, como na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, o aumento significativo das áreas com cultivo de cana-de-açúcar está diretamente associado às políticas de incentivo do Governo Federal às empresas sucroalcooleiras, que aumentaram seu domínio mediante o arrendamento de terras, antes destinadas a culturas anuais e pastagens.

Quando comparadas as figuras 46 e 47 e as Tabelas 2 e 5 da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, observa-se um aumento significativo das áreas com vegetação de brejo e várzea, bancos de areia e vegetação rasteira em áreas próximas aos cursos d'água. Esse aumento relaciona-se ao uso intenso, contínuo e indiscriminado dos terrenos da referida bacia para produção agrícola e pecuária, resultando em movimentação de terra dos topos e vertentes, pela ação de processos geomórficos, para os fundos de vale, como também pela mudança na rede de drenagem e, conseqüentemente, na ordem dos canais.

O levantamento sobre o histórico de ocupação das terras do Pontal do Paranapanema define a formação e configuração da relação com a terra no município de Marabá Paulista e na alta bacia do ribeirão Areia Dourada. Os dados demonstram o desmatamento intenso, predatório e desmedido realizado no município e na bacia, ocupados por culturas agrícolas e pastagens plantadas. O uso intenso é uma marca registrada da economia regional, assim como os conflitos das terras devolutas, que persistem sem perspectiva de resolução futura (Figura 48).

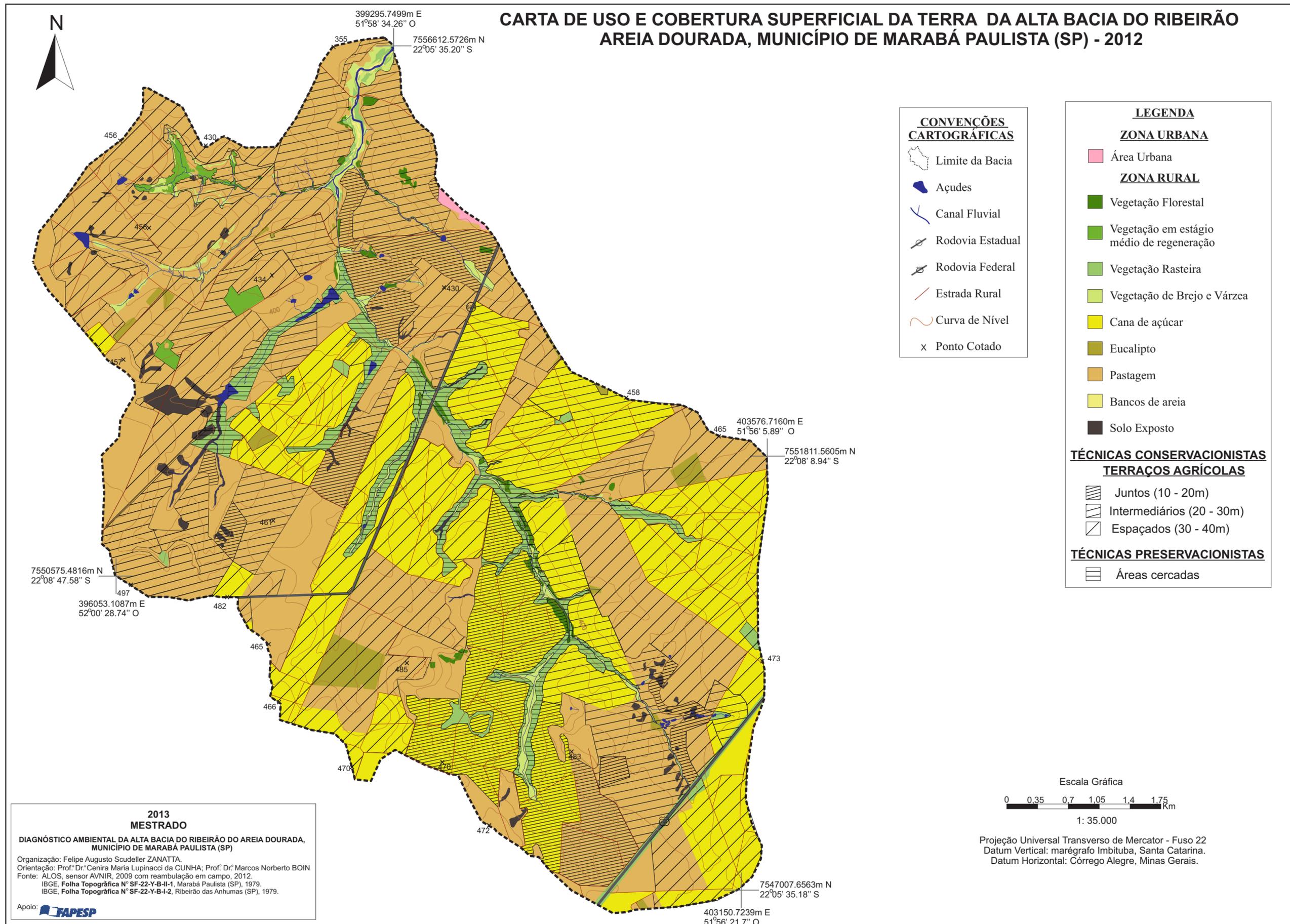


Figura 47 - Carta de uso e cobertura superficial da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.

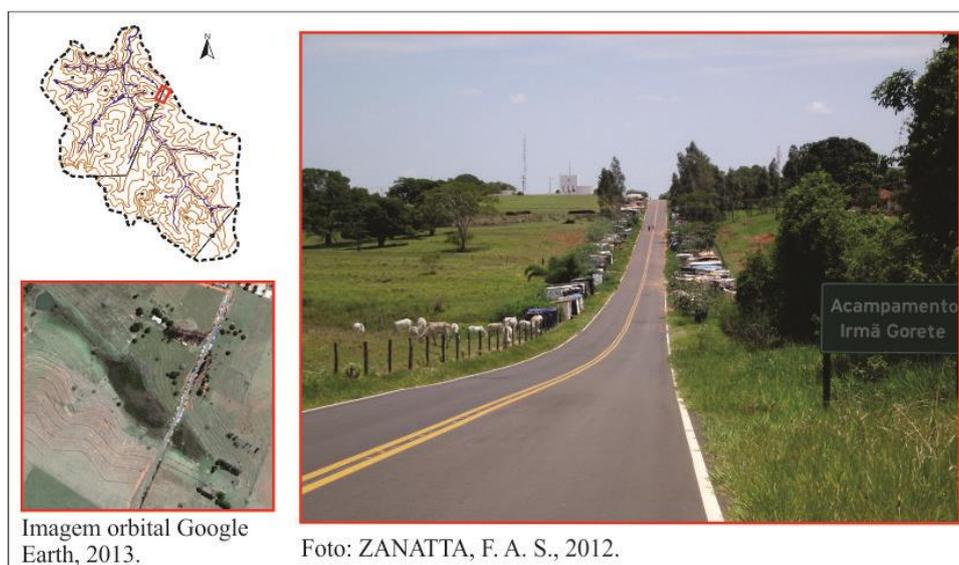


Figura 48 - Acampamento Irmã Gorete nas margens da rodovia SP-563 e da Fazenda Nazaré, de aproximadamente 5.000 hectares.

As alianças entre políticos, grileiros, especuladores e latifundiários que permitiram o processo de ocupação segregador e excludente da região, ainda persistem na consolidação dos usos abusivos dos solos e dos conflitos pela terra. Os incentivos do governo para retomada das atividades de empresas sucroalcooleiras e a permissividade da quase inexistência de vegetação nativa, decisões que suprimem as tentativas de estabelecer áreas legalmente protegidas e a distribuição das terras na região, convergem para o que Monbeig (1989) verificou em seus estudos sobre os pioneiros e fazendeiros de São Paulo: “a marcha para oeste, considerada nas suas relações com os solos, não aparece como uma conquista valiosa, mas como uma devastação sem freio” (MONBEIG, 1989 p.75).

CAPÍTULO IV – O estado geocológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada

Com base nos dados secundários apresentados no Capítulo III, foram cruzadas as informações de litologia, com compartimentos do relevo, solos e energia do relevo, individualizando os terrenos com características semelhantes para construir a carta de unidades físicas da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP) (Figura 42).

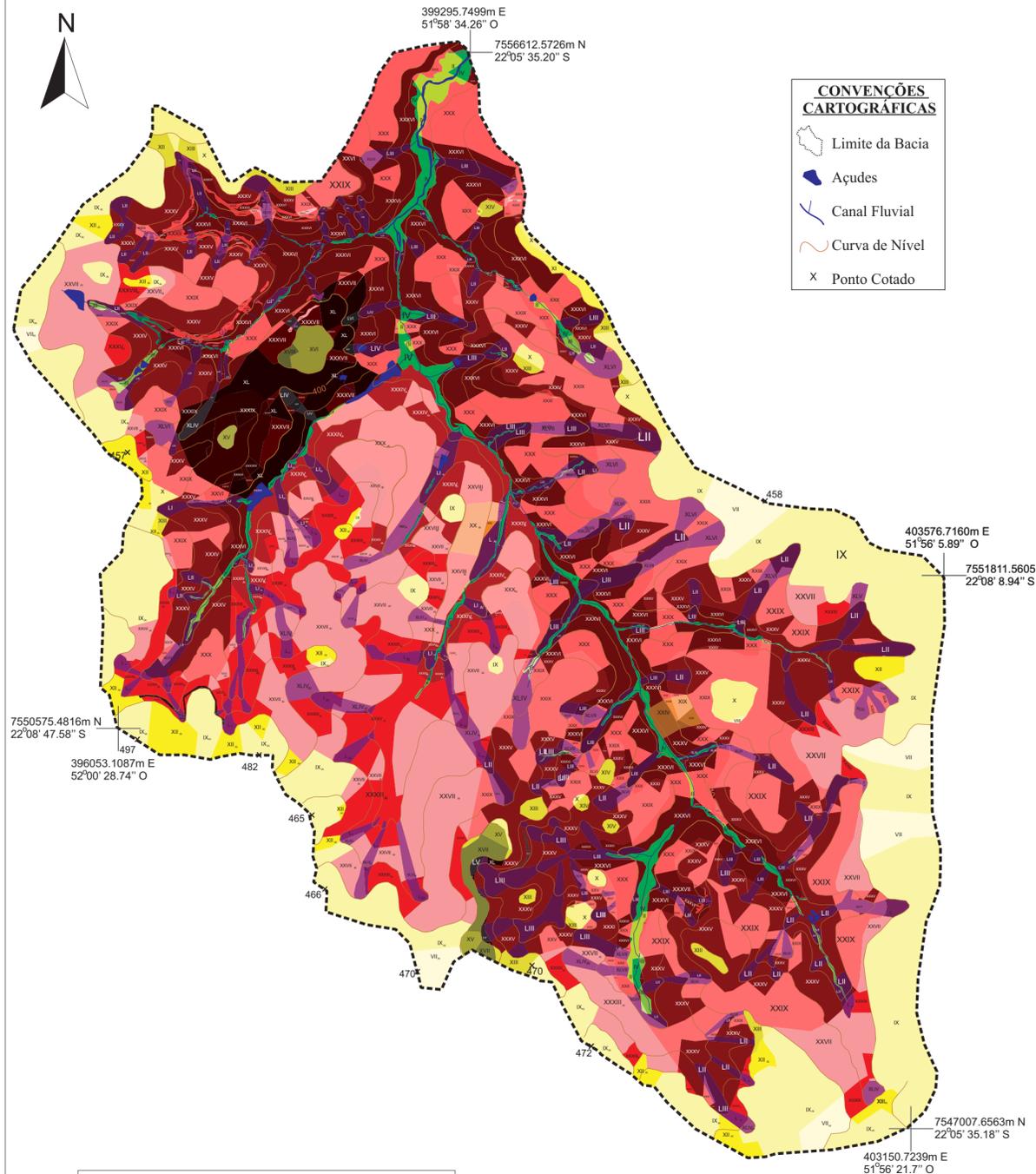
Ao todo foram demarcadas 56 unidades físicas na área estudada. Essas, analisadas em suas particularidades, estão organizadas pelos compartimentos de relevo em ordem crescente de suscetibilidade erosiva, iniciando pelos fundos de vale e seguindo para os topos, vertentes retilíneas, convexas e côncavas.

As seis unidades físicas nos fundos de vale são consideradas áreas que devem ser preservadas em suas feições naturais, embora sejam de baixo risco ao desenvolvimento de processos erosivos. Nesses terrenos, devido à sazonalidade das águas, ocorrem inundações periódicas, assim, qualquer alteração coloca em risco tanto a atividade desenvolvida, como, principalmente, a qualidade da água.

Em todas as unidades que podem ser submetidas ao uso antrópico, localizadas nos topos, nas vertentes convexas e nas retilíneas, são necessárias técnicas conservacionistas para que a água precipitada consiga infiltrar no solo, minimizando a ocorrência de escoamentos superficiais e de processos erosivos. Igualmente imprescindível é o emprego de técnicas edáficas para que os solos sejam postos em descanso e consigam recuperar sua fertilidade, sem serem submetidos a usos excessivos.

Na análise das unidades nos topos, constatou-se que de doze, apenas duas (VII e VIII) têm baixa restrição ao uso, em outras seis (IX, X, XI, XII, XIII e XIV) é indispensável usos que ofereçam maior proteção ao solo. As unidades que devem ser mantidas em suas feições naturais (XV, XVI, XVII e XVIII) apresentam alto risco ao desenvolvimento de processos geomórficos, por compreenderem terrenos com Neossolo Litólico, Neossolo Litólico Eutrófico ou Argissolo Vermelho Distrófico com energia do relevo muito forte em setores com rupturas topográficas abruptas.

**CARTA DE UNIDADES FÍSICAS DA ALTA BACIA DO RIBEIRÃO AREIA DOURADA
MUNICÍPIO DE MARABÁ PAULISTA (SP)**



CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS

- Limite da Bacia
- Açudes
- Canal Fluvial
- Curva de Nível
- Ponto Cotado

2013 MESTRADO
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ALTA BACIA DO RIBEIRÃO DO AREIA DOURADA, MUNICÍPIO DE MARABÁ PAULISTA/SP
 Organização: Felipe Augusto Scudeller ZANATTA
 Orientação: Prof. Dr. Cenira Maria Lupinacci da CUNHA, Dr. Marcos Norberto BOIN
 Fonte: ALOS, sensor Avniir, 2009 com reampliação em campo, 2012/3.
 BOIN, M. N., ZANATTA, F. A. S., CUNHA, C. M. L. *Avaliação Morfométrica do relevo da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP)*, (prelo)
 CARVALHO, W. A. (coordenador). *Levantamento Semidetalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio (SP)*, Soletim científico, FCT/UNESP, P. Prudente (SP), 1997.
 IBGE. *Folha Topográfica N SF-22-Y-B-II-1*, Marabá Paulista (SP), 1979.
 IBGE. *Folha Topográfica N SF-22-Y-B-I-2*, Ribeirão das Anhumas (SP), 1979
 IPT 1994 - Bases técnicas para recuperação de bacias hidrográficas: Projeto Piloto do rio Santo Anastácio - 3. fase - Relatório n. 32.257
 STERN, D. P. *Avaliação da degradação do meio físico*, Bacia do rio Santo Anastácio, Oeste paulista, 197 p. Tese (Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
 Apoio:

LEGENDA

UNIDADES FÍSICAS

Fundo de vale

- I** em litologia da Formação Adamantina com Gleissolo Háptico de erodibilidade muito baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- II** em litologia da Formação Santo Anastácio com Gleissolo Háptico de erodibilidade muito baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- III** em litologia da Formação Adamantina com Gleissolo Háptico de erodibilidade muito baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- IV** em litologia da Formação Santo Anastácio com Gleissolo Háptico de erodibilidade muito baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- V** em litologia da Formação Adamantina com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- VI** em litologia da Formação Santo Anastácio com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.

Topo

- VII** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa e energia do relevo fraca.
- VII_{Al}** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa, com nível de alumínio tóxico e energia do relevo fraca.
- VIII** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo fraca.
- IX** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- IX_{Al}** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa, com nível de alumínio tóxico e energia do relevo de média a medianamente forte.
- X** em litologia da Formação Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XI** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XII** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- XII_{Al}** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade, com nível de alumínio tóxico baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- XIII** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XIV** em litologia da Formação Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XV** em litologia da Formação Adamantina com Neossolo Litólico Eutrófico de erodibilidade muito alta e do relevo de média a medianamente forte.
- XVI** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico Eutrófico de erodibilidade muito alta e do relevo de média a medianamente forte.
- XVII** em litologia da Formação Adamantina com Neossolo Litólico Eutrófico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XVIII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico Eutrófico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de forte a muito forte.

Vertente Retilínea

- XIX_{Al}** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa, com nível de alumínio tóxico e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XX_{Al}** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXI** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa, com nível de alumínio tóxico e energia do relevo forte a muito forte.
- XXII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo forte a muito forte.
- XXIII** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXIV** em litologia da Formação Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de forte a muito forte.

Vertente Convexa

- XXV** em litologia da Formação Adamantina com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXVI** em litologia da Formação Santo Anastácio com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXVII** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXVII_{Al}** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa, com nível de alumínio tóxico e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXVIII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXVIII_{Al}** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXIX** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXX** em litologia da Formação Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXXI** em litologia da Formação Adamantina com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXII** em litologia da Formação Santo Anastácio com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXIII** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXIII_{Al}** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa, com nível tóxico de Alumínio e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXIV** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXIV_{Al}** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Álico de erodibilidade baixa, com nível tóxico de Alumínio e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXV** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXVI** em litologia da Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XXXVII** em litologia da Formação Adamantina com Neossolo Litólico Eutrófico de muito alta erodibilidade e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXXVIII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico Eutrófico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XXXIX** em litologia da Formação Adamantina com Neossolo Litólico Eutrófico de muito alta erodibilidade e energia do relevo de forte a muito forte.
- XL** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico Eutrófico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- XLI** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XLII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de forte a muito forte.

Vertente Concava

- XLIII** em litologia da Formação Santo Anastácio com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XLIV** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo de média medianamente forte.
- XLV** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XLVI** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XLVII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo de média a medianamente forte.
- XLVIII** em litologia da Formação Adamantina com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade de baixa erodibilidade e energia do relevo de forte a muito forte.
- XLIX** em litologia da Formação Santo Anastácio com solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa e energia do relevo forte a muito forte.
- L** em litologia da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo forte a muito forte.
- LI** em litologia da Formação Santo Anastácio com Latossolo Vermelho Distrófico de erodibilidade baixa e energia do relevo de forte a muito forte.
- LII** em litologia da Formação Adamantina com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo forte a muito forte.
- LIII** em litologia da Formação Santo Anastácio com Argissolo Vermelho Distrófico de erodibilidade alta e energia do relevo forte a muito forte.
- LIV** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico de erodibilidade muito alta e energia do relevo médio a medianamente forte
- LV** em litologia da Formação Adamantina com Neossolo Litólico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de forte a muito forte.
- LVI** em litologia da Formação Santo Anastácio com Neossolo Litólico de erodibilidade muito alta e energia do relevo de forte a muito forte.

Escala Gráfica
 0 0,35 0,7 1,05 1,4 1,75 Km
 1: 35.000

Projeção Universal Transverso de Mercator - Fuso 22
 Datum Vertical: marógrafo Imituba, Santa Catarina.
 Datum Horizontal: Córrego Alegre, Minas Gerais.

Figura 49 - Carta de unidades físicas da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP),

Das seis unidades nas vertentes retilíneas, em três (XIX, XX e XXI) os usos devem oferecer boa proteção ao solo, imprescindível para manutenção do equilíbrio do meio. As outras três (XXII, XXIII e XXIV) carecem manter suas feições naturais, pois qualquer alteração pode sobrecarregar sua estrutura.

Nas vertentes convexas, em quatro (XXVII, XXVIII, XXIX e XXX) o uso é possível desde que proporcione proteção à ação erosiva das chuvas. Em outras catorze devem ser empregadas medidas preservacionista: dessas, quatro (XXV, XXVI, XXXI e XXXII) devem ser preservadas pelo afloramento do lençol freático e contra o risco de contaminação da água; dez devem ser protegidas pela alta suscetibilidade erosiva vinculada à presença de Neossolo Litólico, Neossolo Litólico Eutrófico ou Argissolo Vermelho Distrófico em energia do relevo de forte a muito forte.

Para todas as catorze unidades nas vertentes côncavas, são necessárias práticas preservacionistas, já que essas áreas tendem a concentrar o escoamento superficial. Em duas (XLVIII e XLIX) também ocorre a presença de afloramento do lençol freático e risco de contaminação da água.

Somam-se às unidades com alta restrição ao uso, os terrenos protegidos pela legislação vigente, isto é, as Áreas de Preservação Permanente (APP), estabelecidas pela Lei N° 12.651/12 (Figura 50).

A referida lei, que institui o novo Código Florestal, determina a demarcação da APP nas propriedades rurais, definindo-a, em seu Art. 3º, Inciso II, como

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Seguindo as orientações da legislação no levantamento dessas áreas e na definição do que a preservação desses terrenos deve garantir ao ambiente, a análise da carta aludida apontou algumas contradições entre a localização e a função das APP's, principalmente por sua demarcação nos canais fluviais partir do “leito regular” (Art. 3º, Inciso XIX), definido como “a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano” (BRASIL, 2012), considerado nesta pesquisa como leito vazante (Figura 51).

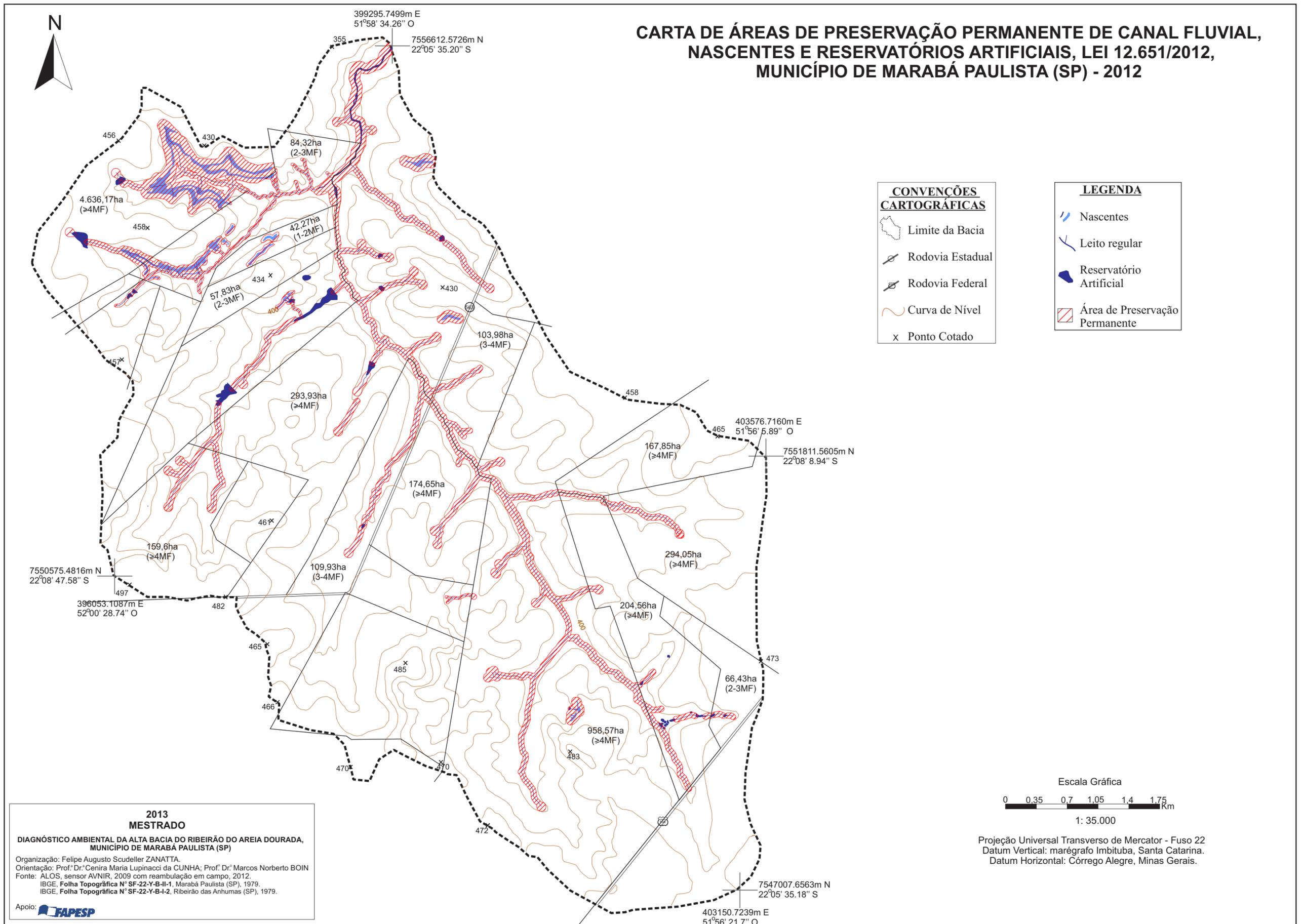


Figura 50 - Carta de Áreas de Preservação Permanente, Lei N°12.651/12 da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

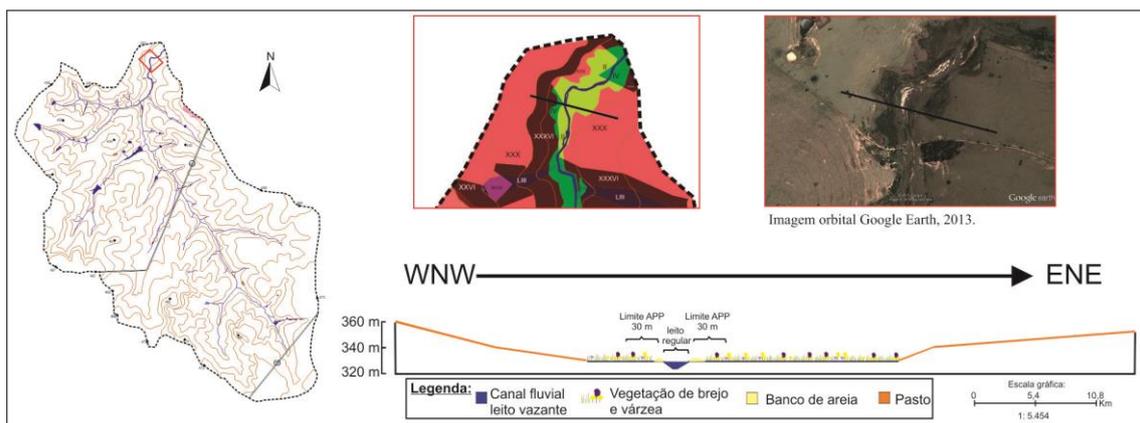


Figura 51 – Perfil topográfico da Área de Preservação Permanente na foz do ribeirão Areia Dourada e coberturas superficiais efetivamente protegidas. A legenda referente às unidades físicas encontra-se na figura 49.

As APP's da foz do ribeirão Areia Dourada protegem bancos de areia e vegetação de brejo e várzea. Tais coberturas, de acordo com a análise das fragilidades ambientais apontadas nas unidades físicas da área estudada, são insuficientes para cumprir qualquer uma das funções definidas pela lei, uma vez que não têm eficiência nas áreas com depósitos de bancos de areia e pouca probabilidade nas áreas de brejo e várzea. Destaca-se que a APP não abrange toda área de planície fluvial e que esse tipo de proteção, em ambiente de domínio de deposição de sedimentos, impossibilita que as APP's assegurem a estabilidade geológica e a proteção dos solos.

Boin (2005), em análise sobre as coberturas superficiais e a proteção efetiva proporcionada ao meio, apurou que a proteção adequada às definições da lei mais eficiente é aquela realizada pela vegetação do tipo florestal, que mediante sua estrutura vegetal e a ciclagem de nutrientes possibilitam a preservação dos recursos hídricos, a estabilidade geológica e a proteção dos solos. Esse tipo de cobertura, para cumprir todas as funções estabelecidas por lei, deve estar localizado nas margens do leito maior sazonal, como definia o antigo Código Florestal (Lei Nº 4.771/65), e ser composta de espécies essencialmente nativas.

Essa informação foi averiguada por Zanatta *et al.* (2014) ao aplicar e comparar o antigo, Lei 4.771/65, com o atual Código Florestal na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, onde foi verificado que a Lei revogada contemplava 17,19% (794, 67 ha) de toda área estudada, sendo importante na proteção efetiva dos rios, visto que as APP's estavam localizadas nas vertentes, pois tinham como início o limite do leito maior

sazonal, além de permitir na sua interpretação considerar APP's terrenos marginais de canais pluviais, identificados mediante erosões lineares, o que contribuía de forma significativa na contenção dos processos erosivos em seus distintos estágios de desenvolvimento. No estudo, os autores concluíram que tanto técnica como cientificamente ambas as Leis não se mostraram suficientes para cumprir as funções estabelecidas pela legislação brasileira, no entanto, ratificam que o atual Código Florestal retrocedeu substancialmente na proteção do ambiente. Tal consideração é comprovada quando aplicado o novo Código Florestal, onde se verifica que apenas 6,28% (290,55 ha) dos terrenos da área estudada são considerados APP's (Tabela 6); 2,73 vezes menos restritivo que a antiga Lei.

Tabela 5 – Classes de uso e cobertura superficial das Áreas de Preservação Permanente, Lei N° 12.651/12.

Áreas de Preservação Permanente (APP's), Lei N° 12.651/12		
Classes de uso e cobertura superficial dentro das APP's	Área (%)	Área (ha)
Uso inadequado	71,4	207,46
Vegetação rasteira	14,38	41,78
Vegetação florestal	5,91	17,17
Vegetação de brejo e várzea	4,6	22,07
Bancos de areia	0,71	2,07

Entre os usos inadequados, verificaram-se invasões de braquiárias para pecuária (Figura 52), cana-de-açúcar e vegetação rasteira, estas estão locadas em terrenos cercados e com braquiárias que impedem o desenvolvimento de outras espécies (Figura 53). Somam-se a essas áreas os bancos de areia, representativos, potencialmente, da sedimentação excessiva dos canais fluviais, resultado de diversos processos geomórficos identificados nos topos e vertentes.

No geral, as APP's com usos contrários ao que determina a lei totalizam 72,11% (209,53 ha), enquanto as áreas que efetivamente cumprem sua função, como a vegetação dos tipos florestal e de brejo e várzea, compreendem apenas 10,51% (39,24 ha), aproximadamente sete vezes menos que as áreas com uso inadequado.

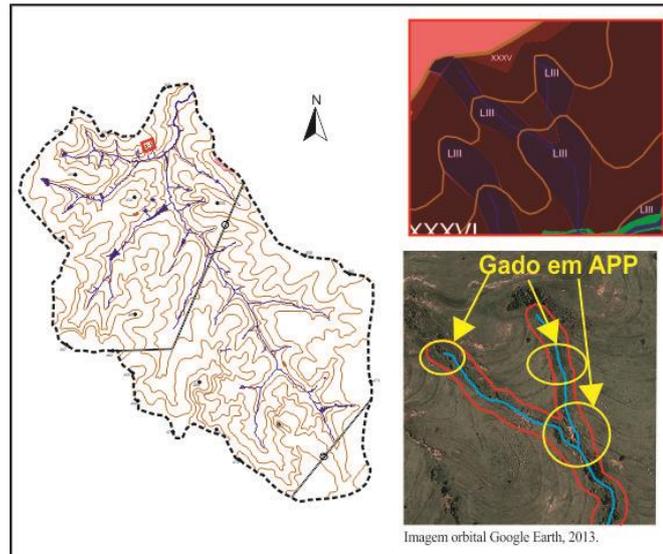


Figura 52 – Gado em Área de Preservação Permanente. A legenda referente às unidades físicas encontra-se na figura 49.

Na Figura 52, as APP's encontram-se desprotegidas e em uso para pastoreio. Essas áreas, localizadas nas vertentes côncavas, abrangem unidades físicas que se caracterizam por alta suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos devido à concentração do escoamento superficial, sendo imprescindível sua proteção tanto pelas determinações da lei, quanto pela característica do terreno. Como resultado do uso desses setores, constata-se diversas manchas de solo exposto e o solapamento das margens do canal fluvial, que evidenciam o uso insustentável frente à fragilidade do ambiente.

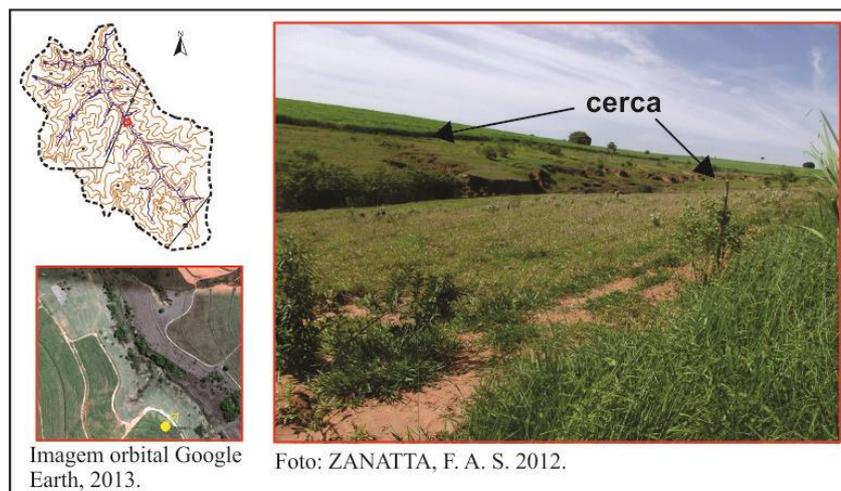


Figura 53 – Área de Preservação Permanente cercada com vegetação do tipo braquiária de baixo porte.

Na Figura 53, nas áreas cercadas nas margens do ribeirão Areia Dourada, as braquiárias têm baixo porte, provável indício de uso eventual para pastoreio, pois não foi possível apurar em campo a presença de gado nesses terrenos.

Agrupando as unidades físicas e as APP's da bacia, foram criadas classes de baixa, média e alta restrição ao uso (Figura 54).

Os setores com baixa restrição ao uso localizam-se exclusivamente nas áreas de topo, com energia do relevo fraca devido à leve inclinação dos terrenos, o que implica em menor predisposição a processos erosivos, em litologias da Formação Adamantina, oferecendo maior resistência aos Latossolos Vermelhos Álicos. Nas áreas com média restrição ao uso, a energia do relevo é de média a medianamente forte em topos, topos secundários, vertentes convexas e retilíneas, com influência das Formações Adamantina e Santo Anastácio, em Latossolos Vermelhos Álicos ou Argissolo Vermelho Distrófico. Já a alta restrição está locada em todas as unidades que apresentam energia de forte a muito forte, nas vertentes côncavas e nas classes Neossolo Litólico, Neossolo Litólico Eutrófico e solos subordinados ao hidromorfismo.

Embora compreendam maior número das unidades físicas, em área, as unidades de alta restrição ao uso ocupam 31,98% (1.466,45 ha) da bacia, enquanto as de média restrição, nas quais é indispensável o emprego de usos que ofereçam boa proteção ao solo, correspondem a 65,56% (3.006 ha); as de baixa restrição abarcam 2,46% (113, 01 ha) (Figura 55).

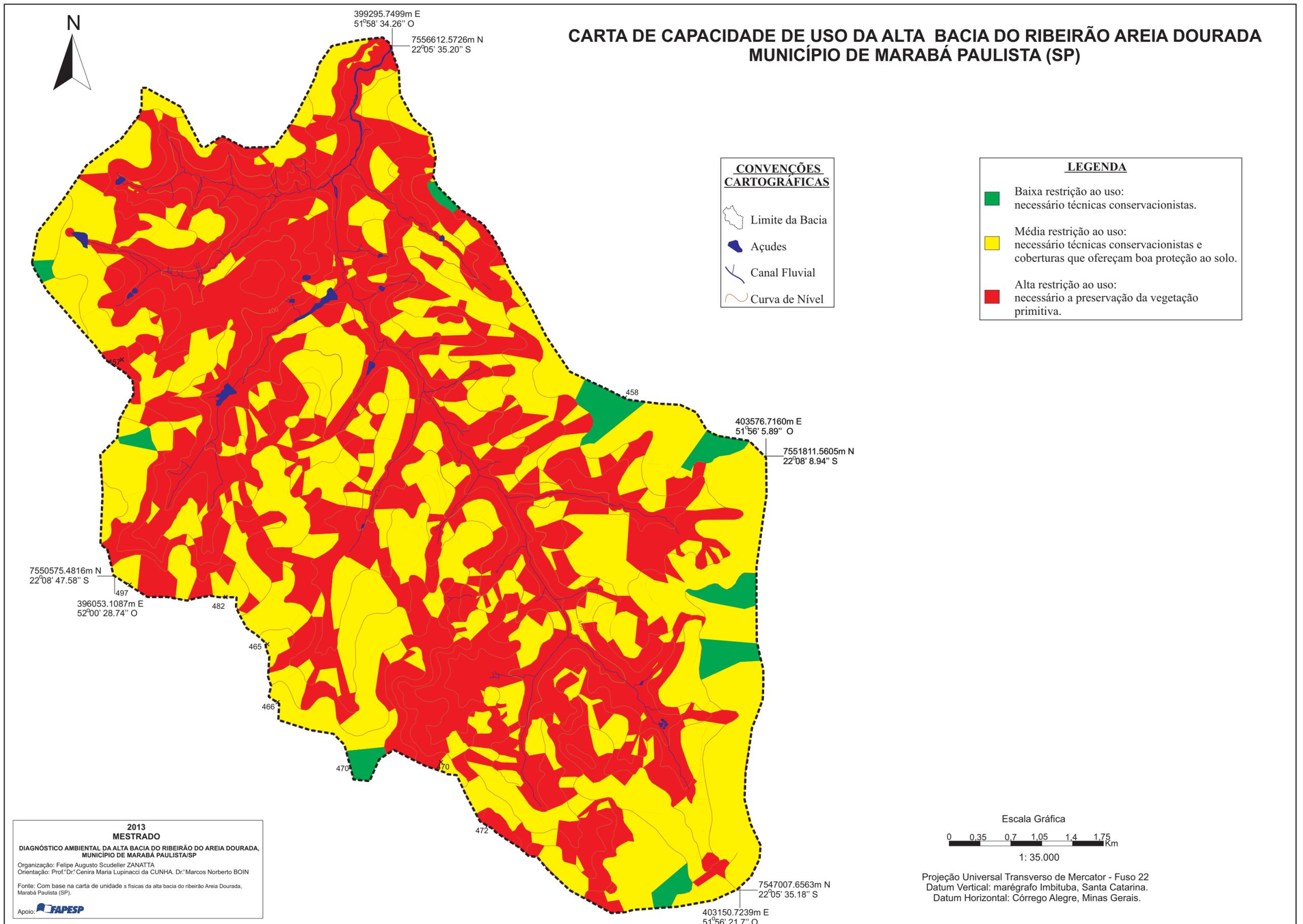


Figura 54 - Carta de capacidade de uso da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

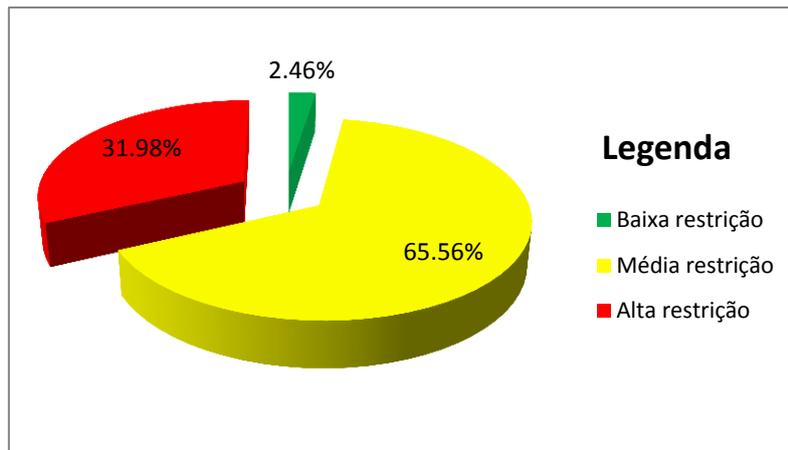


Figura 55 – Classes de capacidade de uso da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Dessa forma, considera-se que 68,02% (3.119,01 ha) da bacia encontram-se aptas para algum tipo de uso, aferindo suas respectivas limitações e, evidenciando a necessidade do uso sustentável, com períodos em que medidas conservacionistas edáficas devem ser empregadas para recuperar os terrenos após sua utilização em atividades como agricultura, silvicultura ou domesticação de animais.

Quanto ao uso da bacia, de acordo com a Figura 56, do ano de 1962 para 2012 houve significativo aumento nos terrenos recobertos com pasto, principalmente no tratamento dos pastos sujos, assim como a substituição das culturas anuais por cana-de-açúcar e a diminuição das áreas com silvicultura, reduzidas de 1.334,87 para 68,29 hectares.

Tanto o tratamento dos pastos sujos, como o avanço das áreas de cana-de-açúcar na alta bacia do ribeirão Areia Dourada propiciaram que práticas conservacionistas de caráter mecânico, sobretudo os terraços agrícolas, passassem a ser utilizados na quase totalidade das áreas em uso da bacia (Figura 56).

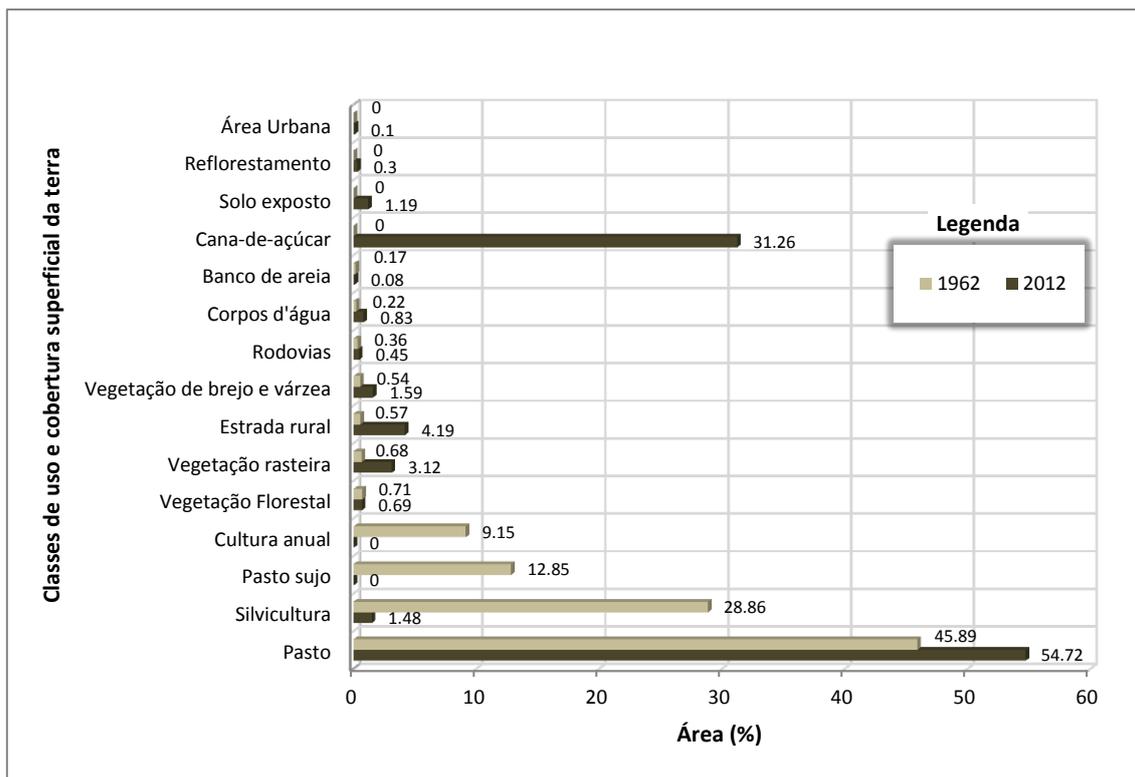


Figura 56 - As mudanças no uso e cobertura superficial da terra de 1962 para o ano de 2012 na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

No entanto, pouco se verifica quanto ao emprego de práticas preservacionistas nos anos analisados, com a classe de vegetação do tipo florestal sendo mantida em 0,71% (32,12 ha), e o reflorestamento recobrando apenas 0,1% (14,08 ha), essa inexistente no ano de 1962. Houve aumento de 0,22% (10,3 ha) para 0,83% (38,2 ha) na classe corpos d'água, relacionado, principalmente, a represamentos dos canais para formação de açudes.

As vias de circulação por meio de estradas rurais foram ampliadas de 0,57% (26,16 ha) para 4,19% (193,77 ha), assim como as rodovias, com o prolongamento da SP-563. Durante o período analisado, também ocorre a expansão da área urbana no topo a NE da bacia, ocupando 1,48% (4,72 ha).

Quanto ao total da área em uso efetivo, constata-se que em 1962, 97,14% dos terrenos estavam sendo utilizados em alguma atividade antrópica, enquanto que, em 2012, 95,75% se encontram nessa situação.

Dessa forma, ao considerar que 68,02% da área têm capacidade de uso com algumas restrições e que 95,75% da bacia encontram-se com alguma atividade antrópica, averigua-se nos próprios dados de uso da terra, classes que acusam impactos negativos significativos. As áreas com solo exposto, relacionadas, principalmente, a formas erosivas de processos em estágio avançado de desenvolvimento, compreendem 55,15 ha (1,59%) e o aumento das áreas de brejo e várzea, de 0,54% (24,95 ha) para 0,69% (73,71 ha), indica sedimentação excessiva dos fundos de vale, elevando o talvegue e a área de trabalho dos rios.

Os dados de uso da terra da alta bacia demonstram a manutenção de quase toda a área sobre algum uso tanto em 1962, como em 2012. Embora não se saiba se houve um período de descanso no intervalo de cinquenta anos dos dados analisados, já é possível constatar indícios do desgaste excessivo dos recursos naturais da área estudada. Os 27,73% dos terrenos utilizados além da capacidade de uso da bacia, fora a inadequação das diversas atividades identificadas, proporcionam um quadro conflituoso entre as características físicas e o uso da terra (Figura 57).

Essas informações, analisados quantitativamente (Figura 58), mostram que apenas 6,96% (319,26 ha) dos terrenos da bacia estão em uso compatível e adequado, relacionados às áreas de topos com baixa restrição, à presença de silvicultura nas vertentes com média restrição e de vegetação florestal em diversificadas classes de capacidade de uso.

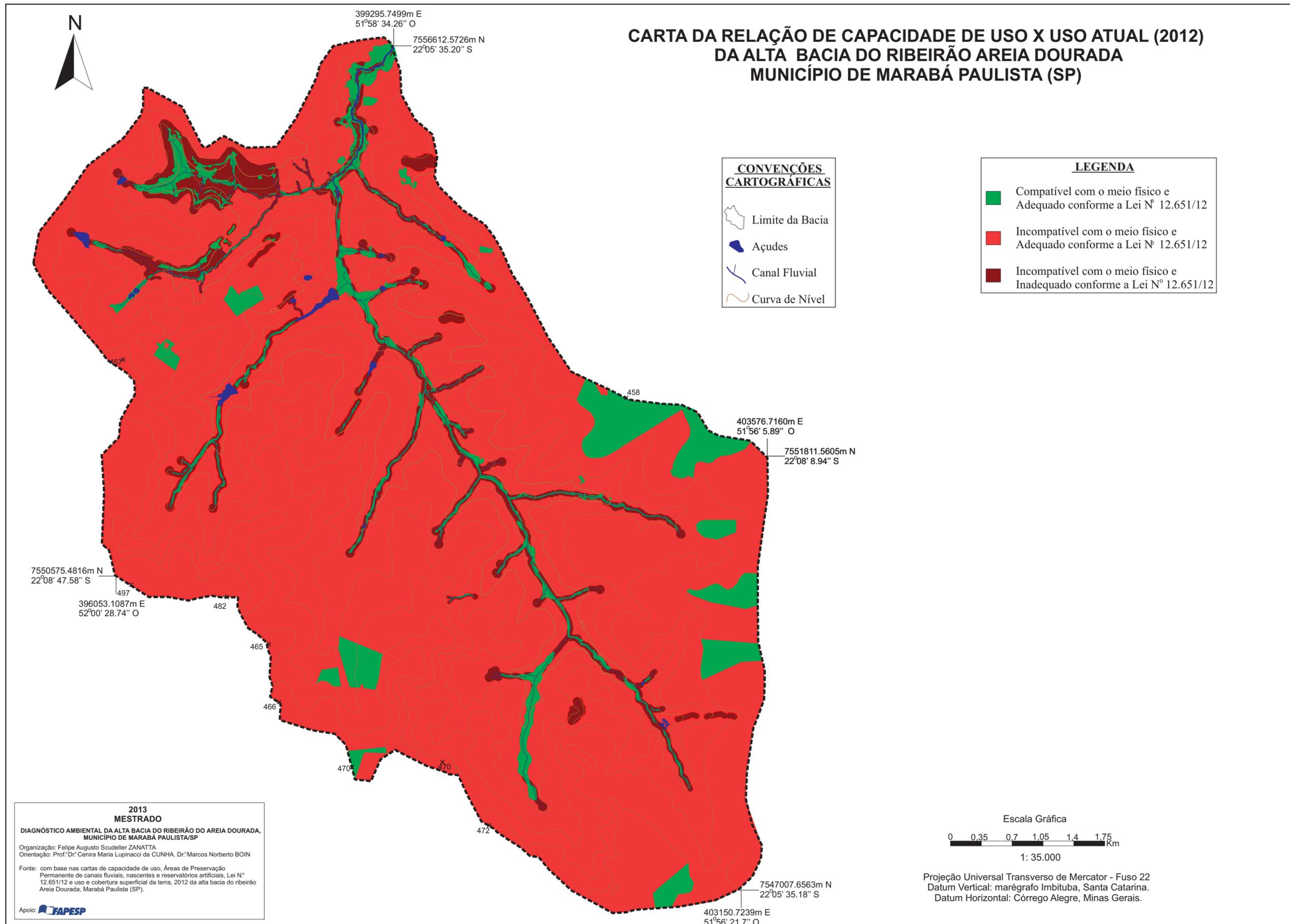


Figura 57 - Carta de capacidade de uso x uso atual da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

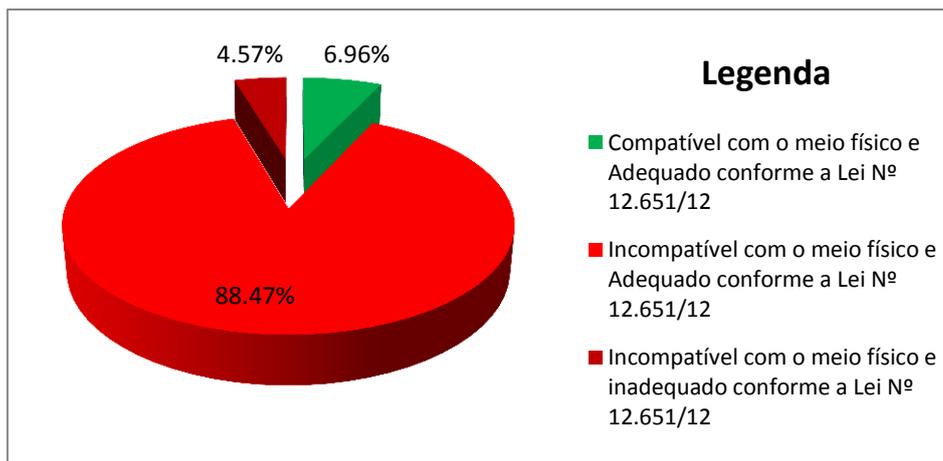


Figura 58 – Classes de capacidade de uso x uso atual (2012) da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Os terrenos com incompatibilidade à capacidade de uso, mas em conformidade à legislação ambiental, somam 88,47% (4.056,67 há). Nesta classe estão incluídos os terrenos de média e alta restrição. Já os incompatíveis e inadequados, localizados inteiramente nas APP's, compreendem 4,57% (209,53 ha) da área estudada. Ou seja, dos 68,02% (3.119,01 ha) com alguma capacidade de uso, apenas 6,96% (319,26 ha) encontram-se em estado adequado, o que demonstra o desperdício do potencial da bacia e dos recursos naturais, submetidos a um uso abusivo e inadequado.

Cabe ressaltar, que nem todo uso que se mostra compatível e adequado no ano de 2012 pode ser considerado sustentável. Visto que além de uma análise histórica dos usos da bacia, devem ser identificadas suas consequências ao ambiente, verificadas por meio das alterações na rede de drenagem e nas feições geomorfológicas. Essas modificações na estrutura da paisagem demonstram a readaptação da bacia às coberturas superficiais e aos usos incompatíveis e/ou constantes, estabelecidos pelas diversas atividades antrópicas.

A análise das alterações na rede de drenagem revela um aumento de 29 para 71 canais de 1962 para 2012, acréscimo de 59,16% de canais tributários ao ribeirão Areia Dourada (Figura 59 e 60).

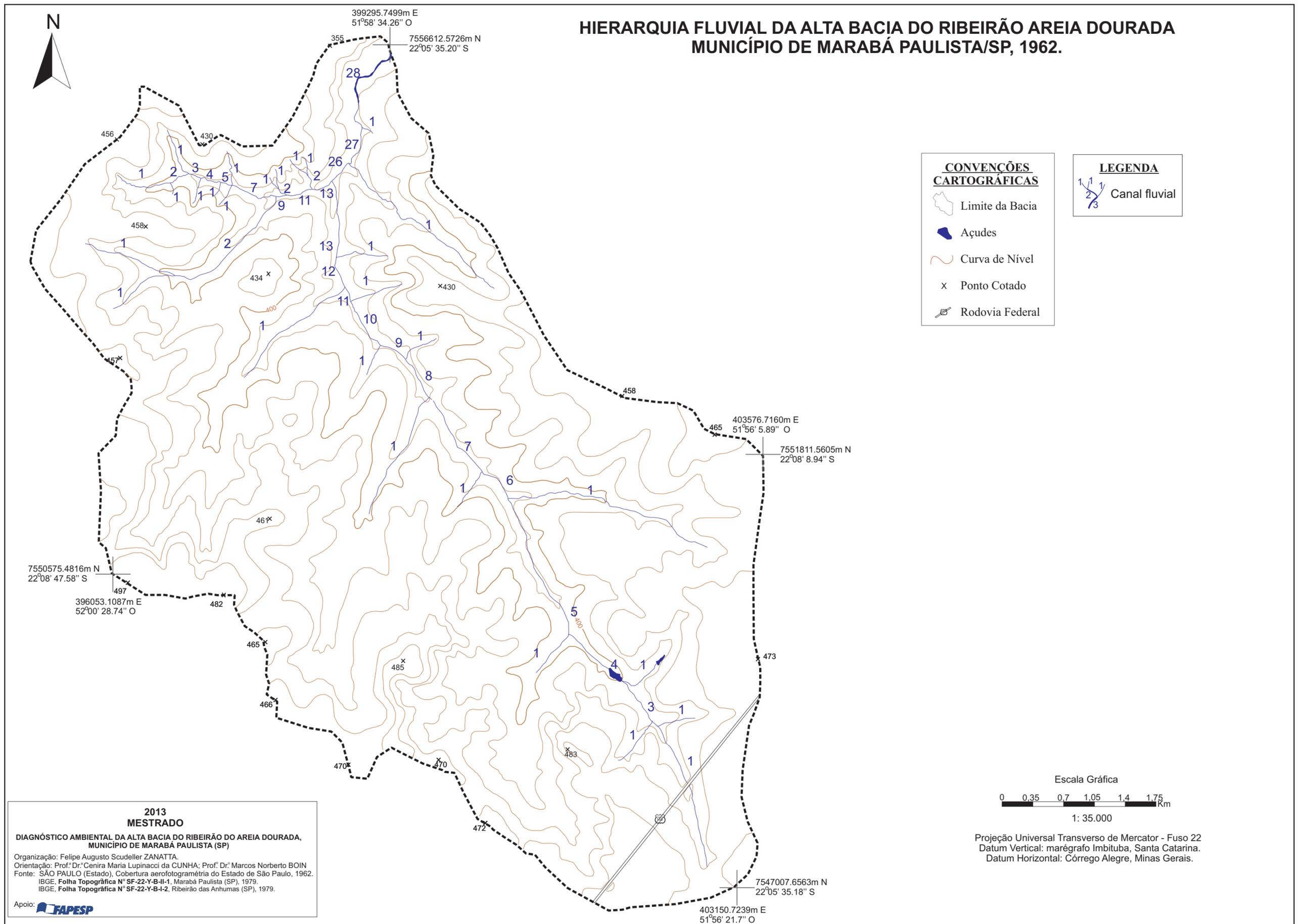


Figura 59 - Carta de hierarquia fluvial da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.

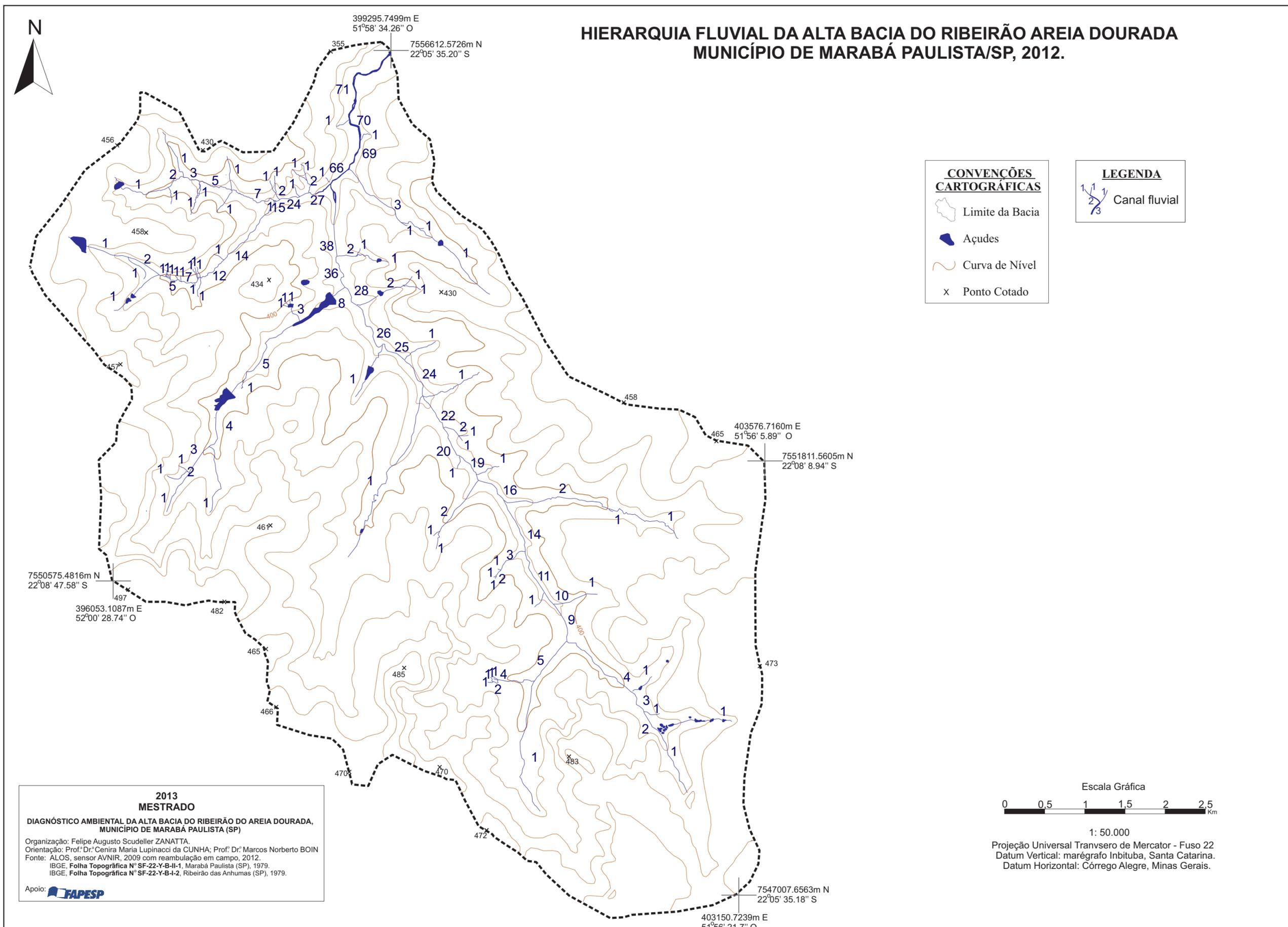


Figura 60 - Carta de hierarquia fluvial da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.

Essa readaptação da rede de drenagem ocorre, principalmente, no setor W da bacia, o que demonstra a influência significativa da ação antrópica frente à assimetria da área estudada, uma vez que esse setor apresenta-se mais elevado e com vertentes mais extensas do que a E.

Na porção E da bacia, onde havia, em 1962, oito tributários do ribeirão Areia Dourada, todos de primeira ordem, atualmente, em 2012, ocorrem doze tributários, sete de primeira, quatro de segunda e um de terceira ordem. A W, em 1962, existiam sete tributários, seis de primeira e um da décima nona ordem, no ano de 2012, os tributários aumentaram para onze, sendo seis de primeira, um de segunda, um de terceira, um de quinta, um de oitava e um de vigésima sétima ordem.

Para identificar quais processos ocorreram para o aumento significativo de 43 canais de 1962 para 2012, foram elaboradas as cartas geomorfológicas dos respectivos anos (Figura 61 e 62).

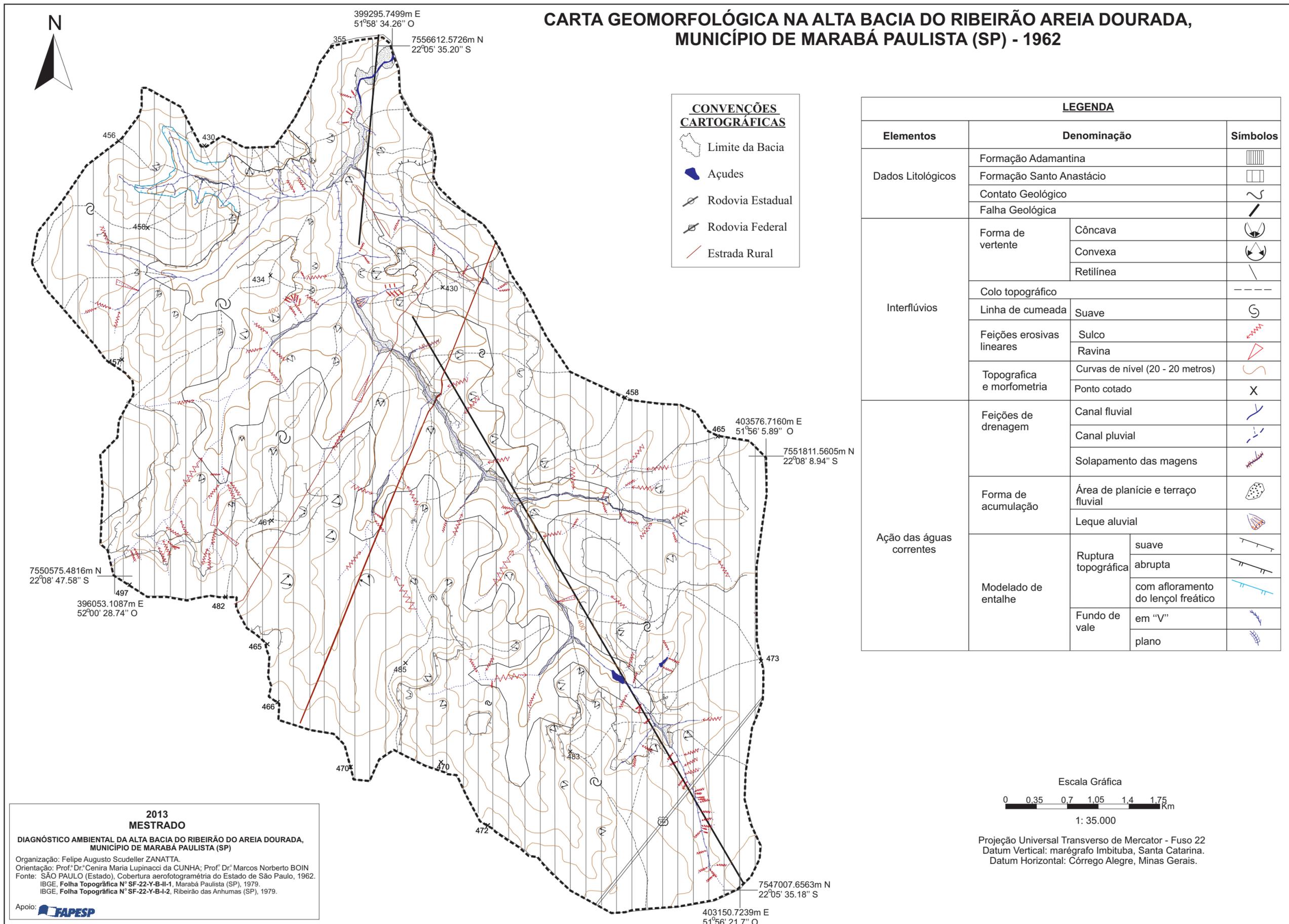


Figura 61 - Carta geomorfológica da terra da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 1962.

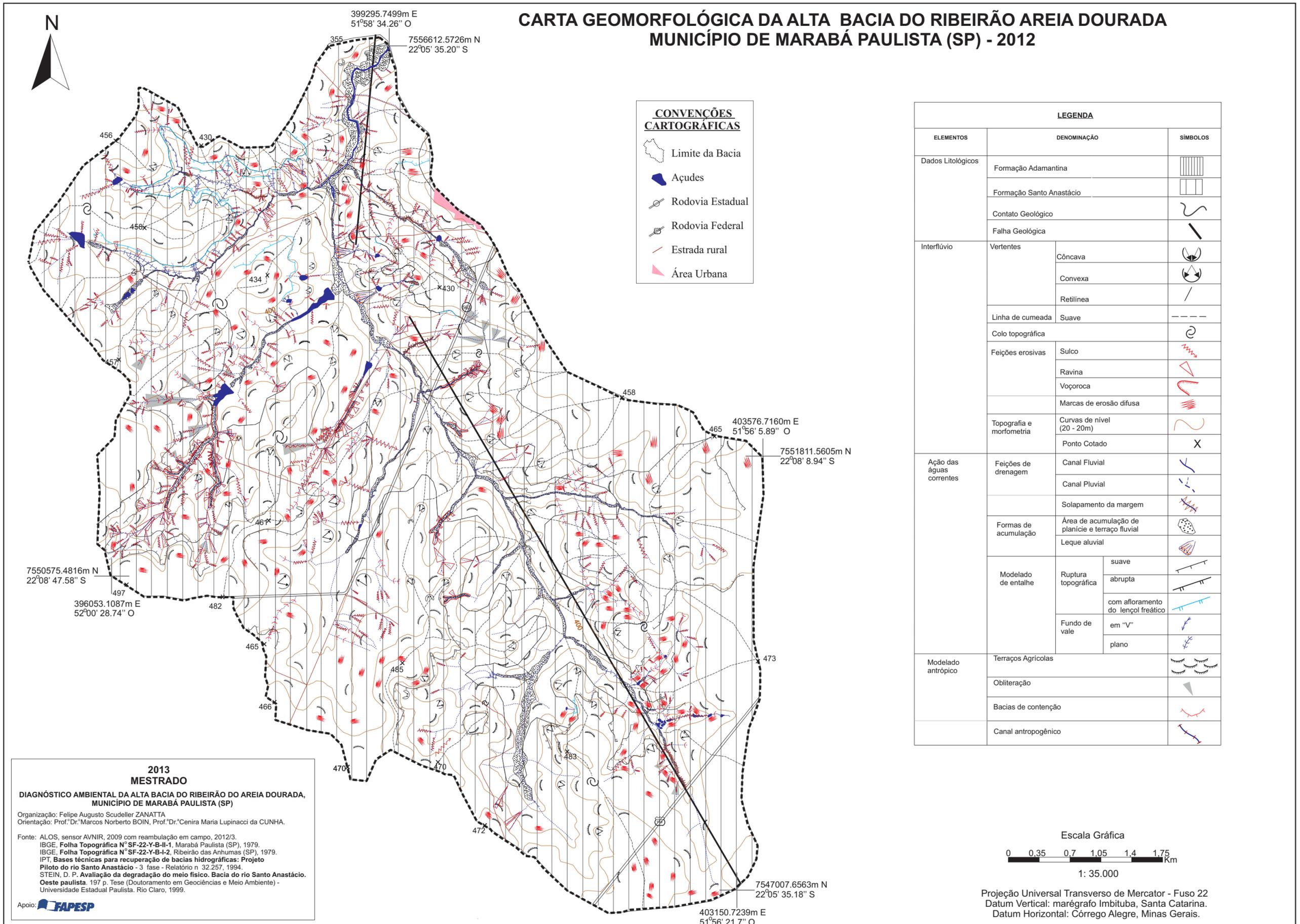


Figura 62 - Carta geomorfológica da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP), 2012.

Entre os dois anos analisados, contata-se um aumento de 136 erosões em 1962, para 530, em 2012. Dessas, 255 foram em sulcos, 132 em ravinas, além da formação de sete voçorocas (Figura 63).

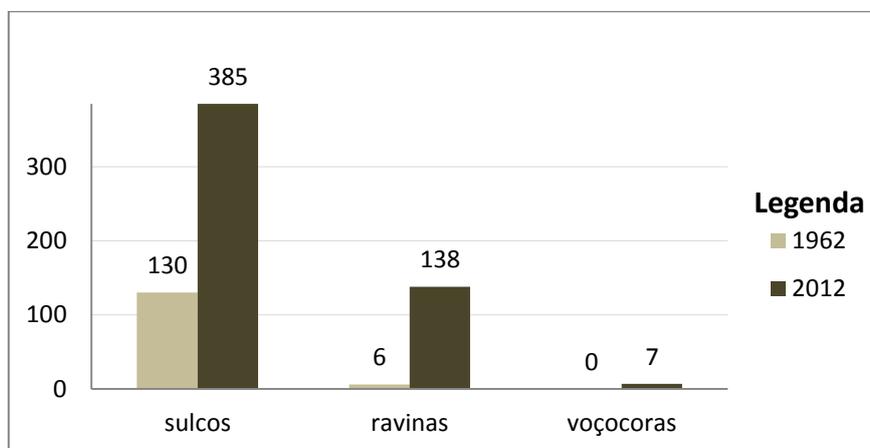


Figura 63 – Erosões em 1962 e 2012 na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Em 2012, também é possível identificar 137 terrenos com marcas de erosão laminar e sete canais com solapamento das margens, assim como técnicas conservacionistas de caráter mecânico, como os terraços agrícolas que compreendem boa parte das áreas de cana-de-açúcar e pasto, 226 bacias de contenção, além de 25 obliterações, com soterramento das feições erosivas.

Comparando os dados de erosões com as cartas de hierarquia fluvial, nota-se um fato de contradiz alguns aspectos conhecidos do efeito dessas sobre a dinâmica das drenagens. Assim o aumento significativo de erosões ocorre concomitante ao acréscimo na ordem dos canais da bacia; ao invés do soterramento de nascentes, os dados apontam o aumento dos canais de primeira ordem. Considera-se, como hipótese, que esse fenômeno geomorfológico ocorre devido à evolução natural da paisagem, relacionado a processos erosivos lineares, e às características litológicas da Formação Adamantina, locada sob os terrenos mais altos da bacia, onde surgem as nascentes. As litofácies da referida formação, que originam o primeiro lençol de água subterrânea na intercalação de bancos areníticos com silto argilosos, quando sujeitados à ação intensa de processos erosivos, superficiais e subsuperficiais, promovem a exposição desses lençóis com maior facilidade e, conseqüentemente, aumentam o número de canais de primeira ordem. Em outros setores, como a NW da área estudada, esse acréscimo ocorre

mediante o emprego de terraços agrícolas, que promovem maior infiltração da água em terrenos próximos aos lençóis freáticos expostos na média vertente, encharcando essas áreas, que escoam a jusante em pequenos filetes originando canais perenes. Contudo destaca-se que essa análise baseia-se em uma hipótese para explicação deste fenômeno geomorfológico, do qual se faz necessário pesquisa mais aprofundada para sua comprovação.

Esse aumento das erosões e a mudança da ordem dos canais da bacia promoveram modificações nos fundos de vale. Entre os anos analisados ocorreu a expansão de 42,41% das áreas de planície e terraço fluvial, que em 1962 abrangiam 64,67 ha e, atualmente, ocupam 112,28 ha. Esses dados demonstram a relação entre o aumento de cargas depositadas nos fundos de vale e a extensão da área de trabalho dos rios.

Comparando as cartas de capacidade de uso com a carta geomorfológica de 1962, nota-se que todas as ravinas acontecem em áreas de alta restrição, assim como a maioria dos sulcos, que, em menor quantidade, surgem também em áreas de média e baixa restrição. Já em 2012, as erosões em voçoroca estão localizadas exclusivamente nas áreas com alta restrição ao uso, assim como a maioria das ravinas, visto que em menor quantidade elas se desenvolvem em setores de média e baixa restrição, enquanto os sulcos e as marcas de erosão laminar são generalizados e se formam em todas as classes de capacidade de uso.

A diminuição das formas erosivas para o período pesquisado aparece apenas a montante da rodovia BR-158, na cabeceira do ribeirão Areia Dourada que apresentava, em 1962, dezesseis sulcos erosivos, os quais, atualmente, não são verificados. Enquanto a jusante da rodovia, as erosões se mantiveram em onze sulcos, com surgimento de marcas de erosão laminar (Figura 64 e 65). Nesse setor, verifica-se que técnicas conservacionistas foram empregadas para conter as erosões mediante bacias de contenção, terraços agrícolas e obliterações, não sendo empregadas técnicas preservacionistas.

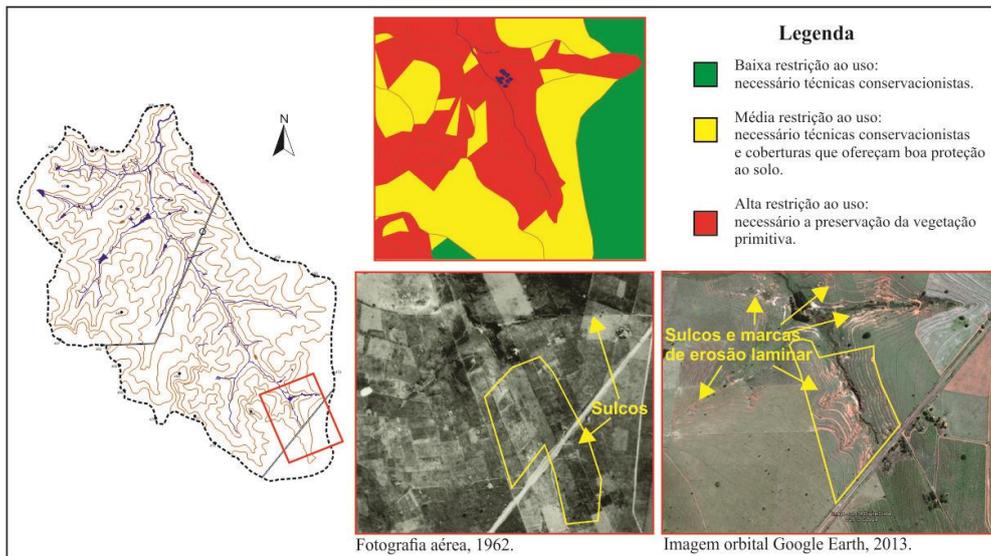


Figura 64– Erosões a montante e a jusante da rodovia BR-158 e nas margens do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Na figura 64, a localização das erosões em sulcos e as marcas de erosão laminar sucedem em terrenos com alta restrição ao uso, encontrados em 1962 em áreas com culturas anuais e, em 2012, em setores com pasto.

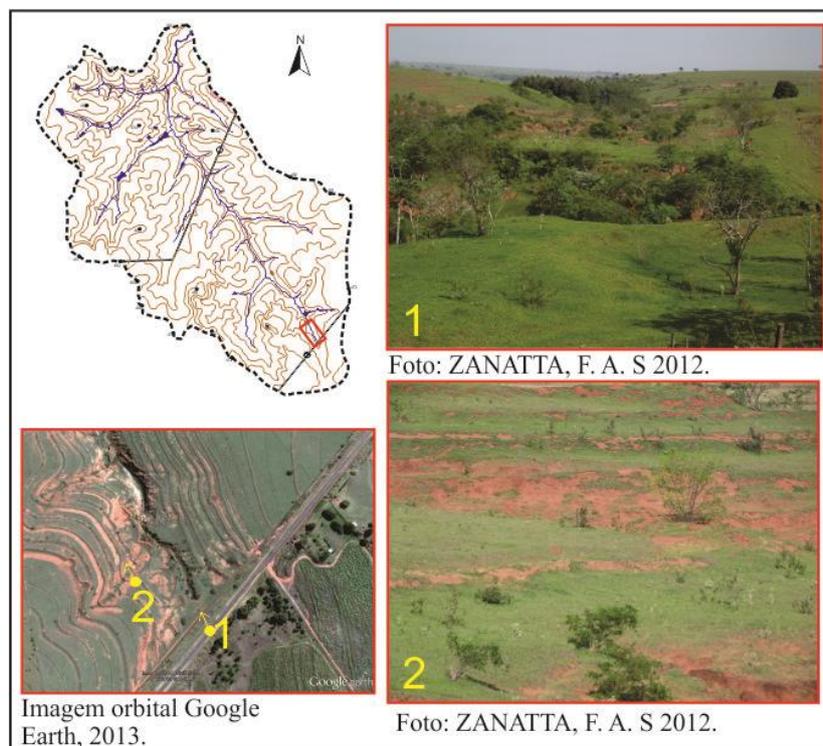


Figura 65 – Relevo de forte declive e marcas de erosão difusa, margens da nascente do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Na figura 65, as margens da nascente do ribeirão Areia Dourada estão desmatadas com presença de braquiárias, utilizadas para pastoreio. Nessa área de considerável declive, os solos mostram-se desgastados, com marcas de erosão laminar generalizada. Na cabeceira do canal principal não há vegetação florestal em nenhum dos anos analisados (Figura 64).

Na alta vertente da porção SW da bacia, a erosão em sulco ocorre em área de alta restrição ao uso, possivelmente destinada ao tráfego de maquinário ou automóvel, pois se verifica traçados formados pela passagem de rodas (Figura 66), que compactam o solo e promovem menor infiltração, favorecendo a formação do escoamento superficial.

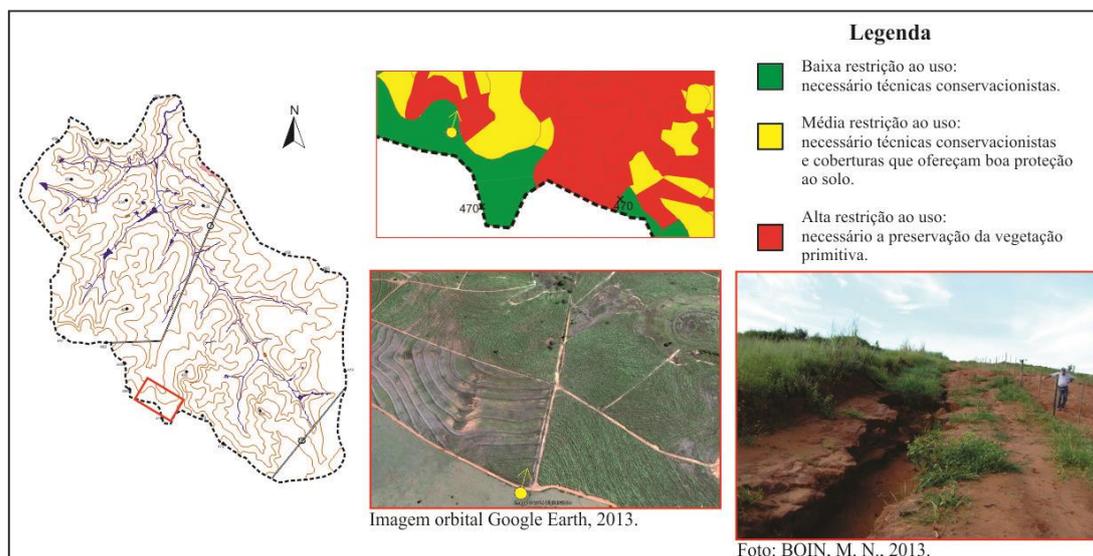


Figura 66 – Erosão em sulco em terrenos possivelmente utilizados para tráfego de maquinário ou automóvel.

Próximo à região central, os terrenos com alta restrição ao uso foram utilizados, nos anos analisados, para pastoreio. Nesse setor, não ocorriam feições erosivas em 1962, mas, em 2012, há o desenvolvimento de voçoroca desconectada da rede de drenagem a jusante da ruptura topográfica abrupta (Figura 67).

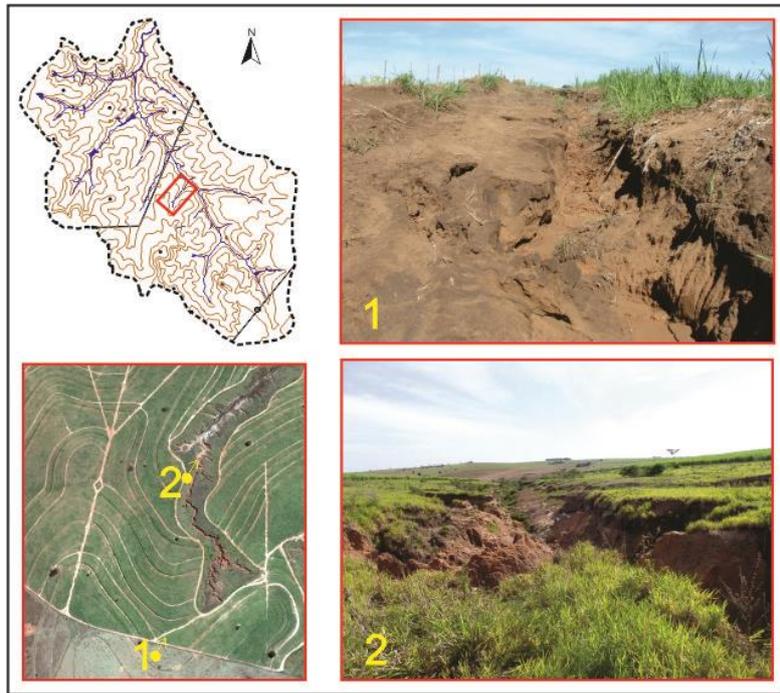


Figura 67 – Voçoroca desconectada da rede de drenagem.

Na figura 67, a voçoroca instala-se em área de pasto, sem a presença de qualquer medida para conservação dos solos. A água corrente da erosão é absorvida pela porosidade do solo, onde os terrenos se tornam menos declivosos, cessando o escoamento superficial a montante da área com cana-de-açúcar.

Ainda na porção central da bacia (Figura 68), próximo à nascente do canal fluvial, o sulco erosivo, existente em 1962, evoluiu para voçoroca, com ramificações em sete ravinas marginais e três de cabeceira. Ao E dessa erosão surge ravinamento com escoamento direcionado para outro canal fluvial.

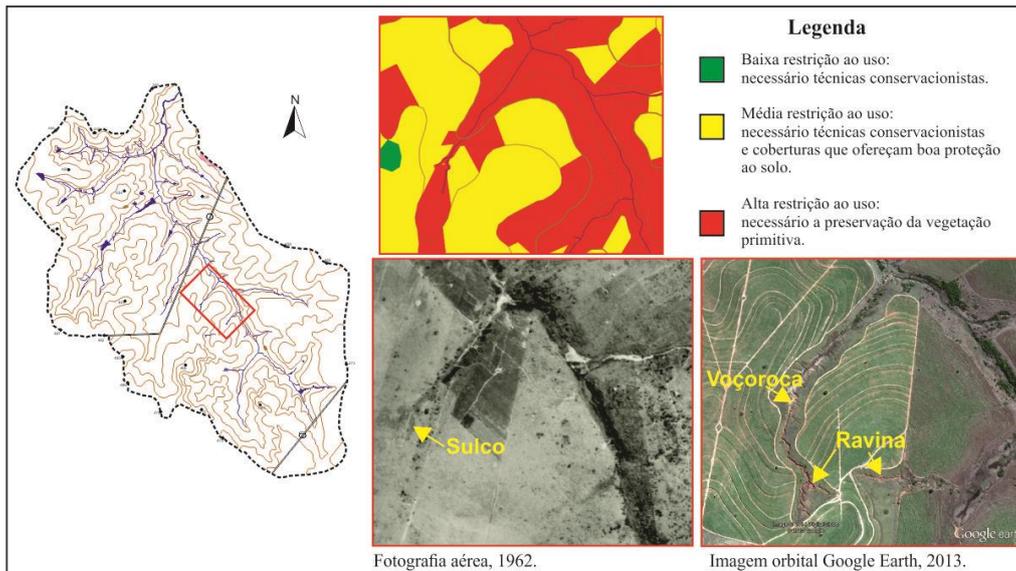


Figura 68 – Sulco (1962) e ravinas e voçoroca (2012).

Em campo, foi verificado que as erosões desenvolvidas durante o período de chuvas mais intensas na área com cana-de-açúcar são constantemente corrigidas para a manutenção dos carregadores (Figura 69-1). Essas erosões, resultantes do escoamento superficial concentrado das águas pluviais, contribuem significativamente para o desenvolvimento das ravinas na cabeceira da voçoroca a jusante (69-2).

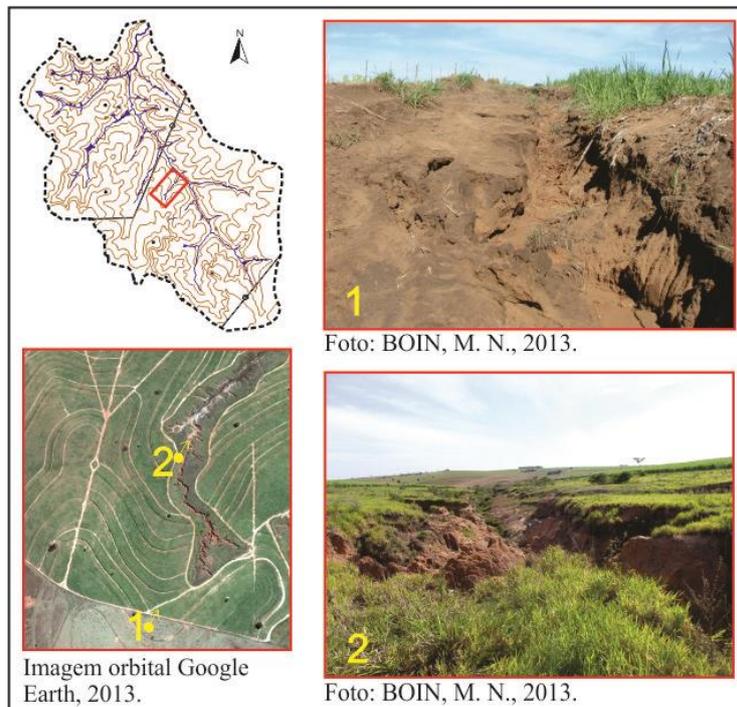


Figura 69 – Feições erosivas em área de cana-de-açúcar, a montante da voçoroca.

No setor W da bacia, as feições em ravina, levantadas em 1962, evoluíram consideravelmente em 2012, tanto próximas à estrada rural, como na cabeceira do canal fluvial (Figura 70).

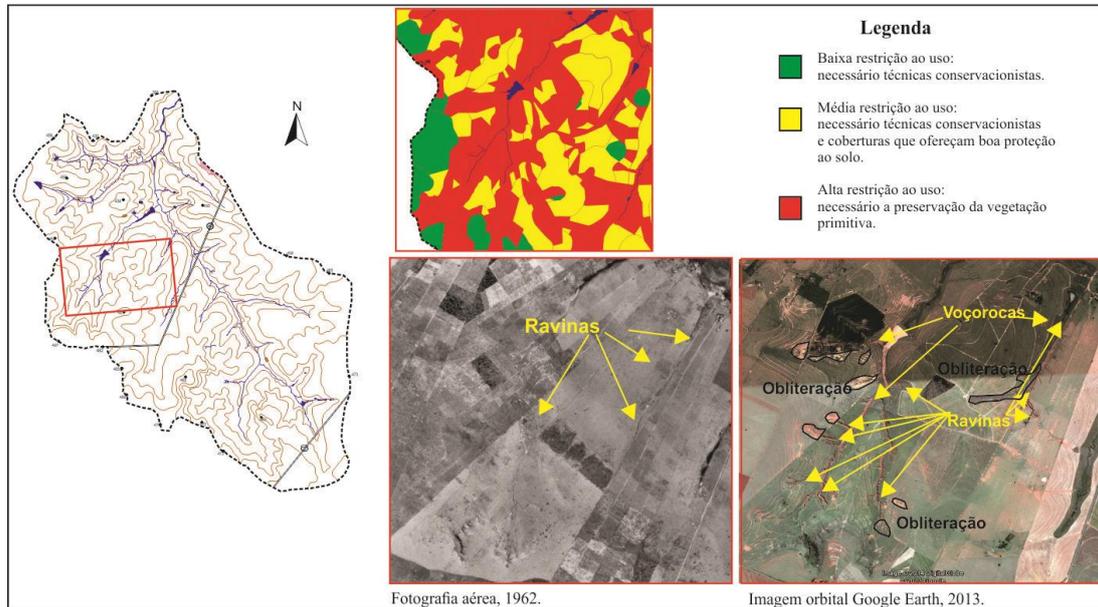


Figura 70– Feições erosivas em 1962 e 2012 no setor W da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

A única ravina verificada a SE da imagem em 1962, desenvolveu em 2012 para três voçorocas, 72 ravinas e 68 sulcos. Para tentar conter o avanço da erosão foram realizadas doze obliterações e 44 bacias de contenção, não sendo empregadas técnicas preservacionistas. Na imagem de satélite mais recente (2014 por imagens do *Google Earth*) que os dados geomorfológicos levantados nesta pesquisa, nota-se que os terrenos obliterados, observadas em 2012, estão sendo utilizados para silvicultura.

O pastoreio ocorre nas margens da voçoroca, enquanto as formas erosivas ainda continuam em desenvolvimento, agravando a situação, visto que o pisoteio constante do gado acelera os processos erosivos mediante a compactação do solo. Na figura 71-1, a ravina na cabeceira evolui a partir do desmoronamento das paredes laterais.

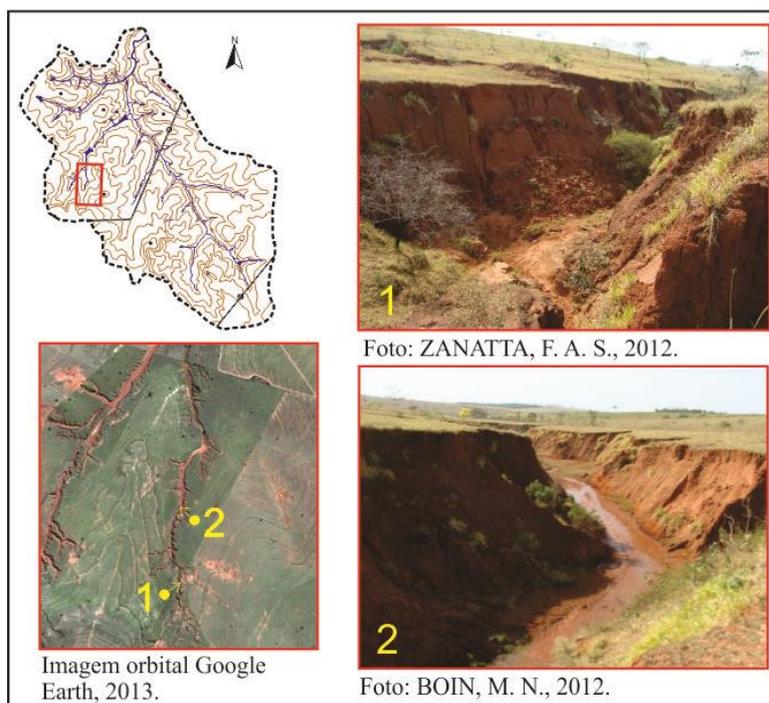


Figura 71 – Desmoronamento da parede da ravina (1) e início da voçoroca (2).

Das três outras ravinas levantadas em 1962, duas são relacionadas à estrada rural e uma, à cabeceira do canal fluvial (Figura 70); todas elas evoluíram para uma voçoroca, dezessete ravinas e onze sulcos (Figura 72). Para conter o desenvolvimento desses processos, foram soterradas quatro feições erosivas, possivelmente sulcos e/ou ravinas, e implantadas quinze bacias de contenção das águas pluviais, não sendo utilizadas técnicas preservacionistas ou conservacionistas que coloquem os terrenos em descanso.

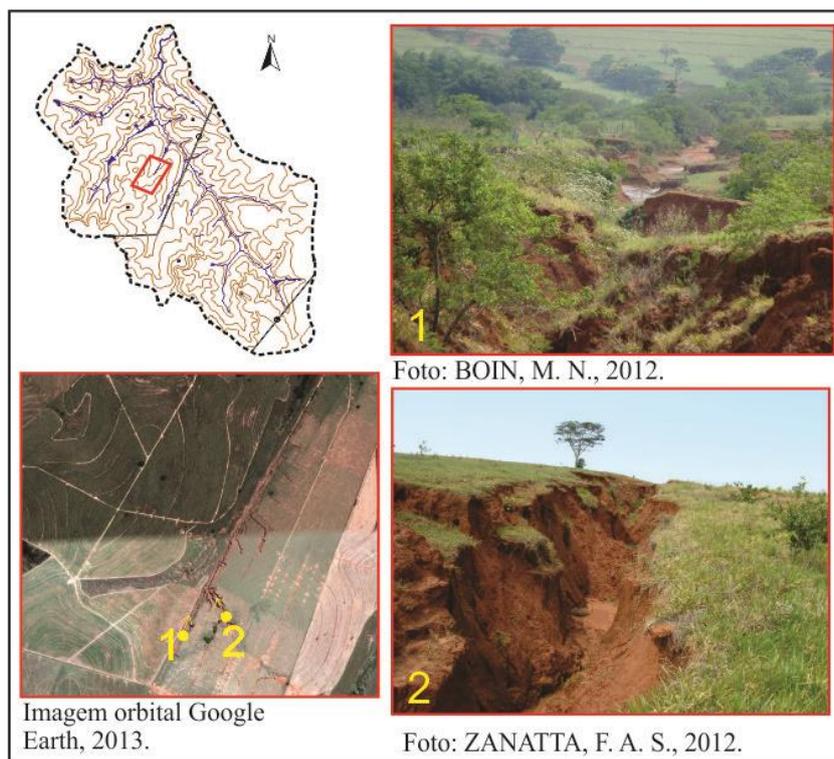


Figura 72 – Ravinas com desmoronamento das paredes laterais (1) e voçoroca na antiga estrada rural (2)b.

Na figura 72, nota-se na imagem de satélite e na figura 72-1 a linearidade da erosão em voçoroca que se instala na estrada rural, com sete sulcos e dezesseis ravinas marginais. Estas, em alguns setores, evoluem a partir de desmoronamentos das paredes (Figura 72-2). A W da estrada rural, as feições erosivas foram obliteradas e apresentam vegetação rasteira. Medidas essas de baixa eficiência, visto que nesses terrenos ocorrem marcas de erosão laminar e formação de caminhos preferenciais do escoamento superficial.

Na região E da bacia, o sulco registrado em 1962 evoluiu para voçoroca, com dezessete ravinas nas margens. Essas formas erosivas encontram-se cercadas e os terrenos cobertos por vegetação rasteira. O canal fluvial que apresentava as margens erodidas no ano de 1962, em 2012 caracteriza-se por solapamento das margens, com ravina na cabeceira e oito sulcos marginais. Nessa área, de alta restrição ao uso, em ambos os anos analisados apresentam pastagem sem técnicas conservacionistas (Figura 73).

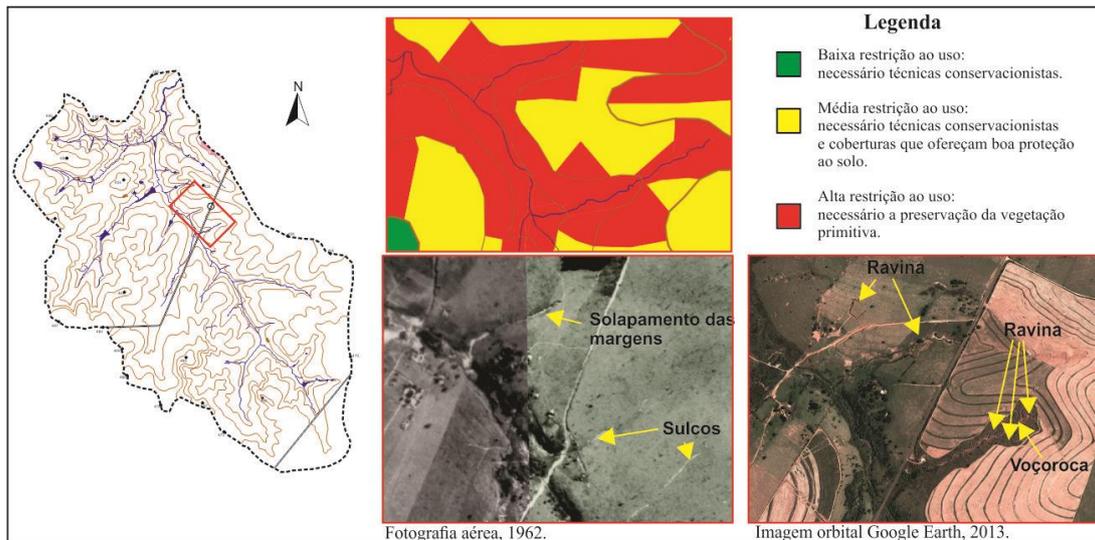


Figura 73 – Feições erosivas no setor E da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Em 2012, duas ravinas surgem próximas à estrada rural em área de média restrição ao uso, com coberturas por braquiárias para pastoreio e técnicas conservacionistas em terraços agrícolas. Tal uso, incompatível com a capacidade dos terrenos, resulta em desgaste excessivo dos solos, resultando em modificações na estrutura e no funcionamento do setor.

Em trabalho de campo, na erosão próxima à rodovia SP-563, foi verificado que toda água pluvial que cai sobre a rodovia tem seu escoamento direcionado para um duto (Figura 74-1 e 74-2), que lança as águas na cabeceira do canal fluvial, formando ravinas e proporcionando o solapamento das margens do rio (Figura 74-3).

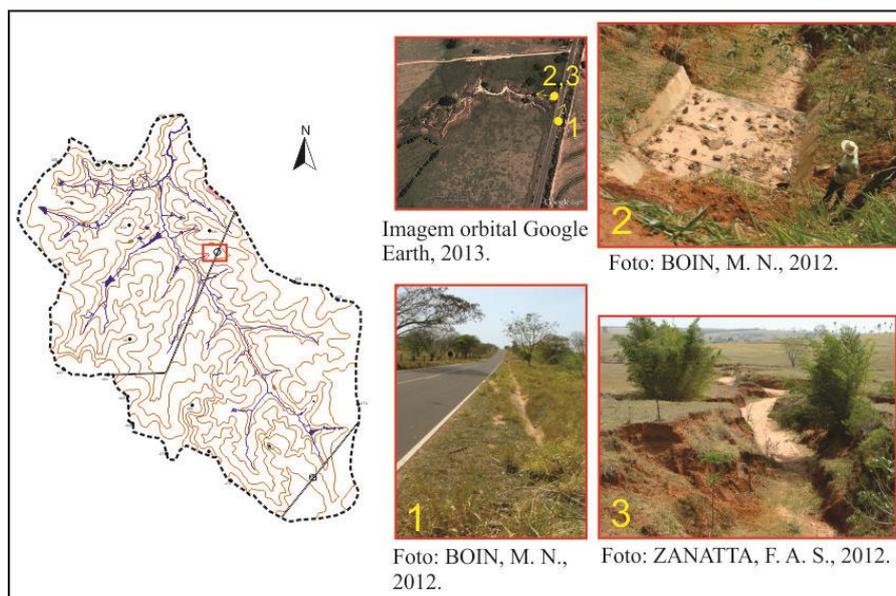


Figura 74– escoamento das águas pluviais da rodovia SP-563 direcionados para a cabeceira do canal fluvial.

Na Figura 74-2, na frente do duto que lança a água concentrada da rodovia, pedras foram instaladas para barrar e diminuir a velocidade do escoamento, no entanto destaca-se sua ineficiência frente ao desenvolvimento da forma erosiva a jusante.

A porção NW da bacia é a que mais contribuiu para o aumento dos canais de primeira ordem da área estudada. Neste setor, composto por treze canais em 1962, apresenta, atualmente (2012), 27 (Figura 59 e 60). Esse desenvolvimento significativo da rede de drenagem ocorre devido ao emprego de terraços agrícolas, que promovem acréscimo na infiltração de água no solo (Figura 75).

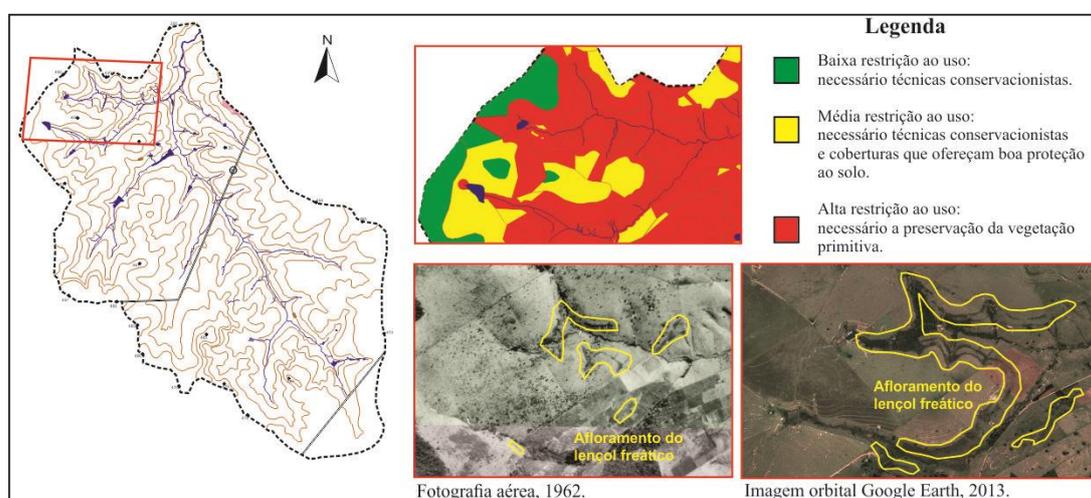


Figura 75– Afloramento do lençol freático em 1962 e 2012.

Nessa área, de alta restrição ao uso, devido principalmente à declividade acentuada, verifica-se o desmatamento generalizado praticado até 1962 e perpetuado até 2012, exceto nos terrenos com reflorestamento próximos às nascentes. Essas áreas contribuíram para a maior exposição do lençol freático, formando catorze canais que se conectam à rede de drenagem a jusante.

Nesse setor da bacia, a manutenção dos usos para pastoreio durante os anos analisados proporcionou um aumento também das feições erosivas. Em 1962, foram registrados dois sulcos, enquanto em 2012, esse número aumentou para 69 sulcos, dez ravinas e uma voçoroca, além de marcas de erosão laminar e do solapamento das margens de canal fluvial. Essas erosões ocorrem em todas as classes de capacidade de uso, inclusive em áreas com baixa restrição, o que comprova o desgaste excessivo dos solos (Figura 76).

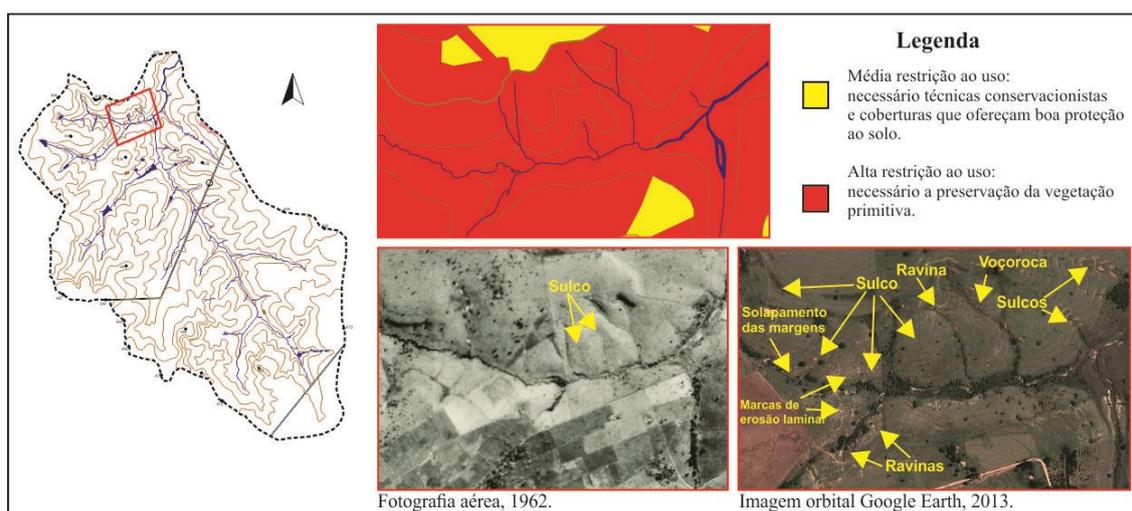


Figura 76 – Feições erosivas em área de pasto com alta restrição ao uso.

Já no setor NE da bacia, os catorze sulcos levantados em 1962 se multiplicaram, somando 58 em 2012. Nessa área, verifica-se que os sulcos não evoluíram para formas mais ativas de erosão, devido aos terraços agrícolas empregados com equidistância de dez metros, o que potencialmente reduziu a formação e a velocidade do escoamento superficial. No entanto, tais práticas se apresentam ineficientes para recuperar efetivamente o local com alta e média restrição ao uso, visto o aumento significativo das erosões em sulco, a presença de marcas de erosão laminar, a expansão das áreas de planície e terraço fluvial, com formação de leques aluviais e o solapamento das margens dos canais fluviais (Figura 77).

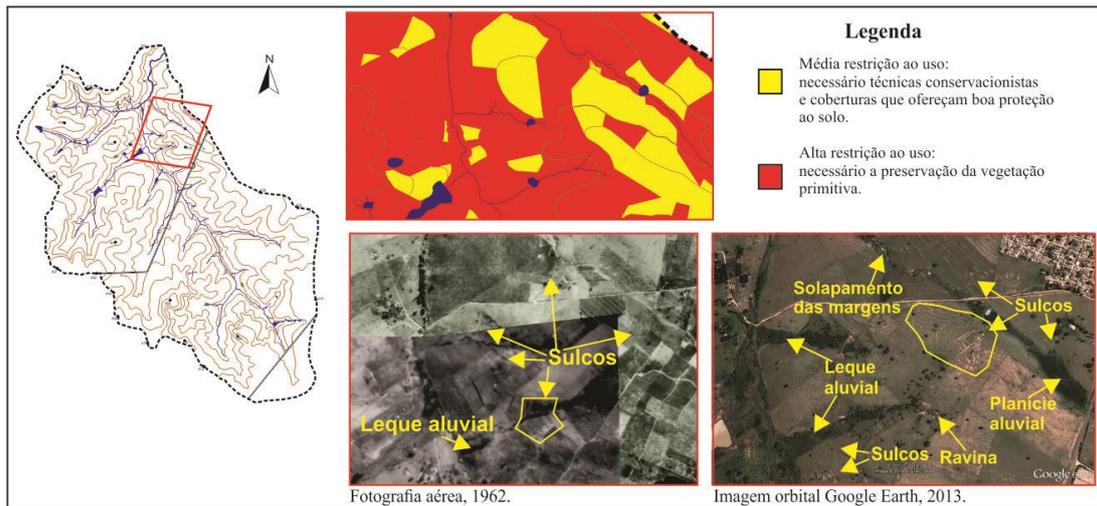


Figura 77 – Feições erosivas e aumento das áreas de planície e terraço fluvial de 1962 para 2012.

Na figura 77, no topo, a NE da bacia, ocorre a expansão da área urbana para os limites da área estudada, inexistente em 1962.

Na foz do ribeirão Areia Dourada, as feições erosivas não tiveram desenvolvimento para outras formas mais evoluídas, no entanto aumentaram consideravelmente em número. Em 1962, foram registrados cinco sulcos, todos localizados na margem esquerda do ribeirão Areia Dourada, já em 2012, surgem erosões em sulco também na margem direita, totalizando quinze feições geomórficas (Figura 78).

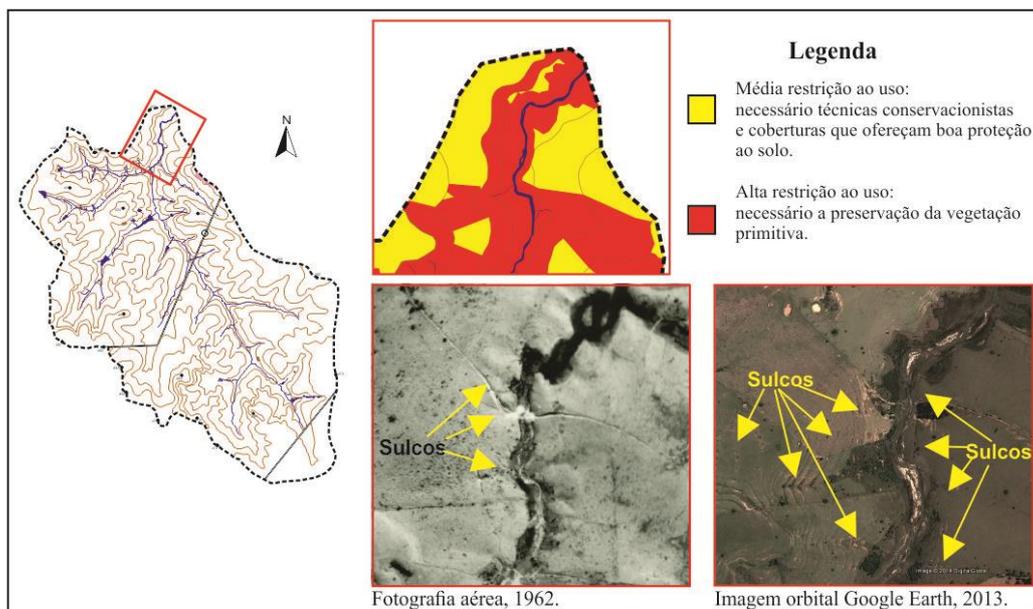


Figura 78– Sulcos em área de pasto de alta a média restrição ao uso.

Verifica-se, na figura 78, o solo desgastado pelo pastoreio, atividade desenvolvida em ambos os anos analisados, apresentando, em 2012, diversas erosões em sulco e marcas de erosão laminar, que contribuem com o aumento da carga de sedimentos carreados até o ribeirão Areia Dourada, com ampliação da área de planície e terraço fluvial e formação de bancos de areia em toda sua extensão.

De acordo com a análise e integração das informações de capacidade de uso e a capacidade de uso x uso atual, associadas ao histórico de uso da bacia de 1962 e 2012 e as modificações do relevo por meio da formação e evolução de processos erosivos dos anos analisados, foi elaborada a carta de estado geoecológico (Figura 79).

Os dados demonstram a incompatibilidade das atividades antrópicas em todas as categorias de capacidade de uso da bacia. Assim, mesmo nos terrenos de baixa restrição em áreas de topo, verifica-se o desgaste do solo, resultando na formação de sulcos e marcas de erosão laminar em setores com baixa declividade. Tal fato é proporcionado, principalmente, pela sua utilização intensa e constante, vinculada, sobretudo, a pastagens.

Alterações nas áreas de topos sem as medidas conservacionistas adequadas converteram-se em menor infiltração da água precipitada, contribuindo na formação e concentração do escoamento superficial a jusante, desencadeando processos geomórficos intensos, que a SW, W e NW da bacia, modificaram a estrutura da paisagem pela formação de ravinas, derivando em nova forma de relevo.

Quanto ao aumento do número de canais de 1962 para 2012, os levantamentos geomorfológicos apontam que o desenvolvimento de erosões, no que se refere à voçoroca e à expansão das áreas de afloramento do lençol freático, contribuiu significativamente para essa transformação expressiva da rede de drenagem.

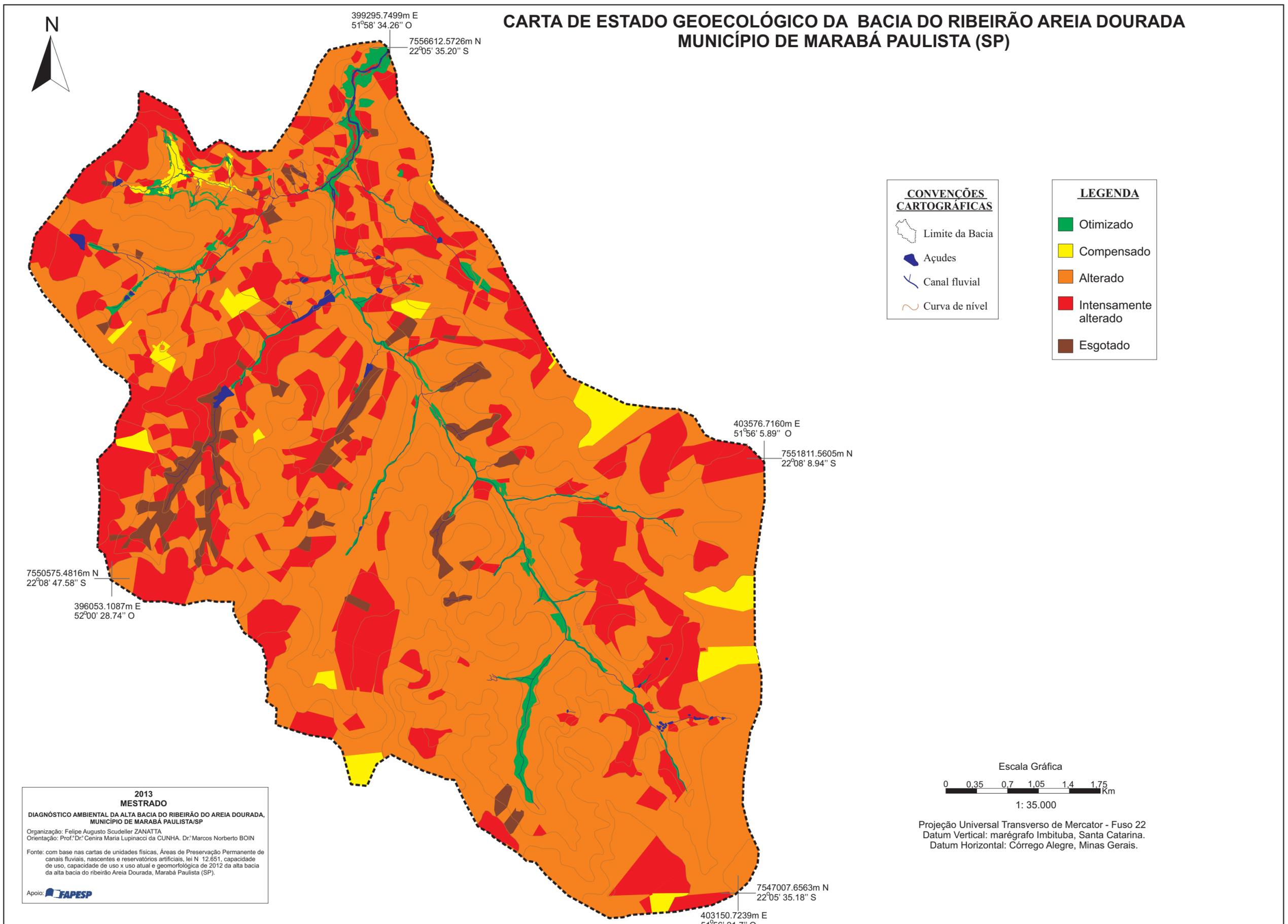


Figura 79 - Carta de estado geoecológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Ao todo, 2,86% (131,21 ha) dos terrenos da área estudada estão em estado *esgotado* (Figura 80) por apresentarem modificações das formas de relevo por meio da formação de ravinas e voçorocas, as quais impossibilitam que essas áreas retornem à sua forma de origem. Essa classe localiza-se principalmente nas áreas com alta restrição ao uso, onde predominam energias do relevo de forte a muito forte nas Formações Adamantina e Santo Anastácio, com Latossolo Vermelho Álico ou Argissolo Vermelho Distrófico e, com menor incidência, em Neossolo Litólico Eutrófico e setores de média restrição, associados à energia do relevo de média a medianamente forte. Quanto ao uso da terra, verifica-se a predominância das pastagens nas vertentes e de bancos de areia nos fundos de vale, representativos da sedimentação excessiva, consequente de centenas de feições erosivas identificadas na bacia.

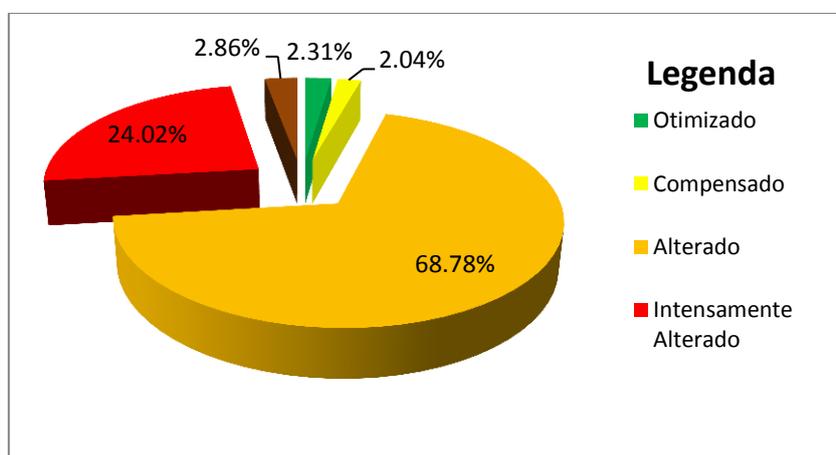


Figura 80– Classes de estado geocológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Outros 24,03% (1.101,23 ha) encontram-se no estado *intensamente alterado* e apresentam marcas de erosão laminar e sulcos, com tendência ao desenvolvimento de formas mais agressivas. Essa informação se comprova pela análise comparativa das cartas geomorfológicas de 1962 e 2012, onde sulcos se desenvolveram consideravelmente, atingindo o nível de ravinas e voçorocas. Esse estado encontra-se sobre todas as litologias e classes de solos, exceto Gleissolo Háplico, com maior frequência em setores com energia do relevo de forte a muito forte, seguido de média a medianamente forte e, em algumas áreas de energia fraca. No geral, ocorre em diversos usos da terra, incidem principalmente em terrenos com pastagens, e alguns setores com cana-de-açúcar e vegetação rasteira.

Não menos preocupantes são as áreas em estado *alterado*, que abarcam 68,78% (3.153,66 ha) da área estudada. Em ambos os anos avaliados, nas cartas geomorfológicas, a incompatibilidade do uso resultou, nos setores que não apresentavam quaisquer feições erosivas em 1962, na formação de processos geomórficos em diversos estágios de desenvolvimento em 2012. Esse estado geoecológico incide em todas as formas de relevo, classes de solos e litologias, com maior frequência nas vertentes convexas com Argissolo Vermelho Distrófico e energia do relevo de forte a muito forte e de média a medianamente forte, como também nos distintos usos verificados na bacia, na silvicultura, cana-de-açúcar, vegetação rasteira e pastagens.

Os dados da figura 80 demonstram que, além das áreas já esgotadas, mais 90,59% (4.153,98 ha) da bacia indicam sérios riscos a terem sua estrutura efetivamente alterada. Esses terrenos, mal utilizados pelas diversas atividades antrópicas, apontam tendência significativa de exaustão dos solos, impossibilitando qualquer uso futuro, restando, assim, apenas 4,35% (199,27 ha) de toda área estudada nos estados *otimizado* e *compensado*.

O estado *compensado*, que ocupa 2,04% (93,42 ha) da bacia, ocorre nos topos com energia fraca, em litologias da Formação Adamantina com Latossolo Vermelho Álico em uso para pastagens, cana-de-açúcar e silvicultura, todas com terraços agrícolas. Esse estado também é verificado nas vertentes convexas com energia de média a medianamente forte, com silvicultura e, nas vertentes convexas e côncavas, com reflorestamento em energias de forte a muito forte.

Já o estado *otimizado*, com 2,31% (105,85 ha), incide nos fundos de vale e em solos subordinados ao hidromorfismo, com vegetação de brejo e várzea, como em poucos setores das vertentes côncavas e convexas com vegetação do tipo florestal; próximos ao ribeirão Areia Dourada, em vertentes convexas e; nas vertentes côncavas, na cabeceira de afluentes do canal principal, no setor NW e NE. Nas situações citadas, os terrenos encontram-se com energia do relevo de forte a muito forte em litologias da Formação Santo Anastácio, com Argissolo Vermelho Distrófico.

Comparando os dados obtidos, destaca-se que dos 68,02% dos terrenos com alguma capacidade de uso, apenas 2,04% estão em estado geoecológico *compensado*. Quando relacionados às informações de uso e cobertura superficial da terra de 2012, dos

95,75% postos de atividades antrópicas, 93,71% não condizem com sua capacidade física de suporte das atividades.

Quanto à capacidade de uso x uso atual (2012), onde foram identificados 6,96% da área em condições de uso compatível e adequado, ao se associar os estados geoecológicos, verifica-se que apenas 4,35% encontram-se entre os estados *otimizado* e *compensado*, o que indica que 2,61% dessas áreas demonstram sinais de desgaste dos solos, consequência do emprego de uso constante.

Ressalta-se a pouca utilização de técnicas preservacionistas frente à problemática erosiva da bacia estudada. Ao longo dos anos analisados, observa-se o uso intenso e constante dos terrenos, mesmo em condições adversas e com desencadeamento de dezenas a centenas de processos geomórficos. Os usos da bacia, em sua maioria, ocorrem concomitantes aos processos erosivos, agravando os problemas diagnosticados.

Considerações finais

Avalia-se que a temática abordada neste trabalho é de suma importância para compreender o quanto as atividades antrópicas, sobretudo ditadas pela racionalidade econômica, desgastam e desperdiçam recursos naturais, como o solo e a água, fundamentais para continuidade da produção agrícola, abastecimento da população e garantia do meio ecologicamente equilibrado para as futuras gerações.

A aplicação e adaptação da metodologia da geoecologia da paisagem para um ambiente predominantemente rural e degradado mostrou-se eficiente para: levantar hipóteses dos principais condicionantes na formação e desenvolvimento dos processos erosivos identificados, apontar setores onde os solos demonstram sinais de desgaste, indicar os impactos sobre os recursos hídricos e a diminuição da capacidade de uso das unidades físicas, pondo em risco a continuidade das diversas atividades antrópicas efetuadas na área estudada.

Os vários trabalhos já desenvolvidos na região que abrangem a alta bacia do ribeirão Areia Dourada permitiram organizar a caracterização física da área de forma que facilitasse a compreensão das especificidades do ambiente, tais como: as características litológicas que condicionam a formação de rupturas topográficas, litofácies mais e menos resistentes e afloramentos do lençol freático na média vertente; os movimentos neotectônicos que definiram o traçado do ribeirão Areia Dourada e a assimetria da bacia que implica na readaptação da rede de drenagem; a morfometria do relevo, influenciada pelas litologias, e determinante para as classes de solo, além de indicar áreas com maior predisposição a processos morfogenéticos e gravitacionais; os solos, as relações com a litologia em setores que apresentam Neossolo Litólico Eutrófico e na composição granulométrica de todas as classes levantadas, como a do Latossolo Vermelho Álico que se desenvolve nos topos e nas vertentes extensas e pouco dissecadas, no setor W, dos Argissolo Vermelho Distrófico nos terrenos mais declivosos e dissecados e os solos subordinados ao hidromorfismo, formados a jusante das rupturas topográficas com afloramento do lençol freático e; a ação do clima nas diferentes sazonalidades, determinando períodos em que o impacto das chuvas é mais ou menos intenso e nos meses em que ocorre escassez de precipitações, definindo os ritmos de funcionamento da paisagem.

Na adaptação da carta de litologia, na escala de 1: 250.000 para a deste trabalho, 1:35.000, questionamentos surgiram, principalmente quando foi associada às formas de relevo e aos solos. Os terrenos com topos secundários nos setores SO e NO da bacia, e em relevo suavizado no setor O com Latossolo Vermelho, possivelmente ocorrem em litofácies mais resistentes da Formação Adamantina, indicando materiais diferentes de outros setores sobre influência dessa formação. Quando sobrepostos às informações de solos, dúvidas ocorrem em área de Neossolo Litólico Eutrófico nos topos secundários do setor NO, que também sugere, provavelmente, litofácies mais resistentes da Formação Adamantina, onde, pela base utilizada, está sobre a Formação Santo Anastácio.

As bibliografias sobre a ocupação do Oeste Paulista e do Pontal do Paranapanema, no início do século XX, revelaram os conflitos pela posse da terra e a prevalência dos laços econômicos e políticos para que coronéis disseminassem na região o genocídio étnico contra os índios e a consolidação do processo de grilagem de terras na formação de latifúndios e pequenos lotes para atrair colonos europeus, nipônicos e nordestinos. Tais processos ilegais se alastraram sobre as matas de forma desmedida e sem critério, reduzindo significativamente as áreas dos Biomas Mata Atlântica e Cerrado, substituídas por monoculturas e pecuária. Contudo, essas situações ainda são frequentes e presentes na economia e nas questões agrária e ambiental da região. As informações obtidas por meio da leitura de diversos autores permitiram compreender a evolução do uso e cobertura da terra na alta bacia do ribeirão Areia Dourada no contexto histórico e econômico da região do Pontal do Paranapanema. Isso foi importante, inclusive, para reafirmar e explicar a predominância do uso excessivo dos recursos naturais da área estudada, resultando em sua degradação, averiguada neste estudo.

Como acréscimos na adaptação da metodologia, destaca-se a confecção de materiais cartográficos, como as cartas de capacidade de uso e de capacidade de uso x uso potencial, as quais foram avaliadas com as mudanças na rede de drenagem e feições geomorfológicas entre 1962 e 2012 no intuito de averiguar a redução da capacidade de uso da bacia. Esta relação suscitou preocupações quanto ao esgotamento dos recursos naturais em áreas com baixa restrição ao uso, o que indica a predisposição do ambiente à formação de processos geomórficos em qualquer classe de uso. Outra adaptação ocorreu pela disponibilidade de dados climáticos regionais detalhados sobre a

erosividade da chuva, encontrados no trabalho de Boin (2000), os quais permitiram incorporar a distinção da ação das chuvas mediante as variações atmosféricas ao longo das estações, reconhecendo os períodos mais propícios à perda de solos.

A combinação das informações das formas e morfometria do relevo, litologias e solos permitiu a elaboração das unidades físicas que, associadas à carta de APP's de canais fluviais e nascentes, formaram a carta de capacidade de uso da bacia. Esse documento, integrado à espacialização do histórico de uso da bacia, possibilitou reconhecer diversos conflitos entre as características físicas e as atividades antrópicas, com uso excessivo dos recursos naturais, averiguados na carta de capacidade de uso x uso atual (2012).

No entanto, avaliando a insuficiência dessas informações para completar a aplicação da metodologia, optou-se pela elaboração das cartas de hierarquia fluvial e geomorfologia de 1962 e 2012, com o intuito de identificar a readaptação da drenagem e das formas do relevo sobre a influência da assimetria da bacia, de suas características físicas e das atividades antrópicas, que se mostraram intensas e excessivas. Esses dados evidenciaram mudanças na estrutura e funcionamento da bacia, sobretudo a partir do aumento significativo dos canais fluviais e das feições erosivas em distintos estágios de desenvolvimento.

As informações supracitadas, associadas à carta de capacidade de uso x uso atual (2012), demonstraram que nem todos os terrenos em uso *compatível e adequado* podem ser considerados sustentáveis a longo prazo, visto que atividades excessivas e, potencialmente, constantes, consumiram consideravelmente os recursos naturais, reduzindo a capacidade das unidades físicas. Esse fato se confirmou quando confeccionada a carta de estado geoecológico, evidenciando tanto o domínio de usos excessivos, sem base em critérios de suscetibilidade dos terrenos, como suscitaram preocupações para continuidade e aumento das mudanças na estrutura da paisagem, condicionadas por sua readaptação aos usos e às coberturas superficiais implantadas frente à ação erosiva das chuvas em solos predominantemente arenosos, frágeis e já desgastados.

Os dados levantados ratificam o posicionamento quanto à imposição da racionalidade econômica em detrimento de uma esperada racionalidade ambiental como fator determinante para a degradação dos recursos naturais. Isso se torna explícito tanto

em documentos legais, visto que as alterações do Código Florestal, Lei Nº 12.651/12, em relação às APP's de canais fluviais e nascentes, pouco colaboraram para melhorias na situação presente da área estudada, sendo mais eficiente para permitir a continuação dos usos já estabelecidos do que para cumprir suas funções, descritas no Art. 2º Inciso II da Lei nº 12/651/12, como também pelas atividades antrópicas simultâneas as feições erosivas ativas. A análise conjunta da carta de APP's com a carta de capacidade de uso demonstra que muitas áreas apresentam baixa capacidade de uso e não são protegidas pela legislação ambiental. Assim, apenas 6,28% da bacia são contempladas pela Lei, enquanto, de acordo com a capacidade de uso levantada nesta pesquisa, 31,98% dos terrenos da área estudada apresentam alta restrição ao uso e devem ser poupadas de qualquer atividade antrópica.

Desta forma, conclui-se que a metodologia adotada e suas adaptações para as características do meio físico e socioeconômico da bacia contribuíram de forma eficiente para diagnosticar a problemática da área estudada, fornecendo informações relevantes para as autoridades responsáveis pela sua gestão e para estudos que tratem da temática abordada neste trabalho.

Referências

- ALMEIDA, J. R.; TERTULIANO, M. F. Diagnose dos Sistemas Ambientais. *In* CUNHA, S. B e GUERRA, A. J. T. (organizadores) **Avaliação e Perícia Ambiental**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 115-170.
- ARANA, A. R. A.; BOIN, M. N. Reflorestamento com Eucalipto, Fonte Alternativa de Renda Sustentável no Pontal do Paranapanema. **Mercator**, Fortaleza, v.12, n.28, 2013. p. 155-170.
- BARRETO, M. J.; THOMAZ Jr, A.; OLIVEIRA, A. M. S. O discurso ideológico do agronegócio e a expansão do capital sucroalcooleiro na região do Pontal do Paranapanema. **Anais... XIX Encontro de Geografia Agrária**, São Paulo, 2009, p.1-22.
- BARRETO, M. J.; THOMAZ Jr, A. O cenário do agronegócio canavieiro na região do Pontal do Paranapanema (SP). **Anais... XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária**. v1, n1, 2012, p. 1-19.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6ª edição. São Paulo: Ícone, 2008.
- BOIN, M. N. **Chuvvas e Erosões no Oeste Paulista**: Uma Análise Climatológica Aplicada. 264p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- BOIN, M. N. Áreas de Preservação Permanente: Uma visão prática. *In*: Centro de Apoio Operacional de Urbanismo e Meio Ambiente (org.) **Manual Prático de Promotoria de Justiça do Meio Ambiente**. 1ª edição. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2005 v.2 p.849-861.
- BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. *In*: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p.153-192.
- BRASIL, Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal, 2012.
- 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
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.
- CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A. Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica. **Estudos Geográficos**. Rio Claro, 2005, p. 111-120.
- DIBIESE, E. P. Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio (SP). 283p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

DORST, J. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política.** São Paulo: Edgar Blucer, 1973.

DREW, **Processos interativos homem-meio ambiente.** São Paulo: DIFEL, 1986.

EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª edição. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, DF: EMBRAPA, 1999 412p.

FERRARI LEITE, J. **A ocupação do Pontal do Paranapanema.** São Paulo: HUCITEC, 1998.

FERREIRA, R. R. M.; FILHO, J. T; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejos de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrária**, Londrina, v.31, n.4, 2010. p. 913-932.

FRANCISCO, A. B. A erosão dos solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. **Revista GEOMAE.** Campo Mourão, PR. v.2, n.2, 2011. p.57-68.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; VIANA, P. A.; SANTOS, G. A., Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantação de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n 32 p. 1489-1499, 2008.

GARBIATE, M. V.; VITORINO, A. C. T.; TOMASINI, B. A.; BERGAMIN, A. C.; PANACHUKI, E. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 35, 2011. p. 2145-2155.

CARVALHOSA, F.; GUARIDA, F. **O Pontal do Paranapanema.** [Filme-vídeo]. Produção de Zita Carvalhosa. Dirigido por GUARIBA, Francisco. São Paulo: Cinematográfica Superfilmes e ONG Ecofalante, 2005. DVD. 52 min. color. son.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências.** [S.l.]. v. 19, 1996, p. 93-114.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. *In:* Guerra, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, termos e aplicações.** 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 17-50.

IBGE. **Manual técnico de uso da Terra.** Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Bases técnicas para a recuperação da bacia do rio Santo Anastácio**, 3a fase. São Paulo: IPT. (IPT. Relatório, 1994, n. 32.257).

LEAL, A. C. **Meio Ambiente e Urbanização na microbacia do Areia Branca-Campinas, SP.** 152p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solos. *In:* Guerra, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, termos e aplicações. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 301-320.

MARABA PAULISTA (Prefeitura Municipal). História da cidade. Disponível em: <<http://marabapaulista.sp.gov.br/historia>>. Acesso em: 19 de dez. de 2013.

MATEO-RODRIGUE, J. M., SILVA, E. V. e CAVALCANTI, A. O. B. **Geocologia das paisagens:** uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

MATEO 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, 1995. p.81-129.

MASSARETTO, N.; NUNES, J. O. R. Impactos ambientais do plantio de cana de açúcar nos solos dos assentamentos rurais do Pontal do Paranapanema – São Paulo: O caso das “parcerias” no Assentamento Santa Teresinha da Alcídia. XI Semana de Geografia e VI Encontro de Estudantes de Licenciatura em Geografia, 2010, Presidente Prudente. **Anais...** XI Semana de Geografia e VI Encontro de Estudantes de Licenciatura em Geografia, 2010.

MONBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo.** São Paulo: HUCITEC, 1984

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

NUNES, J. O. R.; PERUSI, M. C.; PETERLINI, G. H. C.; TIEZZI, R. O.; PISANI, R. J.; SANTANA, E. L. R. Variações texturais dos LATOSSOLOS VERMELHOS do assentamento rural Antonio Conselheiro – Mirante do Paranapanema (SP). **Geografia em Atos**, n.6, v.1, Presidente Prudente, 2006.

OLIVEIRA, R. C. de. **Zoneamento ambiental como subsídio para o planejamento de uso e ocupação do solo do município de Corumbataí/SP.** 141p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçoroca. *In:* Guerra, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, termos e aplicações. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 57-94.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v. 41, n. 4, p. 687-695, abr. 2006.

PONÇANO, W. L.; PRANDINI, F. L. Boçorocas no estado de São Paulo: uma revisão. *In*: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4. Marília. **Anais...** São Paulo: 1987, p.149-175.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In*: Guerra, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, termos e aplicações. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 229-265.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6ª edição. Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos: Viçosa, 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo – LUPA 1995/1996**. São Paulo: SAA/ CATI/IEA, 1996 Disponível em <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/dadosmunicipais9596/maraba.pdf>>. Acesso em: 09/03/2013.

SÃO PAULO (Estado). **Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo – LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/ CATI/IEA, 2008 Disponível em <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/dadosmunicipais/pdf/t321.pdf>>. Acesso em: 09/03/2013.

SILVA, G. R. V. **Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana-de-açúcar e a relação com a quantidade de palha em superfície**. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2011.

SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. *In*: Guerra, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, termos e aplicações. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p.101-124.

STEIN, D. P. **Avaliação da degradação do meio físico. Bacia do rio Santo Anastácio. Oeste paulista**. 197 p. Tese (Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 1999.

SUDO, H.; GODOY, M. C. T. F.; FREIRE, O. O processo erosivo na bacia do rio Santo Anastácio. *In*: 3º Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente, 1991. Londrina, PR, Brasil. **Anais...** Londrina: ENESMA, 1991. p. 1-13.

TRICART, J. **Principesetméthodes de lagéomorphologie**. Paris: Masson, 1965 496p.

VERSTAPEN, H. T. e ZUIDAM, R. A. van ITC System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VII, 1975.

VIANA, M. B. O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/.../eucalipto_efeitos_boratto.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2013.

ZANATTA, F. A. S.; CUNHA, C. M. L. e BOIN, M. N. Análise da aplicação do atual e antigo Código Florestal na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP) (BR). **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente. No prelo 2014.

ANEXO

Anexo 1 - Tabela da capacidade de uso, relação capacidade de uso x uso atual e estado geocológico da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP)

Função Geocológica	Compartmento do relevo	UF	Características Físicas	Capacidade de uso	Uso Atual	Práticas Conservacionistas e Preservacionistas	Problemática erosiva	Relação Capacidade de Uso x Uso atual	Estado Geocológico
ÁREAS EMISSORAS	TOPO	VII	Solos profundos de baixa erodibilidade, apresentam uma média de 60% da fração areia com energia do relevo fraca.	Necessário medidas conservacionistas e edáficas e correção do nível tóxico de Al do solo para cultivo.	cana-de-açúcar	Terraços com mais de 30m.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com silvicultura e cana-de-açúcar. Incompatível e adequado: áreas com pasto e estrada rural.	Intensamente alterado: áreas com pasto. Compensado: áreas com silvicultura e cana-de-açúcar.
					Eucalipto	Não identificados.	Não identificados.		
					Estrada rural	Não identificados.	Erosão em sulco		
					Pasto	Terraços com mais de 30m.	Erosão em sulco		
		VIII	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração argila nos horizontes A e AB, com energia do relevo fraca.	Necessárias medidas conservacionistas e edáficas.	Pasto	Terraços com mais de 30m.	Erosão em sulco	Incompatível e adequado: áreas com pasto.	Intensamente alterado: em toda a sua extensão.
					IX	Solos profundos, de erodibilidade baixa, apresentam uma média de 60% de fração areia, com energia do relevo média a medianamente forte. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves e abrupta, colo topográfico.	Necessárias medidas conservacionistas e edáficas e correção do nível tóxico de Al do solo para cultivo.	cana-de-açúcar	Terraços de 10 a 20m.
		Eucalipto	Não identificados.	Não identificados.					
		Estrada rural	Não identificados.	Erosão em sulco					
		Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar					
		Pasto	Terraços com mais de 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar					
		Bacias de contenção e obliteração.	Erosão em sulco e ravina, feiçoões que indicam erosão laminar						
		Rodovia	Não identificados.	Não identificados.					
		Vegetação rasteira	Não identificados.	Não identificados.					
		X	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração argila nos horizontes A e AB, com energia do relevo média a medianamente forte. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves e abrupta.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	cana-de-açúcar	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar	Compatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar em terraços de 20 a 30m e pasto em terraços de 20 a 30m. Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar sem práticas conservacionistas.	Alterado: área urbana, áreas com cana-de-açúcar em terraços de 20 a 30m e estrada rural. Intensamente alterado: áreas com pasto e cana-de-açúcar sem práticas conservacionistas. Esgotado: área urbana.
					Estrada rural	Não identificados.	Não identificados.		
					Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Erosão em sulco e feiçoões que indicam erosão laminar		
					Pasto	Terraços com mais de 30m e bacias de contenção.	Erosão em sulco		
		XI	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração arenosos horizontes A e AB, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de média a medianamente forte.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	Área urbana	Não identificados.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com reflorestamento e pasto em terraços de 10 a 20m e de 20 a 30m. Incompatível e adequado: área urbana e estrada rural.	Compensado: área com reflorestamento em estágio médio de regeneração. Alterado áreas com pasto, apresenta potencial para desenvolvimento de processos geomórficos. Esgotado: área urbana.
					Estrada rural	Não identificados.	Não identificados.		
Pasto	Terraços de 10 a 20m.				Não identificados.				
Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.				Não identificados.				
XII	Solos profundos de erodibilidade baixa, apresentam uma média de 60% da fração areia, com energia de forte a muito forte devido a dissecação horizontal. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	cana-de-açúcar	Terraços de 10 a 20m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar, áreas com pasto, rodovia e estrada rural.	Alterado: áreas com cana de açúcar e rodovia. Intensamente alterado: áreas com pasto e estrada rural. Esgotado: área com pasto sem práticas conservacionistas.		
			Estrada rural	Não identificados.	Erosão em sulco				
			Pasto	Não identificados.	Feiçoões que indicam erosão laminar				
			Rodovia	Não identificados.	Erosão em ravina				
XIII	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, com energia do relevo de forte a muito forte. Apresenta setores com rupturas topográficas abruptas.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	Terraços de 10 a 20m.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar em terraços de 10 a 20m. Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar sem práticas conservacionistas, áreas com pasto e estrada rural.	Alterado: áreas com cana de açúcar em terraços de 10 a 20m. Intensamente alterado: áreas com cana-de-açúcar sem práticas conservacionistas, áreas com pasto e estrada rural.			
			cana-de-açúcar	Não identificados.			Feiçoões que indicam erosão laminar		
			Estrada rural	Não identificados.			Feiçoões que indicam erosão laminar		
			Pasto	Terraços com mais de 30m e bacias de contenção			Erosão em sulco		
XIV	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração arenosos horizontes A e AB, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de forte a muito forte. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar.	Compatível e adequado: área com vegetação florestal. Incompatível e adequado: APP com pasto.	Otimizado: área com vegetação florestal. Intensamente alterado: área com pasto.		
			Vegetação Florestal	Não identificados.	Não identificados.				
XV	Topos estreitos com solos rasos, de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, com energia do relevo de média a medianamente forte. Apresenta setores com rupturas topográficas abruptas.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação nativa.	cana-de-açúcar	Terraços com mais de 30m.	Não identificados.	Incompatível e inadequado: em toda sua extensão.	Alterado: áreas com cultivo de cana-de-açúcar. Intensamente alterado: áreas com pasto.		
			Pasto	Terraços com mais de 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar				
XVI	Topos estreitos com solos rasos, de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, com energia do relevo de média a medianamente forte, de menor resistência do material de origem.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação nativa.	Pasto	Terraços com mais de 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar	Compatível e adequado: área com reflorestamento. Incompatível e adequado: áreas com pasto.	Compensado: área com reflorestamento. Intensamente alterado: áreas com pasto.		
			Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.	Não identificados.				
XVII	Topos estreitos com solos rasos, de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, com energia do relevo de forte a muito forte. Apresenta setores com rupturas topográficas abruptas.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva.	cana-de-açúcar	Terraços de 10 a 20m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: área com cultivo de cana-de-açúcar e pasto.	Alterado: em toda sua a extensão.		
			Pasto	Terraços com mais de 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar				
XVIII	Topos estreitos com solos rasos de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, com energia do relevo de forte a muito forte, de menor resistência do material de origem.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva.	Pasto	Terraços com mais de 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar	Compatível e adequado: área com reflorestamento. Incompatível e adequado: áreas com pasto	Compensado: área com reflorestamento. Alterado: áreas com pasto.		
			Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.	Não identificados.				
VERTENTE REFLINEA		XIX	Solos profundos de erodibilidade baixa, apresentam uma média de 60% da fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de média a medianamente forte.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	cana-de-açúcar	Terraços com mais de 30m.	Não identificados.	Compatível e adequado: em toda a sua extensão.	Compensado: áreas com cana-de-açúcar.
					Pasto	Terraços com mais de 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar		
		XX	Solos profundos de erodibilidade baixa, apresentam uma média de 60% da fração areia, com energia do relevo de média a medianamente forte.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	cana-de-açúcar	Terraços de 20 a 30m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: em toda a sua extensão.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar, apresenta potencial para desenvolvimento de processos geomórficos.
					Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar		
		XXI	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, com energia do relevo de média a medianamente forte.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	cana-de-açúcar	Terraços de 20 a 30m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: em toda a sua extensão.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar, apresenta potencial para desenvolvimento de processos geomórficos.
					Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar		
		XXII	Solos profundos de erodibilidade baixa, apresentam uma média de 60% da fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de forte a muito forte.	Necessárias medidas conservacionistas edáficas e indispensável usos que ofereçam proteção ao solo.	cana-de-açúcar	Terraços de 20 a 30m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: em toda a sua extensão.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar, apresenta potencial para desenvolvimento de processos geomórficos.
					Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar		
		XXIII	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, com energia do relevo de forte a muito forte devido a declividade.	Necessário a preservação da vegetação nativa.	cana-de-açúcar	Terraços com mais de 30m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: em toda a sua extensão.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar, apresenta potencial para desenvolvimento de processos geomórficos.
					Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Feiçoões que indicam erosão laminar		
		XXIV	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de forte a muito forte devido a declividade.	Necessário a preservação da vegetação nativa.	cana-de-açúcar	Terraços de 20 a 30m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: em toda a sua extensão.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar, apresenta potencial para desenvolvimento de processos geomórficos.
Pasto	Terraços de 20 a 30m.				Feiçoões que indicam erosão laminar				
XXV	Afloramento do lençol freático, com energia do relevo de média a medianamente forte. Apresenta setores com ruptura topográfica abrupta.	Necessária preservação da área, devido ao risco de contaminação da água.	Pasto	Terraços de 20 a 30m.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com vegetação de brejo e várzea. Incompatível e adequado: áreas com pasto.	Otimizado: áreas com vegetação de brejo e várzea. Alterado: áreas com pasto.		
			Vegetação de brejo e várzea	Não identificados.	Não identificados.				
			Afloramento do lençol freático, de		Terraços de 20 a 30m.	Não identificados.			

Código	Descrição do ponto de amostragem	Características do solo	Observações	Uso da terra	Condições de campo		Compatibilidade e adequação	Observações adicionais	
					Terrços com mais de 30m, obliteração e bacias de contenção.	Erosão em sulco, feições que indicam erosão laminar.			
Verente Côncava		Argissolos de erodibilidade forte. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves.	com APP.	Pasto	Terrços com mais de 30m, obliteração e bacias de contenção.	Erosão em sulco, feições que indicam erosão laminar.	Incompatível e inadequado: áreas com cana-de-açúcar, pasto e vegetação rasteira.		
				Vegetação rasteira	Área cercada	Erosão em ravina e voçoroca.			
	XLVII	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de média a medianamente forte, devido em algumas áreas a dissecação horizontal e outras a declividade acentuada.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta setores com APP.	cana-de-açúcar	Terrços de 10 a 20m.	Erosão em sulco e feições que indicam erosão laminar.	Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar, pasto e rodovia. Incompatível e adequado: APP com cana-de-açúcar, pasto e vegetação rasteira.	Alterado: áreas com plantio de cana-de-açúcar e pasto com terrços juntos. Intensamente alterado: áreas com cultivo de cana-de-açúcar e pasto em terrços de 20 a 30m. Esgotado: áreas de pasto sem prática conservacionista, área com vegetação rasteira e rodovia.	
				Pasto	Terrços de 20 a 30m e bacias de contenção.	Obliteração.			Voçoroca
				Vegetação rasteira	Área cercada e obliteração.	Erosão em sulco, ravinas e voçoroca.			
	XLVIII	Afloramento do lençol freático, com solos subordinados ao hidromorfismo e energia do relevo de forte a muito forte.	Necessária preservação da área, devido ao risco de contaminação da água.	Pasto	Não identificados.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com reflorestamento e vegetação de brejo e várzea. Incompatível e adequado: áreas com pasto.	Otimizado: áreas com presença de vegetação de brejo e várzea. Compensado: áreas com reflorestamento. Alterado: áreas compasto.	
				Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.	Não identificados.			
	XLIX	Afloramento do lençol freático, com solos subordinados ao hidromorfismo, com material de origem de menor resistência e energia do relevo de forte a muito forte.	Necessária preservação da área devido ao risco de contaminação da água.	Pasto	Não identificados.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com reflorestamento e vegetação de brejo e várzea. Incompatível e adequado: áreas com pasto e silvicultura.	Otimizado: áreas com presença de vegetação de brejo e várzea. Compensado: áreas com reflorestamento. Alterado: áreas com pasto e silvicultura.	
				Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.	Não identificados.			
				Silvicultura	Não identificados.	Não identificados.			
L	Solos profundos e de baixa erodibilidade, apresentam uma média de 60% da fração areia, com energia de forte a muito forte, devido em algumas áreas a dissecação horizontal e outras a declividade acentuada. Apresenta setores com rupturas topográficas abruptas.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta setores com APP.	cana-de-açúcar	Terrços de 20 a 30m.	Erosão em sulco e feições que indicam erosão laminar.	Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar, pasto e silvicultura. Incompatível e inadequado: APP com vegetação rasteira.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar sem práticas conservacionistas, pasto em terrços de 10 a 20m e silvicultura. Intensamente alterado: áreas com cana-de-açúcar em terrços de 10 a 20m. Esgotado: áreas com vegetação rasteira e pasto em terrços de 20 a 30 metros e sem práticas conservacionistas.		
			Pasto	Terrços de 10 a 20m.	Não identificados.				
			Silvicultura	Não identificados.	Não identificados.				
			Vegetação rasteira	Área cercada	Erosão em ravina				
LI	Solos profundos e de baixa erodibilidade, apresentam uma média de 60% da fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia de forte a muito forte, devido em algumas áreas a dissecação horizontal e outras a declividade acentuada.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta setores com APP.	cana-de-açúcar	Terrços de 20 a 30m.	Não identificados.	Incompatível e adequado: rodovia. Incompatível e inadequado: APP com cana-de-açúcar, pasto e vegetação rasteira.	Alterado: Área com cana-de-açúcar em terrços de 20 a 30m e rodovia. Intensamente alterado: áreas com vegetação rasteira. Esgotado: áreas com pasto sem práticas conservacionistas.		
			Pasto	Não identificados.	Erosão em sulco, ravina e voçoroca, feições que indicam erosão laminar.				
			Rodovia	Não identificados.	Não identificados.				
			Vegetação rasteira	Área cercada	Erosão em sulco e ravina, feições que indicam erosão laminar.				
LII	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, com energia do relevo de forte a muito forte, devido em algumas áreas a dissecação horizontal e outras a declividade acentuada. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves e abruptas.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta setores com APP.	cana-de-açúcar	Terrços de 10 a 20m.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com reflorestamento e vegetação florestal. Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar, áreas com pasto e áreas com silvicultura. Incompatível e inadequado: APP com pasto e vegetação rasteira.	Otimizado: áreas com vegetação florestal. Compensado: áreas com reflorestamento. Alterado: áreas com cana-de-açúcar em terrços de 10 a 20m. áreas com silvicultura e vegetação rasteira. Intensamente alterado: áreas com cana-de-açúcar em terrços com mais de 30m e áreas com pasto.		
			Pasto	Terrços de 20 a 30m e bacias de contenção.	Erosão em sulco, feições que indicam erosão laminar.				
			Reflorestamento em estágio intermediário de regeneração	Não identificados.	Não identificados.				
			Silvicultura	Não identificados.	Não identificados.				
			Vegetação rasteira	Área cercada.	Não identificados.				
			Vegetação florestal	Não identificados.	Não identificados.				
LIII	Argissolos de erodibilidade alta, apresentam 86% da fração areia nos horizontes A e AB, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de forte a muito forte, devido em algumas áreas a dissecação horizontal e outras a declividade acentuada. Apresenta setores com rupturas topográficas suaves e abruptas.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta setores com APP.	cana-de-açúcar	Terrços de 20 a 30m.	Não identificados.	Compatível e adequado: áreas com vegetação florestal. Incompatível e adequado: áreas com cana-de-açúcar, áreas com pasto e estrada rural. Incompatível e inadequado: APP com pasto, cana-de-açúcar e vegetação rasteira.	Otimizado: áreas com vegetação florestal. Alterado: áreas com cana-de-açúcar. Intensamente alterado: áreas com vegetação rasteira. Esgotado: áreas com pasto sem práticas conservacionistas.		
			Estrada rural	Não identificados.	Erosão em sulco.				
			Pasto	Terrços de 10 a 20m.	Erosão em sulco.				
			Vegetação rasteira	Área cercada	Erosão em sulco e ravina.				
LIV	Solos rasos de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de média e medianamente forte. Apresenta setores com rupturas topográficas abruptas.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva.	cana-de-açúcar	Terrços com mais de 30m.	Não identificados.	Incompatível e inadequado: em toda a sua extensão.	Alterado: áreas com cana-de-açúcar. Intensamente alterado: áreas com vegetação rasteira em terrços com mais de 30m e bacias de contenção. Esgotado: estrada rural, áreas com pasto sem práticas conservacionistas.		
			Estrada rural	Não identificados.	Erosão em ravina.				
			Pasto	Terrços com mais de 30m e bacias de contenção.	Erosão em sulco.				
LVII	Solos rasos de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, com energia do relevo de forte a muito forte.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva.	Pasto	Terrços com mais de 30m e bacias de contenção.	Erosão em sulco.	Compatível e adequado: áreas com reflorestamento. Incompatível e inadequado: áreas com pasto.	Compensado: áreas com reflorestamento. Intensamente alterado: áreas com pasto.		
			Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.	Não identificados.				
LVI	Solos rasos de erodibilidade muito alta, apresentam uma média de 83% de fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de forte a muito forte.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta setores com APP.	Estrada rural	Não identificados.	Erosão em sulco.	Compatível e adequado: áreas com reflorestamento. Incompatível e adequado: estrada rural, áreas com pasto. Incompatível e inadequado: APP com pasto e vegetação rasteira.	Compensado: áreas com reflorestamento. Alterado: áreas com vegetação rasteira. Intensamente alterado: estrada rural e áreas com pasto.		
			Pasto	Terrços com mais de 30m e bacias de contenção.	Erosão em sulco.				
			Reflorestamento em estágio médio de regeneração	Não identificados.	Não identificados.				
I	Gleissolo de erodibilidade baixa, apresenta uma média de 80% da fração areia, com energia do relevo de média a medianamente forte.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta APP.	Solo exposto.	Não se verifica.	Sedimentação excessiva e erosão em voçoroca.	Incompatível e inadequado: APP com solo exposto e rodovia.	Otimizado: áreas com vegetação de brejo e várzea. Esgotado: nas demais áreas.		
			Rodovia SP 563	Não se verifica.	Retenção de sedimentos a montante.				
			Vegetação de brejo e várzea.	Não se verifica.	Não se verifica.				
			Banco de areia.	Não se verifica.	Sedimentação excessiva.				
			Estrada rural.	Área cercada.	Erosão em voçoroca.				
			Vegetação de brejo e várzea.	Não se verifica.	Não se verifica.				
			Vegetação rasteira.	Não se verifica.	Não se verifica.				
II	Gleissolo de erodibilidade baixa, apresenta uma média de 80% da fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de média a medianamente forte.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta APP.	Banco de areia.	Não se verifica.	Solapamento das margens.	Incompatível e inadequado: APP com banco de areia.	Otimizado: áreas com vegetação de brejo e várzea. Esgotado: nas demais áreas.		
			Rodovia SP 563	Não se verifica.	Retenção de sedimentos a montante.				
			Vegetação de brejo e várzea.	Não se verifica.	Solapamento das margens.				
III	Gleissolo de erodibilidade baixa, apresenta uma média de 80% da fração areia, com energia do relevo de forte a muito forte.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta APP.	Banco de areia.	Não se verifica.	Sedimentação excessiva.	Incompatível e inadequado: APP com banco de areia, estrada rural e rodovia.	Esgotado: em toda a sua extensão.		
			Rodovia SP 563	Não se verifica.	Retenção de sedimentos a montante.				
			Vegetação de brejo e várzea.	Não se verifica.	Solapamento das margens.				
IV	Gleissolo de erodibilidade baixa, apresenta uma média de 80% da fração areia, de menor resistência do material de origem, com energia do relevo de forte a muito forte.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta APP.	Banco de areia.	Não se verifica.	Sedimentação excessiva.	Incompatível e inadequado: APP com banco de areia, rodovia e solo exposto.	Esgotado: em toda a sua extensão.		
			Rodovia SP 563	Não se verifica.	Retenção de sedimentos a montante.				
			Vegetação de brejo e várzea.	Não se verifica.	Solapamento das margens.				
V	Solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa, com energia do relevo de forte a muito forte, devido a declividade.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta APP.	Vegetação de brejo e várzea.	Não se verifica.	Não se verifica.	Incompatível e inadequado: APP com vegetação rasteira.	Otimizado: áreas com vegetação de brejo e várzea. Alterado: APP's com vegetação rasteira.		
			Vegetação rasteira.	Não se verifica.	Solapamento das margens.				
VI	Solo subordinado ao hidromorfismo de erodibilidade baixa, com energia do relevo de forte a muito forte, devido a declividade.	Apresentam restrições severas ao uso, necessária a preservação da vegetação primitiva. Apresenta APP.	Vegetação rasteira.	Não se verifica.	Não se verifica.	Incompatível e inadequado: APP com vegetação rasteira.	Alterado: APP's com vegetação rasteira.		