

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

LETÍCIA GIULIANA PASCHOAL

**ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS
ANTROPOGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO**

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geografia.

Rio Claro - SP

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

LETÍCIA GIULIANA PASCHOAL

**ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS
ANTROPOGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO**

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geografia.

Orientador: Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Co-orientador: Fabiano Tomazini da Conceição

Rio Claro - SP

2014

LETÍCIA GIULIANA PASCHOAL

**ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS
ANTROPOGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO**

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geografia.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon
UFPEL (RS)

Prof. Dr. Antonio Carlos Tavares
IGCE/UNESP Campus Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Salvador Carpi Junior
UNICAMP (SP)

Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto
IGCE/UNESP Campus Rio Claro (SP)

Rio Claro, SP 12 de Dezembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Apesar da força de vontade que cada um carrega consigo, nada se constrói sozinho, muito menos uma tese. Assim, inicialmente agradeço à Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha, pela oportunidade de desenvolver esse e outros trabalhos acadêmicos durante os últimos anos e por sua orientação sempre constante e precisa. Obrigada por ter confiado em mim e em meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição, por sua disponibilidade em me co-orientar na realização dessa pesquisa. À Profa. Dra. Maria Isabel Castreghini de Freitas (UNESP/*Campus* de Rio Claro) e à Dra. Regina Célia de Oliveira (UNICAMP) pelas contribuições ao trabalho durante o exame de qualificação. Aos Professores Doutores Antonio Carlos Tavares (UNESP/*Campus* de Rio Claro), Sergio dos Anjos Ferreira Pinto (UNESP/*Campus* de Rio Claro), Salvador Carpi Junior (UNICAMP) e Adriano Luis Reck Simon (UFPEL) pelas considerações realizadas durante a defesa desta tese.

Aos meus pais, Osvaldo e Zenaide, e aos meus irmãos, Enzo e Laís por serem meu porto-seguro.

Ao Eugene Mark Gillespie, Guilherme Otávio Gallo, Leandro de Godoi Pinton, e Vitor Roatt, por terem me ajudado em diversas etapas da pesquisa, como as que ocorreram no Laboratório de Geoquímica Ambiental (LAGEA) do DEPLAN/UNESP *Campus* Rio Claro, nos trabalhos de campo quando precisei de ajuda para coletar sedimentos em fundo de vale, companhia para reambular dados, dividir picadas de micuins, formigas e desatolar o carro da areia. A ajuda de vocês foi muito bem-vinda. Obrigada!

Ao Marcio A. Bacci do Laboratório de Radioisótopos do CENA/USP de Piracicaba, por gentilmente ter realizado o procedimento de detecção de ^{210}Pb nas amostras coletadas.

Ao Prof. Dr. Lúcio José Sobral da Cunha e a Profa. Dra. Anabela Martins Ramos, ambos do Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Portugal, por terem me orientado durante o estágio de pesquisa realizado e pelas sugestões que fizeram para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Alvaro Francisco Ferreira Junior por sempre dar um jeito quando os aparatos tecnológicos teimavam em não cooperar comigo. À técnica em química Suely Machado por ter me guiado em todas as fases laboratoriais ocorridas no LAGEA.

Aos amigos reconhecidos ao longo da estrada geográfica, em especial aos que frequentam ou frequentaram o Laboratório de Geomorfologia (LAGEO) do

DEPLAN/UNESP campus Rio Claro, por tornarem o ambiente agradável e sempre propício à discussões saudáveis.

À FAPESP (Processo nº. 2011/01688-0), pelo financiamento e compromisso social, que permitiu dedicar-me à pesquisa.

Os meus mais sinceros agradecimentos a todos que por ventura eu possa ter esquecido de mencionar nessas poucas linhas, mas que de alguma forma contribuíram para com a realização desta pesquisa.

Muito obrigada!

RESUMO

Atividades de mineração a céu aberto estão diretamente relacionadas à alteração das paisagens naturais. Assim, este trabalho teve como objetivo principal identificar e analisar as alterações impostas à dinâmica geomorfológica por meio de ações antrópicas vinculadas à atividade de mineração de diversos tipos, enfatizando as alterações de relevo e de sedimentação nas áreas de fundo de vale, e suas implicações nos sistemas ambientais físicos. Optou-se pela escolha de sub-bacias hidrográficas inseridas na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí como unidade de estudo, por se apresentarem altamente impactadas pela exploração dos principais minerais não metálicos utilizados pelo segmento da indústria e construção civil, a saber: bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, Córrego das Taipas, Córregos Marroti e Gonçalves e Ribeirão das Araras, nas quais ocorrem a exploração mineral da argila, areia, calcário e basalto, respectivamente. A pesquisa se desenvolveu de acordo com a perspectiva sistêmica com ênfase na antropogeomorfologia; para tanto, mapeamentos do uso da terra, associado ao mapeamento geomorfológico evolutivo, ambos datados de 1962, 1988 e 2006 ou 2010, na escala 1:10.000, foram realizados e contribuíram para com a escolha do local de coleta dos sedimentos datados pelo método ^{210}Pb nessas sub-bacias hidrográficas. A análise dos resultados foi realizada por meio da comparação dos dados obtidos nos diferentes cenários do uso da terra e dos mapas geomorfológicos evolutivos, assim como da avaliação das interferências antrópicas nas cargas de sedimentos de fundo de vale, a qual permitiu avaliar a dinamização dos processos de acumulação histórica dos sedimentos fluviais em algumas das sub-bacias, entre os anos de 1999 e 2012. As transformações ocorridas no uso da terra dessas sub-bacias, implicam em alteração nas dimensões do relevo passíveis de serem mensurados, como as rupturas topográficas, sulcos, aumento na área de acumulação fluvial, surgimento de lagoas artificiais, tipos de fundo de vales, cortes, aterros, patamares em cava de mineração, área de acumulação de planície e terraço fluvial sob interferência antrópica e na carga de sedimentos depositados em fundo de vale. Dessa maneira, foi possível atribuir à atividade minerária um significativo impacto na dinamização dos processos de denudação e de sedimentação nas sub-bacias hidrográficas e obter parâmetros para se constatar a formação de um relevo antropogênico, no qual o homem se torna responsável pelo esculpimento da paisagem por meio da imposição de mecanismos de controle aos processos naturais.

Palavras-chave: Geomorfologia antropogênica. Cartografia geomorfológica. Bacia hidrográfica do Rio Corumbataí. Uso da terra. Datação de sedimentos. Chumbo-210.

STUDY OF THE EFFECTS OF THE CREATION OF ANTHROPOGENIC MORPHOLOGIES IN MINING AREA

ABSTRACT

Open air mining activities are directly associated to changes in natural landscapes. This work had as main objective identify and analyze the changes imposed by the geomorphological dynamics of anthropic actions linked to mining activity of various types, emphasizing the changes of relief and sedimentation in valley bottom areas, and their implications on physical environmental systems. We opted for the choice of sub-basins inserted in the Corumbataí river basin as the unit of study, in that they are highly impacted by exploitation of the main non-metallic minerals used by the segment of industry and construction, namely: Ribeirão Santa Gertrudes, Córrego das Taipas, Córregos Marroti and Gonçalves and, Ribeirão das Araras basin, where mineral exploitation of clay, sand, limestone and basalt occur respectively. The research was developed in accordance with the systems perspective with emphasis on anthropogenic geomorphology. Maps of land use, combined with the evolutionary geomorphological mapping, both dated 1962, 1988 and 2006 or 2010, at 1:10,000 scale, were made and helped with the choice of collection site sediment dated by the ^{210}Pb method in these sub-watersheds. Analysis of the results was performed by comparing data obtained in different scenarios of land use maps and geomorphological evolution, as well as the assessment of anthropogenic interference in the sediment loads of the valley bottom, which allowed evaluating the dynamics of the processes historical accumulation of river sediments in some of the sub-basins, between the years 1999 and 2012. The changes in the land use of these sub-basins, imply changes in the dimensions of the relief that can be measured, such as topographic ruptures, furrows, increasing the area of fluvial accumulation, emergence of artificial lakes, fund types of valleys, cuts, landfills, mining levels in quarries, accumulation area of lowland and terrace river under anthropogenic interference and load of sediment deposited in the valley bottom. Thus, it was possible to attribute the mining activity a significant impact on the dynamics of the processes of denudation and sedimentation in the sub-basins and get parameters to observe the formation of an anthropogenic relief, in which man becomes responsible for sculpting the landscape through the imposition of control mechanisms to natural processes.

Keywords: anthropogenic geomorphology. Geomorphological mapping. Hydrographic basin of River Corumbataí . Land use. Dating of sediments. Lead-210.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 14 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 36 |
| 4 MÉTODO E TÉCNICAS..... | 58 |
| 4.1 MÉTODO..... | 58 |
| 4.2 TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS..... | 59 |
| 4.2.1 Preparação do banco de dados - base cartográfica | 59 |
| 4.2.2 Elaboração das cartas geomorfológicas..... | 60 |
| 4.2.3 Elaboração das cartas de uso da terra | 65 |
| 4.3 TÉCNICA DE DATAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO DE VALE COM ²¹⁰ Pb | 68 |
| 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 79 |
| 5.1 BACIA DO RIBEIRÃO SANTA GERTRUDES | 80 |
| 5.2 BACIA DO CÓRREGO DAS TAIPAS..... | 97 |
| 5.3 BACIA DOS CÓRREGOS MARROTI E GONÇALVES | 113 |
| 5.4 BACIA DO ALTO CURSO DO RIBEIRÃO DAS ARARAS | 131 |
| 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 149 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 154 |
| APÊNDICE A | 168 |
| APÊNDICE B | 169 |
| APÊNDICE C | 170 |
| APÊNDICE D | 171 |
| APÊNDICE E..... | 172 |
| APÊNDICE F..... | 173 |
| APÊNDICE G | 174 |
| APÊNDICE H | 175 |

| | |
|--------------|-----|
| ANEXO A..... | 176 |
|--------------|-----|

1 INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos minerais pelo homem encontra-se relacionada ao seu desenvolvimento econômico e sociocultural. No Brasil, as regiões Sul e Sudeste concentram aproximadamente 72% do total de minas do país (BRASIL, 2007). Deste total, cerca de 90% correspondem à exploração dos principais minerais não-metálicos utilizados pelo seguimento da indústria e construção civil: areia, argila, rochas britadas e o calcário (BRASIL, 2007).

A retirada desses materiais, contudo, tem se dado em escalas elevadas e com frequência extrapolam a capacidade de resiliência do ambiente do qual foram retirados e desequilíbrios nos sistemas ambientais físicos são desencadeados, causando transformações nas camadas (sub)superficiais da crosta terrestre e conseqüentemente, na paisagem.

Essa situação é notória em diversos setores da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, situada no interior do estado de São Paulo, na qual o sistema antrópico, por meio do uso da terra destinado às atividades econômicas advindas do setor minerário impôs novos mecanismos de controle aos sistemas ambientais físicos.

O vasto potencial para exploração de recursos minerais não metálicos na bacia hidrográfica do rio Corumbataí é possibilitado por meio de sua localização no setor geomorfológico da Depressão Periférica Paulista, onde afloram várias litologias de formações geológicas vinculadas à bacia sedimentar do Paraná.

Porém, diante dos 1.700 km² de área da bacia hidrográfica do rio Corumbataí e das técnicas de mapeamentos na escala de detalhe 1:10.000, adotada no desenvolvimento da pesquisa, optou-se pela escolha de algumas sub-bacias hidrográficas desse rio como unidades de estudo: a bacia do Córrego das Taipas, do Ribeirão Santa Gertrudes, do Alto Curso do Ribeirão das Araras e dos Córregos Marroti e Gonçalves. Essas sub-bacias se apresentam altamente impactadas pela exploração dos principais minerais não metálicos utilizados pelo segmento da indústria e construção civil: areia, argila, basalto (rochas britadas) e calcário e, representam fragmentos detalhados do que é observado em todo o restante da bacia do rio Corumbataí.

Diante do exposto, essa pesquisa teve como **objetivo geral** identificar e analisar as alterações impostas à dinâmica geomorfológica por meio de ações antrópicas vinculadas a atividade de mineração de diversos tipos, enfatizando as alterações de relevo e de sedimentação nas áreas de fundo de vale, assim como suas implicações nos sistemas ambientais físicos. O trabalho foi norteado por meio da análise das especificidades dos

impactos provocados pela exploração dos minerais não-metálicos: areia, argila, calcário e basalto no relevo das sub-bacias hidrográficas em análise.

Para complementar o objetivo geral, foram propostos os seguintes **objetivos específicos**:

- Identificar e avaliar as principais alterações hidrogeomorfológicas promovidas pelas ações antrópicas na área das cinco bacias, com ênfase àquelas vinculadas à atividade de mineração, por meio de mapeamento geomorfológico evolutivo, datados de 1962, 1988 e 2006 ou 2010;

- Analisar a dinâmica do uso da terra e as alterações ocorridas na paisagem das bacias hidrográficas que envolvem as minerações de argila, areia, calcário e brita por meio de referencial bibliográfico e mapeamentos de uso da terra datados de 1962, 1988 e 2006 ou 2010;

- Avaliar as alterações nas formas do relevo por meio da quantificação dessas, utilizando a proposta dos geoindicadores nas áreas das sub-bacias hidrográficas selecionadas a fim de obter dados que comprovem tais alterações, espacializadas pela cartografia geomorfológica evolutiva;

- Avaliar como a dinâmica do uso e ocupação da terra e as interferências provocadas pelas áreas de minerações de areia, argila, calcário e brita, influenciam nas cargas de sedimentos depositados no fundo de vale das sub-bacias do Córrego das Taipas, Ribeirão Santa Gertrudes, Córrego Marroti, Córrego Gonçalves e Ribeirão das Araras, pelo método de datação de sedimentos com o Chumbo-210.

A partir dos objetivos expostos, teve-se a **hipótese central** de que ações antrópicas vinculadas à exploração de diferentes minerais provocam impactos diversos. Assim, cavas de mineração a céu aberto, associadas à exploração em grande escala de sua jazida, mesmo diante da rigidez locacional que a caracteriza, provocam alterações que refletem em toda a bacia hidrográfica em que se insere. As atividades minerárias interferem nas formas de relevo que passam a ter seus interflúvios descaracterizados, na dinamização dos processos de denudação e de sedimentação, alterações no escoamento pluvial e cursos d'água, afloramento do lençol freático, entre outros. Em consequência disto tem-se a formação de um relevo antropogênico, no qual o homem se torna responsável pelo esculpimento da paisagem por meio da imposição de mecanismos de controle aos processos naturais.

Diante desta questão, foram lançadas **hipóteses secundárias** que orientaram a pesquisa no sentido de legitimar a tese proposta:

- Bacias hidrográficas se configuram na melhor unidade de estudo para a avaliação física de ambientes altamente impactados por minerações pois, embora atividades minerárias possuam rigidez locacional de acordo com suas jazidas, desequilíbrios nas taxas de processos denudacionais, de transporte, deposição de sedimentos e da lógica de circulação d'água superficial e de sub-superfície, repercutem em escalas mais amplas, podendo assim ser avaliada de forma sistêmica;

- O mapeamento geomorfológico evolutivo combinado com o uso de geoindicadores possibilita a identificação de formas e quantificação de dados, expressos em áreas e extensões lineares, associadas à morfologia original e às feições representativas da morfologia antropogênica, e por dedução permite inferir a dinâmica dos processos ocorridos na área, por meio da identificação das alterações nas formas;

- As mudanças no uso da terra, principalmente as relacionadas às minerações a céu aberto, contribuem com a criação de formas de relevo antropogênicos que dinamizam os processos geomorfológicos, acelerando os processos denudativos e deposicionais de sedimentos. Esse fato evidencia a complexidade do reajustamento dos elementos e atributos do sistema ambiental físico em virtude da imposição de mecanismos de controle antrópico.

A pesquisa se desenvolve de acordo com a abordagem sistêmica com ênfase na antropogeomorfologia, preconizada por Nir (1983) que concebe o homem como um agente geomorfológico independente, e recorre às técnicas da cartografia do uso da terra, cartografia geomorfológica evolutiva e de datação de sedimentos pelo método do ^{210}Pb .

Os mapeamentos do uso da terra, em consonância com a técnica dos mapeamentos geomorfológicos evolutivos, foram realizados em três cenários no decorrer de no máximo 48 anos (1962, 1988 e 2006 ou 2010), procurando retratar o cenário mais próximo do original e os posteriores, representativos de uma fase de perturbação ativa nas áreas, o que permite inferir a dinâmica do sistema em questão. Os mapeamentos geomorfológicos também contribuíram para com a escolha do local de coleta dos sedimentos datados pelo método ^{210}Pb nessas sub-bacias hidrográficas, que permitiu avaliar a dinamização dos processos de acumulação em escala de tempo histórica. As técnicas de mapeamento geomorfológico, datação pelo método do ^{210}Pb e granulometria utilizada para caracterização dos sedimentos coletados, permitiram a obtenção de geoindicadores que evidenciam alterações ocorridas sobre o relevo. Esses geoindicadores se pautaram na identificação da sequência e composição de sedimentos depositados em fundo de vale e na identificação, com base nos parâmetros extensão (km) e área (km²), de feições geomorfológicas de origem denudativa (rupturas topográficas de característica suave e abrupta, sulcos, ravinas e cortes para a implantação de

vias de circulação, patamares em cava de mineração de características suave e abrupta) e deposicional (colinas residuais derivadas de atividades minerárias de características suaves e abruptas, aterros, área de acumulação de planície e terraço sob interferência antrópica e represas artificiais), além da identificação das formas dos canais que compõem as bacias hidrográficas em análise.

A apresentação dos fundamentos e análises dessa tese foi organizada da seguinte maneira:

O **capítulo 2** discorre sobre a caracterização da área de estudo pautada no segmento da antropogeomorfologia, que para tanto aborda aspectos do sistema ambiental físico e socioeconômico da região em que se inserem as sub-bacias hidrográficas em estudo. O **capítulo 3** apresenta a revisão bibliográfica referente aos temas principais tratados pelo trabalho. O **capítulo 4** discorre sobre o método da Teoria Geral dos Sistemas com ênfase na antropogeomorfologia, e nas técnicas de cartografia geomorfológica, de uso da terra e de datação de sedimento de fundo de vale por meio do isótopo ^{210}Pb , que embasam essa tese. O **capítulo 5** apresenta a análise dos resultados e tece considerações acerca desses. O **capítulo 6** expõe considerações finais relacionadas aos resultados, objetivos e hipóteses propostas nessa tese.

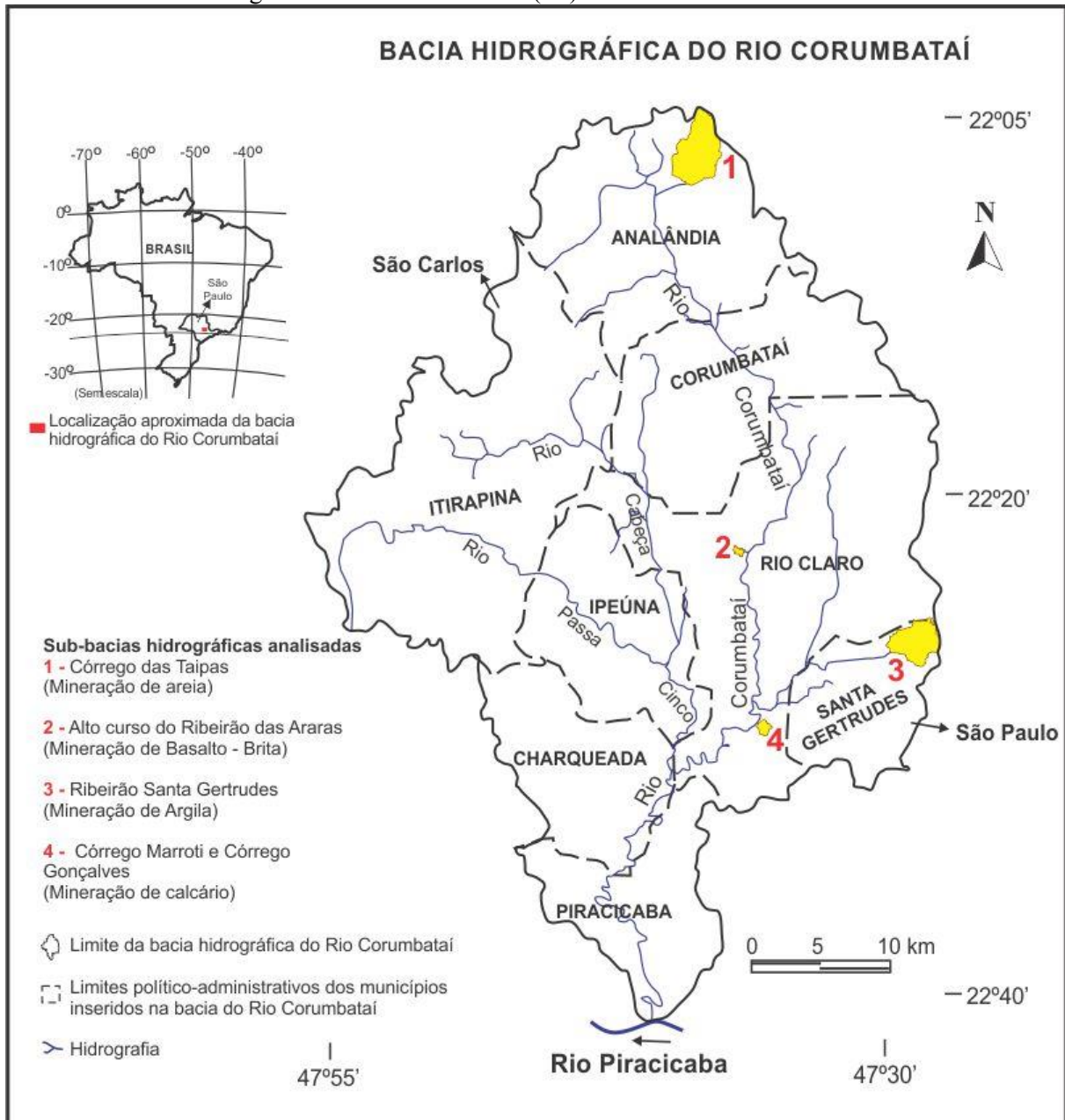
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Corumbataí conta com aproximadamente 1.717km² de área, fato esse que motivou a seleção de algumas sub-bacias hidrográficas inseridas nesse contexto. Trabalhar com uma área menor, possibilitou tempo hábil para a realização de mapeamentos na escala de detalhe de 1:10.000 em três cenários pretéritos e posteriores análises, permitindo que o objetivo do trabalho fosse alcançado.

Os elementos que compõem os sistemas ambientais físicos e socioeconômicos, que se inter-relacionam e operam nas sub-bacias hidrográficas em análise serão apresentados de acordo com a perspectiva sistêmica (CHRISTOFOLETTI, 1999a). Desta maneira, as características e relações existentes entre estrutura geológica regional, fatores climáticos, hidrológicos, geomorfológicos, pedológicos, vegetacional e socioeconômicos, serão apresentados de forma integrada, além de representarem a tendência do que ocorre na bacia do Rio Corumbataí como um todo.

Como unidades de estudo foram selecionadas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, que se apresentam altamente impactadas pela exploração dos principais recursos minerais não metálicos utilizados por indústrias do ramo da construção civil: a bacia do Ribeirão Santa Gertrudes (argila), a bacia do Córrego Marroti e Córrego Gonçalves (calcário), a bacia do Córrego das Taipas (areia), e a bacia do Alto Curso do Ribeirão das Araras (rochas britadas – basalto) (FIGURA 1). Assim, muitas das características dos sistemas ambientais físicos, como os climáticos, geomorfológicos e de vegetação original são comuns a essas sub-bacias hidrográficas, diferenciando-se apenas as estruturas geológicas, os dados pedológicos e as atividades derivadas da ação antrópica que nelas ocorrem.

FIGURA 1 – Localização aproximada das sub-bacias hidrográficas escolhidas como áreas de estudos inseridas na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As sub-bacias, que possuem caráter predominantemente rural, situam-se no interior da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí de acordo com as seguintes coordenadas geográficas e características:

- Córrego das Taipas: 22°6'2" e 22°28'23" de Latitude S e 47°38'58" e 47°35'21" de Longitude W, totalizando 38,07 km² de área inseridos dentro dos limites do município de Analândia/SP e acesso pela Estrada Municipal Analândia-Corumbataí. Essa área apresenta

altitudes que oscilam entre 500 metros, próximo a sua foz, e 1.030 metros, por se encontrar próximo aos morros testemunhos, formados a partir da evolução do *front* cuestiforme que delimita a área da Depressão Periférica no Estado de São Paulo. O Córrego das Taipas se trata de um afluente da margem esquerda do Rio Corumbataí em seu alto curso.

- Alto Curso do Ribeirão das Araras: 22°22'30" e 22°24'8" de Latitude S e 47°39'13" e 47°37'18" de Longitude W, num total de 4,74km² de área, situada entre os municípios de Ipeúna/SP e Rio Claro/SP, com acesso pela rodovia SP 191, também conhecida como Rodovia Irineu Penteado. A área da bacia possui altitudes que oscilam entre 550 e 655 metros. O Ribeirão das Araras é um dos afluentes da margem direita do Rio Corumbataí em seu médio curso.

- Ribeirão Santa Gertrudes: 22°24'36" e 22°28'23" de Latitude S e 47°31'29" e 47°27'16" de Longitude W, totalizando 27,87 km² de área inseridos dentro dos limites do município de Santa Gertrudes/SP, que apresentam altitudes que oscilam entre 575 e 780 metros. Possui como principal via de acesso a Rodovia SP - 316, conhecida também como Rodovia Constantine Peruchi. O Ribeirão Santa Gertrudes encontra-se inserido na bacia do Córrego Santa Gertrudes, que se trata de um afluente da margem esquerda do Ribeirão Claro, que é afluente do Rio Corumbataí.

- Córrego Marroti e Córrego Gonçalves: 22°30'28" e 22°32'33" de Latitude S e 47°36'0" e 47°33'49" de Longitude W, totalizando 9,61 km² de área, situada ao sul do Município de Rio Claro/SP, com acesso pela SP 127, também conhecida como Rodovia Cornélio Pires. As altitudes na área encontram-se entre 515 e 645 metros. Ambos os Córregos citados, tratam-se de afluentes da margem esquerda do Córrego da Assistência, que por sua vez é afluente da margem esquerda do Rio Corumbataí em seu médio curso.

O Rio Corumbataí, por sua vez, deságua no Rio Piracicaba, importante afluente do Rio Tietê. A topografia das sub-bacias hidrográficas em questão reflete as características da bacia do Rio Corumbataí, considerada como pouco acidentada, com exceção das áreas de bordas próximo ao *front* cuestiforme, como é o caso da área bacia do Córrego das Taipas.

Na área da bacia do Rio Corumbataí afloram diversas Formações Geológicas que compõem a bacia sedimentar do Paraná. Em consequência disso, a região apresenta um vasto potencial para a exploração de recursos minerais não metálicos. Nas sub-bacias hidrográficas em estudo destacam-se a extração de argila, areia, calcário e basalto, minerais destinados, sobretudo, ao abastecimento do mercado da construção civil (QUADRO 1).

QUADRO 1 – Recursos minerais não metálicos identificados nas áreas das sub-bacias de estudo e seus respectivos mercados consumidores.

| TIPO DE RECURSO GEOLÓGICO | | SUB-BACIA HIDROGRÁFICA | FORMAÇÃO GEOLÓGICA E IDADE | UTILIZAÇÃO (mercado consumidor) |
|---------------------------|----------|-------------------------------------|---|--|
| Não metálico | Areia | Córrego das Taipas | Pirambóia e Santa Rita do Passa Quatro (Cenozoico) | Cerâmica vermelha, produtos de borracha, pisos e revestimentos, construção civil, extração e beneficiamento de minerais. |
| | Argila | Ribeirão Santa Gertrudes | Corumbataí (Paleozoico) | Construção civil, pavimentação asfáltica, aterro, manutenção de estradas. |
| | Calcário | Córrego Marroti e Córrego Gonçalves | Irati (Paleozoico) | Construção civil, corretivo de solos. |
| | Basalto | Alto Curso do Ribeirão das Araras | Serra Geral e intrusivas básicas associadas (Mesozoico) | Pavimentação asfáltica, construção civil. |

Fonte: DNPM (BRASIL, 2010). Org. pelo autor (2014).

A bacia sedimentar do Paraná tem sua origem no Devoniano, período de máxima transgressão marinha, que permitiu com que as águas do oceano Pacífico avançassem sobre a área continental, que se encontrava em altitudes menos elevadas que a atual, iniciando um intenso e longo processo de deposição de sedimentos, que durou até o Permiano, quando o mar regride e se retira por completo do continente (PETRI; FÚLFARO, 1983).

De acordo com Ab’Saber (1998) e Ross (1998), foi no Período Cretáceo (Mesozoico) que ocorreu a última extensiva fase deposicional na bacia sedimentar do Paraná, sujeita aos processos de subsidência. No Terciário, período pós-cretáceo, o continente sul-americano foi submetido a um intenso processo de soergimento orogênico em sua borda Oeste, originando a Cordilheira dos Andes, e a movimentos de epirogênese positiva que atingiram todo o restante do continente de maneira desigual, e originaram, por falhamento, as escarpas da Serra do Mar e da Mantiqueira na margem Leste continental (AB’SABER, 1998; ROSS, 1998).

Foram os movimentos de soergimento, associados ao processo de subsidência central e climático nas bacias sedimentares brasileiras, que deram início ao processo de circundesnudação em suas áreas de bordas. O processo de circundesnudação, citado por Ab’Saber (1998), é definido por Ross (1998, p.51) como “[...] um prolongado e generalizado desgaste erosivo que atuou sobre as bordas das bacias sedimentares, originando as depressões periféricas”. Almeida (1964, p. 228; 1974, p. 63) complementa essa informação no contexto do estado de São Paulo e situa essas terras “[...]sensivelmente rebaixada pela erosão, entre as terras altas do Planalto Atlântico e as cristas, igualmente elevadas, das Cuestas Basálticas”.

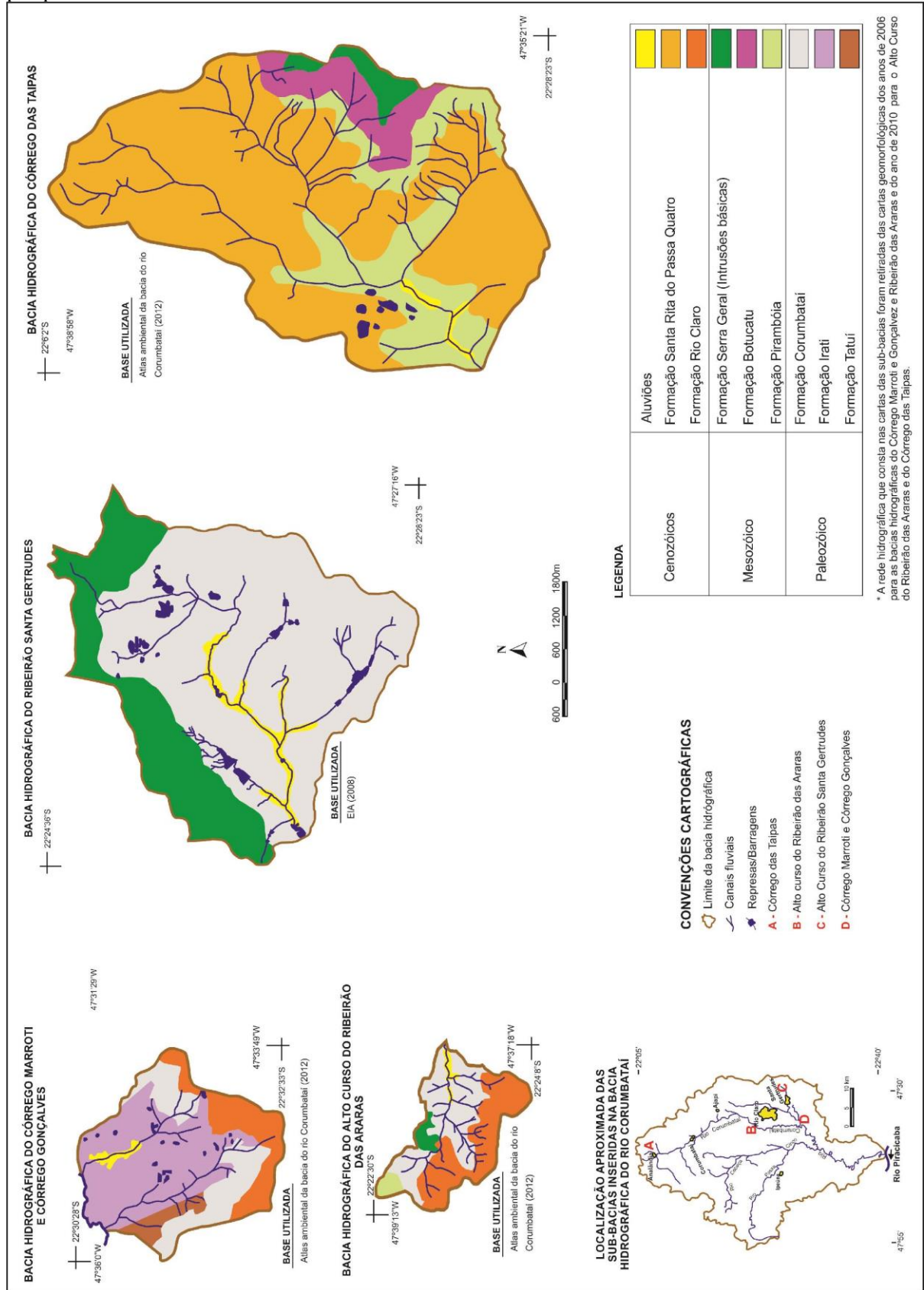
Ross (1990 apud ROSS; MOROZ, 1997, p. 45) salienta que esta depressão, situada na borda Leste da Bacia do Paraná, encontra-se quase totalmente esculpida nos sedimentos páleo-mesozoicos da bacia e apresenta características diversas de modelado “em função da influência tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos morfodinâmicos dos mais variados ambientes paleoclimáticos”.

Assim, é possível inserir a área de estudo, segundo a divisão geomorfológica do estado de São Paulo proposta por Ross e Moroz (1997), na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, e na unidade morfoescultural da Depressão Periférica Paulista, mais especificamente na Zona do Médio Tietê. Com relação a esta zona, o IPT (1981b), cita ser esta uma área drenada para o Rio Tietê, situada entre os divisores de água dos Rios Mogi-Guaçu e Paranapanema. Almeida (1974) salienta que de modo geral, a bacia do Rio Tietê na Depressão Periférica possui um relevo muito mais diversificado que as zonas vizinhas a essa, pois, esta área foi sujeita a um ciclo erosivo muito intenso que acabou por arrasar seu relevo, no qual se destacam apenas pequenas áreas de corpos basálticos que dão origem a claros ressaltos topográficos.

De modo geral, Almeida (1974, p. 63) expõe que a topografia da Depressão Periférica é pouco acidentada, com desníveis locais que raramente ultrapassam 200 metros, no qual “[...] predominam colinas baixas, de formas suavizadas, separadas por vales jovens, sem planícies aluviais importantes, determinados pela interseção dos perfis convexos das vertentes”. Ross (1990 apud ROSS; MOROZ, 1997, p. 45) complementa esta informação ao citar que “No trecho que compreende o território paulista esta unidade apresenta altitudes que oscilam entre 600 a 750 metros, sendo que as altitudes maiores margeiam as escarpas da frente da Cuesta sustentada principalmente por derrames basálticos”.

O processo de circundesnudação permitiu evidenciar em superfície o afloramento de diversas Formações Geológicas originadas a partir do Devoniano. Nas bacias estudadas esses afloramentos correspondem às Formações: Tatuí, Irati e Corumbataí, formadas durante o Paleozóico; Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, geradas durante o Mesozóico e; Rio Claro, Santa Rita do Passa Quatro e depósitos de Aluviões, encontrados em pequenas extensões, que recobrem áreas de fundos de vales em seu baixo curso, ocorridos durante o Cenozoico (FIGURA 2).

FIGURA 2 – Cartas geológicas das bacias hidrográficas selecionadas para o desenvolvimento dessa pesquisa.



Fonte: EIA/RIMA Complexo Argileiro de Santa Gertrudes (2008) e Atlas Ambiental da bacia do rio Corumbataí (2012). Org. pelo autor (2014).

A exploração de areia na sub-bacia hidrográfica do Córrego das Taipas, município de Analândia, ocorre sobre uma área de transição entre a Formação Pirambóia e Santa Rita do Passa Quatro. De acordo com o IPT (1981a), a Formação Pirambóia é caracterizada por uma sucessão de camadas arenosas avermelhadas que pode alcançar cerca de 350 metros de profundidade. Esses arenitos apresentam granulação de média a fina, sendo possível constatar maior fração argilosa na parte inferior dessa Formação, do que na parte superior, onde pode ocorrer localmente a presença de arenitos grossos, conglomeráticos (IPT, 1981a).

A Formação Santa Rita do Passa Quatro, por sua vez, apresenta-se pouco espessa, variando de centímetros a poucos metros de profundidade, porém com ampla distribuição superficial, sobretudo na região do município de Santa Rita do Passa Quatro (MASSOLI, 1980, 1981, 1983). É constituída por areias finas inconsolidadas, compostas basicamente por quartzos pobremente selecionados (MASSOLI, 1980, 1981, 1983). Supõe-se que a deposição desse material tenha ocorrido em ambiente de colúvio e elúvio, não apresentando estrutura sedimentar definida. Essa formação é comumente confundida com os solos das Formações Pirambóia e Botucatu (MASSOLI, 1980, 1981, 1983; FACINCANI, 2000). A Formação Santa Rita do Passa Quatro recobre de forma discordante litologias mais antigas do Cenozoico, Mesozoico, Paleozoico e do embasamento cristalino e grande parte da base dessa Formação é composta por uma linha de seixos ou cascalhos de quartzo e limonita (MASSOLI, 1980, 1981, 1983 apud FACINCANI, 2000).

A exploração do calcário dolomítico nas sub-bacias do Córrego Marroti e Córrego Gonçalves, são realizados por várias pedreiras situadas no Distrito de Assistência, próximo à área urbana de Rio Claro. As rochas calcárias são provenientes da Formação Irati, descrita pelo IPT (1981a, p.58), como uma Formação constituída por “[...] Folhelhos pirobotuminosos, folhelhos pretos não betuminosos, dolomitos cinzentos e alternados com folhelhos escuros, por vezes nodulosos, calcários mais ou menos intensamente dolomitizados, siltitos, folhelhos e arenitos finos, cinzentos”. Além disso, “Arenitos de granulação fina a grossa, conglomerática, e camadas de conglomerado ocorrem ocasionalmente na base da formação” (IPT, 1981a, p.58).

A exploração da argila na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes encontra-se vinculada ao afloramento da Formação Corumbataí, fonte de matéria-prima utilizada pelo maior e mais importante Polo Cerâmico das Américas, o de Santa Gertrudes. De acordo com Landim (1970), esta Formação é constituída por siltitos, folhelhos e argilitos com intercalação de camadas carbonáticas e coquinas.

A exploração do basalto na sub-bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras encontra-se relacionada à Formação Serra Geral e rochas intrusivas associadas. De acordo com Scheneider et al. (1974), essa Formação resulta de um intenso vulcanismo, sendo que na área em questão, a rocha aflorante são os basaltos.

Além das formações diretamente exploradas pelas atividades de mineração, ocorre a presença de outras formações, tais como a Formação Botucatu, Formação Tatuí, Formação Rio Claro e depósitos Cenozoicos.

A Formação Botucatu, dentro da Depressão Periférica, recobre a Formação Pirambóia; sendo constituída quase que totalmente por “arenitos de granulação fina a média, uniforme, com boa seleção de grãos foscos com alta esfericidade. São avermelhados e exibem estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte, característica de dunas caminhantes” (IPT, 1981a, p. 63). O IPT (1981a, p. 63) cita que na parte inferior dessa Formação “[...] intercalam-se arenitos de deposição subaquosa. Constituem corpos lenticulares de arenitos heterogêneos, de granulação média a grossa, passando a arenitos conglomeráticos, cujos seixos são em sua maioria de quartzo e quartzito”.

A Formação Tatuí é composta predominantemente por siltitos e em menor escala, encontram-se arenitos, calcários, folhelhos e sílex (IPT, 1981a). A obra do IPT (1981a) relata que o membro inferior dessa formação é composto em sua maior parte por siltitos, podendo incluir arenitos finos com estratificação plano-paralela, finas camadas calcárias de cor cinzenta arroxeadas e sílex. Da mesma forma, o membro superior é de natureza siltica, sendo “frequentes as intercalações de arenito fino, maciço, com pequenas concreções calcárias. Podem ocorrer bancos calcários, assim como conglomerados com seixos angulosos e arredondados de quartzo de sílex com até 5 centímetros de diâmetro” (IPT, 1981a, p. 56 e 57).

A Formação Rio Claro assenta-se em discordância, em grande parte sobre a Formação Corumbataí, e em menor proporção sobre as Formações Pirambóia e Irati (ZAINÉ, 1994). É constituída por arenitos intercalados por lentes de argilitos e conglomerados formados por quartzo, quartzito, arenito, basalto, fragmentos de lateritas ferruginosas e calcários (ZAINÉ 1994; FACINCANI, 2000). Em superfície, a faixa de exposição dessa Formação é de aproximadamente 10 km e sua espessura média em profundidade é de aproximadamente 30 metros, chegando a atingir 39 metros na região do Distrito Industrial, Município de Rio Claro (SP) (ZAINÉ, 1994). A Formação Rio Claro recobre os principais interflúvios da região do Ribeirão Claro, formando extensos tabuleiros (ZAINÉ, 1994).

Os depósitos Cenozoicos encontrados na área de estudo, denominados de Aluviões, são areias e argilas inconsolidadas de granulações variáveis, que se depositam na área de fundo de vale dos principais canais fluviais (EIA, 2008).

A área em estudo serve como zona de passagem e encontro entre massas de ar com diferentes características da circulação atmosférica regional, o que lhe confere o caráter de zona climática transicional (PENTEADO, 1966). De acordo com Penteado (1966), a zona central da Depressão Periférica, que corresponde a Zona do Médio Tietê segundo Ross e Moroz (1997), constitui-se em uma área no qual sistemas tropicais e extratropicais se interseccionam, o que leva ao predomínio de chuvas do tipo frontal.

A classificação climática estabelecida por Monteiro (1973) para o estado de São Paulo permite inserir as bacias hidrográficas em análise no setor centro-norte do estado, caracterizado pela existência de períodos alternadamente quente-úmido e frio-seco. Monteiro (1973) destaca que a frequência pluviométrica diminui consideravelmente da região central em direção ao setor norte, culminando no setor mais seco do estado e salienta que o setor centro-norte trata-se de uma área onde a massa Tropical Atlântica é bastante atuante.

A parte meridional da Depressão Periférica Paulista, onde se localizam as bacias hidrográficas do Alto Curso do Ribeirão das Araras, Ribeirão Santa Gertrudes e o Córrego Marroti e Córrego Gonçalves, caracteriza-se por nebulosidade reduzida e umidade moderada, fatores esses que permitiram que Rio Claro (SP) ficasse conhecida como “Cidade Azul” (MONTEIRO, 1973). Já o setor mais a oeste, próximo ao *front* cunha-forme, onde se localiza o Córrego das Taipas, apresenta um pequeno aumento de pluviosidade no inverno devido ao efeito orográfico (MONTEIRO, 1973).

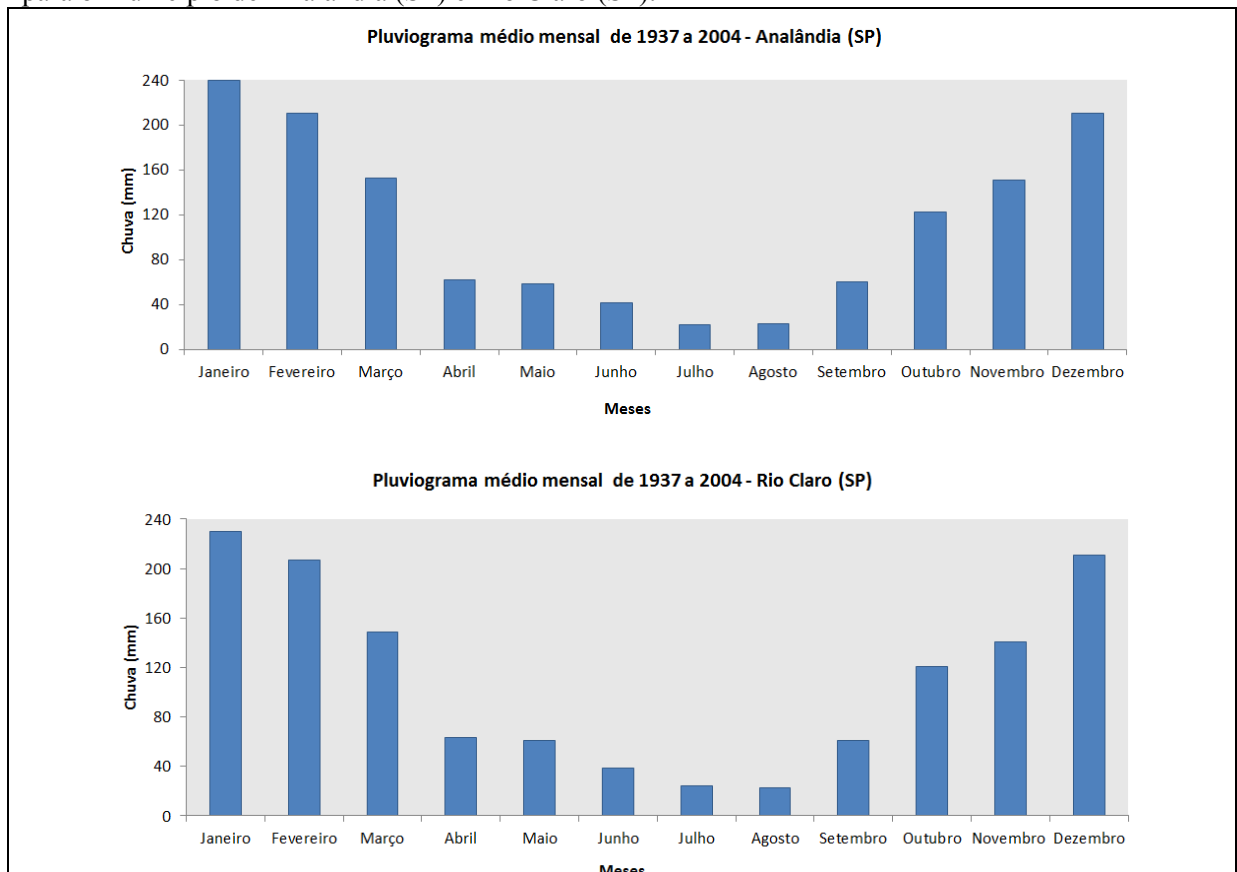
É sob essas condições climáticas que drena o rio Corumbataí. Almeida (1974) relata que o Rio Corumbataí é o único que percorre mais de 100 km no sentido Norte-Sul na Depressão Periférica, o que denota o seu surgimento tardio no cenário da evolução geomorfológica da área. Penteado (1976) salienta que tal orientação vincula-se a condicionantes tectônicos, que de acordo com Zaine (1994) afetaram a região no Pós-Cretáceo, originando fortes falhamentos. Desta forma, Ab’Saber (1969) classifica o Rio Corumbataí como recente-subsequente.

O Rio Corumbataí possui padrão meandrante e fundo de vale relativamente plano, sendo no alto curso encachoeirado, onde ocorrem vales estreitos e profundos. De acordo com Zaine (1994) e Conceição (2000), o Rio Corumbataí possui uma extensão de aproximadamente 120 km, tendo suas nascentes na Serra de Santana, a aproximadamente 800 m de altitude. O Rio Corumbataí deságua no Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba, a uma

altitude de 470 m. A vazão média mensal é de 26,45 m³/s, sendo a vazão média mensal máxima de 168,36 m³/s, registrada no mês Fevereiro de 1995, e vazão média mensal mínima de 5,96 m³/s, registrada no mês de Setembro de 1994 (CONCEIÇÃO, 2000).

Dados pluviométricos obtidos por meio do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH, 2012) registram, com base em dados compilados entre os anos de 1937 e 2004, que a média mensal acumulada de chuva é menor nos meses de Junho, Julho e Agosto e maiores nos os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Dados pluviométricos acumulado médio mensal obtidos entre os anos de 1937 e 2004 para o Município de Analândia (SP) e Rio Claro (SP).



Fonte: SIGRH (2012). Org. pelo autor (2014).

A interação entre os contextos geológico, climático e geomorfológico deram origem às diversas classes de solos da área. Parte dos dados pedológicos foram compilados de Koffler (1992), na escala 1:50.000, ajustados para escala de análise 1:10.000, e reambulados em campo com a finalidade de adequação dos detalhes à escala adotada nessa pesquisa. Os dados pedológicos do Ribeirão Santa Gertrudes foram obtidos por meio do EIA (2008) “Complexo Argileiro de Santa Gertrudes”, que realizou o mapeamento da área na escala 1:10.000.

Constatou-se que as nomenclaturas utilizadas no mapeamento realizado por Koffler (1992) eram antigas. Assim, essas foram modificadas com base na proposta da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999). As obras da própria EMBRAPA (1999) e de Oliveira (1999) foram utilizadas para ajustar os tipos de solos a essa nova nomenclatura. Já a descrição das características desses solos foi pautada em Oliveira e Prado (1984a,b). Os solos que se desenvolvem na área de estudo são descritos a seguir e podem ter sua distribuição espacial visualizada na Figura 3.

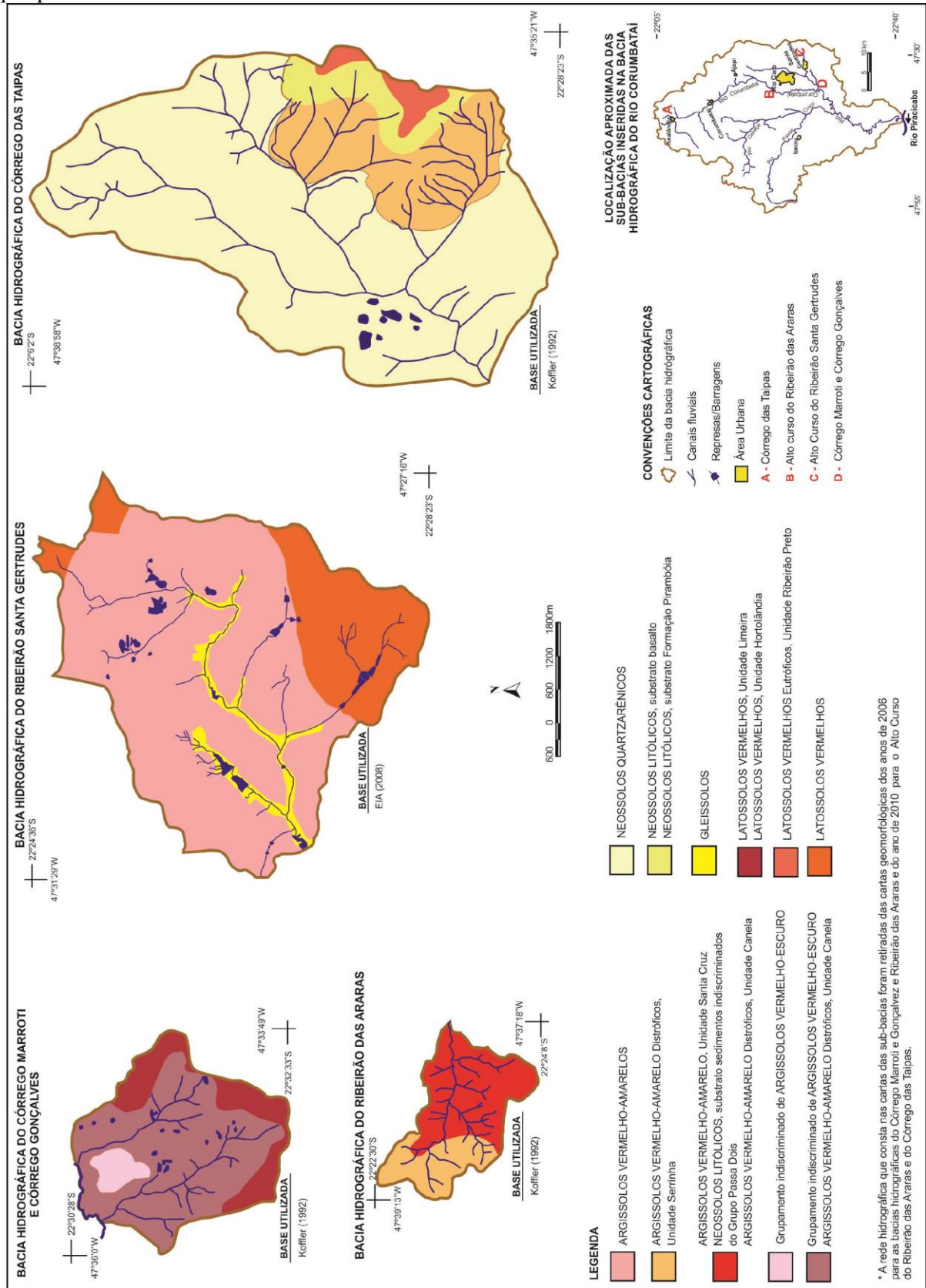
- ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, Nessa região apresentam espessuras médias de um metro e máxima de dois metros nos pontos mais desenvolvidos (EIA, 2008). A textura dos argissolos na área é predominantemente argilosa em decorrência das características do subsolo, o que garante boas condições para a prática da agricultura e outros usos (EIA, 2008).

- LATOSSOLOS VERMELHOS, de constituição mineral, apresentam horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A e pode apresentar perfis espessos nas parcelas do relevo mais suavizados (EIA, 2008). São solos que apresentam grande porosidade, o que permite uma boa drenagem interna, facilitando os usos agrícolas ou outros usos (EIA, 2008).

- GLEISSOLOS, de constituição mineral, com horizonte glei inserido nos primeiros 50 cm da superfície, imediatamente abaixo do horizonte A, e com horizonte B incipiente ou ausente (EIA, 2008). Diante do fato do nível do lençol freático encontrar-se próximo da superfície nestes solos, há pouca aeração e o oxigênio é consumido rapidamente pelos micro-organismos, fato este que dificulta ou inibe o crescimento das raízes das plantas (EIA, 2008). Na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, a textura desses solos são predominantemente argilosos em consequência dos depósitos aluviais que ali ocorrem (EIA, 2008).

- ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO, Unidade Santa Cruz (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999), caracterizam-se por “argila de baixa atividade, abrupto ou com relação textural acentuada, distrófico ou álico, A moderado, textura média/argilosa, média/muito argilosa ou argilosa” (OLIVEIRA; PRADO, 1984b, p.108; KOFFLER, 1992). Caracteriza-se por apresentar solos que vão de raso a moderadamente profundos, com espessuras que variam entre 60 cm e 150 cm, sendo que o horizonte A raramente ultrapassa 30 cm (OLIVEIRA; PRADO, 1984b). Sua textura varia entre arenosa e argilosa, porém há o predomínio de solos com textura média (OLIVEIRA; PRADO, 1984b).

Figura 3 – Tipo de solos nas bacias hidrográficas selecionadas para o desenvolvimento dessa pesquisa.



Fonte: Koffler (1992) e EIA (2008). Org. pelo autor (2014).

- ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO Distróficos, Unidade Serrinha (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999), apresenta “argila de baixa atividade, abrupto, distrófico ou álico, A moderado, textura arenosa/média” (KOFLE, 1992; OLIVEIRA; PRADO, 1984b, p. 113). Essa unidade apresenta horizonte A fraco ou moderado, fino arenoso com espessura superior a 50 cm, mudança textural abrupta, horizonte B com espessura superior a 100 cm e textura média e seu substrato é composto por arenitos da Formação Botucatu-Pirambóia (OLIVEIRA; PRADO, 1984b). Ainda de acordo com Oliveira e Prado (1984b) devido às características de declive acentuado e textura contrastante, os solos desta Unidade são muito susceptíveis à erosão, sobretudo nas áreas submetidas à agricultura, sendo a vegetação primitiva caracterizada por mata tropical subcaducifólia.

- ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO Distróficos, Unidade Canela (EMBRAPA, 1999), caracteriza-se por “argila de atividade baixa, álico, A moderado, textura média/argilosa” (OLIVEIRA; PRADO, 1984b, p. 132). Oliveira e Prado (1984b) descrevem que estrutura e cerosidade são no máximo moderada, com acréscimo de Al^{3+} em profundidade e seu substrato é composto por sedimentos suprabasálticos provenientes da Formação Itauqueri e Grupo Bauru.

- LATOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos, Unidade Ribeirão Preto (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999), apresenta horizonte A moderado, textura muito argilosa ou argilosa (OLIVEIRA; PRADO, 1984b; KOFLE, 1992). Esse tipo de solo chega a atingir vários metros de profundidade, sendo difícil diferenciar os horizontes e subhorizontes devido sua acentuada homogeneidade vertical (OLIVEIRA; PRADO, 1984b). Na depressão periférica, esse solo ocorre associado às intrusivas básicas. Devido aos seus baixos declives, que variam de 3 a 5%, e suas características físicas e químicas, é intensamente utilizado pela agricultura, o que resulta na destruição das camadas superficiais do solo (OLIVEIRA; PRADO, 1984b).

- LATOSSOLOS VERMELHOS, Unidade Limeira (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999, OLIVEIRA; PRADO, 1984b; KOFLE, 1992), caracteriza-se por apresentar caráter álico, A Moderado, textura argilosa ou muito argilosa. A textura argilosa deriva do intemperismo e retrabalhamento de sedimentos finos, argilitos e siltitos, além de outras rochas básicas (OLIVEIRA; PRADO, 1984b). Esse tipo de solo encontra-se situado próximo às intrusivas básicas ou a embasamentos basálticos (OLIVEIRA; PRADO, 1984b).

- NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (EMBRAPA, 1999) (OLIVEIRA; PRADO, 1984b). De acordo com Oliveira e Prado (1984b) essa classe de solos apresenta espessura superior a 200 cm e ausência de hidromorfismo a menos de 80 cm de profundidade.

- NEOSSOLOS LITÓLICOS, substrato Formação Pirambóia (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999), caracteriza-se por ser Eutrófico ou Distrófico, A moderado ou chernozêmico, textura indiscriminada, substrato arenitos da Formação Pirambóia (KOFLER, 1992).

- NEOSSOLOS LITÓLICOS, substrato basalto (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999), A moderado, textura argilosa, substrato basalto (OLIVEIRA; PRADO, 1984a; KOFLER, 1992).

- NEOSSOLOS LITÓLICOS, substrato sedimentos indiscriminados do Grupo Passa Dois (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999), caracterizam-se por sere Eutrófico ou Distrófico, A moderado proeminente ou chernozêmico, substrato sedimentos indiscriminados do Grupo Passa Dois (KOFLER, 1992).

- Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-ESCURO (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificado por Kofler (1992) como PE – Grupamento indiscriminado de Podzólicos Vermelho-escuro (KOFLER, 1992). Essa denominação não encontra correspondente na classificação de Oliveira e Prado, (1984), desta maneira realizou-se apenas a adaptação do primeiro nível categórico de acordo com a EMBRAPA (1999).

Resultantes da interação entre os contextos geológicos, climáticos, geomorfológicos e pedológicos, têm-se o estabelecimento vegetacional na área. Oliveira e Prado (1984a,b), Troppmair (1969) e Camargo et al. (1971) relatam ser escassas as revisões de literatura que descrevem o tipo de cobertura vegetal primitiva da bacia do Rio Corumbataí, na qual se insere a área de estudo. Troppmair (1969) propõe um método relativo de caráter toponímico, com base no qual consegue distinguir diferentes áreas e faixas de vegetação no estado de São Paulo.

Troppmair (1970, citado por CAMARGO et al., 1971), estabelece uma relação entre a predominância climática do estado de São Paulo e a cobertura vegetal original. O pesquisador considera a inserção de grande parte do estado no clima tropical com dois períodos bem definidos, o que o leva a considerar que no passado 80% deste estado foi recoberto pela mata tropical latifoliada, incluindo as áreas de estudo.

Conforme relata Viadana (1985, p. 33) constata-se a ausência das madeiras de lei na área da bacia do rio Corumbataí, “evidenciando serem as matas ciliares e as reservas florestais na região, uma formação secundária consequente à ação antrópica”. Outra formação vegetal destacada por Viadana (1985) e presente neste cenário, é a presença de campos sujos e cerrados, que são sustentados por solos pobres em nutrientes minerais e orgânicos, além de degradados por queimadas.

Camargo et al. (1971) salientam que a cobertura vegetal original foi devastada, sobretudo diante do avanço da cultura cafeeira e da implantação de estradas de ferro, que alcançou o interior paulista e a bacia do Rio Corumbataí, por volta da segunda metade do século XIX e dinamizou as atividades vinculadas a este setor por permitir o fácil escoamento da produção ao Porto de Santos, restando apenas pequenas reservas da vegetação original espalhadas pelo território paulista. Camargo et al. (1971) destacam que a produtividade destas terras esgotou-se rapidamente, o que contribuiu com a destruição de grandes extensões das matas galerias, vegetação predominante ao longo dos cursos d'água. Outro fator que colaborou com a derrubada da mata nativa foi a instalação de numerosas olarias sobre a Formação Corumbataí, que se utilizavam da lenha advinda das últimas reservas da mata tropical latifoliada para alimentar os fornos de fabricação de telhas e tijolos (CAMARGO et al, 1971).

Nesse contexto, Conceição e Bonotto (2002) e Conceição et al. (2009), destacam que a bacia do Rio Corumbataí apresenta sérios problemas ambientais devido ao uso e ocupação do solo, principalmente os relacionados ao lançamento de esgotos “in natura” nos corpos d'água, atividades agrícolas e mineração. Apesar dessa constatação e de diversos autores discorrerem sobre diversos tipos de degradação como as ocorridas no meio agrícola, de acordo com a Constituição Federal Brasileira, somente a mineração consta como atividade degradante¹ que deve ser obrigatoriamente recuperada (Capítulo VI, Artigo 225, Parágrafo 2º.).

Ainda com relação à mineração, a Constituição Federal (Capítulo II, Artigo 20, inciso IX), estabelece que os “recursos minerais, inclusive os do subsolo”, são bens que pertencem à União, e destaca no Artigo 176 que as “jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra”. Desta forma, a Lei distingue o que vem a ser propriedade do solo, entendido nesse trabalho como a terra, pertencente a uma pessoa física ou jurídica sobre o qual predominam diferentes tipos de usos, da propriedade de uma jazida², em lavra³

¹ O manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela mineração (IBAMA, 1990) define que: “a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócioeconômico”.

² O Decreto-Lei 227 de 28/02/1967 define Jazida como “toda massa individualizada de substância mineral ou fósil, aflorando à superfície ou existente no interior da terra, e que tenha valor econômico; e mina, a jazida em lavra, ainda que suspensa”.

ou não. Portanto, é necessário que o dono do solo ou um terceiro, requeira à União para explorar um recurso mineral. No caso de autorização por parte da União, o requerente se tornará o concessionário, com direitos de exploração sobre uma determinada jazida. Caso o concessionário seja um terceiro, o Artigo 17, Parágrafo 2º. Da Constituição Federal, assegura “participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma e no valor que dispuser a lei”. O regime de autorização e concessão de lavra é regularizado no país pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, o afloramento da Formação Corumbataí, propicia a exploração da matéria-prima utilizada pelas indústrias cerâmicas do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (SP). Polo, esse, formado por oito municípios, nos quais, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Rio Claro, Limeira, Ipeúna, Araras e Piracicaba, concentram 45 empresas do setor, sendo essas responsáveis por 56% da produção brasileira, o que equivale a uma produção de cerca de 423 milhões de m² de revestimento cerâmico por ano (BNDES 2006, ASPACER 2010). É nesses mesmos municípios mais o de Charqueada, com excessão de Piracicaba e Araras, que se concentram as áreas onde são exploradas as argilas que abastecem o Polo (EIA 2008). Com relação à situação de exploração dessas minas, Gaspar Júnior (2003) afirmou que essas deveriam ser melhor gerenciadas, para se evitar o esgotamento precoce desse recurso mineral, estimando-se um tempo de vida útil de 14 anos para as minas em atuação no ano de 2003.

Desde o ano de 2004, a bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, que já foi amplamente explorada e ainda possui um grande potencial para a extração de argila, está com parte de sua lavra paralisada devido aos problemas com a legislação ambiental. Essa área corresponde a uma parcela do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes, que soma 8 empreendimentos com 16 processos no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), os quais já atingiram o pico de 340.900 m³ de extração mensal de argila de suas minas (EIA 2008). Esse Complexo apresenta 36,5 hectares de área e busca, a partir da aprovação de um Estudo de Impactos Ambientais e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), o qual vem sendo avaliado pelos órgãos competentes, um parecer favorável à continuação e expansão das áreas a serem lavradas (Reis 2009).

Assim, a grande escala de exploração dos recursos minerais na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, que nem sempre ocorre de forma planejada e ambientalmente

³ O Decreto-Lei 227 de 28/02/1967, define lavra como “o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas”.

sustentável, associado a áreas de cultivo de gêneros agrícolas, no qual se destaca a cana-de-açúcar, provocou uma série de impactos ambientais⁴ na área de estudo. Por um longo período de tempo, a extração desordenada da argila causou impactos nos meios físicos, bióticos e socioeconômicos na área. Realizada a céu aberto, Christofolletti (1999b, p. 2) salienta que a lavra da argila era realizada geralmente “[...] sem qualquer planejamento, o que provoca a degradação de importantes depósitos e, conseqüente, desconfiguração da paisagem, que às vezes, termina em verdadeiras formações lacustres”.

No município de Analândia (SP), onde se localiza a bacia hidrográfica do Córrego das Taipas, o afloramento da Formação Santa Rita do Passa Quatro permitiu a instalação de empresas minerárias vinculadas à extração da areia, como é o caso da Mineração Jundú LTDA, que possui uma unidade situada na área de estudo, de onde extrai areias quartzosas e sílicas moídas. Essa empresa que possui minas de areia nos estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, é classificada pelo Anuário Mineral Brasileiro (BRASIL, 2010), publicado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), como responsável pelo comércio de 45,23% das areias industriais⁵ do país.

Entre as décadas de 1980 e 1990, ocorreu no estado de São Paulo, um deslocamento progressivo da produção de areia industrial do setor litorâneo para a região centro-leste, sobretudo para a região da Depressão Periférica Paulista (FERREIRA et al., 2003; EIA 2009). O EIA (2009) da mineração JUNDU, salienta que as mineradoras de areia quartzosa no estado de São Paulo, possuem suas principais jazidas e unidades de beneficiamento situadas nos municípios de Descalvado, Analândia, Rio Claro e São Simão.

De acordo com o EIA (2009), a maior variação de consumo e produção da areia industrial ocorreu no início da década de 1990, quando a produção saltou de 1.785.000 toneladas por ano em 1992, para mais de 3.500.000 toneladas por ano em 1995, atingindo seu pico de produção no ano de 2004, com mais de 3,8 milhões de toneladas. Ferreira et al. (2003) enfatizam que as reservas de areia industrial nesse estado são suficientes para garantir o abastecimento do mercado consumidor por mais 200 anos.

⁴ Impacto ambiental é definido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 2008).

⁵ Areia industrial é definido pelo Ministério das Minas e Energia e pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (MME/DNPM 1988b, p.24) como “material granuloso composto predominantemente por quartzo (SiO₂), contendo quantidades pequenas e controladas de outros minerais. É chamada de areia industrial porque se destina a suprir as necessidades de sílica moída ou em grãos, da indústria de transformação em geral”.

De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro de 2010 (ano base de 2009), no cenário brasileiro, os principais setores de consumo da areia industrial ocorrem na construção civil (30,67%), seguido pela indústria do vidro (27,05%), fundição (24,77%), argamassa para construção (6,45%) e demais usos (11,06%) conforme especificado no Quadro 2, sendo o Estado de São Paulo responsável pelo consumo de mais da metade dessas substâncias (55,82%).

QUADRO 2 - Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de areia industrial.

| MERCADO CONSUMIDOR – 2009 | |
|---|--|
| Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de areia industrial | |
| DISTRIBUIÇÃO REGIONAL | SETORES DE CONSUMO / USO |
| SP (55,82%), SC (13,18%), MG (10,07%), PE (5,06%), RJ (4,24%), PB (1,86%), RS (1,59%), PR (1,14%), PA (0,51%), SE (0,26%), ES (0,03%). Não informado (6,24%). | Construção civil (30,67%), Vidros (27,05%), Fundição (24,77%), Argamassa para construção (6,45%), Outros produtos químicos (4,77%), Filtros (1,58%), Siderúrgica (1,28%), Pisos e revestimentos (0,80%), Cimento (0,79%), Metalurgia dos não-ferrosos (0,51%), Cerâmica branca (0,33%), Isolante térmico (0,20%). Aparelhamento de pedras – para Construção (0,20%), Abrasivos (0,18%), Construção/Manutenção de estradas (0,15%), Artefatos de concreto (0,09%), Lastro (Ferrovias) (0,08%), Refratários (0,03%), Extração e Beneficiamento de Minerais (0,03%). Tratamento de Água/Esgoto (0,02%), Ornamentação (0,01%), Concreto para construção (0,01%). |

Fonte: Brasil (2010). Org. pelo autor (2014).

Nas sub-bacias hidrográficas do Córrego Marroti e do Córrego Gonçalves ocorre uma intensa exploração do calcário. Esse mineral pode ser utilizado com diversas finalidades, como matéria-prima para a construção civil, fabricação de cal, cimento, corretivo para solos ácidos, na indústria de papel, vidro, plástico, química, siderúrgicas, refratários, entre outros. De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro de 2010 (BRASIL, 2010), a produção do calcário bruto (não beneficiado) ocorre em quase todos os estados brasileiros e de acordo com as estimativas no ano de 2009, é de que o Brasil possui uma reserva lavrável⁶ de 25.369.280.183 toneladas. Martins Neto e Ramalho (2010) ressaltam que esse montante de reserva representa centenas de anos de produção, nos níveis atuais de produção do calcário bruto e beneficiado, que de acordo com o DNPM (BRASIL, 2010) é da ordem de

⁶ O DNPM (BRASIL, 2010, p.863) define *Reserva Lavrável* como “a reserva *in situ*” estabelecida no perímetro da unidade mineira determinado pelos limites da abertura de exaustão (cava ou flanco para céu aberto e realces ou câmaras para subsolo), excluindo os pilares de segurança e as zonas de distúrbios geo-mecânicos. Corresponde à reserva técnica economicamente aproveitável levando-se em consideração a recuperação da lavra, a relação estéril/minério e a diluição (contaminação do minério pelo estéril), decorrentes do método de lavra”.

112.971.225 de toneladas por ano no país. O estado de São Paulo possui uma reserva lavrável de calcário estimada na ordem de 1.951.705.729 toneladas (BRASIL, 2010).

De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro de 2010 (ano base de 2009), os principais setores de consumo do calcário do país ocorrem na produção do cimento (39,6%), seguido pela indústria de extração e beneficiamento de minerais (14,3%), corretivo de solos (11,33%), siderúrgica (4,21%), construção civil (3,1%) e demais usos (27,46%) conforme especificado no Quadro 3, sendo o estado de São Paulo responsável pelo consumo de 9,77% dessas substâncias (QUADRO 3).

QUADRO 3 - Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de calcário

| MERCADO CONSUMIDOR – 2009 | |
|--|---|
| Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de calcário | |
| DISTRIBUIÇÃO REGIONAL | SETORES DE CONSUMO / USO |
| MG (20,72%), SP (9,77%), ES (9,39%), PR (7,56%), PA (7,31%), RJ (6,33%), SE (4,37%), AM (4,02%), CE (4,01%), PE (3,39%), MA (0,79%), GO (0,75%), MT (0,46%), RS (0,46%), SC (0,3%), PB (0,16%), MS (0,13%), RN (0,1%), BA (0,03%), DF (0,01%). Não informado (19,94%). | Cimento (39,6%), Extração e beneficiamento de minerais (14,3%), Corretivo de solos (11,33%), Siderúrgica (4,21%), Construção civil (3,1%). Outros produtos químicos (2,7%), Cal (2,06%), Condicionador de solos (0,68%), Tintas, esmaltes e vernizes (0,41%), Ração animal (0,4%), Papel e celulose (0,32%), Argamassa para construção (0,22%), Enrocamentos (0,19%), Artefatos de concreto (0,17%), Cerâmica branca (0,17%), Construção/Manutenção de estradas (0,16%), Fertilizantes (0,04%), Isolante térmico (0,03%), Produtos de borracha (0,02%), Sabões, detergentes e produtos de limpeza (0,02%), Comércio de materiais de construção (0,02%), Pavimentação asfáltica (0,01%), Produtos farmacêuticos e veterinários (0,01%), Fabricação de peças para freios (0,01%). Não informado (19,82%). |

Fonte: Brasil (2010). Org. pelo autor (2014).

As áreas de mineração existentes nas bacias hidrográficas do Córrego Marroti e do Córrego Gonçalves são notórias e há registros de que a extração do calcário dolomítico ocorra na área desde meados da primeira metade do Século XX. Atualmente existem na área de estudo duas empresas que realizam a extração do calcário: a Paternal-Partezani Calcários Ltda, que iniciou suas atividades na área no ano de 1965 e foi uma das empresas pioneiras da América Latina no ramo da produção do pó de calcário para utilização como corretivo de solo, tendo até o ano de 2010 comercializado aproximadamente 9.000.000 toneladas da matéria-prima (MARTINS NETO, RAMALHO, 2010) e a Calcário Sartori Ltda – ME que deu início à extração de matéria-prima na área no ano de 1981.

A última bacia hidrográfica em análise trata-se do Alto Curso do Ribeirão das Araras, onde rochas intrusivas associadas à Formação Serra Geral permitem a exploração de rochas britadas, provenientes do basalto. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME,

2009), brita é o produto de um processo de fragmentação de vários tipos de rochas que apresentam elevado grau de dureza. Esses fragmentos de rochas duras são extraídos, com o auxílio de explosivos, de maciços rochosos, sendo as rochas mais utilizadas em sua produção o granito, gnaisse, basalto, diabásio, calcário e dolomito.

No Brasil, aproximadamente 85% das britas produzidas advêm do granito e gnaisse, 10% do calcário e dolomitos e os 5% restantes de basalto e diabásio e os produtos gerados a partir do processo de beneficiamento, britagem e peneiramento, são o rachão, gabião, brita graduada, brita corrida, brita 1, brita 2, brita 3, brita 4, brita 5, pedrisco ou brita 0, pó de pedra e areia de brita (MME, 2009). O seu uso pela indústria da construção civil é amplo, podendo ser utilizado em concretos, pavimentações, edificações, obras de construção de ferrovias, túneis, barragens, aterros, contenção de erosão em encostas ou manutenção de estradas de terra, entre outros (MME, 2009).

No Brasil, os dados de produção e valor da brita são estimados. Durante muitos anos as rochas britadas, ornamentais e de cantaria pertenciam a um mesmo grupo estatístico, devido a um elevado grau de informalidade existente no setor (MME, 2009). Isso não significa que eram ilegais, já que muitas possuíam situação legal diante às prefeituras municipais, estado e União, recolhendo suas taxas de impostos, porém não eram formalizadas junto ao DNPM e conseqüentemente não entregavam o Relatório anual de lavra, que compõe a fonte de informação das estatísticas do Anuário Mineral Brasileiro (MME, 2009). A formalização dos produtores de brita começou a melhorar na década de 1980 e no final da década de 1990 passou-se a utilizar uma metodologia específica para obtenção de informações sobre a produção de areia e brita com base no consumo de cimento e outros índices da construção civil (MME, 2009).

O MME (2009) apresenta dados dos níveis de consumo de brita no Brasil entre os anos de 1975 e 2007, construída com base no consumo anual de cimento. Estima-se que, para cada tonelada de cimento, $2,17\text{m}^3$ de brita foram consumidos (TABELA 1).

TABELA 1 – Consumo de brita no Brasil entre os anos de 1975 e 2007

| CONSUMO DE BRITA NO BRASIL (10 ⁶ t) (1975 – 2007) | | | | | |
|--|-------|-------------|--------|-------------|--------|
| 1975 | 57,80 | 1986 | 87,57 | 1997 | 133,46 |
| 1976 | 66,14 | 1987 | 87,79 | 1998 | 139,37 |
| 1977 | 72,78 | 1988 | 87,78 | 1999 | 139,57 |
| 1978 | 79,95 | 1989 | 89,98 | 2000 | 137,87 |
| 1979 | 86,02 | 1990 | 94,91 | 2001 | 134,94 |
| 1980 | 93,34 | 1991 | 94,91 | 2002 | 134,74 |
| 1981 | 90,10 | 1992 | 83,69 | 2003 | 120,88 |
| 1982 | 88,36 | 1993 | 86,64 | 2004 | 123,81 |
| 1983 | 72,42 | 1994 | 87,91 | 2005 | 130,48 |
| 1984 | 67,04 | 1995 | 99,10 | 2006 | 142,14 |
| 1985 | 71,34 | 1996 | 121,26 | 2007 | 156,19 |

Fonte: MME, 2009. Org. pelo autor (2014).

No ano de 2009, o DNPM (2010) publicou que a quantidade de rochas britadas era da ordem de 308.861 toneladas e, cascalhos produzidos, bruto e beneficiado, de 68.283.925 toneladas. Desses totais, o mercado consumidor do estado de São Paulo, do cascalho e rochas britadas em seu estado bruto, foi responsável pelo consumo de 5,18% (QUADRO 4) e dos produtos beneficiados 42,01% (QUADRO 5), sendo o setor da construção civil o de maior consumo desses produtos (QUADRO 4 e 5).

QUADRO 4 - Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de rochas britadas e cascalhos bruto.

| MERCADO CONSUMIDOR – PRODUTOS BRUTOS – 2009 | |
|--|---|
| Distribuição regional setorial da quantidade consumida de rochas britadas e cascalhos | |
| DISTRIBUIÇÃO REGIONAL | SETORES DE CONSUMO / USO |
| SC (15, 57%), RJ (12,58%), MS (10,20%), RN (8,17%), MG (7,29%), PB (5,89%), SP (5,18), RS (4,19%), SE (3,67%), MT (3,08%), PE (2,59), BA (1,85), DF (1,83%), GO (0,91%), PI (0,46%), PA (0,45%), ES (0,22%), MA (0,17%), RO (0,14%), AM (0,14%), AP (0,07%), RR (0,07%), CE (0,03%), TO (0,02%). Não informados (5,31%). | Construção civil (40,71%), Construção/Manutenção de estradas (34,34%), Pavimentação asfáltica (11,54%), Madeira (4,3%), Aterro (1,6%), Argamassa para construção (0,93%), Extração e beneficiamento de minerais (0,63%), Comércio de materiais de construção (0,6%), Ferro-ligas (0,46%). Não informados (4,89%). |

Fonte: Brasil (2010). Org. pelo autor (2014).

QUADRO 5 - Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de rochas britadas e cascalhos beneficiados.

| MERCADO CONSUMIDOR – PRODUTOS BENEFICIADOS – 2009 | |
|--|--|
| Distribuição regional e setorial da quantidade consumida de rochas britadas e cascalhos | |
| DISTRIBUIÇÃO REGIONAL | SETORES DE CONSUMO / USO |
| SP (42,01%), RJ (8,2%), RS (7,4%), MG (6,28%), SC (6,2%), PR (4,54%), ES (2,54%), BA(2,26%), PE (2,22%),GO (2,08%), MS (2,04%), CE (1,52%), MT (1,26%), TO (1,13%), MA (0,79%), PB (0,77%), DF (0,72%), AL (0,43%), RO (0,35%), PI (0,28%), RN (0,27%), SE (0,21%), AC (0,19%), AM (0,17%), PA (0,14%), AP (0,06%). Não informados (5,79%) | Construção civil (63,73%), Construção/Manutenção de estradas (14, 53%), Artefatos de cimento (4,69%), Pavimentação asfáltica (4,54%), Comércio de materiais para construção (1,48%), Lastro (Ferrovias) (1,3%), Concreto para construção (0,68%), Aterro (0,61%), Enrocamentos (0,49%), Aterro Sanitário (0,28%), Aterro sanitário (0,28%), Extração e beneficiamento de minerais (0,2%), Pisos e revestimentos (0,14%), Artefatos de concreto (0,08%), Cerâmica vermelha (0,05%), Energético (0,05%), Tratamento de água e esgoto (0,04%), Cimento (0,04%), Siderurgia (0,02%), Produtos petroquímicos (0,02%), Cerâmica branca (0,02%), Papel e celulose (0,01%), Argamassa para construção (0,01%), Indústria de bebidas (0,01%). Não informados (6,98%). |

Fonte: Brasil (2010). Org. pelo autor (2014).

De acordo com o MME (2009), pedreiras com a finalidade de produção de brita costumam ter vida longa, sendo comum encontrar casos em que entejam operando a mais de 30 anos. Na área de estudo, as atividades de mineração do basalto, tiveram início no final da década de 1970. Atualmente é a empresa USIPEDRA que atua na área de estudo, com foco na produção de rochas britadas e concreto asfáltico a serem utilizados por obras rodoviárias.

As alterações do relevo em áreas de atividade minerária podem compreender diversas consequências, como a dinamização dos processos erosivos, processos de assoreamento dos cursos d'água, aumento da turbidez das águas superficiais, alteração das propriedades do solo e da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, redução da disponibilidade hídrica subterrânea com redução da vazão dos corpos hídricos superficiais, alteração na qualidade do ar devido ao aumento da emissão de poeira, entre outros (EIA 2008).

Relacionado aos aspectos socioeconômicos, a atividade de mineração, apesar de importante para a economia regional, por gerar emprego e renda para as famílias da região, também afeta essa mesma população, principalmente as que residem muito próxima aos pátios de beneficiamento e às indústrias cerâmicas, que sofre com a emissão de poeiras e com a turbidez das águas, que nem sempre está própria para o consumo e, em alguns períodos do ano, chega a faltar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O uso de bens minerais acompanha a evolução das civilizações sendo que os minerais não metálicos foram os primeiros a serem utilizados pelo homem e desde então, quantidades cada vez maiores destes recursos são mobilizados a fim de atender as necessidades socioeconômicas (SHALLER, 1905; HOOCK, 2000, BRASIL, 2007; BRASIL, 2009; DÁVID, 2010; PRICE, 2011).

No cenário brasileiro, dados referentes ao ano de 2006, retratavam que de um total de 2.647 minas, 1.926 localizavam-se nas regiões Sudeste e Sul, sendo esta concentração (72,8%) reflexo do processo histórico de mineração e que influenciou no desenvolvimento industrial do país. As demais minas distribuem-se entre as regiões Nordeste (12,7%), Centro-Oeste (10,1%) e Norte (4,5%) (BRASIL, 2007). De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), ainda com relação a dados do ano de 2006, dos 24 principais bens minerais não metálicos extraídos no país, apenas 4 substâncias são responsáveis por 89,9% do total de minas existentes neste segmento, sendo este total composto por 792 minas de areia, 654 minas de rochas britadas e cascalho, 462 minas de argila e 274 de calcário (BRASIL, 2007).

Estes números refletem a importância destes minerais, que são usados, sobretudo no seguimento da indústria e construção civil. Porém, o consumo destes recursos, motivado pela evolução tecnológica dos sistemas socioeconômicos, torna-se cada vez maior e, com frequência, os efeitos de sua exploração, extrapola o poder de resiliência dos sistemas ambientais físicos e desencadeia desequilíbrios. Como decorrência deste quadro, o homem tem causado inúmeras transformações nas camadas superficiais e de sub-superfície da crosta terrestre e conseqüentemente na paisagem.

Nesse contexto, cabe salientar que as técnicas de apropriação e transformação do espaço geográfico, intensificaram-se nos últimos séculos, principalmente após a Revolução Industrial, século XVIII (SHERLOCK, 1922; GOUDIE, 1977, 1986, 1993; CASSETI, 1994, CUNHA, 1995; ELORZA, 2007; PRICE et al., 2011). Como consequência, as atividades de uso da terra, motivadas pelas necessidades socioeconômicas, interferem cada vez mais na quantidade de sedimentos realocados dentro dos sistemas ambientais físicos, alterando a dinâmica dos processos denudativos, a quantidade de sedimentos transportados e as áreas de deposição, o que modifica a dinâmica natural dos sistemas fluviais e das formas de relevo (NIR, 1983; DREW, 1986; CASSETI, 1994; SZABÓ, 2010; PASCHOAL, 2011).

Nesse âmbito, de acordo com a perspectiva sistêmica, Christofolletti (1999) enfatiza que, o estudo das organizações espaciais deve abordar as características dos sistemas ambientais físicos e as do sistema socioeconômico. Este tipo de abordagem possibilita, de acordo com Rodrigues (2001), entender as influências antropogênicas sobre os sistemas ambientais físicos, que resultam em um estado derivado do sistema original.

A ação antrópica exercida sobre os sistemas ambientais físicos, com ênfase na geomorfologia e geologia, pode criar novas formas de duas maneiras: direta ou indireta. O controle direto é exercido de forma consciente pela sociedade e pode claramente ser observado na paisagem, como é o caso das formas de relevo produzidas por obras de engenharias: cortes e aterros para a implantação de arruamentos ou sistemas viários; escavações para a abertura de cavas de mineração; alteração nas redes de drenagem, por meio da retificação dos canais fluviais ou da criação de barragens; ou ainda vinculado à agricultura e áreas de pastagens, por meio da implantação de técnicas de manejo e conservação do solo, como terraceamento e curvas de nível (TRICART, 1953; BROWN, 1971; NIR, 1983; DREW, 1986; HAFF, 2001; SIMON, 2007; GOUDIE, 2010; SZABÓ, 2010; PASCHOAL, 2011; PRICE et al., 2011; PASCHOAL et al., 2012).

O controle indireto, por outro lado, em algumas situações, é mais difícil de ser reconhecido por se tratar de uma consequência das ações diretas descritas anteriormente. Ao modificar a cobertura vegetal original, processos naturais podem ser dinamizados e novos podem ser desencadeados, como é o caso das alterações nas taxas de erosão e sedimentação, inundações extremas, alteração dos processos químicos como por meio do aumento da acidez das águas fluviais, casos de subsidência do terreno provocado por exploração de águas subterrâneas, sistemas fluviais e lacustres que podem secar devido à retirada ou transferência de água para outras bacias hidrográficas de maneira inapropriada, aceleração de processos erosivos em encostas, entre outros (TRICART, 1953; BROWN, 1971; SIMON, 2007, GOUDIE, 2010; SZABÓ, 2010; PASCHOAL, 2011; PRICE et al., 2011; PASCHOAL et al., 2012).

Szabó (2010) exemplifica e correlaciona os principais tipos de intervenções diretas e suas repercussões indiretas, provocadas pela sociedade humana sobre o relevo, conforme o observado no Quadro 6.

QUADRO 6 – Exemplos de impactos sobre o relevo resultantes das ações antrópicas.

| IMPACTOS SOBRE O RELEVO RESULTANTES DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS | | | | | |
|--|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|--|
| TIPO DE INTERVENÇÃO | TIPO DE PROCESSO* | DIRETO | | INDIRETO | |
| | | PRIMÁRIO | SECUNDÁRIO | QUALITATIVO | QUANTITATIVO |
| Material de superfície | E | - | Minas à céu aberto | Subsidência | Formas de relevo fluvial causado pelo fluxo de água no interior das minas |
| | P | - | Vales cheios de resíduos | Acumulação em minas | |
| | A | - | Aterros de resíduos | Criação de saliências no entorno | |
| Origem Industrial | E | Bacias de lagos de refrigeração | Suporte para planação | Movimentos de massa em locais de deposição de matérias-primas industriais | Erosão acelerada causada pelo fluxo de esgoto |
| | P | Parques industriais | Reservatórios de chorume | | |
| | A | Usinas eólicas | Resíduo em locais de deposição | | |
| Origem Urbana | E | Cavernas | Poços de barro | Áreas de desmoronamento | Erosão causada pelo escoamento de águas pluviais sob superfícies saturadas |
| | P | Planação para construções | Locais de eliminação de lixo | | |
| | A | Cemitérios em vertentes | Colinas de detritos | | |
| Tráfego | E | Cortes de estradas | Estradas de rodagens | Quedas em aterros | Aumento de erosão |
| | P | Aeroportos | Remoção de colinas | | |
| | A | Aterro | Acumulação em beira de estrada | | |
| Gestão de água | E | Canais artificiais | Escavação de cavas e buracos | Erosão devido à represamentos | Rápidas incisões |
| | P | Criação de diques | Cortes | | |
| | A | Barragens | Supressão de canais de drenagem | | Sedimentação em barragens |
| Origem agrária | E | Poços d'água | Escavação de poços | Rápido desbarrancamento | Formas de deflação |
| | P | Terraços | Pseudo terraços | Fluxo laminar | Dispersão de sedimentos |
| | A | - | Cristas/cumes de pedras | Leques aluviais | Expansão de deltas |
| Guerra | E | Fossas | Crateras de bombas | Avalanches causadas por explosões | Erosão em cursos d'água modificados para fins de defesa |
| | P | Aeroportos | Destruição de assentamentos | | |
| | A | Terraplenagem | Destruição de colinas | | |
| Turismo e esporte | E | Recreação em lagoas | Campos de esportes (moto-cross) | Erosão ao longo das margens de lagos de recreação | Erosão acelerada ao longo de trilhas para caminhadas |
| | P | Faixas esportivas | Alteração da paisagem | | |
| | A | Rampas de salto de ski | | | |

* E - Processos de denudação / P - Processos de planação / A - Processos de acumulação

Fonte: Szabó (2010), traduzido e organizado por Paschoal, L. G. (2013).

Discussões como essa, relacionadas à temática ambiental, e que enfatizam os controles que os sistemas socioeconômicos causam sobre os atributos dos sistemas físicos, tornaram-se expressivas entre os pesquisadores das últimas décadas, principalmente entre estudiosos vinculados às Geociências.

Assim, essa ênfase ganha destaque também dentro das análises geomorfológicas, que passa a conceber o homem como um agente geomorfológico independente, capaz de mobilizar matéria, dinamizar e intensificar e/ou retardar e estagnar processos, interferir nos sistemas naturais, e conseqüentemente gerar novas formas de relevo, guiado, sobretudo por necessidades intrínsecas do sistema socioeconômico em vigência (NIR, 1983).

Duas são as vertentes que contribuíram para a consolidação do entendimento do homem enquanto agente geológico e modelador da Terra (BRITO, 2011). Uma delas inclui trabalhos norte-americanos com fundamentação na obra de Marsh (1864), e a outra, trabalhos desenvolvidos pela Antiga União Soviética, com origem na obra do geólogo Vernadsky (1926).

Os primeiros e escassos trabalhos que servem de alicerce à antropogeomorfologia, por parte da vertente composta por trabalhos norte-americanos, surgem em meados da segunda metade do século XIX e início do século XX, a partir das obras de Marsh (1864) “*Man and nature*” e de Shaller (1905) “*Man and the earth*”. Essas são obras de caráter naturalista, nos quais a retirada da vegetação natural e posteriores alterações no uso da terra e conseqüentes desencadeamentos de processos erosivos eram descritos.

Após essas publicações, a obra intitulada “*Man as a geological agent*” de Sherlock (1922), permaneceu como esforço solitário na tentativa de admitir as influências da atividade humana sobre as formas de relevo da Terra, pois, nesse período o interesse da geomorfologia pautava-se no entendimento das estruturas do relevo, ocorridas em escala de tempo geológico (BROWN, 1971; NIR, 1983; GOUDIE, 1993; SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Nessa época, as discussões geomorfológicas predominantes ainda eram de caráter determinista, concepção que exclui as possibilidades do homem se firmar enquanto agente geomorfológico independente e assegura as características do ambiente físico como determinantes para o comportamento de todos os organismos vivos (DREW, 1989). Conforme relata Sherlock (1922, p.14), apesar de algumas obras da época descreverem sobre irrigações, desmatamento de florestas, plantios e o bem-estar da humanidade, essas foram incapazes de considerar os efeitos da ação humana sobre o relevo terrestre. Sherlock (1922), foi o primeiro a relatar o homem como um agente de denudação e transformações mais eficiente do que agentes naturais, principalmente em ambientes densamente povoados.

No outro segmento, conforme cita Brito (2011), fundamentado na obra de Vernadsky (1926), pesquisadores pertencentes à antiga URSS, como Sergeev (1980, 1984), Chemekov (1983), Kowalski (1984) e Ter-Stepanian (1988), realizam seus trabalhos tendo o homem como o mais recente agente geológico e que conseqüentemente promovem alterações geomorfológicas.

Vernadsky (1926) reconheceu o aumento do poder da ação humana como parte da biosfera, e a partir disso criou o conceito de Noosfera, entendida como a esfera do pensamento humano, que viria a integrar o desenvolvimento terrestre em conjunto com a Geosfera e a Biosfera. Essa esfera do pensamento marca o papel crescente desempenhado pela humanidade no desenvolvimento de inteligências e tecnologias na formação de seu futuro e transformação do ambiente (CRUTZEN; STOERMER, 2000).

Desta forma, é apenas a partir da segunda metade do século XX que discussões voltadas às transformações ambientais, econômicas e sociais tornam-se mais evidentes, e vários trabalhos, que concebem o homem e suas atividades como agente geomorfológico, começam a ser publicados e ganham ampla aceitação da comunidade científica (CAILLEUX; TRICART, 1965; BROWN, 1971; NIR, 1983; GOUDIE, 1993; SUERTEGARAY; NUNES, 2001; HAFF, 2001).

Neste período, outro aspecto a ser notado no campo da geomorfologia é a mudança dada ao enfoque espaço-temporal dos estudos desenvolvidos. Trabalhos com ênfase aos processos morfogenéticos, que implicam em estudos que abrangem ampla extensão territorial e processos ocorridos em escala de tempo geológico, deixam de ser prioritários nas pesquisas desenvolvidas em geomorfologia, que passam a considerar a ação humana e a morfodinâmica (GOUDIE, 1993; SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Em virtude do rápido desenvolvimento tecnológico, científico e a expressiva intervenção humana sobre o relevo, as pesquisas geomorfológicas passam a destacar os processos morfodinâmicos. O estudo da morfodinâmica permite apreender as mudanças ocorridas nas formas do relevo e que repercutem os interesses dos sistemas socioeconômicos dominantes em cada período (TRICART, 1953; CAILLEUX; TRICART, 1965; SUERTEGARAY; NUNES, 2001). Assim, as pesquisas desenvolvidas na temática geomorfológica ganham um enfoque diferenciado e passam a realizar um maior número de análises sobre os impactos humanos resultantes de intervenções ambientais locais, como as ocorridas em centros urbanos, áreas rurais, represamentos, áreas de mineração, entre outros, os quais alteram a dinâmica da paisagem em curta escala de tempo, ou seja, em escala de tempo histórico (GOUDIE, 1993; HAFF, 2001). Suertegaray e Nunes (2001) salientam que

apesar dos impactos antrópicos serem notados com maior intensidade em escala de análise local, não se pode desconsiderar que tais impactos, são impulsionados por estratégias políticas e socioeconômicas de esferas mais amplas, como o regional, o nacional e o global.

A evolução rápida da paisagem quando submetida à ação antrópica, fez com que diversos pesquisadores passassem a considerar o estabelecimento de uma nova era geológica, o Antropoceno (PHILLIPS, 1997; CRUTZEN; STOERMER 2005; ZALASIEWICZ et al., 2008; PRICE et al., 2011). De acordo com essa concepção, a força motriz das mudanças geológicas e geomorfológicas da Terra encontra-se centrada no comportamento humano, particularmente nas esferas econômicas, políticas e refletem na remobilização de grande quantidade de matéria em escala de tempo histórico.

De acordo com essa proposta, “Quinário” seria o período contido nessa era e a época vivenciada é o “Tecnógeno” (FIGURA 4). Este período teria o seu início quando as atividades humanas ganham significativo destaque e passam a sobrepor e controlar ativamente os sistemas naturais (OLIVEIRA, 1994, PELOGGIA, 1997, 1998, 2005; ROHDE, 1996; ROSSATO; SUERTEGARAY, 2000; OLIVEIRA et al., 2001; SUERTEGARAY; NUNES, 2001). Nesse, ocorre uma sobreposição de tempos, ou seja, o tempo histórico sobrepõe-se ao tempo geológico e as atividades humanas, ao remobilizar materiais de superfície e sub-superfície, são capazes de criar depósitos sedimentares construídos, induzidos ou modificados, classificados como depósitos tecnogênicos (TER-STEPANIAN, 1988; OLIVEIRA, 1994; PELLOGIA, 1997, 2005; SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

FIGURA 4 – Ilustração da proposta cronológica do Quinário.

| PERÍODO | ÉPOCA | PAISAGENS |
|-------------|------------------------|--------------|
| QUINÁRIO | Tecnógeno | Tecnogênicas |
| QUATERNÁRIO | Holoceno 10.000 a | Naturais |
| | Pleistoceno 1,81 Ma | |

Fonte: Ter-Stepanian (1988) citado por Oliveira (2001).

Pellogia (1997) salienta que a passagem do Quaternário ao Quinário não é hegemônica espacialmente se analisado do ponto de vista estratigráfico, fato esse que se deve a desigualdade temporal de desenvolvimento e difusão das técnicas de produção pela sociedade no planeta, que permitem a existência de depósitos tecnogênicos mais expressivos em

algumas áreas em detrimento de outras. Sendo assim, as paisagens Tecnogênicas começam a se formar durante o Holoceno (TER-STEPANIAN, 1988).

Por meio da implantação de áreas cultiváveis, industriais e locais povoados, a humanidade já remodelou grande parte da superfície terrestre. Entre as novas paisagens encontradas no tecnógeno, encontram-se também aquelas que passaram por um processo denudativo intenso, como em áreas urbanas ou em locais onde são estabelecidas vias de circulação sobre relevos de inclinação acentuados e que necessitam da realização de cortes para o estabelecimento residencial e obras de engenharia para a construção das vias. Também faz parte das áreas que passam por um profundo processo de denudação os setores de mineração ao iniciar suas atividades com o processo de decapeamento da camada superficial do solo, a fim de expor a jazida subjacente a ser explorada posteriormente. Durante a atividade minerária, outras feições erosivas de cunho antrópico se instalam no interior das cavas como é o caso de patamares resultantes da extração do mineral (PASCHOAL, 2011).

Além da proposta da existência de um novo período geológico, no campo teórico, o estabelecimento das discussões que consideram o homem como o mais poderoso agente individual de esculturação da superfície terrestre consolida diversas terminologias ao se referir sobre o assunto. Golomb e Eder (1967) e Goudie (1986, 1993), referem-se à Antropogeomorfologia, termo similar a Geomorfologia Antrópica (NIR, 1983), Geomorfologia Antropogênica (ROGRIGUES, 1997, 2005), ou ainda a Neogeomorfologia, conforme Haff (2001).

A obra intitulada “Man, A Geomorphological Agent” de Nir (1983), é considerada um marco para as pesquisas que caracterizam o homem enquanto agente geomorfológico independente. Nessa obra, Nir (1983) destaca as diversas formas de intervenção do homem sobre o relevo em ambientes rurais, urbanos, de mineração, vias de transporte, entre outros, assim como outros pesquisadores fizeram (TRICART, 1953; GOUDIE, 1986, 1993; DREW, 1989, SZABÓ et al., 2010), porém, Nir (1983) é o primeiro pesquisador a sugerir orientações metodológicas para as pesquisas desenvolvidas nesse âmbito.

Nir (1983) destaca que a análise antropogênica deve ocorrer de forma integrada e contemplar aspectos como: a abordagem histórica, em um período anterior e outro posterior, a intervenção humana sobre as formas do relevo; a análise da dinâmica socioeconômica; e a investigação dos ambientes antropogênicos a partir de estimativas quantitativas de extensão, taxas ou grau dos processos geomorfológicos observados.

Ao integrar aspectos ambientais, socioeconômicos e físicos em sua metodologia, de maneira a contemplar acontecimentos ocorridos em um período de tempo histórico, Nir (1983) torna possível a realização de estudos inseridos na análise sistêmica.

Rodrigues (1997, 2001, 2004, 2005), apresenta uma adaptação da proposta de Nir (1983) aplicada ao cenário nacional. Nela, procura identificar as características do meio físico e seus diversos estágios de intervenção antrópica: pré-perturbação, perturbação ativa e pós-perturbação.

Rodrigues (2005) ao considerar as intervenções humanas na construção e manutenção de ambientes físicos, considera o homem enquanto agente geomorfológico e, portanto, considera tais intervenções nas formas, materiais e processos do relevo.

A proposta de sistematização metodológica de Rodrigues (2005) para o estudo das implicações das ações humanas sobre o meio físico consiste em: observação das ações humanas enquanto agente geomorfológico; identificação em tais ações de um padrão significativo que altere a morfodinâmica; identificação da dinâmica e da história cumulativa das intervenções antrópicas, a partir de um estágio de pré-perturbação; utilização de diversas escalas espaço-temporais; explorar a cartografia geomorfológica de detalhe; explorar a abordagem sistêmica e realizar análises integradas aos sistemas geomorfológicos; usar a noção de limiar geomorfológico e a análise de magnitude de frequência; considerar as particularidades morfoclimáticas e morfoestruturais de cada local; realizar monitoramentos de balanços e taxas, bem como da geografia dos processos naturais e derivados da ação humana.

Com relação ao mapeamento geomorfológico, Rodrigues (2005, p. 101), recomenda que se deva partir “[...] do reconhecimento cartográfico das unidades morfológicas originais para posteriormente considerar a sequência de intervenções antrópicas nas formas e na distribuição de materiais superficiais”, os quais podem ser denominados de quadro de perturbação ativa ou de pós-perturbação. Esta cartografia é denominada de “geocartografia geomorfológica retrospectiva” ou “evolutiva” e apóia-se no estudo sistemático morfológico, composto pelo tripé: materiais, forma e processos (HART, 1986, apud RODRIGUES, 2005).

Portanto, a presente pesquisa se desenvolve na perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), com ênfase na antropogeomorfologia, preconizada por Nir (1983)⁷. Algumas sugestões metodológicas também foram extraídas da obra de Rodrigues (2005), porém, as

⁷ O método e as técnicas utilizados no desenvolvimento desta pesquisa estão descritas detalhadamente no item 4.1 – Método e 4.2 – Técnicas.

técnicas utilizadas no desenvolvimento desse trabalho foram adequadas à realidade das áreas de estudo, predominantemente rurais e com grande presença da atividade minerária.

A concepção de morfologia original pode ser respalda em Nir (1983) e Rodrigues (2005). Nir (1983, p. 7, tradução nossa) cita que a “intervenção humana sobre a paisagem natural começou com seus primeiros passos; como todas as criaturas, sua mera existência constitui uma parte integral dos processos de formação do ambiente”. Rodrigues (2005, p. 103), relata que esta é uma “[...] morfologia cujos atributos como extensão, declividades, rupturas e mudanças de declives, dentre outros, não sofreram alterações significativas por intervenção antrópica direta ou indireta”.

A interpretação dessas definições permite inferir que a morfologia original, de acordo com a concepção de Nir (1983), é aquela anterior a qualquer alteração promovida pela ação humana; já a definição de Rodrigues (2005), admite que a morfologia original possa apresentar algumas modificações pouco expressivas no relevo. Assim, diante de uma base de dados inexistente de fotografias aéreas e imagens orbitais muito antigas, a ponto de permitir a identificação de um relevo anterior a qualquer alteração antrópica nas áreas em estudo, a concepção de Rodrigues (2005), foi adotada no desenvolvimento desta pesquisa.

A fase de perturbação ativa ou de pós-perturbação retrata um cenário contrário ao anterior citado; no qual o homem, ao desenvolver novas ferramentas, motivado pelos avanços tecnológicos e econômicos, intensifica sua intervenção sobre os aspectos físicos e promove modificações expressivas, que implicam em alteração nas dimensões de elementos passíveis de serem mensurados (NIR, 1983; RODRIGUES, 2005).

Diversos trabalhos nacionais e internacionais, de âmbito teórico e prático, têm apresentado significativas contribuições acerca dos controles que os sistemas socioeconômicos podem causar sobre os atributos dos sistemas naturais. Neste sentido, Drew (1989, p. 27) relata que a intensidade das alterações na geodinâmica “[...] depende em primeiro lugar do esforço (ou tensão) aplicado ao sistema pelo homem e em segundo lugar, do grau de susceptibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema”, e acrescenta que os sistemas naturais possuem sempre um elo mais vulnerável, sobre o qual a intervenção humana ocorre e um mínimo de esforço culmina em um máximo de resultados.

Goudie (1993) ao evidenciar mudanças ambientais provocadas pela ação antrópica, centraliza seus estudos na questão do desencadeamento do aquecimento global e a sua implicação nos vários processos e fenômenos geomorfológicos, como alterações no nível de precipitação, no escoamento das águas pluviais e na cobertura vegetal.

Haff (2001) chama a atenção para o fato de que os princípios de geologia e geomorfologia, apesar de importantes para determinação de fatores de funcionamento da paisagem, por si só não são suficientes para explicar a dinâmica do ambiente, quando submetido ao componente antrópico. Portanto, o entendimento da força antrópica requer análises de outros campos da ciência como o econômico, sociológico e o demográfico, além de recorrer a físicos, matemáticos e cientistas da computação para o desenvolvimento de modelos de sistemas complexos.

Haff (2001, p.2, tradução nossa) cita que a “neogeomorfologia é o estudo da força antrópica”, e que essa força resulta da “combinação de forças físicas e sociais que dirigem a mudança da paisagem”. Desta forma, os estudos desenvolvidos nessa perspectiva atêm-se a fenômenos que ocorrem em curta escala de tempo, induzidos pela ação antrópica na paisagem, aos efeitos diretos dessas mudanças na sociedade e a habilidade de antecipar e influenciar intencionalmente na trajetória futura da paisagem.

A partir dessas obras fundamentadoras, o número de trabalhos de ordem aplicada, desenvolvidos no âmbito da geomorfologia antropogênica e veiculados por periódicos de destaque no meio acadêmico, tornaram-se crescentes.

Jean-Pierre (2004), Hooke (2006), Vieira; Cunha (2008) e Brousse et al. (2011), associam a temática antrópica a alterações hidrogeomorfológicas e uso da terra. Gill (1996) e Corrêa (2011) desenvolvem suas pesquisas aplicadas a ambientes áridos e semiáridos e Lentz e Hapke (2011) a aplicam à análise de sistemas dunares em zonas costeiras.

Outros trabalhos nesta perspectiva são aplicados à identificação de áreas de riscos provocados pela ação antrópica em regiões montanhosas (REMONDO et al., 2005) ou ainda em área de ocupação em região deltaica (BANNA et al., 2009).

No Brasil, é possível constatar certa tendência atrelada aos primeiros estudos científicos na perspectiva da antropogeomorfologia, que em sua maioria pautam-se nas transformações vinculadas ao meio urbano e utilizam a cartografia geomorfológica retrospectiva como técnica para apreensão das transformações da paisagem, como é o caso dos estudos realizados por Rodrigues (1997, 2005), Peloggia (1997, 2005), Silva (2005), Fujimoto (2005) e Penteado (2006).

Recentemente, novos universos de análise começam a ser explorados. Rodrigues (2006), Simon e Cunha (2008), Simon (2010), Carpi Junior, et al. (2010) e Perez Filho e Quaresma (2011), realizam estudos vinculados a alterações de canais fluviais de bacias hidrográficas que tiveram seu comportamento natural controlado pela criação de reservatórios

hidrelétricos e posterior alteração no nível de base, desencadeando novos processos geomorfológicos.

Áreas intensamente impactadas pela atividade minerária também são foco de análise em pesquisas aplicadas. Conforme cita Dávid (2010), a atividade minerária é extremamente antiga, tendo início com “coleções de rochas” a mais de dois milhões de anos atrás. Essa extração precoce de cascalhos e rochas, mais tarde foi substituída pela exploração consciente de minerais com a finalidade de criar ferramentas, extrair corantes, entre outros. Porém foi apenas entre os séculos XVIII e XIX, a partir da extração do carvão, a nova fonte de energia da época, que se tornou possível observar alterações de maior magnitude no relevo (SHALLER, 1905; DÁVID, 2010; PRICE, 2011).

Paralelamente à exploração das minas de carvão e o desenvolvimento de novas tecnologias, ocorreu também a criação de grandes centros urbanos, impulsionando a extração de minérios utilizados pela indústria civil, como o calcário, areia, cascalhos, rochas ornamentais e argila, levando a formação de “*mining landscapes*” conforme referenciado pela bibliografia internacional, ou seja, surgiram “paisagens de mineração”, construídas a partir da ação antrópica (DÁVID, 2010).

Os primeiros relatos da interface entre as minerações e alterações geomorfológicas podem ser encontrados nas obras de Marsh, (1865) e Sherlock (1922), que citam que a retirada de substâncias minerárias provoca distúrbios na superfície terrestre, como perturbações em curso de canais fluviais, represamentos, alterações do micro-clima ou ainda subsidências decorrentes da retirada de matéria em sub-superfície, sobretudo em áreas onde ocorre a exploração de águas subterrâneas.

Recentemente, diante do acelerado desenvolvimento industrial e o consumo em larga escala de recursos minerais, Lóczy e Gyenizse (2010) realizam estudos em área de mineração inserida em meio urbano da Hungria, por meio do qual, procuram evidenciar as mudanças topográficas induzidas pelo homem através da exploração do carvão e os impactos cumulativos de várias outras atividades humanas presentes na área.

Lóczy e Gyenizse (2010) realizam em seu trabalho uma caracterização histórica da paisagem a fim de identificar e documentar impactos passados que ainda possam ser identificados em cenários contemporâneos. De acordo com Lóczy e Gyenizse (2010), o conceito de caracterização histórica da paisagem, divulgada na literatura internacional como “*Historic Landscape Characterisation (HLC)*”, voltado à identificação de alterações topográficas, deve concentrar-se na atual característica da paisagem criada pela ação

antrópica, em uma perspectiva histórica, e no mapeamento da distribuição dos impactos que afetaram a paisagem.

A distribuição espacial dos impactos topográficos resultantes de diversas atividades humanas foi observada em campo por Lóczy e Gyenizse (2010) e complementadas por informações provenientes de diversas fontes e mapas atuais. Fotografias aéreas foram utilizadas para interpretação e identificação do uso da terra. Cada tipo de impacto humano foi combinado com as características administrativas da área e receberam uma pontuação. A classificação foi baseada no grau de controle das características da paisagem, sendo 5 o valor mais alto, representativo de uma elevada intervenção e 1 o menor valor. As unidades de descrição da paisagem foram identificadas com base em mapas históricos de expansão urbana e de acordo com a extensão do impacto humano cumulativo sobre a paisagem. Assim, para cada impacto humano identificado na paisagem, foram atribuídas pontuações parciais, que foram somadas, resultando em uma pontuação de impactos acumulativos.

Esses impactos foram espacializados individualmente e posteriormente houve a sobreposição de tais, resultando em uma avaliação acumulativa e nas seguintes classes de áreas: - Condições estáticas: onde não ocorreram transformações, ou então, essas parcelas apresentam apropriações recentes do uso da terra, porém, esse não resulta em alterações topográficas; - Mudanças compostas: engloba áreas que foram usadas para determinado tipo de uso da terra por prolongado período de tempo e que posteriormente tiveram seu uso alterado, porém conservando características da paisagem anterior; - Dinâmicas alteradas: onde os impactos humanos são constantes e se acumulam, mantendo a paisagem em condição de mudança permanente; - e Mudanças radicais: no qual áreas foram totalmente transformadas, como é o caso de áreas de mineração (LÓCZY; GYENIZSE, 2010).

Estaiano (2007) realiza estudos que avaliam os efeitos da ação antrópica em sistemas fluviais meândricos amplamente impactado pela mineração de areia localizados na porção sul do município de São Paulo. O pesquisador realiza uma revisão bibliográfica sobre temas relacionados à mineração de areia na área de estudo e utiliza-se da técnica do mapeamento geomorfológico retrospectivo em dois cenários, 1981 e 2003, os quais foram elaborados a partir da escolha de geoindicadores alusivos às formas, materiais e processos ocorridos na área. Os resultados apontam para a maior eficiência dos geoindicadores com relação à identificação da morfologia e a estimativa de volumes remobilizados ou retirados do sistema. Outros atributos que compuseram a lista de geoindicadores utilizados pela pesquisa, vinculados ao material encontrado, necessitaram de análises laboratoriais para identificação

da mineralogia, granulometria e textura. Por fim, a análise dos processos foi inferida com base nas alterações constatadas nas formas e materiais da área.

Conforme enfatizam Nir (1983) e Guerra e Marçal (2006), muitas são as atividades exercidas pelo homem que provocam alterações na superfície terrestre, porém, as atividades de mineração a céu aberto ganham destaque diante da expressividade das alterações que tais provocam sobre as paisagens naturais.

Em 1922, Sherlock relatava que a única maneira de compreender plenamente a extensão e o caráter da interferência do homem sobre a natureza é medindo os fatores envolvidos em cada caso individual identificado na paisagem. Porém, foi no final da década de 1940, que pesquisadores começaram a desenvolver parâmetros que permitissem a avaliação do estado dos ecossistemas e da sociedade, além da avaliação do sistema geológico, e foi apenas no início da década de 1990, que as discussões envolvendo os parâmetros geoindicadores tomaram o rumo atual (COLTRINARI, 2001).

A partir da necessidade de compreensão das mudanças globais ocorridas em curto espaço de tempo, foi criado um grupo de trabalho específico, a Comissão de Ciências Geológicas para o Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT, 1992), pertencente à União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS), que possuía como objetivo elaborar uma lista de geoindicadores geológicos e geomorfológicos (BERGER, SATKUNAS 2002; COLTRINARI, 2001).

Essa lista possui originalmente 27 geoindicadores (QUADRO 7), que possuem como função ajudar na avaliação de impactos ambientais, monitoração do ecossistema e também servem como estudos de referências para a implantação de grandes empreendimentos, como a instalação de minerações e construções (BERGER; SATKUNAS, 2002).

Coltrinari (2001), Coltrinari e McCall (1997), salientam que a distinção entre a origem dessas transformações não é algo simples de ser identificado. Os sistemas ambientais físicos encontram-se naturalmente em constante transformação, em busca de um equilíbrio dinâmico que se ajuste às mudanças climáticas, hidrológicas e marinhas; assim, nem todas as mudanças ocorridas no ambiente podem ser atribuídas à ação antrópica (COLTRINARI; MCCALL, 1997).

QUADRO 7 – Lista de geoindicadores.

| GEOINDICADORES | MUDANÇAS AMBIENTAIS |
|--|---|
| Química do coral e do crescimento | Temperatura da água de superfície e salinidade |
| Crostras e fissuras em superfície desértica | Aridez |
| Formação e reativação de dunas | Velocidade e direção dos ventos, umidade, aridez e disponibilidade de sedimentos |
| Magnitude, duração e frequência de tempestade de areia | Transporte de areia, aridez e uso do solo |
| Atividade de solo congelado | Clima, hidrologia e movimentação de taludes |
| Flutuações de geleiras | Precipitação, insolação e fluxo de derretimento |
| Qualidade de água subterrânea | Uso do solo, contaminação, alteração de rocha e solo, radioatividade e precipitação de ácidos |
| Química de água subterrânea na zona não saturada | Alteração de solos e rochas, clima e uso do solo |
| Nível de água subterrânea | Clima, impermeabilização e recarga |
| Atividade cárstica | Química e fluxo de água subterrânea, clima, cobertura vegetal e processos fluviais |
| Níveis de salinidades de lagos | Clima, uso do solo, vazão e circulação da água subterrânea |
| Nível relativo do mar | Oscilações da linha de costa, clima, extração de fluidos, sedimentação e compactação |
| Sequência e composição de sedimentos | Clima, uso do solo, erosão e deposição |
| Sismicidade | Tensões naturais e induzidas |
| Linha da costa | Erosão costeira, transporte e deposição de sedimentos, uso do solo, nível do mar e clima |
| Deslizamento de encostas | Estabilidade de taludes, movimentos de massa e uso do solo |
| Erosão de solos e sedimentos | Clima, tempestade de água, vento e uso do solo |
| Qualidade do solo | Processos químicos, biológicos e físicos no solo e uso do solo |
| Fluxo de corrente | Clima, precipitação, bacia de drenagem e uso do solo |
| Morfologia de canal | Carga de sedimento, velocidade de fluxo, clima, uso do solo e subsidência |
| Armazenamento e carga de fluxo de sedimento | Transporte de sedimento, taxa de fluxo, bacia de drenagem e uso do solo |
| Regime de temperatura do subsolo | Clima, fluxo de calor, uso do solo e cobertura vegetal |
| Deslocamentos crustais | Soerguimento e subsidência, falhas e extração de fluidos |
| Qualidade de água da superfície | Clima, uso do solo, interações água-solo-rocha e velocidade de fluxo |
| Atividade vulcânica | Movimento de magma próximo à superfície, liberação de gases magmáticos e fluxos de calor |
| Extensão, estrutura e hidrologia de terras úmidas | Uso do solo, clima, produtividade biológica e vazão do fluxo |
| Erosão eólica | Clima, uso do solo e cobertura vegetal |

Fonte: Berger (1997) apud Carvalho (2010). Org. pelo autor (2014).

Desta forma, para estabelecer essa diferenciação é necessário recorrer aos parâmetros que permitam avaliar os componentes naturais envolvidos em cada mudança para posteriormente identificar as estimativas das alterações provocadas pela ação humana, pois conforme enfatiza Coltrinari e McCall (1997, p.5), “[...] quando os componentes naturais não são corretamente considerados as estimativas são inválidas”.

De acordo com Gupta (2001), Coltrinari (2001), Rodrigues e Coltrinari (2004, 2005), os geoindicadores ambientais são concebidos com a finalidade de permitir a compreensão das alterações ambientais ocorridas na superfície da Terra em curta escala de tempo, cem anos ou menos, por meio da geração de dados quantitativos, como os de medidas de magnitude, taxas, frequência e ainda permitem realizar análises de tendências de processos ou fenômenos geológicos e/ou geomorfológicos.

Os geoindicadores são obtidos por meio da mensuração de elementos abióticos da paisagem e os processos físicos e químicos vinculados a esses. Assim, a aplicação desse método de análise limita-se a inferir sobre as interações desses elementos como os seres vivos, depósitos orgânicos, influência de animais e plantas no intemperismo, erosão e deposição, entre outros (BERGER, 1996 apud COLTRINARI, 2001).

Os geoindicadores foram desenvolvidos para serem utilizados na avaliação e monitoramento ambiental, nas mais diversas escalas, por permitirem a identificação das condições naturais do ambiente e das transformações ocorridas sobre esse, bem como dos efeitos dessas mudanças sobre os elementos naturais e antrópicos (BERGER, 1996 apud COLTRINARI, 2001; BERGER, 1997). Por isso, possuem grande valia em medidas de planejamento e na definição de políticas públicas.

Ao utilizar-se da adequação de instrumentos clássicos da geomorfologia para a identificação das alterações causadas pelas ações antrópicas ao longo do espaço e do tempo, torna-se possível, por meio da aplicação de técnicas de mapeamento geomorfológico evolutivo, a identificação de determinados parâmetros que comprovem essas modificações (RODRIGUES, 2005).

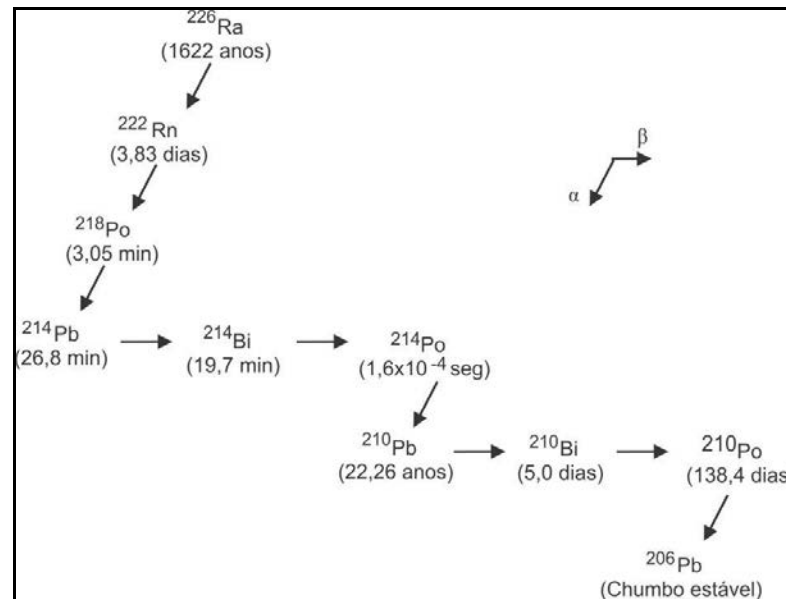
Esses parâmetros geoindicadores passíveis de serem identificados por meio de mapeamentos geomorfológicos referem-se, por exemplo, à área ocupada em diferentes cenários por planícies de inundações, represamentos, diques marginais, meandros abandonados, padrão do canal, ou ainda à alteração na largura e comprimento de um canal de drenagem, rupturas íngremes e suaves, sulcos, cortes e aterros, além do surgimento de novas feições do relevo passíveis de serem mensuradas, como é o caso de patamares em cavas de mineração, abruptos ou suaves, e do surgimento de colinas residuais derivadas da atividade minerária (ESTAIANO, 2007; PASCHOAL, 2011; PASCHOAL et al., 2012).

Da mesma maneira, é possível a obtenção de parâmetros geoindicadores por meio da datação de sedimentos de fundo de vale pelo método do ^{210}Pb , e de sua relação com as mudanças no uso da terra, levando à identificação da alteração de taxas de deposição de sedimentos em escala de tempo histórico (CONCEIÇÃO, 2011).

O chumbo é um radionuclídeo de ocorrência natural presente na litosfera, hidrosfera e na atmosfera, e que teve sua distribuição ambiental amplamente alterada pela atividade humana (LIMA, 2000). A fusão desse metal teve início a mais de 5.000 anos atrás, porém atualmente, a maior parte do chumbo é expelida através dos escapamentos de automóveis (RUSSEL 1980 citado por LIMA, 2000). Devido ao seu baixo ponto de ebulição, e das grandes emissões para a atmosfera, seu transporte alcança grandes distâncias, o que faz com que o chumbo se dissemine por todo o ambiente em concentrações variadas (LIMA, 2000; SANCHEZ-CABEZA et al, 2012).

O ^{210}Pb é considerado um radionuclídeo natural que pode ser usado como traçador na geocronologia recente de sedimentos (ORLANDO, 1993; LIMA, 2000; CONCEIÇÃO, 2011). A ocorrência do ^{210}Pb é considerada natural devido ao decaimento do rádio-226, pertencente à série de decaimento do urânio-238 (FIGURA 5) (IVANOVICH; HARMON, 1992; LIMA, 2000). O rádio-226 decai para o gás nobre radônio-222 que possui meia-vida de 3,83 dias. O radônio-222 decai em alguns nuclídeos intermediários de curta meia-vida (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi e ^{214}Po), quando decai para o chumbo-210, com meia vida de 22,26 anos (FIGURA 5). De acordo com Lima (2000, p.38), “após um tempo superior a 156 anos, a atividade do Pb-210 é de aproximadamente 0,8% da atividade inicial, restringindo-se assim a datações com esse radionuclídeo até esse limite máximo”. Além do ^{210}Pb , outros elementos radioativos podem ser utilizados como traçadores na geocronologia de sedimentos recentes, como é o caso dos radionuclídeos antrópicos Césio-137 e Plutônio-239 ou 240 (CONCEIÇÃO, 2011).

FIGURA 5 – Esquema simplificado de decaimento do rádio-226 a partir do decaimento do Urânio-238.



Fonte: Ivanovich e Harmon (1992). Org. pelo autor (2014).

Conforme relata Lima (2000), a radioatividade natural presente no ambiente é responsável por aproximadamente 70% da dose total de radiação recebida pelo ser humano, sendo que o radionuclídeo do ^{210}Pb é o que contribui para com a mais alta dose dessa radiação, além de apresentar alta toxicidade e tendência a se acumular no organismo, o que confere à sociedade interesse em estudos que envolvam a presença desse radionuclídeo no meio ambiente.

O ^{210}Pb é removido naturalmente da atmosfera por meio da precipitação e, de maneira indireta, o mesmo pode ser transportado, através do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica, acumulando-se no fundo de lagos e reservatórios (ORLANDO, 1993; CONCEIÇÃO, 2011).

O ^{210}Pb de origem atmosférica que é depositado em fundos de vales e lagoas, é denominado de “não produzido” ou “não suportado” e acaba sendo incorporado à coluna de sedimentação. Devido ao decaimento radioativo, a concentração de ^{210}Pb “não produzido” diminui em função da profundidade da coluna de sedimento e é por meio da atividade desse ^{210}Pb que a idade aproximada dos sedimentos alocados em determinadas profundidades pode ser calculada (ORLANDO, 1993; LIMA, 2000; CONCEIÇÃO, 2011).

Os primeiros trabalhos envolvendo o método de datação por ^{210}Pb datam da década de 1970. A coleta de testemunhos, com a finalidade de identificação do impacto antrópico sobre a geoquímica de sedimentos, pode ser extraída de diversos ambientes, como lagoas, represas, lagunas, pântanos, rios, estuários ou ainda em ambiente marinho.

As primeiras pesquisas desenvolvidas por esse segmento foram aplicadas em ambientes onde o sistema energético é menos abrasivo, como em lagos e represas, pois, os registros sedimentológicos nesses locais são menos afetados pelo retrabalhamento de transporte e deposição dos sedimentos, assim como por processos erosivos (SALOMONS; FORSTNER, 1984 apud ORLANDO 1993; LIMA, 2000).

A primeira pesquisa a se utilizar do método de datação por ^{210}Pb foi realizada com sedimentos de um lago de água doce, por Krishnaswami et al. (1971), e a partir desse, outros exemplos de trabalhos desenvolvidos nesses ambientes relativamente calmos, foram elaborados como o de Kemp et al. (1976), Nriagu et al. (1979), Rippey et al. (1982), Horowitz et al. (1988), Patchineelam et al. (1988), Baskaran e Naidu (1995), Godoy et al. (1998), e Zhu (2006).

Em sistemas que envolvem mais energia, como rios ou estuários, os registros sedimentares são mais trabalhados pela ação erosiva das águas fluviais, o que torna o processo de datação mais difícil de ser executado, caso a coluna de sedimentos não seja coletada de maneira apropriada (SALOMONS; FORSTNER, 1984 apud ORLANDO 1993; LIMA, 2000).

Com relação aos trabalhos desenvolvidos em rios, ambiente escolhido para a aplicação da técnica de datação de sedimentos por ^{210}Pb nesse trabalho, Petit et al. (1987) escreveu a primeira obra de referência nesse sentido. Nessa, Petit et al. (1977), recorrem à utilização de isótopos estáveis de ^{210}Pb como traçador ambiental de metais pesados de comportamento geoquímico similar. Desta maneira, a pesquisa prevê a possibilidade de refazer a história dos fluxos de minerais pesados (Pb, Cd, Zn, Cu) no rio Meuse, na parte sul da Bélgica. Para isso, Petit et al. (1977) retiraram amostras de sedimentos bem preservados sob uma fina lâmina da água do rio e mediram a concentração desses metais, datando-os pelos métodos ^{210}Pb e ^{137}Cs .

Orlando (1993), coletou ao longo do rio Piracicaba (SP), região que recebe alta carga de poluentes advindos de esgotos urbanos e efluentes agroindustriais, três perfis de sedimentos, com o objetivo de estabelecer níveis de concentração de vários elementos traços. Assim, procurou-se determinar quais os elementos poluidores encontrados na área, com a finalidade de avaliação dos impactos. A técnica de datação pelo ^{210}Pb também foi aplicada com o intuito de estabelecer um histórico do *input* de material na bacia, bem como de suas variações nas taxas de sedimentação ao longo do tempo.

Bonotto e Lima (2006), realizaram um estudo com a finalidade de avaliação do excesso de ^{210}Pb , combinados com dados químicos, em dois pontos de coleta de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, localizada no interior do estado de São Paulo. A cronologia dos sedimentos existentes em fundo de vales do rio Corumbataí foi realizada com

o objetivo de estimar a extensão e o histórico de poluição da área, pretendendo assim, contribuir para a melhoria de estratégias de gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Corumbataí, que possui suas águas e de seus tributários utilizados, entre outros usos, em grande escala para consumo pelos municípios situados próximos a ele. Uma das amostras de sedimentos foi retirada a montante e outra a jusante da cidade de Rio Claro (SP). Tais pontos foram escolhidos, pois, pretendeu-se comprovar que a atividade antrópica, exercida no município de Rio Claro, é o principal contribuinte na área responsável pelas modificações na qualidade da água de superfície na bacia do rio Corumbataí.

As amostras de Bonotto e Lima (2006) foram coletadas por meio do amostrador de mão modelo Wildco 77.263, que consiste em um tubo acrílico transparente de 51cm, responsável por armazenar a amostra. Esse tubo possui uma ponteira de aço inoxidável removível na ponta inferior e na extremidade superior uma válvula, responsável por permitir a entrada de material em profundidade. As amostras foram armazenadas sob refrigeração de aproximadamente 2°C por menos de uma semana, quando foram fatiados em laboratório em secções de 2 – 6 cm com uma espátula de porcelana para que não haja contaminação por materiais pesados de outras fontes. O teor de água de cada fatia foi determinada após secagem a 60°C durante 24 horas, para que houvesse preservação da matéria orgânica e perda mínima de componentes voláteis. Os sedimentos foram classificados em termos de coloração com a carta de Munsell (1975), desagregados com almofariz de porcelana, homogeneizada, ponderada e separada para análise radioquímica. A geocronologia permitiu realizar uma reconstrução histórica da evolução dos inputs antropogênicos nos dois locais de onde foram extraídos os testemunhos. Os resultados permitiram constatar que houve um aumento na taxa de acúmulo de sedimentos com o passar dos anos e os autores atribuem esse aumento às atividades de mineração de areia, e modificações na drenagem do canal, que interferem no processo de sedimentação natural. Constatou-se também, a partir da década de 1910 no ponto à jusante da cidade de Rio Claro e de 1950 no ponto à montante, um aumento crescente na concentração de matéria orgânica, resultantes do aumento das atividades antrópicas na bacia hidrográfica, confirmado pelo aumento populacional observado na cidade de Rio Claro, que acompanhou o crescimento industrial ocorrido no estado de São Paulo.

A pesquisa de Lima (2000), realizada com o objetivo de determinar a taxa de sedimentação recente na bacia do rio Corumbataí, utilizou-se do ^{210}Pb como geocronômetro e seu descendente ^{210}Po , emissor alfa com meia vida de 138 dias. Foram realizadas análises das águas pluviais e fluviais desse rio, com a finalidade de obtenção de parâmetros físicos, químicos e físico-químicos, além da caracterização física e química dos sedimentos, utilizados

como subsídio para a interpretação dos resultados obtidos para os radionuclídeos. Os resultados permitiram determinar taxas de acumulação de sedimentos na ordem de 4,6mm/ano para pontos de coleta localizado no distrito de Ajapi, e 2,5mm/ano no ponto de coleta do distrito de Santa Terezinha, em Piracicaba.

Sabaris (2010) analisa nove perfis de sedimentos, amostrados na porção média da bacia hidrográfica do Rio Atibaia, no interior do estado de São Paulo, com o intuito de determinar taxas de sedimentação, utilizando-se do método de datação com ^{210}Pb , para posterior estabelecimento da cronologia das camadas sedimentares. Seis rios localizados nesse setor foram analisados e utilizou-se de espectrometria alfa a fim de se determinar os teores de ^{210}Po e ^{210}Pb em cada testemunho. As taxas de sedimentação obtidas indicam que os menores percentuais de matéria foram retidos em regiões onde o relevo é mais acidentado e ao contrário em locais onde o relevo é mais suave, devido a maior capacidade que a água possui em transportar sedimentos em vertentes mais inclinadas. Os sedimentos foram coletados por meio de um amostrador de metal, que possui um tubo de acrílico de 5cm de diâmetro, válvula na extremidade superior e ponteira de aço na extremidade inferior. Esse amostrador permitiu coletar perfis de sedimentos de 30 a 50cm em fundo de vales em pontos a montante e à jusante de áreas urbanas, os quais foram fatiados a aproximadamente cada 5cm. As amostras fatiadas foram expostas, por 24 horas, a estufa a aproximadamente 60° C, para que fossem secas e a matéria orgânica contida fosse preservada. A partir disso as amostras foram peneiradas com a finalidade de eliminação de restos vegetais e materiais de origem antrópica e “separaram-se alíquotas destinadas às determinações dos principais óxidos por fluorescência de raios-X, de matéria orgânica e de radionuclídeo” (Sabaris, 2010, p. 48).

Sedimentos acumulados em ambiente de estuário também refletem o caráter geral dos materiais transportados pelos rios sobre áreas terrestres adjacentes, porém, em conjunto com materiais derivados da erosão costeira, do fluxo marinho e da atividade de organismos *in situ*, além da atividade antrópica (GOLDBERG, 1978). Assim, destacam-se as pesquisas desenvolvidas em áreas de estuários de Farrington et al. (1977), Goldberg et al. (1978), Christensen et al. (1978), Benninger et al. (1979), Benninger e Krishnaswami (1981), Trefry e Shokes (1981), Ravichandran et al. (1995) e Santschi et al. (2001). Em ambiente marinho, destacam-se os trabalhos de Cochran et al. (1983) Loring et al. (1983), Carpenter et al. (1984), Crusius e Anderson (1991) e Baskaran et al. (1996).

Com relação aos trabalhos desenvolvidos em rios, a utilização de bacias hidrográficas como unidade de estudo aparece de forma explícita em alguns e implícita em outros, porém todas se utilizam da mesma metodologia de datação de sedimentos por ^{210}Pb , e procuram

realizar uma correlação histórica das alterações que o homem, por meio da atribuição de diferentes usos da terra em áreas urbanas, industriais e rurais, impôs sobre os sistemas geomorfológicos, em curta escala de tempo.

Assim, considerar a bacia hidrográfica como unidade de estudo, permite o entendimento sistêmico da lógica de escoamento das águas e da deposição de sedimentos. A quantificação de taxas de sedimentação, em sistemas marinhos e de água doce, constitui-se em importante indicador biogeoquímico, pois, conforme salienta Lima (2000, p.42) “os sedimentos se comportam como fornecedores de depósitos de componentes químicos” e desta maneira, “padrões espaciais e temporais de sedimentação influenciam os ciclos elementares e de nutrientes nesses sistemas” (LIMA, 2000, p.44).

O estudo da bacia hidrográfica pela humanidade tornou-se importante diante da necessidade primordial da conservação das águas de superfície e subsuperfície para a manutenção da água potável para as gerações atuais e futuras (CUNHA, 1997). Porém, diante da intensa ocupação e conseqüentes transformações ocorridas no interior da área dessas bacias, tornou-se “consenso entre os pesquisadores que se dedicam à questão ambiental de que a bacia hidrográfica constitui-se na unidade fundamental para o planejamento da paisagem” (CUNHA, 1997, p. 2).

Sem ter a intenção de esgotar o assunto, podem-se citar como referência algumas obras que apresentam um conceito para o termo *bacia hidrográfica*, também denominada de *bacia de drenagem*, e que destacam a sua importância para o estudo ambiental, como Bigarella e Mazuchowski (1985), Christofolletti (1974), Gregory e Walling (1973), Dunne, Leopold (1978), Cunha (1997) e Guerra e Cunha (2000, 2008).

No geral, as definições de bacia hidrográfica variam apenas na forma de expressar a ideia de que essa é composta por um ou mais canais fluviais que recebem água do escoamento superficial, sedimentos e material dissolvido de determinada área, que convergem para um ponto em comum à jusante, que pode ser um rio ou o oceano. Esta área é delimitada pelos pontos de maior altitude ao redor da drenagem, denominados divisores de água. Conforme destaca Cunha (1997), um aspecto pouco levado em consideração, mas de relevância, é o fato de que os canais fluviais de uma bacia hidrográfica também são abastecidos por meio do escoamento subsuperficial e do afloramento do lençol freático.

Assim, ao se considerar o comportamento sistêmico de uma bacia hidrográfica e a fim de garantir o bom desenvolvimento dessa pesquisa, que envolve mapeamentos temáticos de uso da terra e geomorfológicos retrospectivos de detalhe, as áreas de análise selecionadas, situam-se no interior da bacia do rio Corumbataí e constituem-se em sub-bacias hidrográficas

altamente impactadas pela ação mineradora dos principais minerais não metálicos utilizados pela indústria civil, fato esse comum a toda a área da bacia.

A proposta deste trabalho fundamenta-se na concepção de que o homem tem interferido de forma cada vez mais rápida e intensa na dinâmica dos processos geomorfológicos, o que leva a defender a ideia de que a humanidade vivencia uma nova realidade ambiental.

Nessa perspectiva, os mapeamentos geomorfológicos e de uso da terra permitiram a obtenção de dados que remetem às características do relevo mais próximas da morfologia original e dos posteriores quadros de intervenção antrópica, seja de maneira direta ou indireta. Já o método da datação de sedimentos de fundo vale pelo ^{210}Pb , a quantificação da matéria orgânica e identificação granulométrica nos setores dos testemunhos coletados possibilitaram identificar o ritmo com que a sedimentação tem ocorrido nas sub-bacias em análise e uma possível alteração no perfil da ocupação da terra na área respectivamente.

A importância do conhecimento do estado atual do ambiente e suas mudanças são de interesse tanto de pesquisadores quanto do governo e de agências internacionais, pois podem influenciar na tomada de decisões e medidas de planejamento. Assim, esse estudo pretende estipular parâmetros que contribuam com esses tipos de análises, além de contribuir com as discussões acerca das transformações e controles impostos pelo sistema socioeconômico sobre os sistemas ambientais físicos, sobretudo diante da questão da sedimentação fluvial e das feições e processos geomorfológicos associados a esta dinâmica.

4 MÉTODO E TÉCNICAS

4.1 MÉTODO

A pesquisa se desenvolveu sob a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas com ênfase a Antropogeomorfologia. Diversos são os trabalhos publicados relacionados à Teoria Geral dos Sistemas com ênfase nos aspectos geomorfológicos. Dentre estes, o referencial teórico-metodológico que fundamenta o desenvolvimento desta pesquisa, baseia-se em concepções de pesquisadores como Howard (1973), Christofolletti (1971, 1974, 1979, 1986/1987, 1990, 1999a), Tavares e Soares (1978), Drew (1989), Gregory (1992), Rodrigues (2001) e Mattos e Perez Filho (2004).

Alicerçado na perspectiva sistêmica, Christofolletti (1999a) afirma que o estudo das organizações espaciais deve abordar dois componentes básicos que permitam entender a estrutura e o funcionamento destas, ou seja, as características do sistema ambiental físico e as do sistema socioeconômico. Este tipo de abordagem possibilita, de acordo com Rodrigues (2001), entender as influências antropogênicas sobre os “fenômenos naturais”, que resultam em um estado derivado do sistema original, configurando-se tais influências, focos de análise desta pesquisa.

As bacias hidrográficas adotadas como área de estudo, são consideradas por esse viés como sistemas não-isolados e abertos, o que significa que estes mantêm relações com os demais sistemas do universo no qual se inserem, realizando constantes trocas de energia e matéria, ou seja, este sistema recebe (*input*) e perde (*output*) energia e massa (CHRISTOFOLETTI, 1979). O *input* deriva de fatores externos que regulam o seu funcionamento, como tectônica, precipitações, sedimentos provenientes de outras vertentes trazidas pelo vento ou pela ação antrópica, entre outros. Enquanto o *output* ocorre por meio de fatores internos, como o transporte de sedimentos pelo fluxo da água, evaporação e evapotranspiração, que liberam vapor e energia para a atmosfera, ou ainda por meio da própria ação antrópica, sobretudo ao mobilizar grandes quantidades de recursos naturais, utilizados para o abastecimento e suprimento das necessidades de organizações humanas externas a este sistema.

Nir (1983) destaca que a análise antropogênica deve ocorrer de forma integrada, e contemplar aspectos como a abordagem histórica das intervenções humanas sobre as formas do relevo; a análise da dinâmica socioeconômica; e a investigação dos ambientes antropogênicos a partir de estimativas quantitativas de extensão, taxas ou grau dos processos

observados. Assim, recorreu-se às técnicas da cartografia temática para gerar cartas de uso da terra, à cartografia geomorfológica evolutiva, citada por Rodrigues (2005) e, a quantificação de Chumbo-210 em testemunhos de sedimentos extraídos de fundos de vales, para posterior obtenção de dados e taxas quantitativos que comprovem a existência de alterações no meio físico de cunho antrópico. Desta forma, a pesquisa pretende contribuir com discussões sobre a influência do comportamento antrópico, sobre os processos geomorfológicos, considerando o procedimento teórico exposto.

4.2 TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS

4.2.1 Preparação do banco de dados - base cartográfica

As cartas topográficas que abrangem as sub-bacias hidrográficas em estudo encontram-se disponíveis, em formato digital *raster*, no Laboratório de Geomorfologia (LAGEO) Unesp/Campus Rio Claro. Essas cartas, foram executadas pelo “Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Economia e Planejamento - Coordenadoria de Ação Regional, Divisão de Geografia – Plano Cartográfico do Estado de São Paulo”, na escala 1:10.000, datadas do ano de 1979, projeção UTM, Datum horizontal Córrego Alegre/MG e Datum vertical marégrafo de Imbituba/SC.

As bases cartográficas foram vetorizadas e georreferenciadas no programa ArcMap a partir da delimitação das bacias hidrográficas distribuídas entre as seguintes Folhas:

- Ribeirão Santa Gertrudes - Fazenda Sant’Ana, Santa Gertrudes I, Santa Gertrudes II, Bairro do Barro Preto e Cordeirópolis;
- Córrego das Taipas - Córrego do Capim Fino, Analândia II, Serra da Atalaia, Fazenda São Luiz do Cuscuzeiro e Fazenda Santo Urbano;
- Córrego Marroti e Gonçalves - Córrego da Assistência;
- Alto Curso do Ribeirão das Araras – Bairro da Cabeça e Rio Claro I.

As informações extraídas da base cartográfica referentes às curvas de nível, pontos cotados, rede hidrográfica, rodovia, estradas sem pavimentação e ferrovia serviram de apoio às demais cartas elaboradas, visto que fornece informações espaciais e permite georreferenciar dados de uso da terra e geomorfológicos que se encontram no interior dos limites da bacia.

4.2.2 Elaboração das cartas geomorfológicas

As cartas geomorfológicas de detalhe forneceram subsídios para uma análise minuciosa dos elementos que compõem o relevo, sejam esses naturais ou derivados da ação antrópica.

A elaboração do mapeamento geomorfológico da área de estudo buscou orientação na proposta de Tricart (1965), a qual afirma que este tipo de mapeamento deve comportar quatro tipos de informações de naturezas diferentes, a saber: morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia.

Os dados morfométricos representam valores quantitativos e foram compilados da base cartográfica e representados por meio das curvas de nível e cotas altimétricas. Com a finalidade de representar diferentes feições topográficas, as informações morfográficas foram obtidas a partir da interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1988 e 2006 ou 2010. Os elementos relacionados à morfogênese encontram-se associados aos símbolos utilizados na morfografia, que além das formas indicam o agente responsável por sua origem. Informações referentes à cronologia são parciais, sendo representadas por meio dos dados que compõem a carta geológica e se remetem ao período em que se formaram as rochas que dão sustentação ao relevo.

Encontra-se nas bacias hidrográficas em análise apenas dois tipos de feições estruturais, uma falha inferida no Ribeirão Santa Gertrudes e patamares estruturais na bacia do Córrego das Taipas, que foram mapeadas através de seu símbolos representativos. Ainda inserido no arcabouço estrutural, os dados litológicos, advindos da interpretação do mapa geológico, foram representados por diferentes níveis de cinza de acordo com o grau de resistência ao intemperismo do tipo de rocha predominante dentro de cada formação, diferentemente do proposto por Tricart (1965), o qual sugere que a área de determinada litologia seja mapeada com hachuras verticais dispostas com maior ou menor proximidade entre si de acordo com a resistência da rocha ao intemperismo. Essa adaptação foi realizada com a finalidade de propiciar uma maior legibilidade das cartas geomorfológicas, evitando a sobreposição de hachuras e simbologias utilizadas no mapeamento.

As feições do relevo que compõem a legenda foram mapeadas de acordo com as orientações de Cunha (2001), que ao considerar os princípios de uma gestão ambiental eficiente, propõe uma adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidan (1975), com a finalidade de produzir um documento que propicie maior legibilidade e entendimento dos dados representados. Desta maneira, a legenda foi estruturada de acordo com as orientações de Tricart (1965), que segundo Cunha (2001, p. 107) enfatiza “a

interpretação das formas e dos processos responsáveis por sua esculturação”, e assim, agrupa a maior parte dos símbolos de acordo com os tipos de formas.

Diante dos poucos símbolos vinculados ao modelado antrópico que constam na obra de Tricart (1965) e da ação antrópica cada vez mais intensa sobre a superfície terrestre que tem dado origem a novas formas de relevo, foram selecionados símbolos adequados à representação das feições antrópicas existentes na área utilizando como base os mapeamentos geomorfológicos já existentes, como os realizados por CNRS (1971), Simon (2007) e Paschoal, et al. (2010).

As cartas geomorfológicas foram elaboradas de acordo com a perspectiva da geomorfologia antropogênica, a qual recomenda partir “[...] do reconhecimento cartográfico das unidades morfológicas originais para posteriormente considerar a sequência de intervenções antrópicas nas formas e na distribuição de materiais superficiais” (RODRIGUES, 2005, p. 101). Assim, de posse da base topográfica, dos dados geológicos e após a definição da legenda a ser utilizada, foram interpretados pares estereoscópicos de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1988 e 2006 ou 2010, representativos da geomorfologia original, e da geomorfologia antropogênica (que compreende fases de perturbação ativa), a partir dos quais é possível observar os mecanismos de controle impostos pela ação antrópica aos sistemas naturais em áreas de mineração.

Os pares estereoscópicos de fotografias aéreas utilizadas para a elaboração das cartas geomorfológicas possuem as seguintes especificações:

- Em escala aproximada de 1:25.000, do ano de 1962, foram obtidas por meio do Laboratório de Sensoriamento Remoto da FFLCH/USP, o qual permitiu a realização de fotocópias para posterior análise do material;
- Em escala aproximada de 1:40.000, do ano de 1988, encontram-se disponíveis no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro. Porém, as fotografias aéreas adquiridas sob forma de empréstimo do DEPLAN cobriam parcialmente as áreas em estudo, desta forma, recorreu-se ao acervo da BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A para aquisição dos pares estereoscópicos de fotografias aéreas que faltavam;
- Em escala aproximada de 1:30.000, do ano de 2006, das áreas que compreendem as bacias hidrográficas do Ribeirão Santa Gertrudes/SP e do Córrego das Taipas/SP, as quais foram compradas do acervo da BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A;
- Em escala aproximada de 1:5.000, do ano de 2010, das áreas que compreendem as bacias hidrográficas do Alto Curso do Ribeirão Araras e do Córrego Marroti e Gonçalves

foram cedidas pela Prefeitura Municipal de Rio Claro/SP, em formato digital *raster*, ao DEPLAN, que disponibilizou seus arquivos para posterior impressão das fotografias aéreas.

A adoção do uso de fotografias aéreas para a interpretação dos diferentes cenários encontra justificativa nas concepções de Novo (1989, p. 70) que destaca que estas ainda se constituem no melhor sistema de informação espacial sobre a superfície terrestre, permitindo a produção de mapas em escala de detalhes. Simon (2007, p. 78) complementa que as fotografias aéreas, “[...] enquanto representação do momento ou do fato geográfico, possibilitam a constatação dos mecanismos de controle impostos aos elementos do sistema ambiental derivados de intervenções antrópicas diretas e indiretas”; considera-se que estas concepções estão em consonância com o desenvolvimento desta pesquisa.

Com relação aos procedimentos operacionais realizados para a construção das cartas geomorfológicas foram utilizados dois procedimentos diferenciados: a interpretação de pares de fotografias aéreas por meio de estereoscópio de bolso e outro que permite gerar imagens em três dimensões pela técnica Anaglifo.

Em um primeiro momento, os dados de todas as bacias hidrográficas em questão foram obtidos por meio da fotointerpretação utilizando-se do estereoscópio de bolso. As informações foram retiradas em papel poliéster, que compuseram *overlays*, nos quais foram extraídos os elementos que constam na legenda dos mapeamentos geomorfológicos.

Após a etapa de fotointerpretação, estes *overlays* foram escaneados e georreferenciados com precisão sobre a base cartográfica, utilizando o programa ArcMap. O processo de vetorização das informações contidas nos *overlays* também foi realizado nesse mesmo software e seguiu as orientações técnicas de Paschoal et al. (2010). Com base nestas orientações, novos símbolos foram criados, e passaram a compor o banco de dados de simbologias do ArcMap e foram aplicados na construção da carta geomorfológica.

Durante a fotointerpretação realizada com estereoscópio de bolso, foi possível identificar algumas áreas que apresentavam grandes distorções, sobretudo aquelas que se situam próximas ao *front* cuneiforme e de morros testemunhos associados a essa forma de relevo, identificados na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas (SP). Assim, recorreu-se às orientações de Souza (2012) referente à utilização da técnica Anaglifo, para realizar a reambulação dos dados dessa bacia hidrográfica nos períodos de 1962, 1988 e 2006.

A técnica Anaglifo também permite a geração de imagens em três dimensões (3D) a partir de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, porém no ambiente computacional do aplicativo *Stereo Photo Maker* (SOUZA, 2012). Os pares estereoscópicos de fotografias aéreas do Ribeirão das Taipas foram escaneados em formato *tiff*, 300 dpi e importadas no

aplicativo computacional *Stereo Photo Maker 4.34*, de uso livre e disponível para download no endereço: <http://stereo.jpn.org/eng/stphmkr/>. Esse aplicativo é responsável por gerar as imagens Anaglifo em vermelho-azul e por sobrepô-las. Em seguida essas imagens foram salvas em formato *jpg* e, com a utilização de um óculos para visualização em 3D, foram georreferenciadas no ArcMap 9.2 e fotointerpretadas diretamente na tela do computador.

A utilização do ArcMap aplicado à elaboração de cartas geomorfológicas demonstrou-se eficiente para a representação das feições existentes na paisagem. O programa permite organizar as camadas (*shapefiles*), visualizadas no *display*, de acordo com a ordem de importância que esses apresentam, para que o resultado final do mapeamento apresente-se de maneira harmônica. Assim, os dados que compõem a geologia (áreas), foram dispostos em último plano, seguidos pelas informações morfométricas (linhas e pontos), até que as informações derivadas da ação das águas correntes e antrópicas se apresentassem em primeiro plano. As cartas geomorfológicas foram editadas de acordo com o proposto por Paschoal et al. (2010).

A realização dos mapeamentos geomorfológicos das bacias hidrográficas em análise foi organizada de acordo com cinco grupos sugeridos por Tricart (1965), referentes à: dados litológicos; dados estruturais; formas de vertente e interflúvio; ação das águas correntes; e modelado antrópico (FIGURA 6).

Porém a subdivisão desses grupos, em alguns momentos foi adaptada, a fim de explorar mais elementos e formas. Esse é o caso da inserção das formas de vertentes (côncava, convexa e retilínea) e linha de cumeada íngreme extraídas de Verstapen e Zuidam (1975), além da inserção de alguns elementos advindos das Convenções Cartográficas no grupo que compõe as “formas de vertentes e interflúvios”, como as curvas de nível e pontos cotados, e no grupo de “ação das águas correntes”, no qual se inseriu os canais pluviais e fluviais e área de alagamento sazonal.

Torna-se importante salientar que terraços e curvas de nível agrícolas não foram mapeados em separado devido à dificuldade em distingui-los com precisão durante a fotointerpretação e, portanto, foram representados por uma simbologia única nas cartas geomorfológicas. Porém, foi possível observar em campo, o predomínio dos terraços agrícolas apenas nos locais em que a declividade do terreno se mostrava mais pronunciada.

FIGURA 6 - Estruturação da legenda que compõem as cartas geomorfológicas das bacias hidrográficas do Córrego das Taipas, Córrego Marroti e Gonçalves, Ribeirão Santa Gertrudes e Alto Curso do Ribeirão das Araras.

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|-------------|--|---|---------------------------|
| DADOS LITOLÓGICOS | Cenozóicos | Aluviões | 1 | | Convenção Cartográfica | |
| | | Formação Santa Rita do Passa Quatro | 2 | | Convenção Cartográfica | |
| | | Formação Rio Claro | 3 | | Convenção Cartográfica | |
| | Mesozóico | Formação Serra Geral (Intrusões básicas) | 9 | | Convenção Cartográfica | |
| | | Formação Botucatu | 4 | | Convenção Cartográfica | |
| | | Formação Pirambóia | 5 | | Convenção Cartográfica | |
| | Paleozóico | Formação Corumbataí | 8 | | Convenção Cartográfica | |
| | | Formação Irati | 7 | | Convenção Cartográfica | |
| | | Formação Tatuí | 6 | | Convenção Cartográfica | |
| DADOS ESTRUTURAIS | Falha inferida | | | | Tricart (1965) | |
| | Patamar estrutural | | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS | Vertente | Côncava | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| | | Convexa | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| | | Retilínea | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| | Linha de cumeada | Suave | | | Tricart (1965) | |
| | | Íngreme | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| | Formas localizadas | Colo topográfico | | | Tricart (1965) | |
| | | Sulco | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| | | Ravina | | | Tricart (1965) | |
| | | Voçoroca | | | Tricart (1965) | |
| | Feições topográficas e morfométricas | Caimento topográfico | | | Tricart (1965) | |
| | | Curva de nível | | | Convenção Cartográfica | |
| | | Ponto cotado | | | Convenção Cartográfica | |
| AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES | Feições hidrográficas | Canal Fluvial | | | Convenção Cartográfica / Tricart (1965) | |
| | | Canal Pluvial | | | Convenção Cartográfica / Tricart (1965) | |
| | | Área de alagamento sazonal | | | Convenção Cartográfica | |
| | Formas de acumulação | Área de acumulação fluvial | | | Adaptado de Tricart (1965) | |
| | Modelado de entalhe | Ruptura topográfica | Suave | | | Verstappen; Zuidam (1975) |
| | | | Íngreme | | | Verstappen; Zuidam (1975) |
| | | Fundo de vale | Em V | | | Verstappen; Zuidam (1975) |
| | | | Fundo plano | | | Verstappen; Zuidam (1975) |
| | MODELADO ANTRÓPICO | Mineração | Ativa | | | Convenção Cartográfica |
| | | | Inativa | | | Convenção Cartográfica |
| Colina residual derivada de atividade minerária | | Suave | | | Paschoal et al (2010) | |
| | | Abrupta | | | Paschoal et al (2010) | |
| Patamares em cava de mineração | | Suave | | | CNRS (1971) / Lima (1990) | |
| | | Abrupto | | | Paschoal et al (2010) | |
| Terraços e curvas de nível agrícolas | | | | | Tricart (1965) | |
| Aterro para vias de circulação | | | | | Tricart (1965) | |
| Corte para vias de circulação | | | | | Tricart (1965) | |
| Conduto | | | | | Verstappen; Zuidam (1975) | |
| Cavas de mineração abaixo do nível do lençol freático | | | | | Paschoal et al (2010) | |
| Canal Fluvial sob interferência antrópica | | | | | Simon (2007) | |
| Área de acumulação de planície e terraço fluvial sob interferência antrópica | | | | Paschoal et al. (2010) / Paschoal (2011) | | |

* Nesta legenda, a convenção cartográfica dos dados litológicos encontra-se numerada para que os diferentes níveis de cinza, representativos do grau de resistência ao intemperismo do tipo de rocha predominante dentro de cada formação, possam ser facilmente identificados. Essa numeração não foi mantida nas cartas plotadas, pois neles a distinção entre os níveis de cinza é evidente.

Fonte: Org. pelo autor (2014).

4.2.3 Elaboração das cartas de uso da terra

A elaboração destas cartas ocorreram com base na interpretação das fotografias aéreas nas escalas aproximadas de 1:25.000 (1962), 1:40.000 (1988) e 1:30.000 (2006) ou 1:5.000 (2010), descritas anteriormente no item 4.2.2.

Inicialmente, utilizou-se o *scanner* para transformar as fotografias aéreas do formato analógico para o meio digital. Posteriormente, as fotografias aéreas foram georreferenciadas na interface ArcMap do programa ArcGis, com base na carta topográfica de escala 1:10.000, gerando-se o mosaico da área de estudo. A hidrografia utilizada em cada mapeamento de uso da terra foi extraída de sua respectiva carta geomorfológica.

O procedimento operacional adotado na classificação dos diferentes usos da terra foi dividido em três etapas: a primeira consistiu, diante do georreferenciamento das fotografias aéreas, em identificar diretamente na tela do computador as classes de uso passíveis de serem assinaladas sem erro; em um segundo momento, recorreu-se aos pares estereoscópicos de fotografias aéreas para que eventuais dúvidas fossem sanadas; e por último, foram realizados trabalhos de campo para averiguação *in loco* das dúvidas atreladas à estereoscopia e consultas ao Google Earth[®] referente ao cenário mais recente bem como a atualização de alguns dados de uso. Após a vetorização de todas as classes, as cartas foram editadas no programa ArcMap.

A interpretação das fotografias aéreas ocorreu de acordo com a proposta de Ceron e Diniz (1966), que sugerem a identificação dos elementos de interpretação, tais como: níveis de cinza, textura, forma da parcela, dimensão da área cultivada, dimensão dos campos de cultivo, altura, espaçamento, restos de colheita e arranjo espacial; constituindo-se a agregação destes elementos na chave de identificação de classes de uso da terra, capaz de caracterizar culturas diferenciadas. De maneira similar, elementos de interpretação da paisagem também são sugeridos pelo IBGE (2006), que recomenda que o uso da terra seja realizado a partir da interpretação de modelos, tonalidades, formas, texturas, arranjo espacial das atividades e localização no terreno.

Para o estabelecimento das classes de uso da terra, consultou-se o manual técnico de uso da terra do IBGE (2006), que foi elaborado a partir da análise de trabalhos consagrados nesta temática, como o de Anderson et al. (1979), e que visa atender às necessidades do cenário brasileiro. As características dessas classes foram descritas com base no manual do IBGE (2006), Anderson et al. (1979) e em constatações empíricas realizadas em trabalhos de campo na área.

A proposta de classificação de uso da terra desenvolvida pelo IBGE (2006) adapta-se às necessidades da pesquisa por se constituir em um sistema baseado em produtos de

sensoriamento remoto, e por apresentar-se bastante flexível ao permitir, sobretudo para escalas de análise detalhadas, a inserção de novos níveis de uso da terra e a exclusão de categorias pré-definidas, de acordo com as necessidades do usuário.

Desta forma, as classes de nível 1 (áreas antrópicas não agrícolas, áreas antrópicas agrícolas, matas e água) foram mantidas de acordo com as orientações do IBGE (2006) e as subclasses, que constituem o nível 2, foram adequadas as especificidades da área (residências rurais e áreas industriais, minas a céu aberto, cobertura herbácea em área de mineração, citrus, cana-de-açúcar, silvicultura, cultura anual, pasto limpo, pasto sujo, cerrado, matas ciliares e florestas de encosta, cursos d'água e reservatórios artificiais e área de alagamento sazonal) (QUADRO 8).

As cores utilizadas na representação de cada uso da terra procuram seguir a padronização internacional, utilizando a paleta em RGB (IBGE, 2006). Porém, após a avaliação das cartas plotadas, julgou-se interessante a alteração de algumas cores, para que fosse possível diferenciar com maior facilidade classes de uso da terra que, no momento da impressão, mostraram-se muito semelhantes.

QUADRO 8 - Classes de uso da terra aplicado às bacias hidrográficas em análise.

| NÍVEL I | NÍVEL II / COR | DESCRIÇÃO |
|--------------------------------|--|---|
| Áreas antrópicas não agrícolas | Residências rurais, e áreas industriais | Compreende áreas que possuem parte da terra coberta por estruturas destinadas ao uso residencial ou relacionadas com as operações agrárias e/ou de mineração, como a edificação de galpões de armazenagem, instalações para processamento da matéria-prima, entre outros. São identificados na fotografia aérea principalmente através da textura, forma e localização no terreno. |
| | Minas a céu aberto | Esta categoria caracteriza-se pela ausência de cobertura vegetal e apresenta o material de recobrimento removido a fim de expor os depósitos a que se desejam explorar. As minerações são incluídas “nessa categoria até que se estabeleça outra cobertura ou utilização, após o que a terra seria classificada de acordo com o uso ou cobertura resultante” (ANDERSON, et al., 1979, p.61). Os elementos de interpretação aplicados à sua identificação, constituem-se na tonalidade apresentada pelo solo, que se encontra exposto e muitas vezes estruturado em patamares que se assemelham às curvas de nível. |
| | Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração | Observa-se que sobre tais áreas desenvolveram-se e se estabilizaram uma vegetação, no geral de porte rasteiro, sendo possível notar que o solo apresenta características de que passou por uma grande remobilização. Desta maneira, os principais elementos de interpretação desta classe de uso da terra constituem-se na rugosidade apresentada pelo solo e na tonalidade da vegetação que se estabeleceu sobre ele. |
| Áreas antrópicas agrícolas | Citrus | Identificaram-se na área plantações de pomares de laranja, por meio do arranjo quadriculado formando entre as mudas plantadas, que são plantados a uma mesma distância entre si, e em formato linear; |
| | Cana-de-açúcar | É notório na área o intenso cultivo da cana-de-açúcar. Seu cultivo, pode ser inserido na classe de terras agrícolas de acordo com Anderson et al. (1979), por se tratar da produção de um gênero que pode ter inabilidade alimentar, porém, diante do contexto do Pró-álcool e de incentivos governamentais existentes na atualidade, a cana-de-açúcar cultivada na área tem como objetivo fornecer matéria-prima renovável para a produção de energia limpa, e que possa substituir o uso de combustíveis derivados do petróleo. Essa cultura é identificada por meio do arranjo espacial da plantação, que constitui-se em parcelas lineares homogeneamente plantadas, separadas geralmente por curvas de nível ou terraços agrícolas. |
| | Silvicultura | A silvicultura consiste no cultivo de espécies arbóreas de rápido crescimento, sendo as principais espécies cultivadas exóticas, como o eucalipto e o pinus. Foi identificado na área o cultivo do eucalipto, motivado, sobretudo, por fatores econômicos e com o objetivo principal de suprir com matéria-prima indústrias de papel e celulose, lenha, compensados, entre outros. A silvicultura apresenta textura rugosa devido ao arranjo espacial do dossel das árvores de eucalipto. Sua plantação ocorre de forma linear e paralela; nas áreas em que ocorre sua extração, a paisagem é marcada por diferentes tonalidades que se distribuem de forma paralela e equidistante. |
| | Cultura anual | Identificaram-se na área plantações de culturas de ciclo anual com a finalidade de produção de alimentos, na qual se destacam plantações de feijão e milho. Os elementos de interpretação utilizados para sua interpretação, constitui-se no padrão quadriculado que este cultivo apresenta sobre o relevo, além da identificação da textura, que se distingue dos demais tipos de plantações encontradas na área. |
| | Pasto limpo | A vegetação classificada como pasto nesta pesquisa possui característica predominantemente de gramínea e/ou gramínea intercalada com gêneros arbustivos. No geral estas áreas não apresentam características de vegetação de pastagem natural, tendo sido introduzido pela intervenção antrópica. Esta categoria foi subdividida em duas sub-categorias: pasto limpo, caracterizado por vegetação predominantemente de porte rasteiro; e pasto sujo, o qual apresenta junto à vegetação gramínea, alguns gêneros arbustivos que se estabeleceram de forma espaçada no terreno, e pode estar relacionado à falta de manutenção das áreas por parte de seus proprietários. A divisão entre estas duas sub-categorias é tênue e baseou-se em aspectos visíveis da vegetação que recobre a terra. |
| | Pasto sujo | |
| Matas | Cerrado | Na área as características apresentadas por esse bioma permite referência a existência de um “cerradão” devido a presença predominante de espécies arbustivas e árvores esparsas sobre o estabelecimento de uma vegetação rasteira. O cerrado distingue-se da categoria “matas” justamente pela presença da vegetação rasteira, que confere textura, padrão de distribuição dos alvos e coloração diferenciada à área. |
| | Matas ciliares e florestas de encostas | Compreende áreas de mata regenerada, matas ciliares e florestas de encostas que foram mapeadas em conjunto. No geral, se trata de matas vinculadas a fundo de vale e poucos resquícios de matas em área de encostas e topos ou antigas áreas de mineração próximas ao fundo de vale. Dessa maneira, essa classe é identificada diante de sua localização, textura rugosa formada pela disposição do dossel da mata que a constitui, e através da tonalidade e organização espacial, que se difere das classes em seu entorno. |
| Água | Cursos d'água | Esta categoria contempla todos os cursos d'água, que são representados por formatos lineares e, encontram-se inseridos entre os interflúvios e vertentes concavas da área. |
| | Reservatórios artificiais | Os reservatórios existentes na área são em sua maioria artificiais e apresentam característica de extensas lagoas, que são formadas pelo afloramento do lençol freático em cavas de mineração. Os elementos desta categoria apresentam formatos poligonais e nem sempre estão vinculados a canais fluviais; |
| | Área de alagamento sazonal | Compreende uma parcela da terra que se apresenta constantemente alagada devido ao afloramento do lençol freático, que oscila de nível de acordo com as estações do ano e a intensidade das chuvas. Sobre essas terras alagadiças se estabelece uma vegetação rasteira. Os elementos de interpretação utilizados em sua identificação relacionam-se à textura e o padrão disforme da vegetação rasteira que ali se estabelece. |

Fonte: Adaptado de Paschoal (2011) pelo autor (2014).

4.3 TÉCNICA DE DATAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO DE VALE COM ^{210}Pb

Os pontos de coleta de amostragem foram escolhidos com base nos locais de deposição de sedimentos identificados no mapeamento geomorfológico dos anos de 2006 ou 2010 anteriormente realizados. Em cada bacia analisada foi coletado 1 testemunho de sedimento em fundo de vale situado próximo à foz dos rios (FIGURA 7).

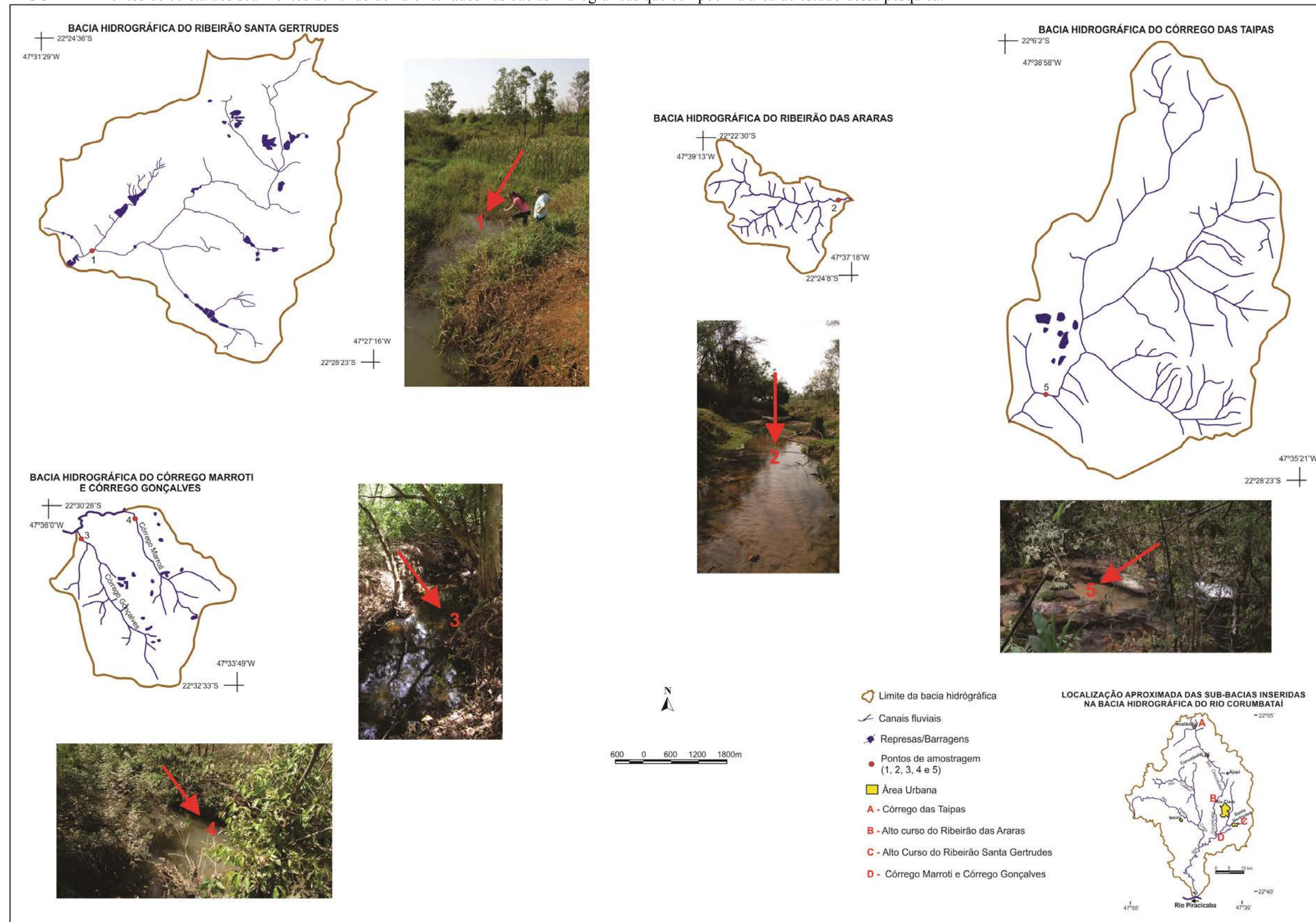
As coletas de sedimentos foram realizadas utilizando-se um amostrador “Multisampler 12.42”, que permite fazer com que a amostra coletada em meio aquoso permaneça razoavelmente intacta (FIGURA 8-a). Esse equipamento constitui-se em um tubo acrílico removível com um metro de comprimento e 5 cm de diâmetro, responsável por armazenar os sedimentos coletados.

Na extremidade superior do tubo de acrílico é acoplado um êmbolo que permite realizar a sucção da coluna de sedimentos abaixo da lâmina d’água (FIGURA 8-a) e duas são as ponteiras de aço inoxidável que, sustentadas por um fio de aço, podem ser acopladas na extremidade inferior desse tubo acrílico. Uma dessas ponteiras apresenta corte afiado e área central aberta (FIGURA 8-b), utilizada para a coleta de sedimentos mais finos e compactados como, por exemplo, a argila. A outra ponteira, utilizada para coleta de sedimentos mais grosseiros, como areia, possui seu bocal mais fechado e uma esfera, também de aço inox (FIGURA 8-c), que permite com que o sedimento pouco compactado seja retirado sem que ocorra perda do material, pois a esfera se mantém próximo à ponteira de aço, devido a sua densidade ser maior do que a desse material.

A coleta dos sedimentos foi realizada entre os meses de Julho e Setembro de 2012, época de estiagem, na qual os rios da região apresentam baixa vazão. Assim, os perfis foram retirados abaixo de uma lâmina d’água (FIGURA 7) e variaram de alguns centímetros a aproximadamente um metro de profundidade. No momento de sua extração procurou-se tomar cuidado para que houvesse mínima perturbação, evitando misturar as camadas de depósito de sedimentos assim como a porção semifluida da superfície do leito do rio onde as amostras foram retiradas.

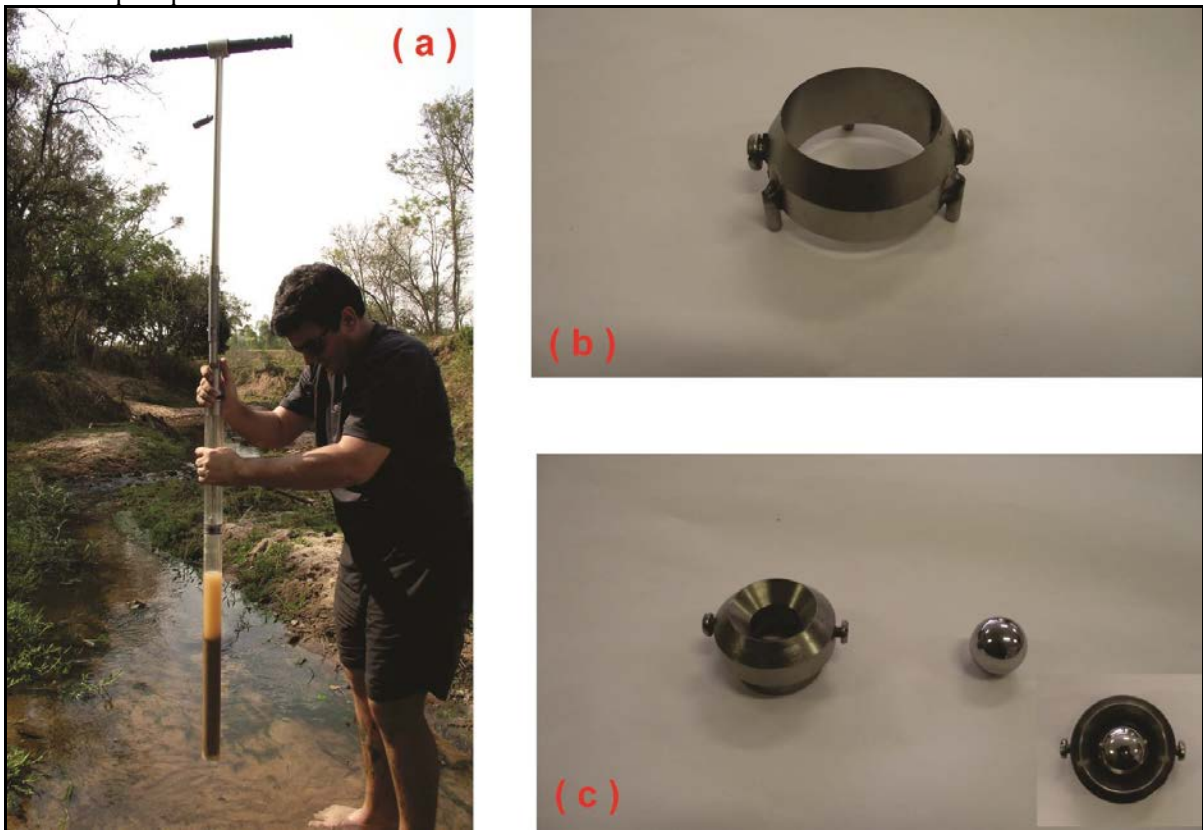
Os testemunhos, logo após retirados do campo, foram mantidos na posição vertical e levados ao Laboratório de Geoquímica Ambiental (LAGEA), coordenado pelo Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição (DEPLAN, UNESP/Campus Rio Claro).

FIGURA 7 – Pontos de coleta dos sedimentos de fundo de vale retirados nas bacias hidrográficas que compõem a área de estudo dessa pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).






FIGURA 8 – (a) Amostrador Multisampler 12.42. (b) Ponteira de aço inoxidável utilizado para a retirada de material mais compactado. (c) Ponteira de aço inoxidável utilizado para a retirada de material que apresenta característica mais friável.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Em laboratório, com a ajuda do êmbolo, os testemunhos coletados, que possuíam de 30 a 50 cm (FIGURA 9), foram fatiados utilizando-se uma espátula de silicone (FIGURA 10). Entre uma amostra e outra se tomou sempre o cuidado de lavar a espátula para que não houvesse contaminação e mistura de sedimentos entre as camadas do perfil. A profundidade de cada testemunho coletado e das amostras resultantes de seu fatiamento são apresentadas detalhadamente na Figura 9.

FIGURA 9 – c

| | | | |
|---|--|---|---|
|  | <p>Testemunho 1</p> <p>Ribeirão Santa Gertrudes (SP) Ponto 1</p> <p>(50cm = 10 amostras de 5 cm cada)</p> |  | <p>Testemunho 4</p> <p>Córrego Marroti (SP)</p> <p>(36 cm - 12 amostras de 3 cm)</p> |
|  | <p>Testemunho 2</p> <p>Alto curso do Ribeirão das Araras (SP)</p> <p>(36cm = 9 amostras de 4 cm cada)</p> |  | <p>Testemunho 5</p> <p>Ribeirão das Taipas (SP)</p> <p>(30 cm = 6 amostras de 5 cm cada)</p> |
|  | <p>Testemunho 3</p> <p>Córrego Gonçalves (SP)</p> <p>(50 cm = 10 amostras de 5 cm cada)</p> | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os testemunhos que possuíam sedimentos de granulometria mais grossa ficaram em repouso por alguns dias para que a água contida na amostra pudesse se concentrar na parte superior do perfil e evaporar. Em seguida, com o sedimento ainda úmido, o material foi fatiado. Já os perfis que possuíam material de menor granulometria e conseqüentemente, apresentavam a amostra mais compactada, foram fatiadas no máximo em 24 horas após a coleta, evitando que secassem dentro do tubo acrílico, o que impossibilitaria sua retirada. As amostras resultantes do processo de fatiamento foram separadas em recipientes plásticos e ficaram expostas ao ar livre até que estivessem totalmente secas (FIGURA 10).

Posteriormente as amostras foram desagregadas em almofariz com pistilo de porcelana, pesadas e embaladas em placas de *petri* plástica, vedada com silicone e fita isolante (FIGURA 11). As amostras precisam ser seladas, para que se obtenha em quatro semanas o equilíbrio secular entre o ^{226}Ra e seus filhos de curta meia-vida.

FIGURA 10 – Imagens ilustrativas do procedimento de fatiamento dos perfis de sedimentos coletados em situação de fundo de vale.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

FIGURA 11 – Sedimento das amostras vedadas com silicone e fita isolante em placa de *petri* plástica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A detecção do ^{226}Ra e do ^{210}Pb de todas as amostras foi realizada no Laboratório de Radioisótopos do CENA/USP de Piracicaba, por meio de espectrometria gama. Com base na profundidade dos sedimentos coletados, massa seca e acumulada, taxa de ^{226}Ra e ^{210}Pb , ^{210}Pb não produzido e o \ln do ^{210}Pb das amostras, foi possível identificar o tempo e ano de

deposição de sedimentos dos testemunhos do Córrego Gonçalves, Córrego Marroti e Córrego Santa Gertrudes. Diante da impossibilidade de detecção do ^{210}Pb nos testemunhos coletados no Córrego das Taipas e no Alto Curso do Ribeirão das Araras, essas duas bacias hidrográficas não tiveram o tempo e ano de deposição dos sedimentos identificados⁸.

As extremidades dos testemunhos coletados foram descartadas, pois se considera que a amostra situada no topo constitui-se em uma camada *mixing*, e a camada inferior pode ter sido afetada durante o manuseio do amostrador, o que em ambos os casos resulta em uma quantificação anômala do ^{210}Pb . Diante disso os valores contidos na coluna variação de profundidade nas Tabelas 2, 3 e 4 não se iniciam no zero.

O valor da massa seca, expressa em gramas, corresponde ao peso da amostra total retirada do testemunho de sedimento e não apenas ao peso do sedimento contido na placa de petri. Para se calcular a massa acumulada por área (g/cm^2) é necessário dividir o valor massa seca (g) obtida anteriormente, pelo valor da área da entrada do amostrador, ou seja, $12,57\text{cm}^2$. Em seguida é preciso somar os resultados das amostras para que se encontrem os valores acumulados.

A espectrometria gama foi utilizada para quantificar a atividade de ^{226}Ra e ^{210}Pb para todas as amostras dos segmentos obtidos a partir do perfil de sedimento original. A espectrometria gama baseia-se na detecção, ampliação e contagens dos fótons gerados pela interação da radiação gama com um cristal de germânio hiper-puro, com 20% de eficiência e resolução de 1,8 KeV para o pico de ^{60}Co (energia de 1,33 MeV). A atividade de ^{226}Ra foi avaliada através da emissão dos raios gama (0,352 MeV) de seu filho ^{214}Pb sendo o ^{210}Pb determinado através da linha gama em 46,5 KeV do ^{210}Bi .

O ^{210}Pb formado dentro do sedimento pelo decaimento do ^{226}Ra é denominado como ^{210}Pb suportado ou produzido. O excesso de ^{210}Pb , chamado de não suportado ou não produzido, é considerado como sendo derivado das entradas atmosféricas. O ^{210}Pb suportado é medido pela análise de seu precursor, o ^{226}Ra , e o ^{210}Pb não suportado é calculado pela subtração deste valor de ^{210}Pb total, medido pela análise do ^{210}Pb . Assim, a estimativa da taxa de sedimentação baseia-se na geocronologia do ^{210}Pb , a qual requer a quantificação da atividade do ^{210}Pb total, produzido e não produzido (ROBBINS, 1978; APPLEBY; OLDFIELD, 1978). Os dados brutos advindos da identificação do ^{228}Ra , ^{226}Ra e ^{210}Pb das amostras analisadas por espectrometria gama encontram-se no Anexo A. Com base nos valores obtidos em mili Becquerel (mBq) de ^{210}Pb e ^{226}Ra (TABELAS 2, 3 e 4), subtraiu-se o

⁸ No item análise dos resultados referentes a essas duas bacias hidrográficas, o caso será abordado e devidamente justificado.

valor do segundo pelo primeiro, respectivamente, para obtenção do valor de ^{210}Pb não produzido.

O Logaritmo Neperiano (\ln) de ^{210}Pb foi calculado a partir do valor do ^{210}Pb não produzido. O valor da massa seca acumulada do sedimento por unidade de área (g/cm^2) e do ^{210}Pb não produzido expresso no valor do \ln de ^{210}Pb foram plotados em um gráfico de dispersão, que permite encontrar a taxa de sedimentação (r), determinada com base no modelo de taxa de acumulação constante – CRS (ROBBINS, 1978; APPLEBY; OLDFIELD, 1978), ou seja, o fluxo de ^{210}Pb não suportado para o sedimento é constante ao longo do tempo, onde a atividade de ^{210}Pb não produzido numa camada z é dada pela equação (1):

$$A(z) = A(0).e^{(-\lambda_{210}t)} \quad (1)$$

Onde:

$A(z)$ e $A(0)$ = atividade de ^{210}Pb não produzido à profundidade z e na interface sedimento/água, respectivamente (Bq/kg); λ_{210} = constante de decaimento do ^{210}Pb ($0,0311 \text{ anos}^{-1}$); t = tempo de deposição (anos).

A massa seca acumulada por área (g/cm^2), w , é relacionada pelo tempo de deposição de acordo com a expressão $t = w/f$, onde f é a taxa de sedimentação ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{ano}$). Assim, a equação 1 pode ser simplificada e re-escrita como:

$$\ln A(z) - \ln A(0) = \left(\frac{-0,031}{f}\right).w \quad (2)$$

Quando os $\ln A(z)$ são plotados em função das massas secas acumuladas por área, w , o resultado é um perfil linear de ^{210}Pb , com inclinação da reta correspondendo a $(-0,031/f)$. A taxa de sedimentação, f , pode então ser determinada a partir da inclinação média do perfil, utilizando o procedimento de ajuste por mínimos quadrados, como proposto por Baskaran e Naidu (1995). Assim, quando a massa acumulada por área de cada segmento é dividida pela taxa de sedimentação obtida, é possível estimar o tempo em que ocorreu a deposição dos sedimentos em cada segmento.

A fim de investigar o motivo do modelo aplicado para quantificação do ^{210}Pb ter fornecido respostas em algumas bacias e em outras não, foi realizada uma caracterização desses sedimentos por meio da identificação de sua granulometria e quantidade de matéria orgânica, de acordo com as técnicas apresentadas a seguir.

4.3.1 Granulometria

Com o objetivo de realizar uma caracterização do tamanho dos grãos dos sedimentos coletados, foi realizada a análise granulométrica que permitiu identificar a porcentagem de areia total e dos sedimentos de menor granulometria (argila e silte) de cada amostra do testemunho.

Inicialmente as amostras foram desagregadas em almofariz com pistilo de porcelana e peneiradas em malha de 2,00 mm para que areia e grãos menores fossem separados dos maiores (FIGURA 12). De acordo com as orientações técnicas de Camargo et al. (1986), dez gramas de todas as amostras que constituem o testemunho de sedimentos retirados em situação de fundo de vale foram pesadas e realocadas em uma garrafa plástica junto à 50ml de solução dispersante, as quais permaneceram em uma mesa agitadora por 16 horas, com a finalidade de promover a desagregação mecânica total da amostra.

FIGURA 12 – À esquerda peneira com malha 2,00 mm e à direita almofariz com pistilo de porcelana utilizado para desagregar os sedimentos coletados e utilizados no processo de granulometria.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A mistura de sedimentos e dispersante foi transferida para uma proveta de 500 ml, ao passá-los por uma peneira com malha de 0,053mm e completada com água destilada (FIGURA 13). A malha de 0,053mm da peneira permite separar a argila e o silte, os quais passam por essa malha, da areia fina à grossa, que nesta ficam retidas (FIGURA 13).

FIGURA 13 – Estrutura composta por proveta, funil e peneira de 0,053mm para transferir o sedimento e dispersante da garrafa plástica para a proveta de 500ml.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A areia retida na peneira é transferida para *Becker* de vidro, anteriormente pesado, e levada à estufa aquecida a 105° C, por no mínimo 8 horas para que sejam secas e pesadas novamente, obtendo-se o valor em gramas da areia total.

Não foi necessário para as análises quantificar a porcentagem detalhada de silte e argila em separado pelo método da pipeta. De acordo com Förstner e Salomons (1993), os metais pesados estão presentes principalmente nessas frações, sem distingui-las, além do que, determinar apenas a porcentagem da areia foi o suficiente para justificar a detecção ou não do ^{210}Pb nas amostras.

Os cálculos realizados para a obtenção dos resultados, expressos em porcentagem, foram realizados de acordo com as fórmulas 3 e 4:

$$\% \text{ Areia total} = \text{peso da areia} \times 10 \quad (3)$$

$$\% \text{ Argila e silte} = 100 - \% \text{ da areia total} \quad (4)$$

4.3.2 Determinação do carbono orgânico e matéria orgânica

Com o objetivo de determinar o teor de matéria orgânica dos sedimentos coletados nas bacias em estudo e assim correlacionar alterações no uso da terra e a quantidade de material orgânico depositado em situações de fundo de vale, quantificou-se a matéria orgânica das amostras que compuseram os testemunhos de sedimentos utilizados na quantificação do ^{210}Pb .

De acordo com CAMARGO et al. (1986) o carbono é encontrado no solo em sua forma orgânica e inorgânica, sendo a maioria encontrada na matéria orgânica e em minerais carbonatados.

A quantificação da matéria orgânica é realizada a partir de um grama da amostra de sedimento. Depois de separados um grama de sedimento, esse deve ser transferido para erlenmeyer de 500ml. Por meio de uma bureta, 10ml de solução de dicromato de potássio 1N é adicionado ao sedimento contido no erlenmeyer e agitado com uma leve rotação manual do frasco, ficando em repouso por 30 minutos logo em seguida (CAMARGO et al., 1986). Adiciona-se então 200 ml de água destilada ao frasco, que dentro de uma capela deve ser colocado sobre uma mesa agitadora magnética e com a ajuda de um ímã que em contato com a mesa agitadora irá rotacionar e misturar o conteúdo do frasco (FIGURA 14). Adiciona-se à solução 10 ml de ácido ortofosfórico concentrado e oito gotas de difenilamina 1%. O conteúdo do erlenmeyer é titulado com solução de sulfato de ferroso amoniacal 0,5N, que deverá ser introduzido por meio de uma bureta com torneira, que permite identificar quantos ml da solução foi utilizado até a mudança da cor azul para a verde, que ocorre por meio do escoamento de uma gota em específico.

Para a identificação da quantia de matéria orgânica, inicialmente é necessário realizar um cálculo para encontrar o fator e depois a % de Carbono. Assim, a quantia em ml do sulfato de ferroso amoniacal 0,5N é utilizada para encontrar o fator na fórmula (5):

$$F \text{ (fator)} = \frac{\text{Ácido Ortofosfórico} \times 1}{V_1 \text{ Sulfato Ferroso Amoniacal} \times 0,5} \quad (5)$$

Onde:

V_1 = volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado na titulação da prova em branco.

Para calcular a porcentagem de carbono (%C) das amostras, utiliza-se a equação (6):

$$\%C = \frac{4,0 - (V_2 \times F \times 0,2)}{P} \quad (6)$$

Onde:

V_2 = Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal utilizado na titulação da amostra;

P = Peso da amostra (1 grama)

Com base no valor acima, torna-se possível encontrar o valor, em porcentagem, da matéria orgânica (% MO) contida em 1 grama de cada amostra ao aplicar a fórmula (7):

$$\% MO = \% C \times 1,725 \quad (7)$$

FIGURA 14 – Estrutura montada para a titulação do conteúdo do erlenmeyer titulada com solução de sulfato de ferroso amoniacal 0,5N, composta por mesa agitadora magnética, erlenmeyers e bureta com torneira. Produtos manipulados dentro da capela.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este item tem como objetivo apresentar os resultados e realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos dados obtidos a partir das cartas dos distintos usos da terra (APÊNDICE A, B, C e D) e das cartas geomorfológicas evolutivas (APÊNDICE E, F, G e H).

A quantificação da área ocupada pelas diferentes classes de uso da terra e da dimensão espacial de aspectos geomorfológicos nos diversos cenários, juntamente com a revisão de literatura, permite inferir e compreender a dinâmica do uso da terra nas últimas décadas e as consequentes alterações impostas ao modelado terrestre, assim como os seus efeitos, com destaque para a (re) mobilização de materiais de superfície e sub-superfície, evolução dos processos denudativos, áreas de acúmulo de sedimentos, entre outros, que se registram nas bacias em análise.

Assim, os geoindicadores identificados nas bacias hidrográficas em análise foram estabelecidos com base nos parâmetros extensão (km) e área (km²) de feições geomorfológicas de origem denudativa (rupturas topográficas de característica suave e abrupta, sulcos, ravinas e cortes para a implantação de vias de circulação, patamares em cava de mineração de características suave e abrupta) e deposicional (colinas residuais derivadas de atividades minerárias de características suaves e abruptas, aterros, área de acumulação de planície e terraço sob interferência antrópica e represas artificiais).

Os resultados e suas respectivas análises serão apresentados e discutidos a seguir de acordo com cada bacia hidrográfica, para as quais foram escolhidos setores representativos. Buscou-se setores que representassem morfologias derivadas do controle direto do ser humano sobre os sistemas ambientais físicos, submetidos a intensa atividade minerária que impactaram a paisagem da bacia. Além desses, foram analisados outros que apresentam consequências de tais ações, as quais, a partir da alteração no uso da terra e da dinamização dos processos erosivos, permitiram que setores de acúmulo em planície e terraço sob a interferência antrópica fossem identificados.

Considera-se que as informações relativas aos cenários do ano de 1962 referem-se a um quadro de pré-intervenção, no qual é possível identificar as formas de relevo mais aproximadas do cenário original da área, no qual as atividades de mineração eram inexistentes ou encontrava-se em estágio inicial. Os cenários de 1988 e 2006 ou 2010 retratam uma fase de perturbação ativa e revelam características que permitem configurar alguns setores das bacias como representativos de um relevo antropogênico. Salienta-se que o comportamento de cada

sub-bacia estudada, repercute em uma escala de análise maior, ou seja, são fragmentos detalhados do que acontece na totalidade da bacia do rio Corumbataí.

5.1 BACIA DO RIBEIRÃO SANTA GERTRUDES

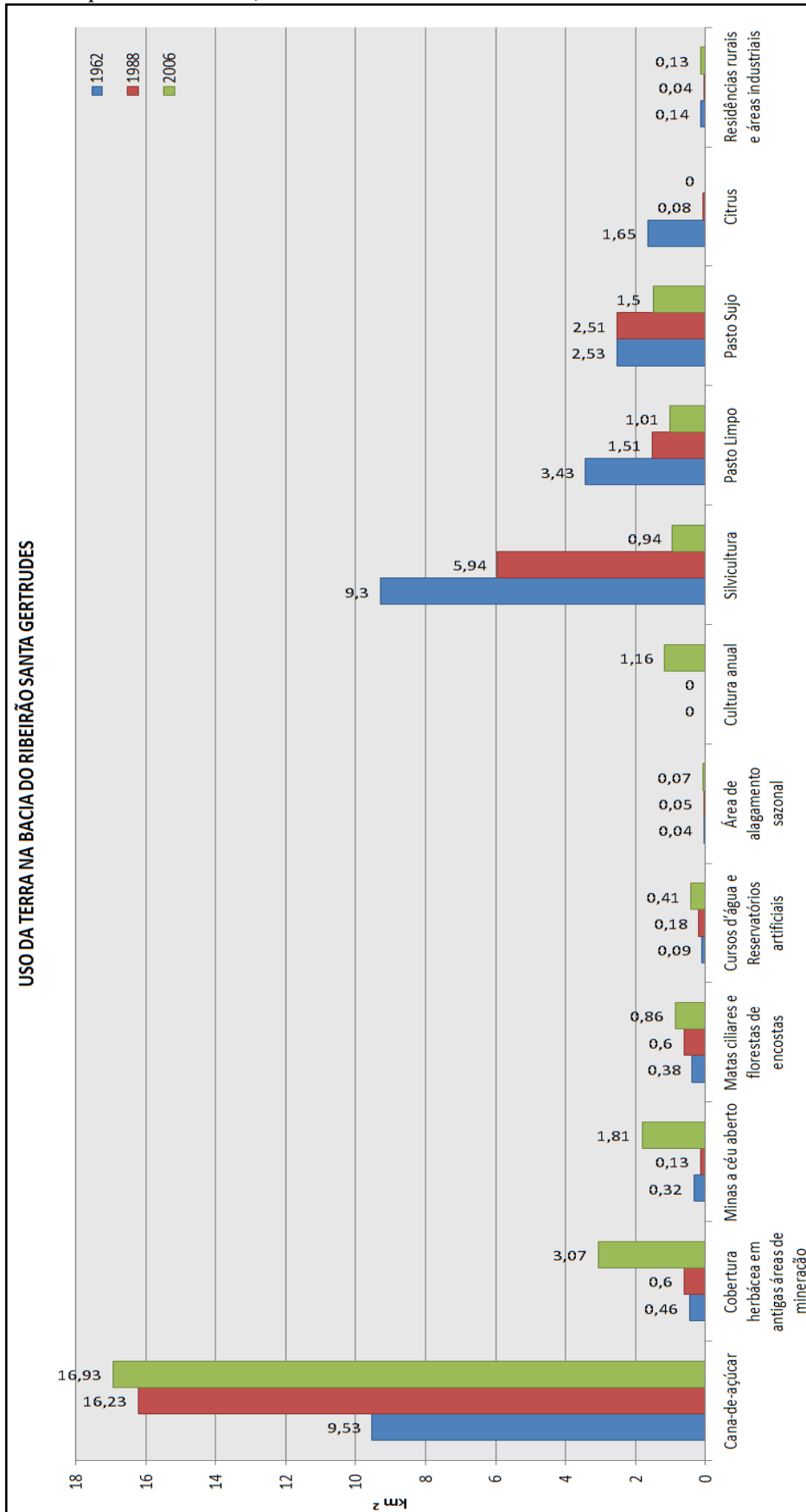
Os mapeamentos de uso da terra (APÊNDICE A) e geomorfológicos (APÊNDICE E), gerados para os anos de 1962, 1988 e 2006, forneceram os dados que compõem os Gráficos 2, 3 e 4. De maneira geral, estes permitem inferir a evolução da dinâmica do uso da terra e as consequências desse no relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes.

Os dados de 1962 (APÊNDICE A e GRÁFICO 2) correspondem à fase anterior a existência de grandes cavas de mineração a céu aberto. Os dados de 1988 e 2006 (APÊNDICE A e GRÁFICO 2) retratam o predomínio da monocultura da cana-de-açúcar e de atividades vinculadas a mineração de argila, que resultaram em uma série de intervenções nas formas e materiais superficiais, que são representativas de uma fase de perturbação ativa. Torna-se importante enfatizar que apesar da cana-de-açúcar ocupar uma área expressiva da bacia, é no setor de mineração que o relevo apresenta as alterações mais notáveis, e que este se constitui no cerne das análises.

Assim, os dados de 1962 (GRÁFICO 2), permitem constatar que os usos da terra mais expressivos eram destinados ao cultivo da cana-de-açúcar (34,19%), a silvicultura (33,4%) e dois tipos de pastagens, limpo e sujo, que juntos totalizavam 21,39% da área. Em 1988, estas mesmas classes de uso e ocupação da terra continuaram em evidência, ocorrendo um aumento na cultura da cana-de-açúcar (58,23%), uma diminuição na área de silvicultura (21,31%) e dos pastos (limpo e sujo), os quais totalizaram 14,42% da ocupação da área (GRÁFICO 2).

Os dados do ano de 1988, de acordo com os valores obtidos na quantificação das classes de uso da terra (GRÁFICO 2), embora demonstrem um recuo em relação aos de 1962 nas áreas de mineração ativa a céu aberto, referem-se a um estágio de perturbação ativa, no qual é possível verificar considerável aumento em número e área ocupada por reservatórios artificiais provindos de cavas de mineração abaixo do nível do lençol freático e na extensão da cobertura herbácea em antigas áreas de mineração. A ampliação de áreas de mineração a céu aberto na bacia torna-se notória a partir da década de 1990, quando o setor cerâmico se moderniza, atinge níveis de excelência e passa a competir no mercado internacional, fato este que justifica o aumento de área destinada a exploração de matéria-prima nessa bacia (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2 - Área ocupada por distintas classes de uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes no período de 1962, 1988 e 2006.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

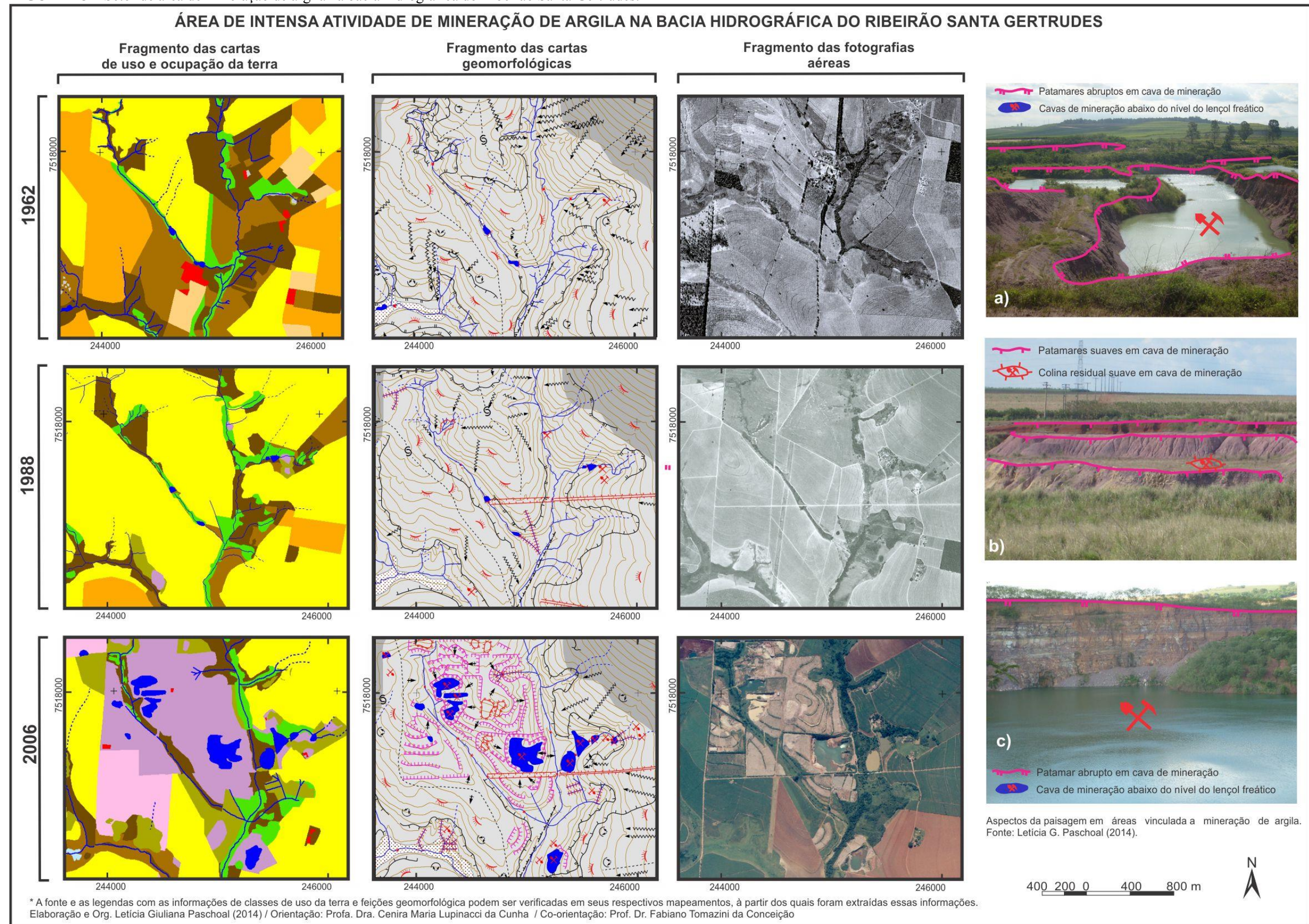
Outro fato que contribui para que em 1988 ainda não tenham sido registradas amplas áreas de mineração em funcionamento, possivelmente refere-se ao investimento e consequente aumento na dimensão de áreas que passaram a ter o uso da terra vinculado ao cultivo da cana-de-açúcar, que ocupava 58,23% da área da bacia nesta data. Este cultivo foi estimulado pela campanha Pró-álcool do Governo Federal, instituída pelo Decreto nº 76593 em 14 de Novembro de 1975, após a crise do petróleo em 1973, o qual visava a substituição em grande escala do uso de combustíveis derivados do petróleo pelo álcool.

O Pró-álcool começa a deixar de ser um programa do Governo Federal em 1990, que retira progressivamente os mecanismos de suporte e subsídios concedidos ao setor, até que no ano de 2002, atinge plena liberdade na fixação dos preços e consagra-se como um programa energético consolidado. Porém, o mesmo continua a contar com uma política tributária favorável se comparado à gasolina (NOGUEIRA, 2007), e desta forma, a cultura canavieira continua a ser a classe hegemônica de uso da terra, ocupando 60,74% da área no ano de 2006 (GRÁFICO 2).

Os dados extraídos do cenário de 2006 revelam que as classes vinculadas à mineração mostram-se proeminentes e, ao agrupar as classes de cobertura herbácea em antigas áreas de mineração (11,02%), minas a céu aberto (6,5%) e reservatórios artificiais (1,47%), têm-se 18,99% do uso da área comprometida com este setor (GRÁFICO 2). Assim, a área mais afetada pelas alterações advindas da atividade minerária na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes foi selecionada para ser usada como representativa das alterações observadas nessa situação (FIGURA 15).

Os mapeamentos de uso da terra e geomorfológicos do Ribeirão Santa Gertrudes (FIGURA 15, APÊNDICE A e 5), permitem comprovar que as atividades minerárias ocorreram predominantemente junto às nascentes e, em muitos casos, no próprio leito dos rios, alterando o seu curso e provocando o surgimento de reservatórios artificiais. Esse fato encontra-se em desacordo com o Novo Código Florestal (Lei nº. 12.651, de 25/05/2012), que especifica como Área de Preservação Permanente (APP) a faixa marginal de trinta metros, ao longo dos cursos d'água com menos de dez metros de largura (BRASIL, 2012), e ao redor de nascentes ou olhos d'água, em qualquer situação topográfica, no raio mínimo de cinquenta metros (BRASIL, 2012).

FIGURA 15 – Setor de área de mineração de argila na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes.



Com relação aos reservatórios artificiais, que refletem a interferência antrópica sobre a hidrografia no setor, extensas parcelas de lavras na área atingiram e passaram a ocorrer abaixo do nível do lençol freático (FIGURA 15 e GRÁFICOS 2 e 4). As escavações com finalidade de exploração de bens minerais abaixo do nível do lençol freático encontram aparato na lei. De acordo com o Capítulo IV, Artigo 59 do Código de Mineração (Lei 9.314/96), “ficam sujeitas a servidões de solo e subsolo, para fins de pesquisa ou lavra, não só a propriedade onde se localiza a jazida, assim como as limítrofes”, tendo sido instituído servidão para “captação e adução de água necessária aos serviços de mineração e ao pessoal” (BRASIL, 1967). Desta maneira, as áreas mineradas de argila na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes e nas demais bacias hidrográficas analisadas por essa pesquisa, frequentemente atingem e ultrapassam este nível.

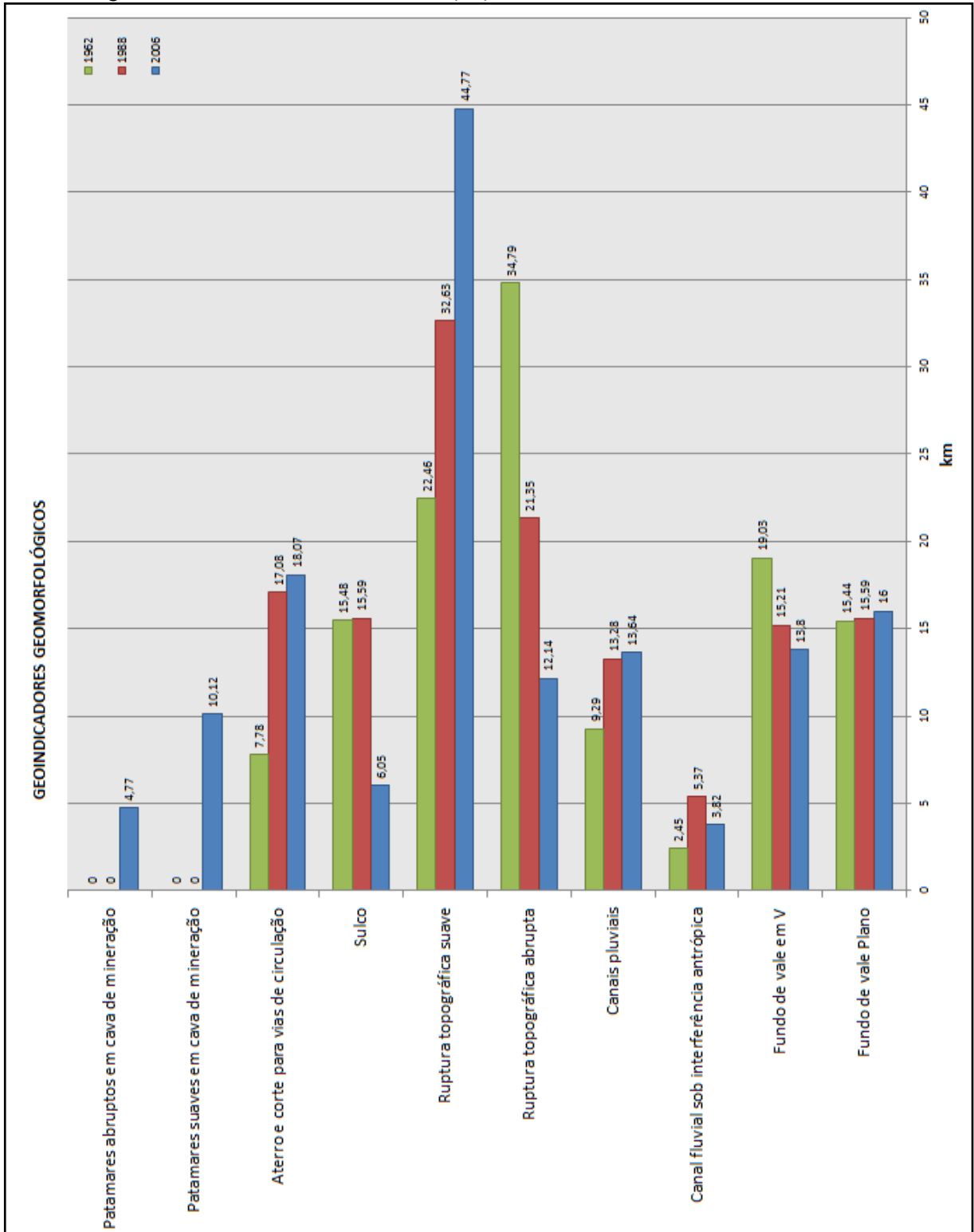
Durante a fase de exploração, essa água é bombeada e transportada para o leito à jusante do mesmo rio ou para canais fluviais não pertencentes à mesma bacia hidrográfica a qual se encontra o empreendimento minerário e, após a fase de desativação destas minas e da paralisação do bombeamento dessas águas, ocorre a formação de vários lagos artificiais. Assim, pode-se constatar que houve um aumento significativo vinculado à área de represas originadas em antigas cavas de mineração no cenário de 2006 se comparado com os anteriores, variando de 0,32 % e 0,66% nos anos de 1962 e 1988 respectivamente, para ocupar 1,47 % da área em 2006 (GRÁFICO 2 e 4, FIGURA 15).

A criação de represas no decorrer do curso fluvial contribui para que ocorram alterações no nível de base local. Nessa condição, o fluxo de água do canal passa a buscar um novo perfil de equilíbrio e “modificam seu leito por erosão e deposição, para estabelecer o equilíbrio entre a energia e a resistência” (PENTEADO, 1978).

Desta forma, o uso da terra promoveu alterações com relação à dinâmica de fundo de vale na área. Constata-se um ligeiro aumento na extensão dos fundos de vale que apresentam características deposicionais, denominados “fundo de vale plano”, que passou de 15,44km para 15,59km e 16km de extensão, entre os anos de 1962, 1988 e 2006 respectivamente (GRÁFICO 3). Esse fato constitui-se em um efeito da exploração minerária da argila que ocorreu ao longo dos anos, principalmente ao longo dos canais fluviais e que juntamente com o uso agrícola das vertentes, passou a disponibilizar mais sedimentos do que a capacidade de carga dos rios e que passaram a se acumular ao longo deste. Já a extensão dos fundos de vale que apresentam característica erosiva, denominados “vales em V”, apresenta declínio em sua

extensão, que passou de 19,03km, 15,21km para 13,8km entre os anos de 1962, 1988 e 2006 respectivamente.

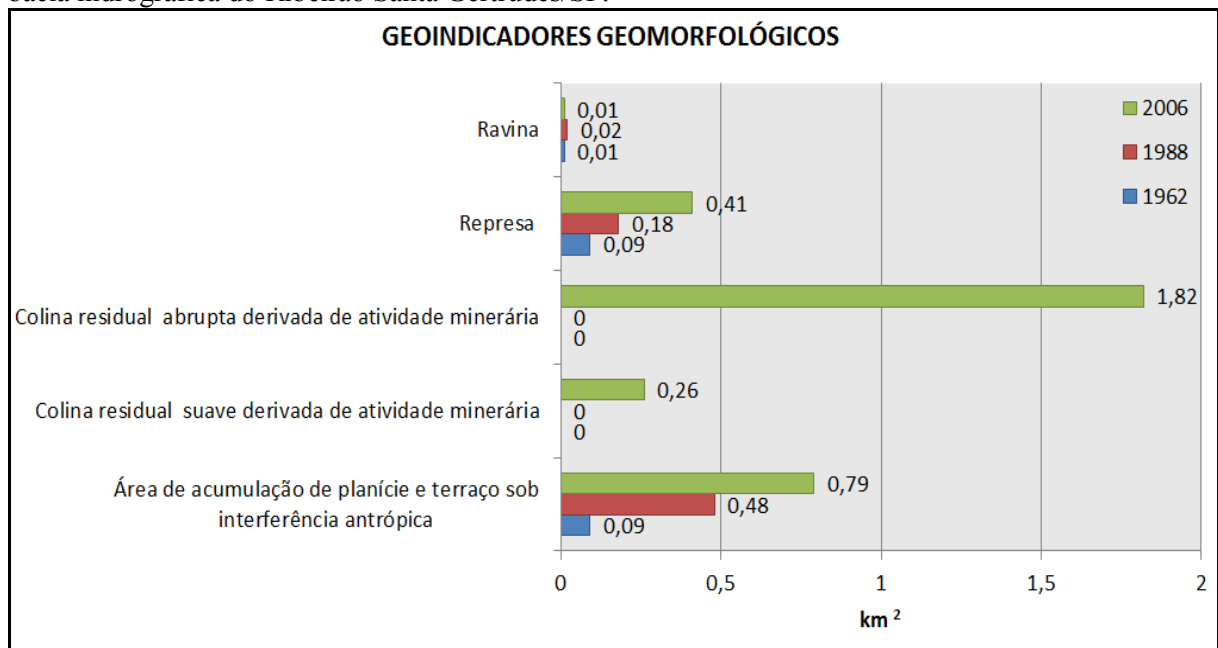
GRÁFICO 3 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km, representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2006) na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Esses dados não implicam dizer que ocorreu uma inversão no tipo de dinâmica nesta bacia, que passou de predominantemente erosivo, para deposicional, pois diante do uso da terra identificado na área, constata-se que os fenômenos são mais complexos e localizados, sendo possível contabilizar também extensão de trechos de canais fluviais sob interferência antrópica, que variou de 2,45km, 5,37km e 3,82km entre os anos citados. A variação na extensão dos canais fluviais sob interferência antrópica foram identificados por meio da retificação de trechos dos canais nos 3 cenários e encontra-se geralmente vinculado ao desvio do curso natural das águas dos rios, geralmente sinuoso, para que possa haver a extração mineral nessas áreas. Posterior à extração, muitas vezes as áreas de mineração são abandonadas e os rios, anteriormente retificados, voltam naturalmente a encontrar novos pontos de fragilidade no relevo, erodindo-os e readaptando seu leito à nova realidade para o escoamento de suas águas.

GRÁFICO 4 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km², representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2006) na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Outra característica identificada na área da bacia se refere ao aumento na extensão dos canais pluviais, que passou de 9,29km em 1962, para 13,28km em 1988 e 13,64km em 2006. Os canais pluviais são considerados importantes agentes de transporte de materiais intemperizados das áreas de altitudes mais elevadas para as mais baixas, o que lhes confere uma grande importância na esculturação do modelado terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1977).

Assim, o aumento na extensão dos canais pluviais indica um aumento e aprofundamento nas concavidades das vertentes e, permite retratar indícios da existência de erosão remontante na área, evidenciando as alterações que o uso da terra promove sobre o relevo.

Ainda vinculado à mineração da argila, novas feições do relevo se originam e encontram-se relacionadas aos patamares gerados em suas cavas, que se constituem em verdadeiras vertentes verticalizadas ou sub-verticais (FIGURA 15 - *a, b e c*), além de locais onde há deposição de argila ou material estéril, os quais promovem fortes alterações nas cotas topográficas da área (FIGURA 15 - *b*). Conseqüentemente, o direcionamento do escoamento das águas superficiais é alterado, promovendo o domínio da ação erosiva sobre as vertentes e transportando maior quantidade de material, que irá se acumular nas áreas de fundo de vale.

Os patamares em cavas de mineração, tanto suaves (10,12 km) quanto abruptos (4,77 km), são apenas identificados no cenário de 2006 (GRÁFICO 3), fruto da ação antrópica que explorou grandes quantidades de matéria-prima e que descaracterizou um extenso interflúvio existente no setor Norte da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (APÊNDICE E, FIGURA 15). Neste caso, é importante salientar a predominância dos símbolos geomorfológicos sobre os valores das curvas de nível e pontos cotados, para uma leitura correta da carta geomorfológica do Ribeirão Santa Gertrudes no ano de 2006. Esse fato comprova que as alterações já atingiram o nível de desenvolvimento de um relevo antropogênico na área. Nota-se também que os patamares gerados nas cavas de mineração e que possuem ruptura suave foram, em grande parte, realizados de acordo com a orientação das curvas de nível. Enquanto os patamares em cava de mineração classificados como abruptos ocorrem, sobretudo, no entorno de cavas, onde as escavações para retirada de matéria-prima foram profundas, o que permite o surgimento de lagoas artificiais, inclusive em áreas de interflúvio (FIGURA 15). Desta forma, áreas anteriormente dispersoras de fluxos d'água, passam a concentrá-la em suas cavas recém-criadas, alterando a dinâmica de escoamento superficial.

Foram identificadas também em áreas de mineração no cenário de 2006 a existência de colinas residuais derivadas dessa atividade (FIGURA 16). As colinas residuais com bordas de características abruptas totalizaram 0,01km² de área e as suaves, 0,002 km². Essa forma artificial no relevo, constituída por material inconsolidado, propicia o surgimento de novas feições erosivas além de promover uma reorganização da dinâmica de escoamento da água pluvial em superfície nesses locais.

FIGURA 16 – Colinas residuais derivadas de atividade de mineração na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP), com a simbologia utilizada no mapeamento geomorfológico para essa feição sobreposta.

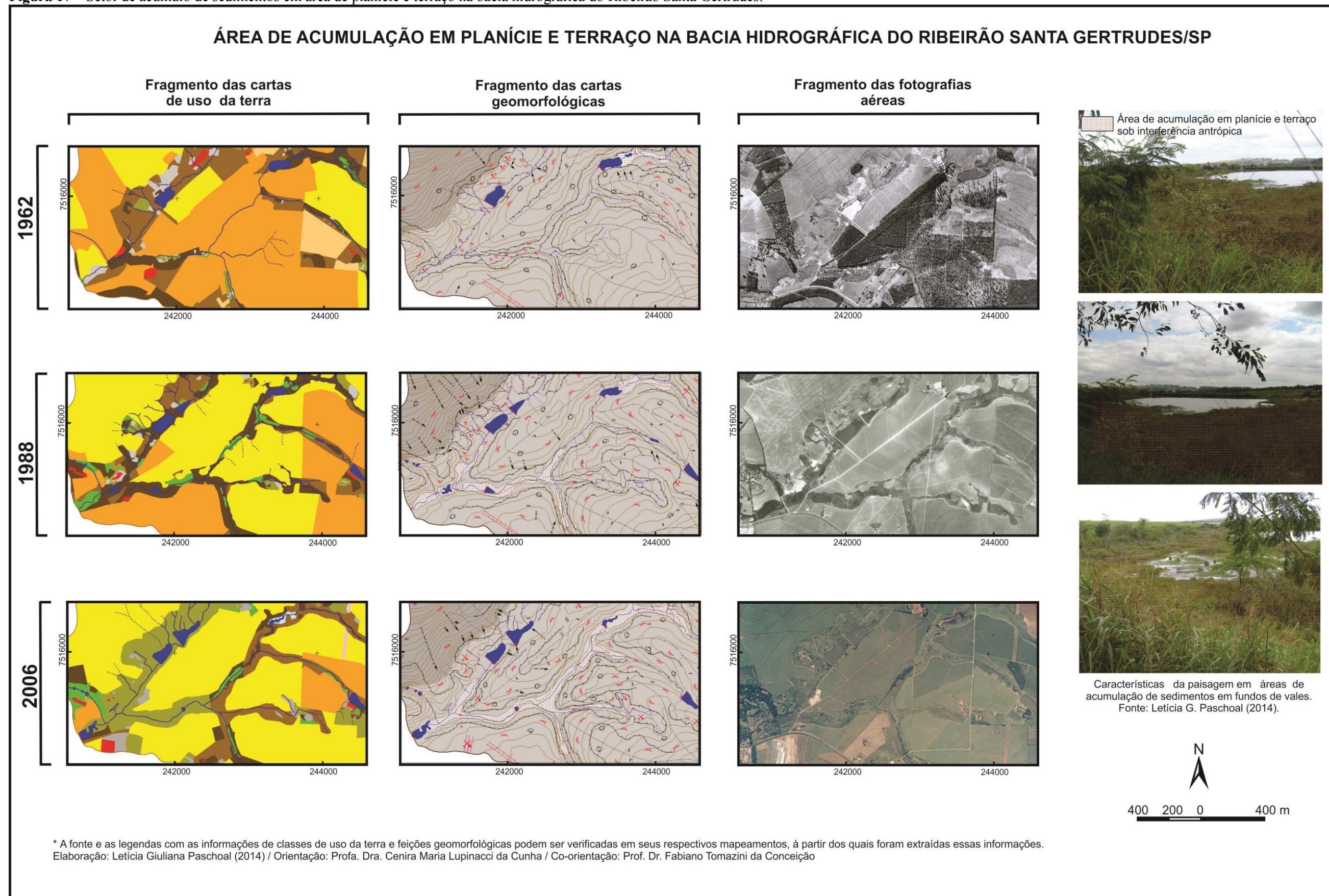


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Outra feição do relevo identificada nos mapeamentos geomorfológicos (APÊNDICE E, GRÁFICO 3) foram as áreas de acúmulo de sedimentos em planície e terraço fluvial. Os dados do gráfico 3 permitem identificar um crescimento expressivo da área de acumulação em fundo de vale, que aumentou de 0,09km para 0,48km e 0,79km entre os anos de 1962, 1988 e 2006, respectivamente (FIGURA 17).

No ano de 1962, o acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço possivelmente relaciona-se a um fenômeno natural que ocorre em áreas restritas e em escala de tempo geológico, vinculando-se à busca pelo perfil de equilíbrio da drenagem (FIGURA 17). O aumento da área de acumulação de sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes caracterizou-se devido às grandes quantidades de sedimentos depositados nos fundos de vale, principalmente em seu baixo e médio curso, proveniente da exploração das minas de argila e da erosão laminar devido ao uso da terra. Este fato evidencia uma brusca interferência de ações realizadas pelo homem no sistema em questão e que tem dado origem a novas formas no relevo e realocado grande quantidade de matéria, passíveis de serem mapeadas em escala de tempo histórica (FIGURA 17).

Figura 17 – Setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes.



A análise do mapeamento geomorfológico do cenário de 1962 (APÊNDICE E e FIGURA 17) permite identificar uma pequena área de acúmulo de sedimentos, situados a montante de um reservatório artificial, que agiu como barreira para o transporte de material até a foz do rio. Em 1988, nota-se um aumento considerável desta área de acúmulo de sedimentos nos fundos de vale, sobretudo próximo ao exutório, o que denota maior disponibilidade de material, provavelmente advindo de processos denutativos dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, os quais foram dinamizados de maneira considerável, principalmente pela atividade mineradora ocorrida nas margens do curso fluvial e à sua montante (FIGURA 17). Já o cenário de 2006 possibilita averiguar que a dinamização dos processos erosivos e de transporte de sedimentos da montante em direção à jusante continuou a ocorrer de maneira expressiva, o que resultou em alterações no curso dos canais fluviais e no assoreamento de parte dos reservatórios artificiais (FIGURA 17).

As áreas deposicionais citadas anteriormente apresentaram aumento mesmo diante de uma maior quantidade de área destinada às matas ciliares e florestas de encostas. A classe de uso da terra destinado às matas ciliares e florestas de encostas (Gráfico 2), deixou o patamar de 1,36% no cenário de 1962, passando a ocupar 2,15% do cenário em 1988 e atingindo 3,09% de ocupação da terra em 2006. O aumento dessa classe de uso da terra pode estar relacionado ao surgimento e aplicação de leis que visam à manutenção de parte dos sistemas ambientais físicos e por se concentrarem geralmente em fundo de vales ou próximo a esses, matas e florestas possuem um papel importante ao reter sedimentos provindos da erosão das vertentes, e assim ajudam a evitar o assoreamento dos rios. Contudo, nessa bacia hidrográfica o aumento da área de matas não foi suficiente para amenizar os processos deposicionais de fundo de vale.

As rupturas topográficas marcam a evolução da vertente, ou seja, evidenciam que ao longo desta há um processo erosivo diferenciado. Estas rupturas são feições que podem ter sua origem em fatores naturais, tais como em regiões onde há contato entre diferentes materiais que compõe a litologia. Porém, fatores antrópicos, atrelados ao tipo de uso da terra, também são responsáveis pela dinamização deste processo, fazendo surgir novas rupturas ou descaracterizando outras mais antigas. Assim, foi possível constatar que, apesar da somatória das extensões lineares das rupturas topográficas abruptas e suaves apresentarem moderada variação entre os anos de 1962 (57,25 km), 1988 (53,98 km) e 2006 (56,91 km), ocorreu uma inversão no tipo de predomínio de rupturas existentes na área (GRÁFICO 2).

No cenário de 1962, a maior parte da extensão das rupturas topográficas na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes era considerada como abrupta, com um total de

34,79km, possuindo as rupturas topográficas suaves uma extensão de 22,46km (GRÁFICO 3). No cenário de 1988 esta situação se inverte, sendo que 32,63km de extensão são relacionados às rupturas topográficas suaves e apenas 21,35km às rupturas topográficas abruptas (GRÁFICO 3). Essa tendência de suavização das rupturas se mantém, e apresenta no cenário de 2006, 44,77km de rupturas suaves e apenas 12,14km de rupturas abruptas. De acordo com a carta geomorfológica de 1962 (APÊNDICE E), as rupturas topográficas abruptas ocorriam com grande frequência entre os locais de contato da silvicultura e/ou cana-de-açúcar com os pastos sujos ou limpos, e nos anos de 1988 e 2006, as rupturas topográficas nesta bacia apresentam-se mais suavizadas, devido à expansão e emprego de técnicas agrícolas mais modernas nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, tais como: plantações em curva de nível e terraceamento. Este fato evidencia que a morfologia das vertentes tem se alterado de acordo com o tipo de uso da terra e de técnicas de manejo aplicadas às mesmas, e ainda há de se considerar que o surgimento de lagoas e represas artificiais criam um novo nível de base local, o que leva a uma diminuição na dinâmica erosiva da drenagem no local, o que também interfere na dinâmica erosiva e deposicional da bacia.

Outra forma indicativa de processos erosivos a ser considerada na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, constitui-se na extensão dos sulcos erosivos. Os cenários de 1962, 1988 e 2006 apresentam amplo recuo na extensão das áreas ocupadas por esta feição, passando de 15,48km para 15,59km e 6,05 km, respectivamente (GRÁFICO 3). Essa diminuição na extensão dos sulcos se relaciona ao aumento de parcelas de uso da terra atrelada ao cultivo da cana-de-açúcar, que diante do uso intenso de maquinários agrícolas em diferentes fases de sua produção, como no preparo do solo e estabelecimento das curvas de nível e terraceamento, ou até mesmo na fase de colheita, quando caminhões transitam pelo terreno, reorganizando as camadas superficiais do solo, geram a obliteração de grande parte desse tipo de feição erosiva sobre as vertentes. Contudo, esses fatos não inibem totalmente a atuação do processo de erosão linear, conforme é possível observar por meio da análise das cartas geomorfológicas expostas no Apêndice E.

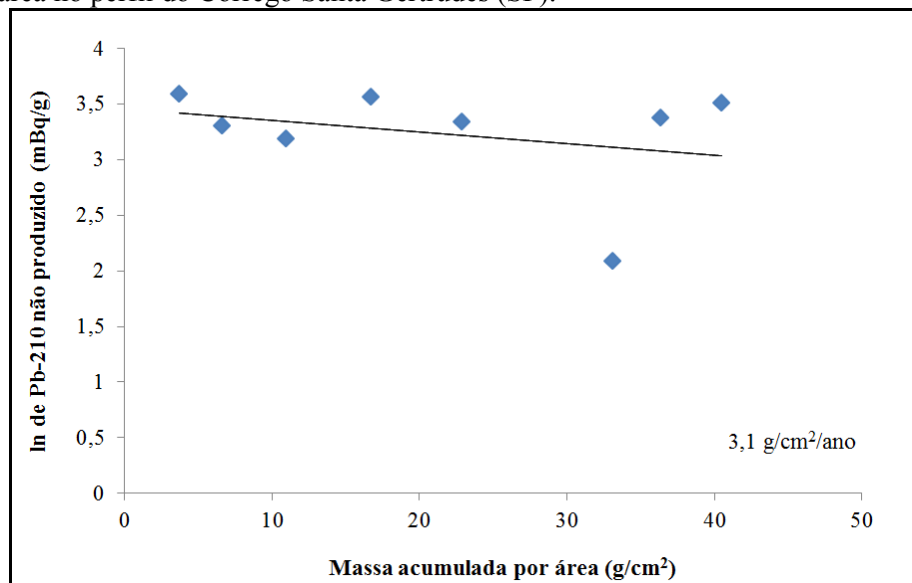
Nesse contexto da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP), foi retirado do setor de fundo de vale, inserido no contexto da área de acúmulo de sedimentos, o testemunho para análises geocronológicas. A Tabela 2 e os gráficos 4 e 5 sintetizam os resultados obtidos com as análises das colunas de sedimentos amostradas.

TABELA 2– Parâmetros para a determinação da taxa de sedimentação pelo método do ^{210}Pb ; tempo e ano de deposição do perfil do Córrego Santa Gertrudes (SP).

| Varição de profundidade (cm) | Profundidade média (cm) | Massa seca (g) | Massa acumulada/ área (g/cm ²) | Pb-210 (Bq/kg) | Ra-226 (Bq/kg) | Pb-210 não produzido (Bq/kg) | ln de Pb-210 | Tempo de deposição (anos) | Ano de deposição (anos) |
|------------------------------|-------------------------|----------------|--|----------------|----------------|------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|
| 5 - 10 | 7,5 | 46,97 | 3,74 | 95 | 59 | 36 | 3,58 | 1 | 2011 |
| 10 - 15 | 12,5 | 36,39 | 6,63 | 106 | 79 | 27 | 3,30 | 2 | 2010 |
| 15 - 20 | 17,5 | 54,09 | 10,93 | 86 | 62 | 24 | 3,18 | 4 | 2008 |
| 20 - 25 | 22,5 | 72,98 | 16,74 | 95 | 60 | 35 | 3,56 | 5 | 2007 |
| 25 - 30 | 27,5 | 76,82 | 22,85 | 79 | 51 | 28 | 3,33 | 7 | 2005 |
| 30 - 35 | 32,5 | 128,98 | 33,11 | 64 | 56 | 8 | 2,08 | 10 | 2002 |
| 35 - 40 | 37,5 | 40,36 | 36,32 | 98 | 69 | 29 | 3,37 | 12 | 2000 |
| 40 - 45 | 42,5 | 52,67 | 40,51 | 91 | 58 | 33 | 3,50 | 13 | 1999 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Gráfico 4 - Variação da atividade do ^{210}Pb “não produzido” em função da massa seca acumulada por unidade de área no perfil do Córrego Santa Gertrudes (SP).

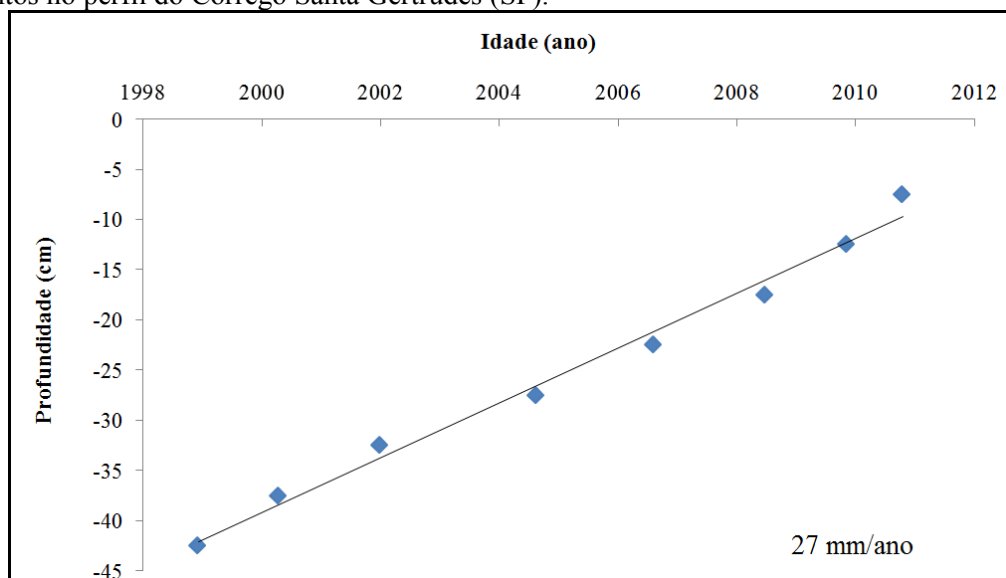


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os valores de ln de ^{210}Pb não produzidos, plotados em função das massas secas acumuladas por área, resultaram em um perfil linear de ^{210}Pb , com inclinação da reta correspondendo a $(0,031/f)$. O valor de f é encontrado na equação da linha de tendência, que nesse caso, corresponde ao valor de 0,01. Desta forma, a taxa de sedimentação foi determinada a partir da inclinação média do perfil, utilizando o procedimento de ajuste por mínimos quadrados, como proposto por Baskaran e Naidu (1995) e corresponde a $3,1 \text{ g/cm}^2/\text{ano}$ (GRÁFICO 4).

Assim, ao dividir a massa acumulada por área de cada amostra do perfil (g/cm^2) pela taxa de sedimentação $3,1 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{ano}$, foi possível determinar o tempo de deposição do sedimento e conseqüentemente o ano em que ele foi depositado, conforme demonstra o Gráfico 5. A equação da linha de tendência desse gráfico permite identificar também a taxa de sedimentação em mm/ano , que na bacia do Alto Curso do Ribeirão Santa Gertrudes foi de $27 \text{ mm}/\text{ano}$.

GRÁFICO 5 - Relação entre a profundidade da coluna sedimentar e o tempo de deposição dos sedimentos no perfil do Córrego Santa Gertrudes (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os dados obtidos demonstram que a velocidade de sedimentação é constante entre o período de 1999 e 2012, na ordem de $27 \text{ mm}/\text{ano}$. Esse valor constante pode ser relacionado ao uso da terra na bacia do Córrego Santa Gertrudes (SP) que a partir da década de 1990 adquiriu as características atuais.

No ano de 1988, $58,23\%$ do total da área da bacia de $27,87 \text{ km}^2$ era comprometido com o setor de cultivo da cana-de-açúcar, o que aponta para um grande crescimento se comparado com o cenário anterior de 1962, no qual $34,19\%$ eram destinados a esse uso. Nesse mesmo período, o uso da terra destinada às atividades relacionadas ao setor minerário⁹

⁹ Conforme explicitado no texto anteriormente, foi adotado como setores relacionados à atividade minerária, os usos referentes à cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, minas a céu aberto e cursos d'água e reservatórios artificiais.

mantiveram-se praticamente constante, ocupando 3,12% do total da bacia em 1962 e 3,28% em 1988. Esses dados permitem constatar que o aumento do cultivo da cana de açúcar, no período de 1962 e 1988, contribuiu para que a área de acumulação de planície e terraço sob interferência antrópica passasse de 0,09km² a 0,48km².

Entre os cenários de 1988 e 2006, o cultivo da cana de açúcar apresentou pouca variação, passando a ocupar 60,74% do total da área da bacia, face os 58,23% ocupado no ano de 1988. Porém nesse período, os setores destinados às atividades relacionadas ao setor minerário foram dinamizados devido à modernização do setor cerâmico na década de 1990, e os 3,28% da área destinada a esse setor em 1988, passou para o total de 18,99% no ano de 2006. Esse aumento de área dos setores destinados à mineração, fizeram com que uma maior quantidade de sedimentos fosse realocada em direção à jusante do rio, que permitiu identificar um considerável aumento na área de acumulação de planície e terraço sob interferência antrópica, que passou de 0,48km² em 1988 para 0,79 km² em 2006.

Apesar de não ter sido possível chegar à cronologia de sedimentos depositados anterior ao ano de 1999, devido a uma limitação metodológica relacionada ao amostrador manual, que não permitiu que se chegasse a uma profundidade maior, as constatações anteriormente apresentadas, que correlacionam a atual taxa de sedimentação com dados de uso da terra e geomorfológicos na bacia em diferentes cenários, torna possível inferir que a atividade minerária possui influência na quantidade de sedimentos realocados dentro de uma bacia hidrográfica.

Diante do fato da profundidade de 45 cm do testemunho ter propiciado a datação de sedimentos depositados entre o intervalo de anos de 2000 e 2012 (12 anos), para correlacionar os dados geocronológicos com os obtidos nos mapeamentos de uso da terra e geomorfológicos, caso a taxa de sedimentação fosse constante, seria necessário coletar sedimentos a uma profundidade de 90 cm para que fosse possível detectar a geocronologia de sedimentos depositados entre os anos de 1988 e 2012¹⁰ (intervalo de 24 anos), ou de 187,5 cm para que fosse possível detectar a geocronologia dos sedimentos entre os anos de 1962 e 2012 (intervalo de 50 anos). Um testemunho com a geocronologia de no mínimo 24 anos permitiria averiguar possíveis mudanças nas taxas de sedimentação no fundo de vale e correlaciona-las às características do uso da terra na bacia, que apresenta significativa alteração em áreas destinadas à mineração nesse período.

¹⁰ O ano de 2012 corresponde ao ano em que os sedimentos foram coletados para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Com a finalidade de caracterização dos sedimentos coletados, também foram detectados dados de matéria orgânica (TABELA 3) e de granulometria (TABELA 4), correlacionados no gráfico 3.

TABELA 3 – Dados granulométricos das amostras do testemunho obtido na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP).

| Variação de profundidade (cm) | Argila e Silte (%) | Areia total (%) |
|--|-------------------------------|----------------------------|
| 5 – 10 | 73 | 27 |
| 10 – 15 | 81 | 19 |
| 15 – 20 | 80 | 20 |
| 20 – 25 | 69 | 31 |
| 25 – 30 | 47 | 53 |
| 30 – 35 | 31 | 69 |
| 35 – 40 | 68 | 32 |
| 40 – 45 | 70 | 30 |

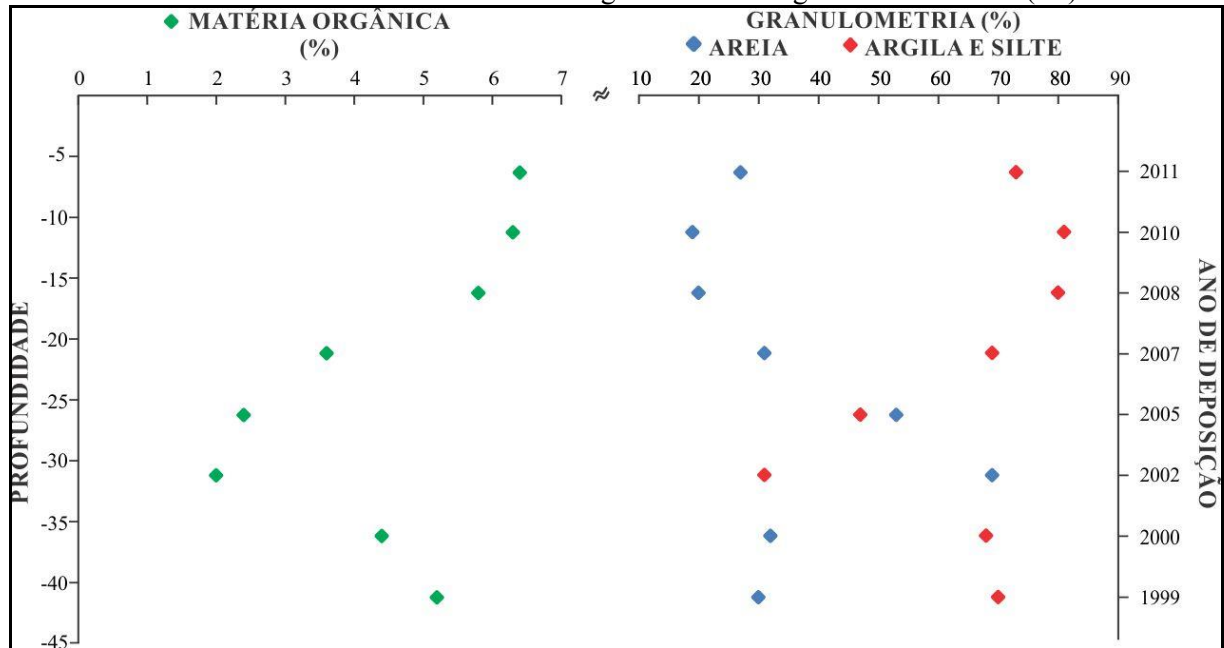
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

TABELA 4 – Dados de porcentagem de matéria orgânica na bacia hidrográfica do Córrego Santa Gertrudes (SP).

| Variação de profundidade (cm) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação da prova em branco (ml) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação das amostras (ml) | Fator | Carbono % | Matéria Orgânica % |
|--|---|---|--------------|----------------------|-------------------------------|
| 5 - 10 | 23,5 | 1,6 | 0,85 | 3,7 | 6,4 |
| 10 - 15 | 23,5 | 2,2 | 0,85 | 3,6 | 6,3 |
| 15 - 20 | 23,5 | 3,6 | 0,85 | 3,4 | 5,8 |
| 20 - 25 | 23,5 | 11,4 | 0,85 | 2,1 | 3,6 |
| 25 - 30 | 23,5 | 15,4 | 0,85 | 1,4 | 2,4 |
| 30 - 35 | 23,5 | 16,7 | 0,85 | 1,2 | 2,0 |
| 35 - 40 | 23,5 | 8,6 | 0,85 | 2,5 | 4,4 |
| 40 - 45 | 23,5 | 5,9 | 0,85 | 3,0 | 5,2 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 6 – Relação entre porcentagem de matéria orgânica, granulometria e ano de deposição dos sedimentos do testemunho coletado na bacia hidrográfica do Córrego Santa Gertrudes (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A presença elevada de partículas de silte e argila, que variou de 31% a 81% (TABELA 3, GRÁFICO 6) nas amostras do perfil, permitiram a detecção do ^{210}Pb , devido ao fato dos metais pesados estarem presentes principalmente em frações desses tamanhos (ORLANDO, 1993).

A análise do gráfico 6 permite constatar que a porcentagem de matéria orgânica é inversamente proporcional à de areia. Entre os anos de 2002 e 2005, nota-se uma diminuição na porcentagem de matéria orgânica e um aumento na quantidade de areia depositado em fundo de vale. Com a finalidade de encontrar uma possível explicações para esse fato, constatou-se que o ano de 2004 foi um ano de chuvas consideradas atípicas devido aos efeitos do El niño (QUADRO 9).

O ano anterior e posterior ao de 2004 apresentam índices pluviométricos inferiores ao ocorrido neste ano, na ordem de 1.742,4 mm (QUADRO 9). Esse elevado índice de chuva concentrado no verão, principalmente nos meses de Janeiro e Fevereiro (QUADRO 10), provavelmente fez com que uma maior quantidade de partículas mais grosseiras, como as de fração areia, fosse transportada até os fundos de vales onde foram depositadas.

QUADRO 9 – Dados de média anual de precipitação da estação meteorológica do CEAPLA, da UNESP Rio Claro (SP).

| ANO | 2003 | 2004 | 2005 |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| PRECIPITAÇÃO (MM) | 1336,2 | 1742,4 | 1398,6 |

Fonte: Estação meteorológica do CEAPLA da UNESP Campus de Rio Claro. Org. Paschoal, L. G. (2014).

QUADRO 10 – Dados de precipitação mensal (mm) durante os anos de 2003 e 2004 da estação meteorológica do CEAPLA, da UNESP Rio Claro (SP).

| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|-------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 2003 | 411,2 | 113,3 | 96,9 | 42,3 | 45,8 | 15,6 | 3,5 | 16,3 | 25,6 | 109,2 | 229,0 | 227,5 |
| 2004 | 351,4 | 314,4 | 199,0 | 175,3 | 94,7 | 50,9 | 97,9 | 0,0 | 11,0 | 113,2 | 192,3 | 142,3 |

Fonte: Estação meteorológica do CEAPLA da UNESP Campus de Rio Claro. Org. Paschoal, L. G. (2014).

É diante das características de uso da terra, geomorfológicas e geocronológicas expostos anteriormente, que ocorrem os processos modeladores do relevo na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP), sendo esses marcados tanto pela atividade de exploração da argila, que ajuda a abastecer o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (SP), como pelo cultivo da cana-de-açúcar.

5.2 BACIA DO CÓRREGO DAS TAIPAS

Obteve-se como resultado para o Córrego das Taipas cartas de uso da terra dos anos de 1962, 1988 e 2006 (APÊNDICE B) e geomorfológicas dos respectivos anos (APÊNDICE F), a partir das quais foi possível extrair as informações que compõem os gráficos 4, 5 e 6. Estes dados permitem realizar considerações relevantes a respeito da dinâmica do uso da terra e sua interferência no modelado do relevo.

Assim como acontece na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, a carta geomorfológica de 1962 (APÊNDICE F) foi adotada como representativa do cenário original, correspondente à fase anterior a existência de qualquer cava de mineração a céu aberto. Já as cartas geomorfológicas de 1988 e 2006 (APÊNDICES F) retratam o predomínio da silvicultura, áreas de pastagem e de atividades vinculadas a mineração de areia, e são representativas de uma fase de perturbação ativa.

Se comparada com as demais sub-bacias em análise, a carta de uso da terra do ano de 1962, da sub-bacia do Córrego das Taipas permite evidenciar que este é o cenário que mais se aproxima do inalterado, no qual grande parte da vegetação original, o cerrado, ainda se mantinha em grandes parcelas da área. Outras classes de uso da terra no cenário de 1962 que se destacavam na paisagem referem-se à presença de pastos sujos seguidos pela classe de pastos limpos, além das matas, que margeavam grande parte da hidrografia e parte das vertentes mais íngremes. A silvicultura era ainda incipiente na área (APÊNDICE B, GRÁFICO 7).

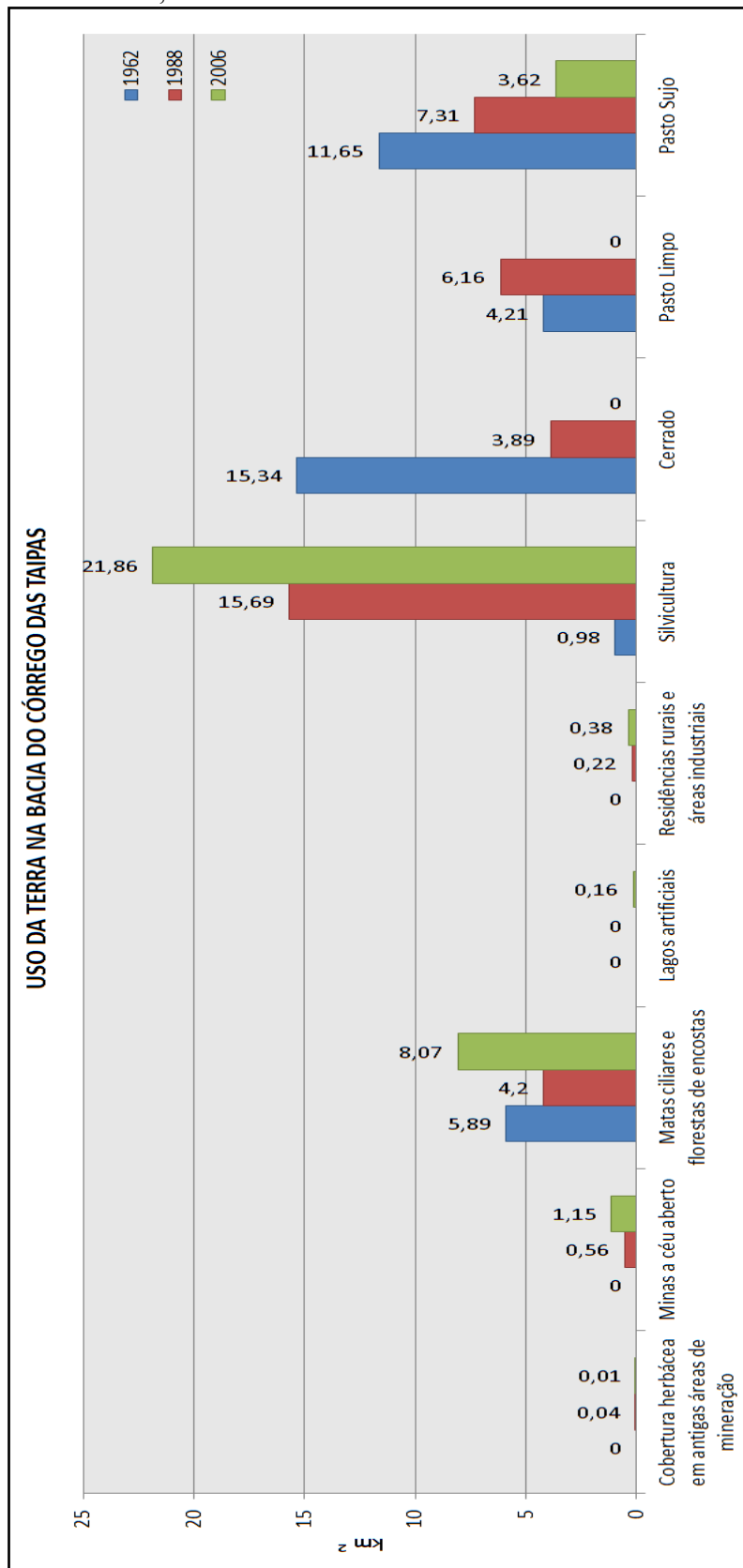
O mapeamento do uso da terra do cenário de 1988 (APÊNDICE B, GRÁFICO 7) permite constatar o predomínio da silvicultura sobre áreas anteriormente ocupadas pela vegetação original, o cerrado, e também o avanço da silvicultura sobre as áreas de pastos limpos e sujos. Restam assim parcelas restritas de cerrado e as áreas de pastos limpos, sujos e de matas concentram-se nos fundos de vale e no setor Leste da sub-bacia. É possível constatar também, no setor Oeste, o estabelecimento de parcelas da terra destinadas à prática da mineração de areia e também a complexos industriais vinculados a mineração.

O uso da terra no cenário de 2006 (APÊNDICE 2) apresenta uma grande alteração no quadro da vegetação original da área, o cerrado, que ocupava uma área expressiva no ano de 1962 (40,29%), passou a ocupar 10,22% no ano de 1988 e não é registrado no cenário de 2006 (GRÁFICO 7).

Constatou-se uma grande expansão na área ocupada pela silvicultura, que aumentou sua área de plantio de 2,58% para 41,21% e 57,42% entre os anos de 1962, 1988 e 2006, respectivamente (GRÁFICO 7). O avanço da silvicultura ocorreu principalmente sobre áreas anteriormente ocupadas pelo cerrado e pasto limpo e sujo (APÊNDICE B). A área ocupada por pastos limpos variou entre os anos de 1962, 1988 e 2006, de 11,06% para 16,18% e 7,41% e no mesmo período as áreas ocupadas por pastos sujos declinou de 30,6% para 19,2% e 9,5% (GRÁFICO 7).

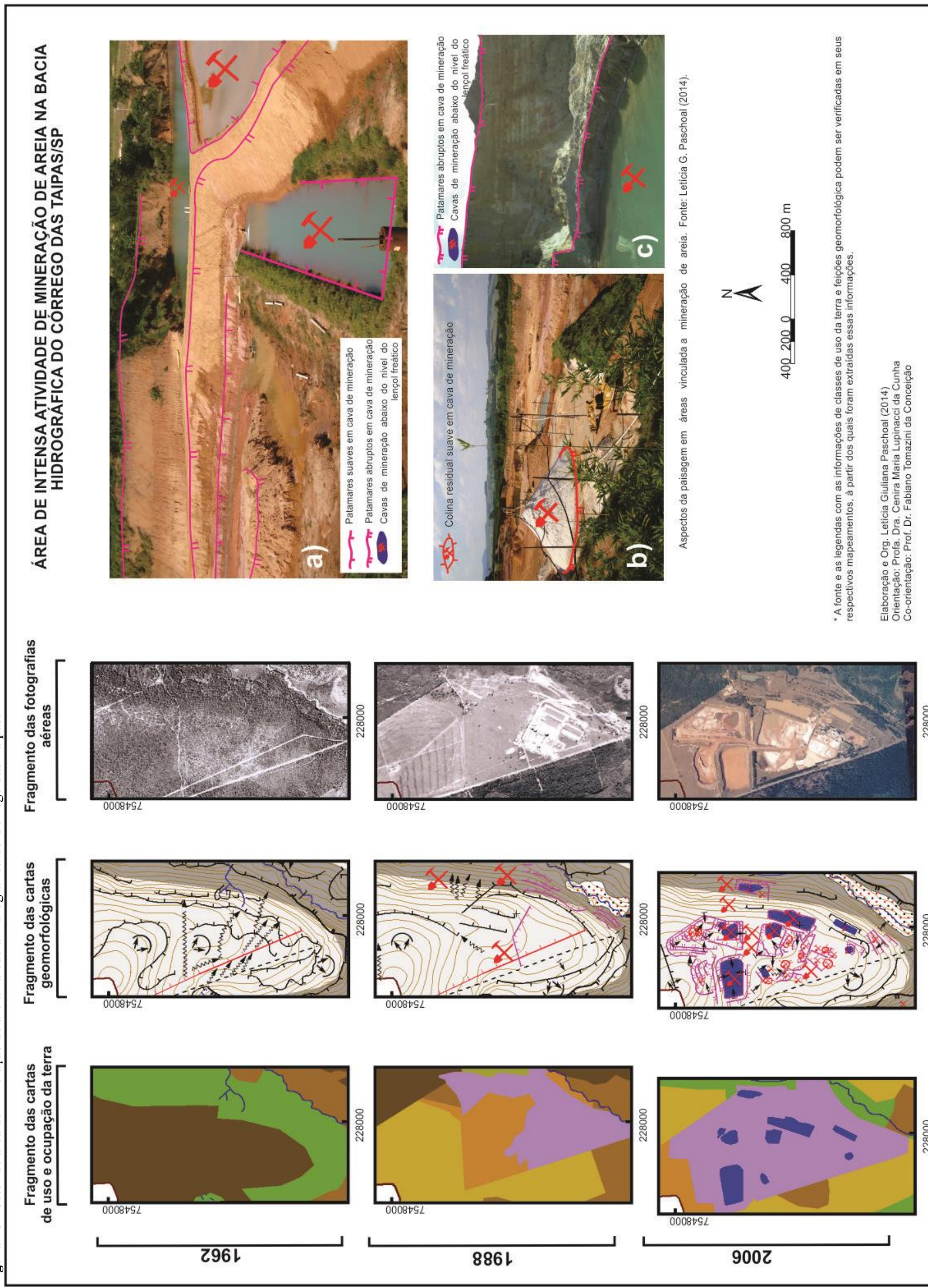
Apesar de a silvicultura ocupar uma parcela expressiva da bacia hidrográfica do Córrego das Taipas no cenário atual, é no setor de mineração de areia que o relevo apresenta as alterações mais notáveis. Os dados de uso da terra vinculados à atividade minerária: minas a céu aberto, cobertura herbácea em antigas áreas de mineração e cursos d'água e lagos artificiais, mostram-se crescentes de acordo com o gráfico 4, o que acarretou a descaracterização de uma área de interflúvio, conforme é possível observar na figura 18.

GRÁFICO 7 - Área ocupada por cada classe de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas no período de 1962, 1988 e 2006.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Figura 18 - Setor de área de mineração de areia na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas.



As minas a céu aberto, inexistentes no cenário de 1962, passam a ocupar 1,47% da área da bacia em 1988 e 3,02% no ano de 2006 (GRÁFICO 7, FIGURA 18). O mapeamento de uso da terra em 1988 (FIGURA 18) permite constatar o início da atividade minerária, sobre terras antes ocupadas pela vegetação nativa, o cerrado, além de ser registrada a presença de 2,39km de patamares em cavas de mineração de característica suave (GRÁFICO 8).

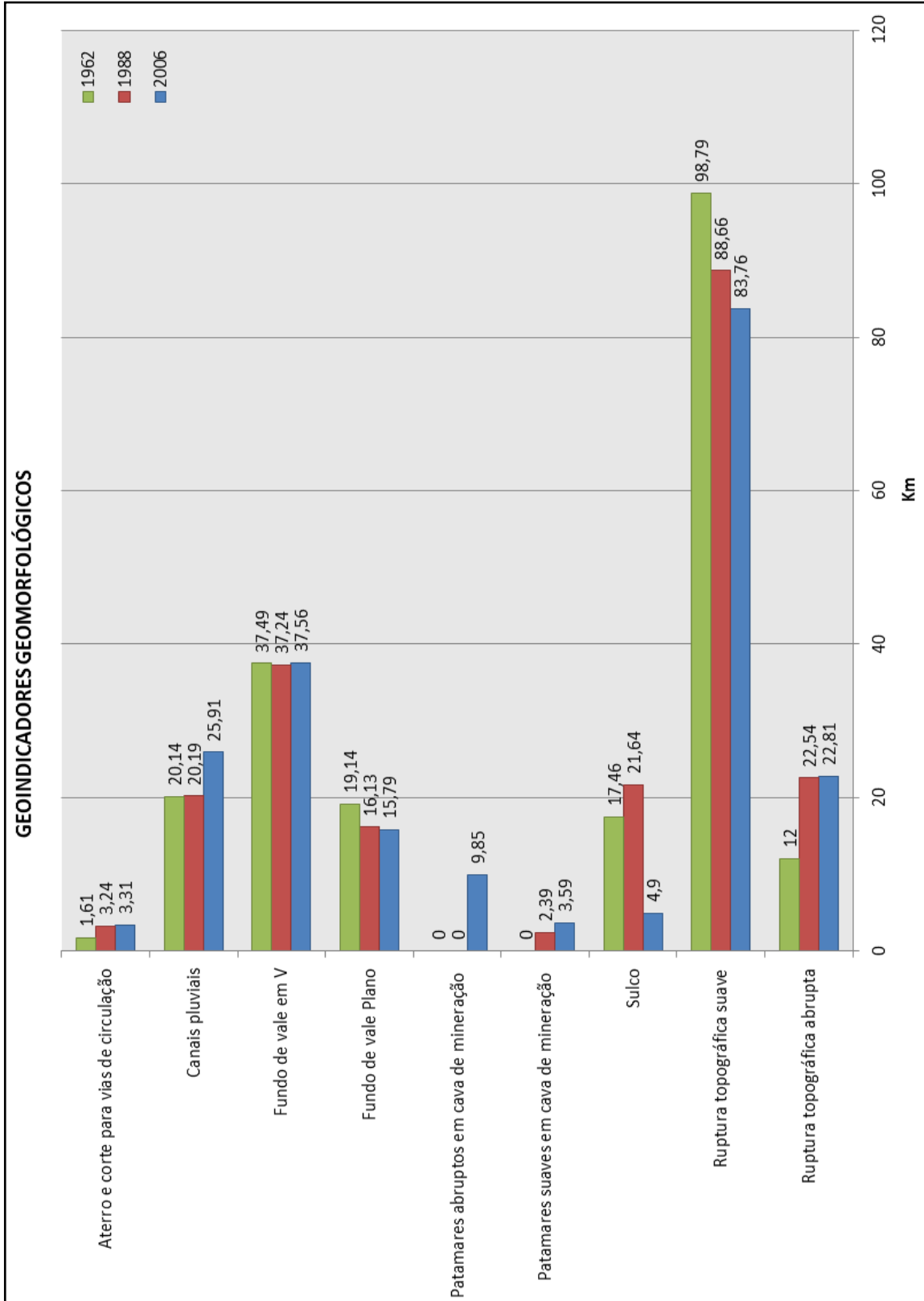
Os patamares em cava de mineração de areia possuem características semelhantes aos da mineração de argila, ou seja, constituem-se em verdadeiros taludes verticalizados ou sub-verticais, gerados a partir da exploração mineral (FIGURA 18). Assim, classificaram-se como patamares em cava de mineração de característica suave, os taludes mais curtos e os patamares de característica abrupta, aqueles mais longos.

Uma das diferenças observadas entre os patamares existentes em área de mineração de argila e areia é a extensão que esses possuem. Diante do fato da extração de argila ser mais antiga do que a área de extração de areia analisada, os patamares no primeiro caso possuem uma extensão maior e conseqüentemente ocupam uma área maior da bacia. Outra característica observada é que os patamares em cava de mineração de característica suave, na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, em grande parte seguem a orientação das curvas de nível, fato esse que não se nota na bacia do Córrego das Taipas, na qual os patamares gerados a partir da extração de areia não apresentam um padrão definido.

Ao contrário do que ocorre na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, onde a mineração de argila ocorre em diversos locais da bacia, principalmente seguindo o leito dos rios, áreas de interflúvio e em áreas de nascentes, a mineração de areia no Córrego das Taipas se situa sobre um único interflúvio na margem direita deste rio, próximo à sua foz. Existe ainda, junto ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) a solicitação de outra área para a lavra de Areia Quartzosa, situada em outro interflúvio ao lado direito deste mesmo Córrego, também próximo ao seu exutório.

Na base da vertente convexa em que ocorre a mineração da areia, constata-se a existência de uma faixa de mata ciliar e de encosta que ajuda a conter os sedimentos disponibilizados por essa atividade na área de interflúvio. Essa vegetação desempenha um papel importante a fim de evitar o assoreamento do rio. Devido à característica altamente friável da areia, esta pode ser facilmente removida à jusante com a ajuda da ação da água da chuva, do vento, da gravidade ou atividade antrópica. Desta forma, o estabelecimento de uma faixa de vegetação serve como uma barreira, que acumula o material que foi transportado, dificultando a deposição no leito do rio.

GRÁFICO 8 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km, representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2006) na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas (SP).

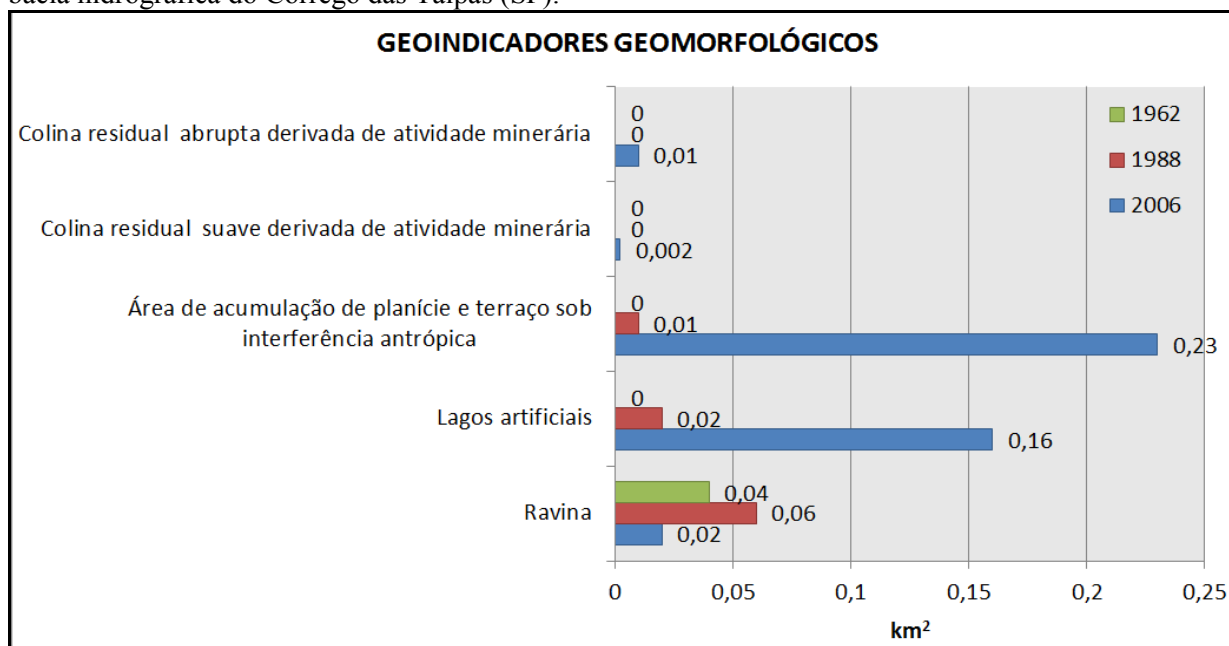


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A cobertura herbácea que se estabeleceu sobre antigas áreas de mineração desativadas foi identificada, no cenário de 1988, ocupando 0,11% de área, valor esse que diminui no cenário de 2006 para 0,03% (GRÁFICO 7, FIGURA 18), pois essa área volta a ser utilizada pela própria atividade de mineração da areia.

A atividade minerária no cenário de 2006 continuou a ocorrer sobre o mesmo local já explorado no cenário anterior, porém, registram-se dimensões maiores da área minerada, assim como novas feições do relevo. Desta maneira, identificou-se a presença de extensos patamares em cava de mineração suaves (3,59km) e abruptos (9,85km) (GRÁFICO 8), sendo que os patamares de mineração abruptos localizam-se, na maior parte dos casos, margeando lagos artificiais, que provêm da exploração da areia abaixo do nível do lençol freático, os quais de inexistentes no ano de 1962, passam a ocupar 0,02km² em 1988 e 0,16km² no ano de 2006 (GRÁFICO 9, FIGURA 18).

GRÁFICO 9 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km², representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2006) na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

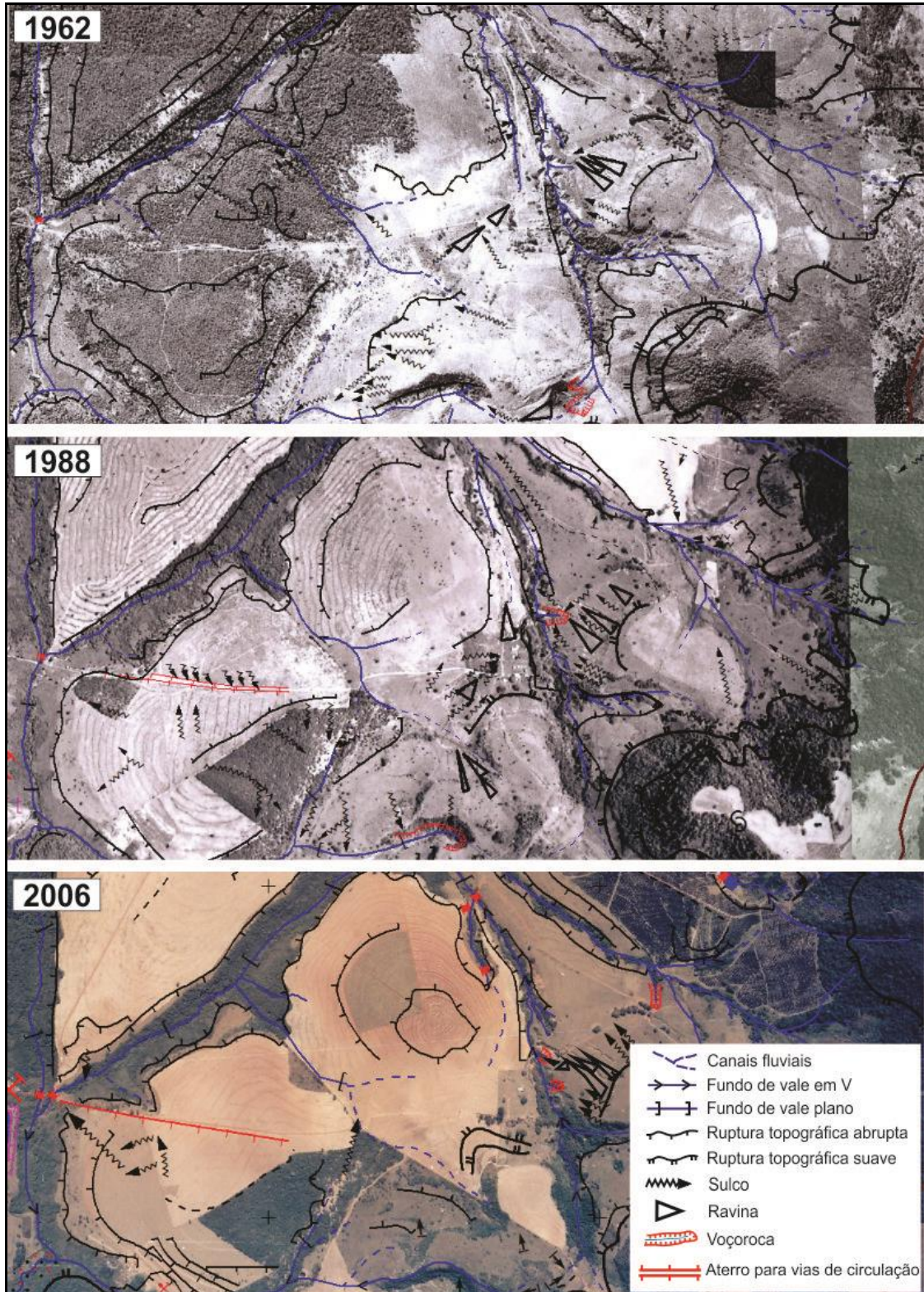
O estabelecimento de patamares em cava de mineração descaracterizou um amplo interflúvio na área da bacia, o que fez com que o direcionamento do escoamento das águas pluviais fosse alterado, fato esse que, associado à presença do solo desnudo, devido à atividade minerária, desencadeia ações erosivas laminares e lineares sobre as vertentes e patamares, as quais irão disponibilizar grande carga de matéria que poderá ser transportada para as áreas de fundo de vale, onde se acumulam. Os lagos artificiais em área de mineração

de areia também ocorrem em área de interflúvio em situações nas quais os patamares criados pela extração do minério nas cavas da mineração se tornam tão profundos que atingem o nível do lençol freático. Desta forma, o lençol freático passa a aflorar, além de tornar áreas anteriormente dispersoras da água pluvial em áreas que concentram essas águas no interior das cavas criadas, o que altera a dinâmica de escoamento superficial do setor.

Os dados quantitativos dos aspectos hidrográficos apresentam transformações vinculadas ao tipo de uso da terra ocorrido na área desta bacia. Os fundos de vale de característica deposicional oscilaram sua extensão de 19,14km, para 16,13km e 15,79km entre os anos de 1962, 1988 e 2006. Nesse mesmo período, a extensão dos fundos de vale de característica erosiva manteve-se praticamente estável, entre 37,49km, 37,24km e 37,56km (GRÁFICO 8).

O fato da extensão do fundo de vale deposicional ter diminuído e a extensão de fundo de vale erosivo pouco ter se alterado, vincula-se ao manejo do uso da terra em áreas de silvicultura, no qual o uso de maquinários, além da própria erosão laminar que ocorre na época do plantio do pinus, que deixa o solo desnudo e sem proteção aos agentes intempéricos, contribui com o assoreamento e descaracterização de trechos de canais anteriormente fluviais, que passam a se caracterizar como canais pluviais, diante da manutenção de suaves concavidades nas vertentes. Assim, a extensão dos canais pluviais apresenta um aumento entre os anos de 1962 (20,14km), 1988 (20,19km) e 2006 (25,91km). Esse processo pode ser identificado, por exemplo, na porção Centro-Sul da bacia do Córrego das Taipas (APÊNDICES B e F), sintetizado na figura 19. Assim, a ausência de matas ciliares, que foi suprimida em detrimento de áreas de silvicultura e pastagem, ao longo dos anos causaram o assoreamento e soterramento desse trecho do rio. Esse tipo de ação constitui-se em infração ao ambiente de acordo com o Código Florestal (Lei nº. 12.651, de 25/05/2012), que especifica como Área de Preservação Permanente (APP) a faixa marginal de trinta metros, ao longo dos cursos d'água com menos de dez metros de largura e ao redor de nascentes ou olhos d'água, em qualquer situação topográfica, no raio mínimo de cinquenta metros (BRASIL, 2012).

Figura 19 – Fragmento das fotografias aéreas dos anos de 1962, 1988 e 2006, com algumas das simbologias geomorfológicas utilizadas nos mapeamentos geomorfológicos do Apêndice F sobrepostas. O setor central da imagem do ano de 2006 corresponde à área de plantação de pinus onde a drenagem modifica-se sensivelmente se comparado com os cenários anteriores de 1962 e 1988, pois grandes extensões dos canais fluviais passam a se caracterizar como pluviais. À direita destaca-se o setor de processos erosivos lineares, sulcos, ravinas e voçorocas, identificados nos cenários de 1962, 1988 e 2006.



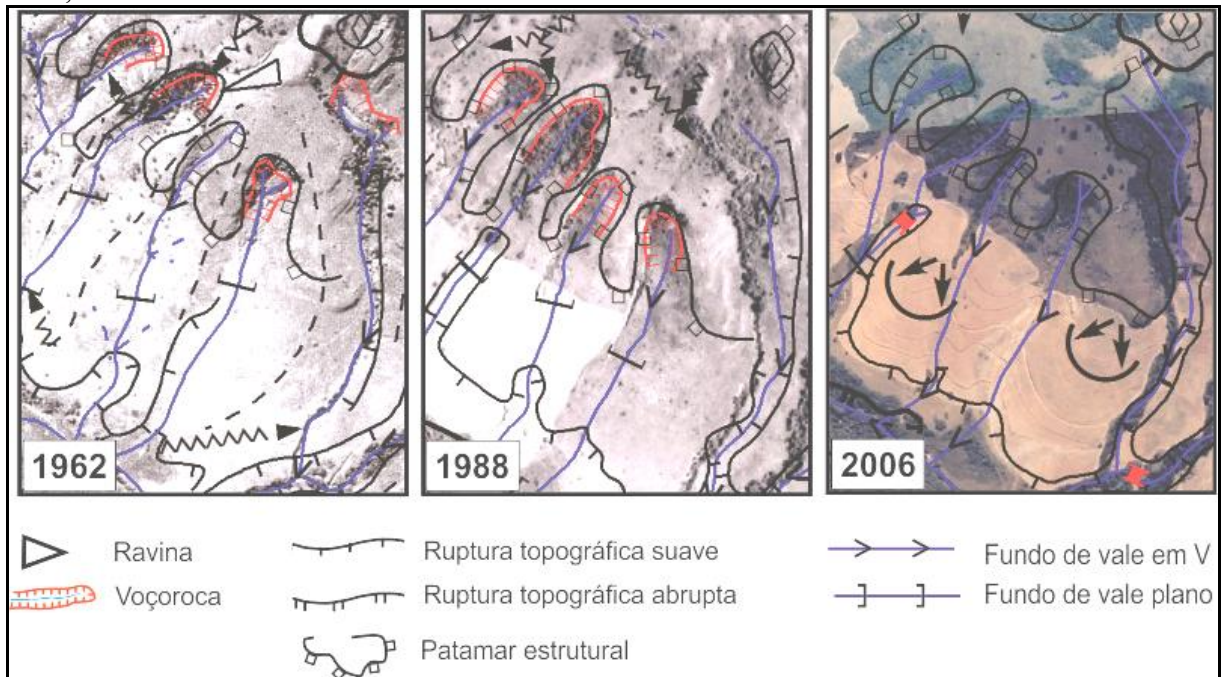
Fonte: Org. pelo autor (2014).

No ano de 2006, foi possível mapear também, em áreas de mineração, a existência de colinas residuais, que correspondem a locais onde há deposição de areia ou material estéril (FIGURA 18). As colinas residuais derivadas de atividades minerárias que possuem característica suave se diferenciam das abruptas pelo tamanho e altura do depósito sobre o relevo. Assim, foram registrados $0,002\text{km}^2$ de colinas residuais derivadas de atividades minerárias de característica suave e $0,01\text{ km}^2$ de colinas residuais abruptas (GRÁFICO 10). Diante do fato dessas colinas se constituírem de depósitos artificiais, criados pela ação antrópica ao depositar rejeitos ou o próprio minério extraído da cava, essas feições interferem na dinâmica de escoamento das águas pluviais, que ao precipitar, terá que encontrar novos caminhos preferenciais de escoamento, o que potencializa a existência de processos erosivos sobre o próprio depósito, constituído por materiais inconsolidados, como em áreas adjacentes.

Com base nos dados geomorfológicos (GRÁFICO 8) da bacia, averigua-se um ligeiro aumento nas extensões dos sulcos existentes na área entre os anos de 1962 e 1988, na ordem de 17,46km para 21,64km e um brusco declínio na extensão dessa feição erosiva no cenário do ano de 2006 no qual identifica-se 4,9km. As cartas geomorfológicas de 1962 e 1988 (APÊNDICE F) evidenciam a existência de sulcos predominantemente sobre as áreas de cerrado e pastos (APÊNDICE B). A existência de extensos sulcos nessas áreas encontra-se atrelada também à fragilidade dos solos arenosos derivados das Formações Santa Rita do Passa Quatro, Botucatu e Pirambóia. A diminuição da extensão dos sulcos identificada no cenário de 2006 relaciona-se ao emprego de técnicas agrícolas utilizadas nas áreas destinadas à silvicultura, como o estabelecimento de curvas de nível e terraceamento, além da utilização de maquinários agrícolas que transitam sobre essas parcelas de terra nas distintas fases do cultivo de pinus, contribuindo para que haja uma reorganização das camadas superficiais do solo.

Constata-se também um setor localizado a Sudeste na área da bacia (FIGURA 20) no qual, nos anos de 1962 e 1988, ocorria a existência de ravinas e voçorocas. O local de ocorrência dessas feições apresenta declividade bastante acentuada por se tratar de um talude de patamar estrutural, além do uso da terra ser destinado a pastos sujos. No ano de 2006, constata-se que o uso da terra nesse setor é alterado e as voçorocas ali existentes são estabilizadas por meio do adensamento da própria vegetação da área. (FIGURA 20).

FIGURA 20 – Setor de intensa erosão linear na bacia do Córrego das Taipas/SP, que se estabilizou no cenário de 2006 pelo adensamento vegetacional. A simbologia geomorfológica utilizada nos mapeamentos do Apêndice F foram sobrepostas aos fragmentos de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1988 e 2006 com a finalidade ilustrativa.

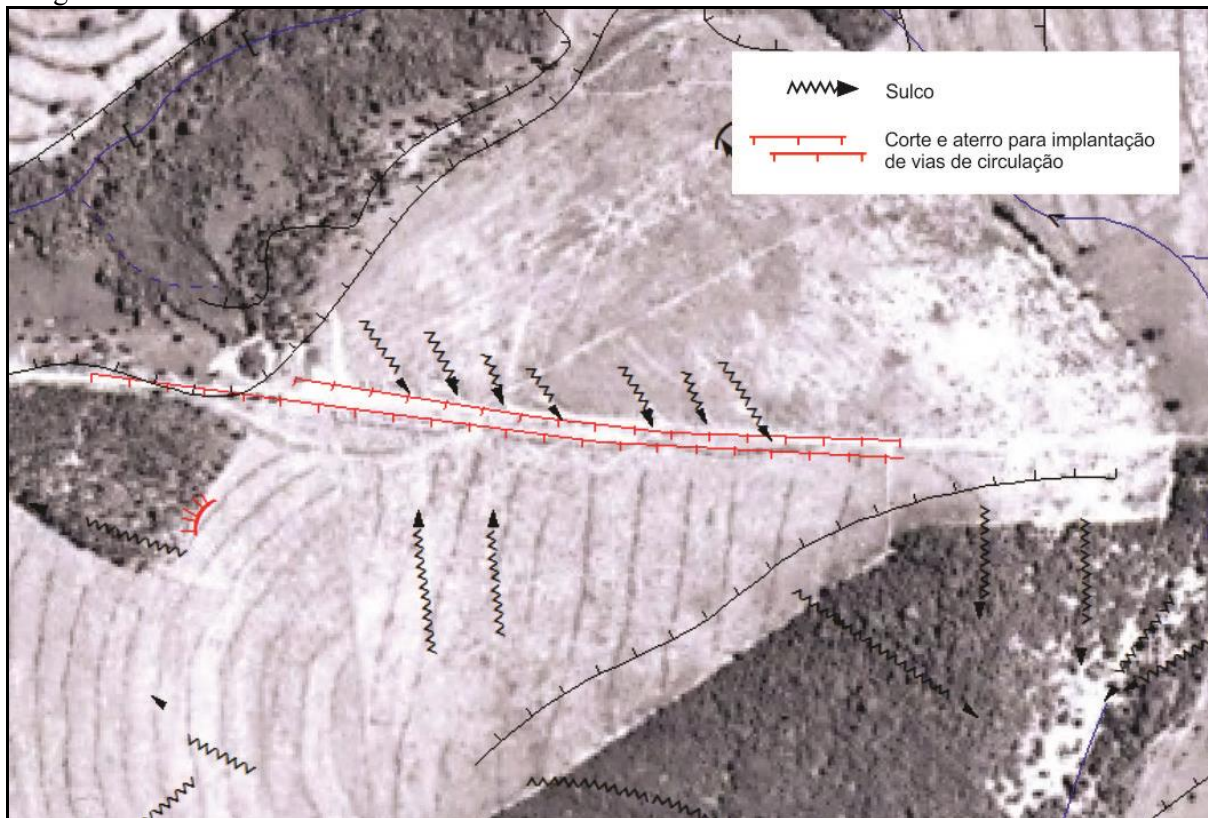


Fonte: Org. pelo autor (2014).

A análise dos mapeamentos de uso da terra também permite constatar que as áreas de mata ciliar e de encosta apresentam significativo aumento, ocupando 21,2% em 2006, se comparado com os cenários anteriores, no qual em 1988 ocupava 11,03% e em 1962, 15,47% (GRÁFICO 4). O declínio na área ocupada pela classe de matas e florestas de encostas no ano de 1988 deve-se, sobretudo, a expansão da silvicultura e das áreas de pasto, limpo e sujo, no setor. O aumento das matas no ano de 2006 atribui-se a uma maior fiscalização do cumprimento do Código Florestal, Lei n. 4.771 de 15/09/1965, já que as áreas que se apresentam recobertas por esse tipo de vegetação concentram-se principalmente nos fundos de vales, próximo aos rios e no talude dos patamares estruturais existentes na área (Figura 20).

O uso de aterros com a finalidade de construção de vias de circulação também se mostrou crescente entre os cenários de 1962 (1,61km), 1988(3,24km) e 2006 (3,31km) (GRÁFICO 5). Como consequência dessa realocação de sedimentos para que estradas possam ser construídas, associada a obras de engenharia inadequadas para a vazão da água da chuva e a característica dos solos arenosos na área, o escoamento da água pluvial em superfície foi reorganizado e promoveu o surgimento de vários pequenos sulcos que acompanham a sua extensão (FIGURA 21).

FIGURA 21 – Fotografia aérea do ano de 1988 do setor em que obras de engenharias (cortes e aterros) foram utilizadas com a finalidade de implantação de uma via de circulação¹¹, que promoveu a reorganização do escoamento das águas superficiais e o consequente surgimento de sulcos ao longo da obra. A simbologia utilizada no mapeamento geomorfológico para essa feição foi sobreposta à fotografia.



Fonte: Org. pelo autor (2014).

Outro setor na região centro-sul permite identificar a incidência de ravinas nos três cenários mapeados (1962, 1988 e 2006) (FIGURA 19). Nesta área predomina o uso destinado a pastos limpos no decorrer do período analisado. Assim é possível concluir que o superpastoreio sobre solos bastante friáveis, associado ao elevado grau de inclinação¹² das vertentes, vem contribuindo com a dinamização dos processos erosivos na área (FIGURA 19).

As rupturas topográficas de característica abrupta apresentaram aumento em extensão entre os cenários de 1962, 1988 e 2006, contabilizando 12km, 22,54km e 22,81km, respectivamente. As rupturas de característica suave, ao contrário das abruptas, tiveram sua extensão diminuída no mesmo período, passando de 98,79km, para 88,66km e 83,76km (GRÁFICO 8). As rupturas de declive são mais pronunciadas no setor leste, no qual ocorre à

¹¹ O cenário posterior ao de 1988 desse setor, de cortes e aterros, pode ser observado na Figura 5.

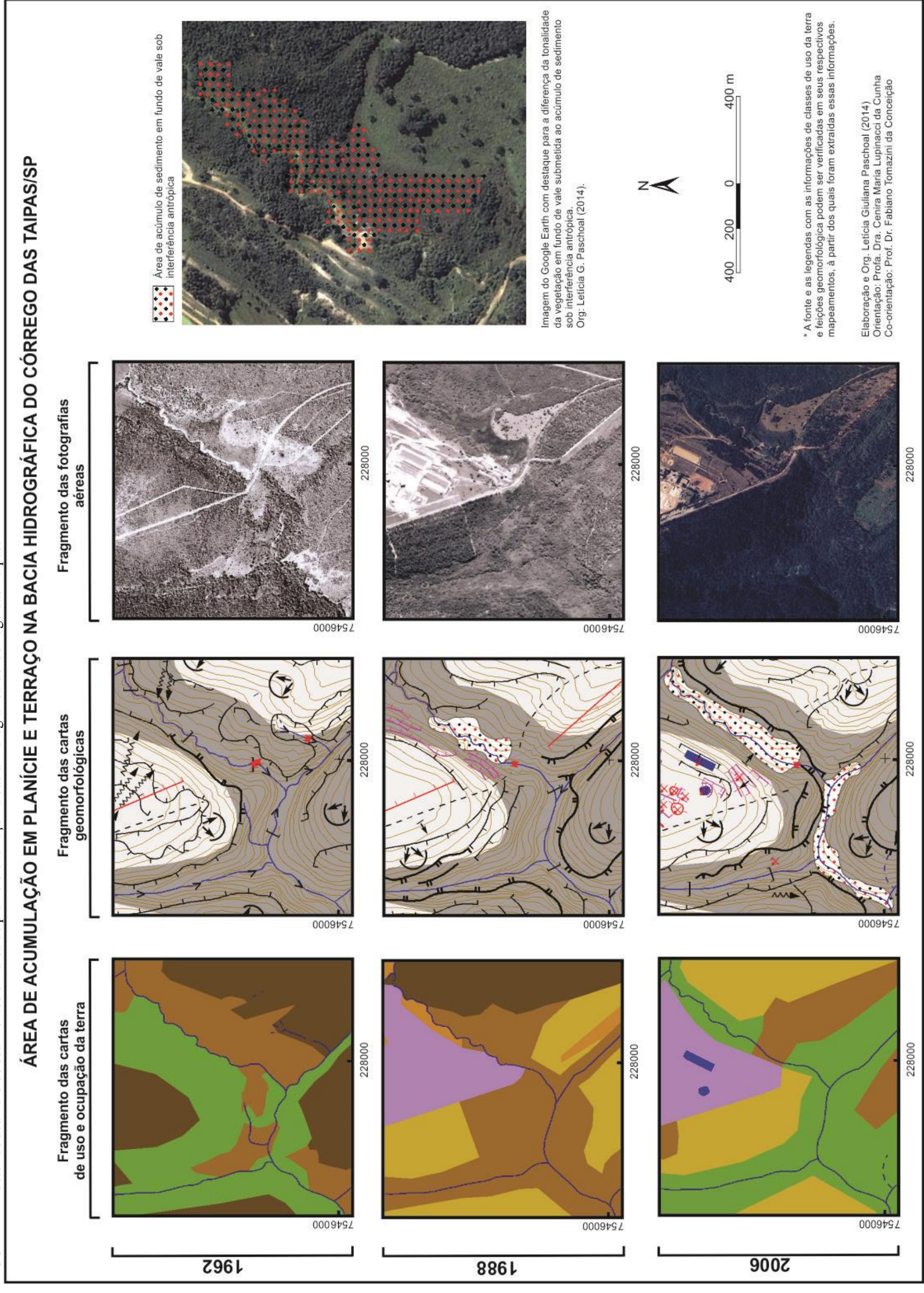
¹² Constatado por meio da análise das curvas de nível, disponível para consulta no mapa geomorfológico do anexo 6.

presença de parte de um morro testemunho, e se apresentam mais suavizadas no restante da área da sub-bacia, onde com frequência acompanham o contato entre diferentes usos da terra com a mata de baixa vertente e fundo de vale (APÊNDICE F).

Em função do uso da terra vinculado principalmente a silvicultura, pastos limpos e sujos e a mineração de areia, muito material dentro desta sub-bacia foi remobilizado e, por meio da ação das águas pluviais e ações gravitacionais, esses foram transportados para as áreas de fundo de vale e conseqüentemente levados pelas águas fluviais em direção à jusante (APÊNDICE F). Desta maneira, foi possível identificar próximo à foz desta sub-bacia uma extensa área de acumulação desses sedimentos, denominada de “área de acumulação de planície e terraço sob interferência antrópica”, que de 0,01km² no ano de 1988, passou a ocupar 0,23km² no cenário de 2006 (FIGURA 22).

O acúmulo de sedimentos nos fundos de vale constitui-se em um fenômeno natural, que ocorre em pequenas proporções e em escala de tempo geológico, vinculando-se à busca pelo perfil de equilíbrio da drenagem. Porém, constatou-se na área uma grande quantidade de deposição de sedimentos no decorrer de 44 anos (1962 - 2006). Esse fato evidencia uma brusca interferência de ações realizadas pelo homem no sistema em questão e que tem dado origem a novas formas de relevo, realocando matéria em grande quantidade.

FIGURA 22 – Setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas.



Apesar da área de acumulação em planície e terraço ter aumentado nos cenários apresentados, dados geocronológicos não puderam ser identificados nessa bacia devido ao fato da granulometria dos sedimentos coletados apresentarem elevada porcentagem de areia (TABELA 5). Sanchez-Cabeza et al (2012), Fostener e Salomons (1980) e Orlando (1993), relatam que a presença do ^{210}Pb se encontra fortemente associado à partículas finas de solos e sedimentos: silte e argila. Sanchez-Cabeza et al (2012) ressaltam ainda que a porção mais fina do solo apresenta concentração até cinco vezes mais alta desse radionuclídeo do que as frações mais grossas.

TABELA 5 – Dados granulométricos das amostras do testemunho obtido na bacia hidrográfica do Ribeirão das Taipas.

| Profundidade | Argila e Silte (%) | Areia total (%) |
|---------------------|---------------------------|------------------------|
| 7,5 | 3 | 97 |
| 12,5 | 3 | 97 |
| 17,5 | 3 | 97 |
| 22,5 | 2 | 98 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Com a finalidade de caracterização do tamanho dos grãos de sedimentos coletados no testemunho desta bacia hidrográfica e comprovação da impossibilidade de detecção de ^{210}Pb , a análise granulométrica foi realizada e apresentou frações de areia superior ou igual a 97% em cada camada do testemunho, sendo assim muito baixo o percentual de silte e argila, que permitiriam realizar a quantificação do ^{210}Pb contido nas amostras (TABELA 5, GRÁFICO 10).

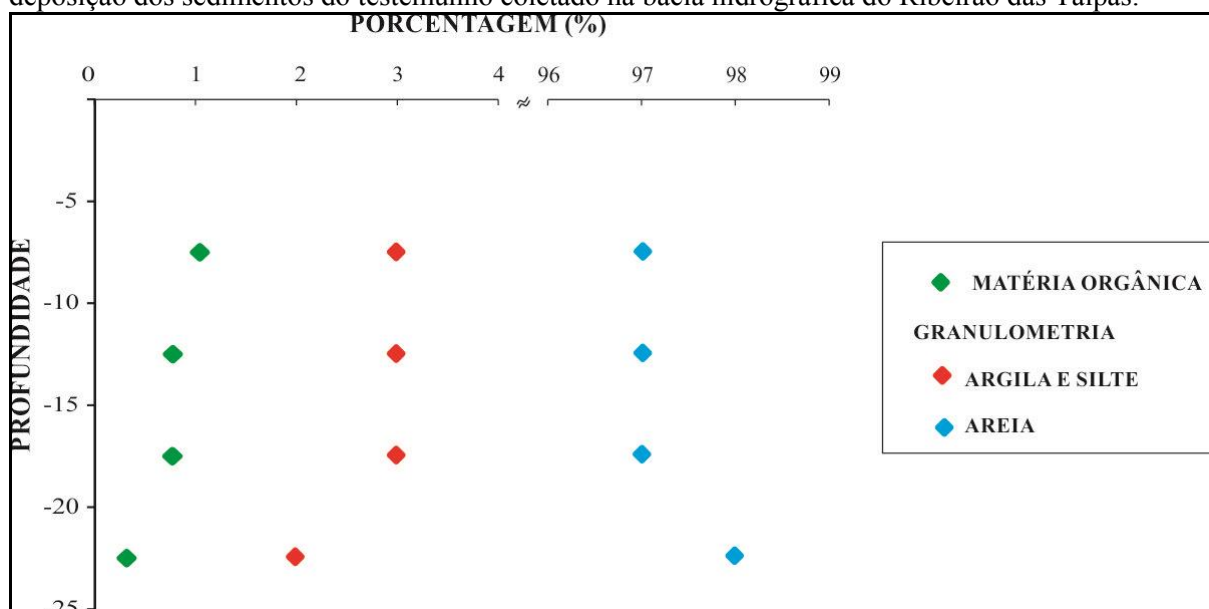
Os dados de granulometria foram confrontados com a porcentagem de matéria orgânica existente em cada amostra do testemunho coletado (TABELA 6), resultando nos dados dispostos no Gráfico 10.

TABELA 9 – Dados de porcentagem de matéria orgânica na bacia hidrográfica do Ribeirão das Taipas.

| Varição de profundidade (cm) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação da prova em branco (ml) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação das amostras (ml) | Fator | % Carbono | % Matéria Orgânica |
|------------------------------|--|--|-------|-----------|--------------------|
| 5 - 10 | 23,5 | 20,0 | 0,85 | 0,60 | 1,0 |
| 10 - 15 | 23,5 | 21,0 | 0,85 | 0,43 | 0,7 |
| 15 - 20 | 23,5 | 21,0 | 0,85 | 0,43 | 0,7 |
| 20 - 25 | 23,5 | 23,0 | 0,85 | 0,09 | 0,2 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 10 - Relação entre porcentagem de matéria orgânica, granulometria e profundidade de deposição dos sedimentos do testemunho coletado na bacia hidrográfica do Ribeirão das Taipas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Apesar da geocronologia não poder ser estabelecida na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas, os dados apresentados no gráfico 10 apresentam um comportamento semelhante ao encontrado na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes. Em ambos, a porcentagem de matéria orgânica é inversamente proporcional à de areia.

No intervalo de profundidade entre -20 e -15 cm, as quantidades de matéria orgânica e de areia apresentam uma mudança brusca de comportamento, que indicam uma diminuição no primeiro e aumento no segundo, respectivamente (GRÁFICO 10). Esse comportamento indica que, possivelmente, a quantidade de chuvas neste determinado período pode ter sido mais intensa, remobilizando maior quantidade da fração de areia das vertentes, que se depositaram nos fundos de vale, além de levar a matéria orgânica junto com as águas do rio para fora da bacia.

Desta maneira é possível constatar que dentre as bacias em análise no desenvolvimento desta pesquisa, o uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego das Taipas (SP) foi o que mais se alterou nos últimos 51 anos. As parcelas ocupadas pela vegetação natural no cenário de 1962, o cerrado, foram alteradas pela atividade antrópica e em 2006 apresentam-se substituídas principalmente pela silvicultura, pastos e mineração de areia, sendo que a mineração, apesar de ocupar uma área mais restrita do território, é o local onde o relevo antropogênico se apresenta mais evidente.

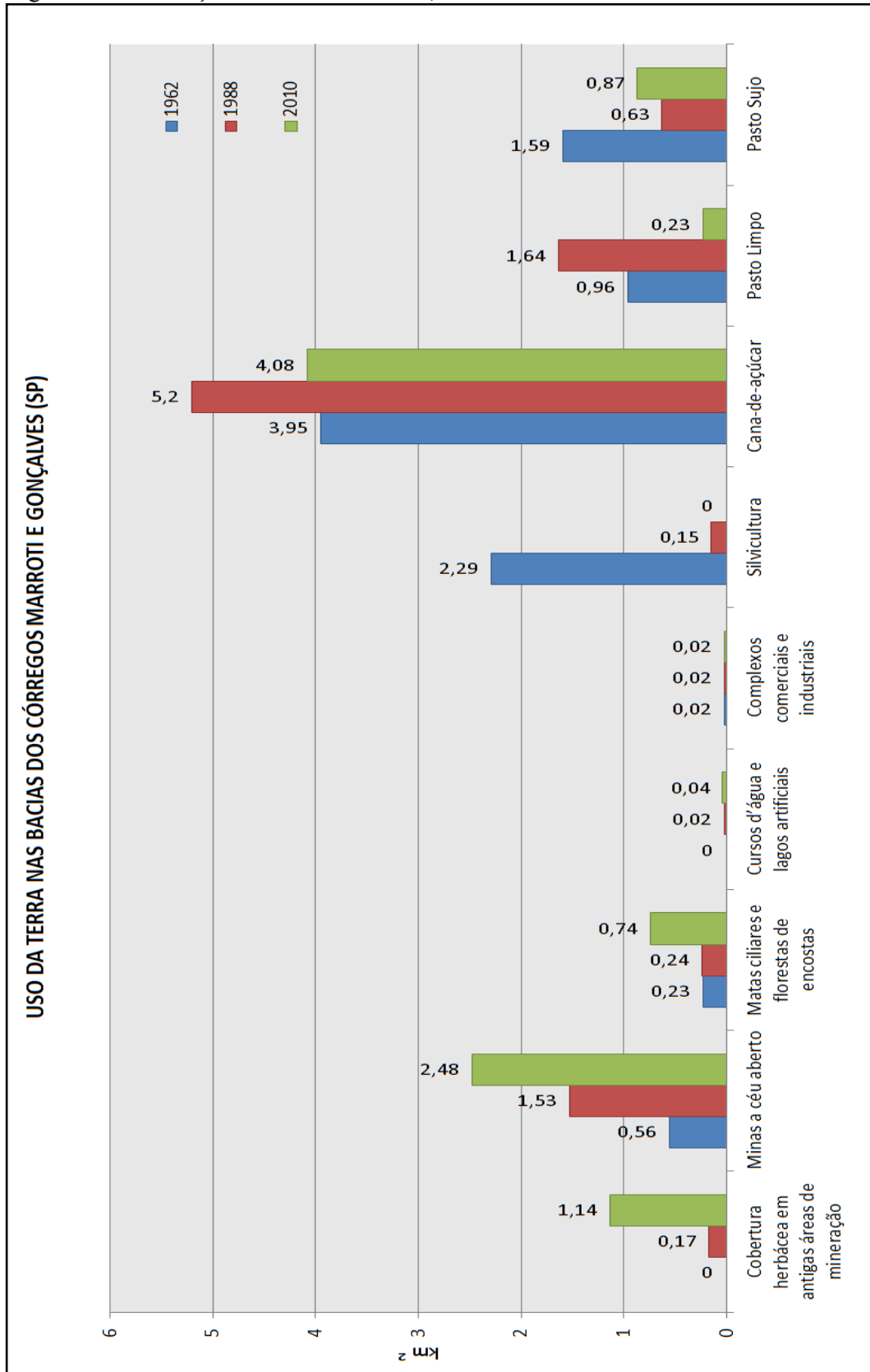
5.3 BACIA DOS CÓRREGOS MARROTI E GONÇALVES

Os mapeamentos de uso da terra (APÊNDICE C) e geomorfológicos (APÊNDICE G) do Córrego Marroti e Gonçalves, ambos realizados com base nos cenários dos anos de 1962, 1988 e 2010, forneceram os dados que compõem os gráficos 8, 9 e 10. Esses dados permitem, de maneira geral, inferir a evolução da dinâmica do uso da terra e suas consequências sobre o relevo da bacia hidrográfica dos Córregos Marroti e Gonçalves.

A análise dos diferentes cenários do uso da terra permite constatar que no ano de 1962 o uso da terra predominante era destinado à cultura da cana-de-açúcar, que ocupava 41,15% da área total da bacia, seguido pela silvicultura (23,85%) e pastos (26,56%), sendo que deste total, 10% advêm da classe de pastos limpos e 16,56% de pastos sujos (GRÁFICO 11).

Há registros de que a extração do calcário dolomítico ocorra nesta região desde meados da primeira metade do século XX. Assim, foi possível constatar expressiva atividade minerária junto ao médio e baixo curso do Córrego Marroti, que em 1962 apresentava 5,83% da área destinada ao uso de minas à céu aberto (APÊNDICE G, GRÁFICO 11).

GRÁFICO 8 - Área ocupada pelas distintas classes de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego Marroti e Gonçalves nos anos de 1962, 1988 e 2010.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

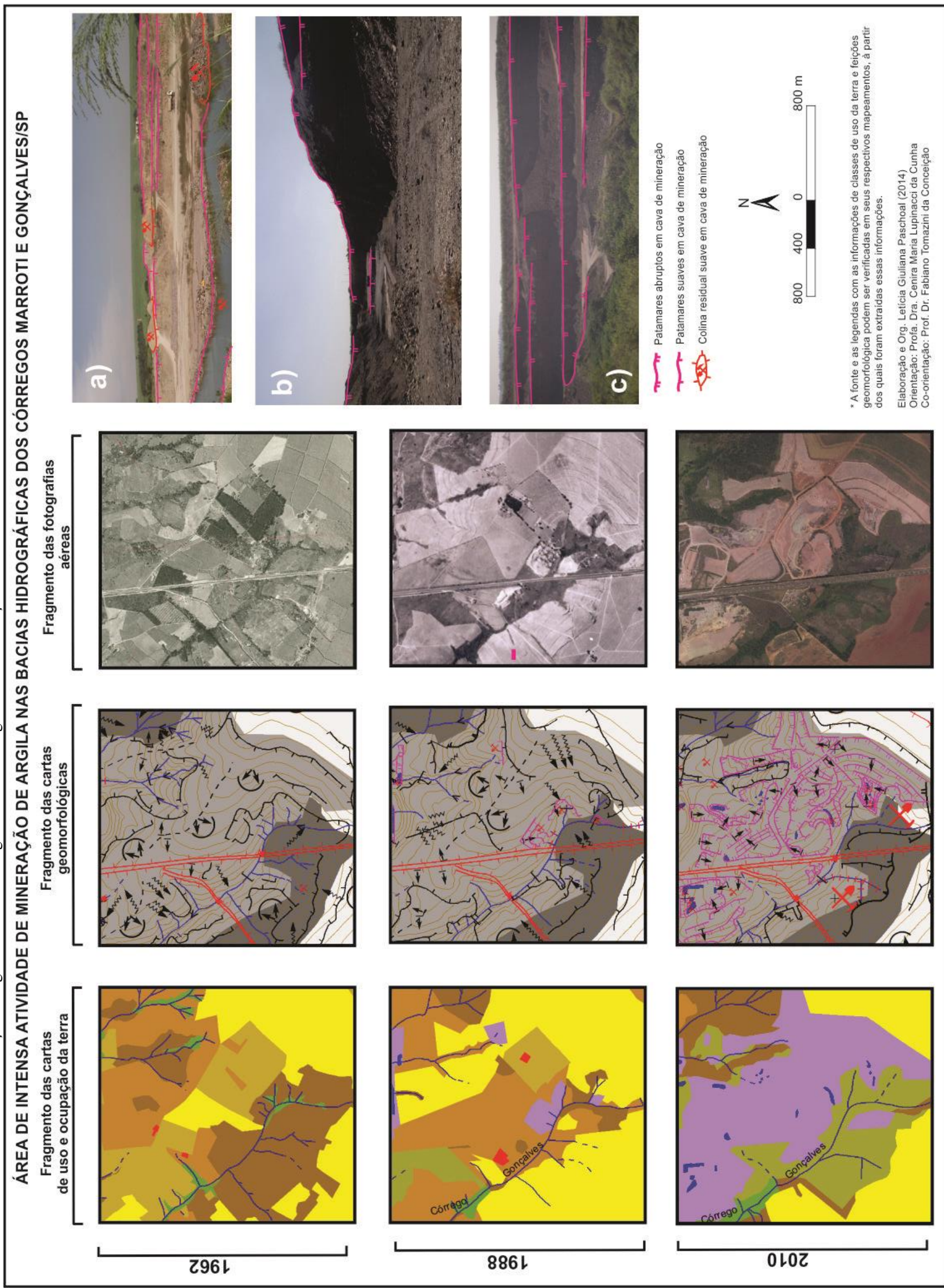
Os dados de 1988 (GRÁFICO 11) continuam a mostrar o avanço da cultura canavieira (54,17%) e das classes de uso da terra vinculadas ao setor de mineração, que ao todo perfaz 17,92% do uso na bacia vinculado a essa atividade; tem-se ainda um ligeiro declínio nas áreas destinadas à pastos (23,64%), sendo que deste total 17,08% correspondem à classe de pastos limpos e 6,56% às áreas de pasto sujo e um declínio expressivo da silvicultura, que passa a ocupar apenas 1,56% da área. Da mesma forma que ocorre na bacia hidrográfica de Santa Gertrudes, o valor elevado em área destinada ao cultivo da cana-de-açúcar provém do estímulo dado pelo Governo Federal, por meio da campanha Pró-álcool, instituída pelo Decreto nº 76593 em 14 de Novembro de 1975, após a crise do petróleo em 1973, o qual visava à substituição em grande escala do uso de combustíveis derivados do petróleo pelo álcool.

As classes de uso da terra consideradas como vinculadas ao setor de mineração na bacia do Córrego Marroti e Gonçalves no ano de 1988 correspondem às minerações a céu aberto (15,94%), coberturas herbáceas em antigas áreas de minerações (1,77%) e aos reservatórios artificiais (0,21%).

No ano de 2010 (GRÁFICO 11), o uso da terra nessas bacias apresentam a manutenção de amplas áreas de cultivo da cana-de-açúcar (42,5%), atividade esta que se concentra no entorno da área que ocupam as duas bacias (APÊNDICE C). No ano de 2010, contata-se também um aumento expressivo dos setores vinculados a mineração, que ocupam 38,12% da área e concentram suas atividades na região central, sobretudo, sobre o amplo interflúvio existente entre as redes de drenagem (APÊNDICES C e G).

Constata-se também, ao comparar as cartas de uso da terra e geomorfológicas dos anos de 1962 e 1988, que a área de mineração deixa de ocupar apenas setores da bacia do Córrego Marroti e passa a ocorrer também na bacia do Córrego do Gonçalves (APÊNDICES C e G), abrangendo grande parte da área das duas bacias no ano de 2010 e promovendo notáveis alterações no relevo. Diante da expressiva parcela destinada à mineração do calcário, e por ser essa a atividade que mais provoca alterações na paisagem da área, o setor mais afetado atualmente por essa atividade na bacia hidrográfica dos Córregos Marroti e Gonçalves foi selecionado para demonstrar as alterações observadas (FIGURA 23).

FIGURA 23 - Setor de área de mineração de argila nas bacias hidrográficas dos Córregos Marroti e Gonçalves.



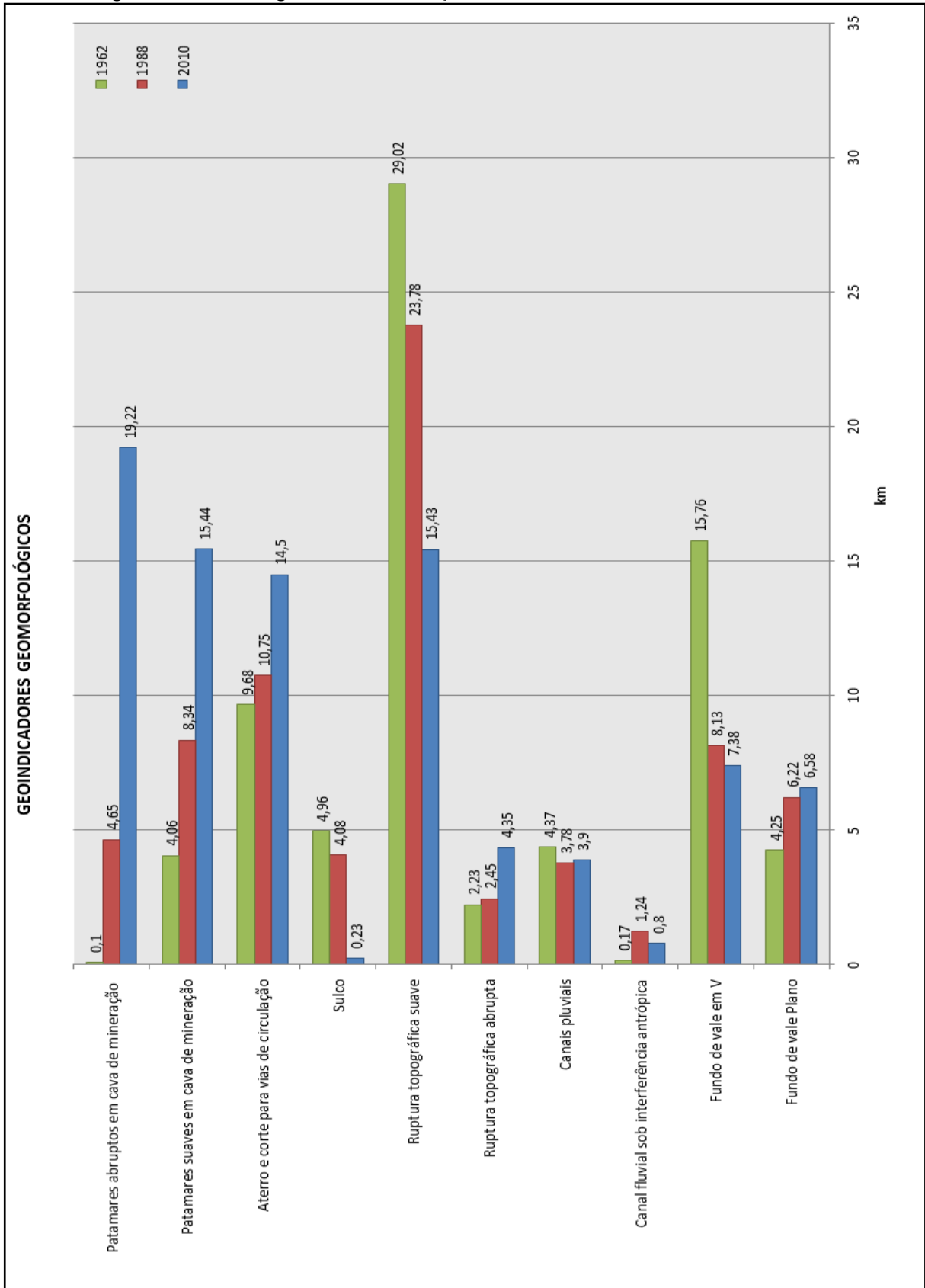
O aumento das áreas destinadas à mineração do calcário nas bacias promoveu o surgimento de novas formas do relevo, como é o caso dos patamares gerados nas cavas de mineração, que se constituem em vertentes verticais ou sub-verticais, classificados como abruptos ou suaves de acordo com a extensão das rampas geradas a partir da retirada do mineral na área.

A extensão dos patamares em cavas de mineração mostra expressivo aumento entre os três cenários mapeados. Os patamares em cava de mineração de característica suave passaram de 4,06km em 1962, para 8,34km em 1988 e 15,44 km em 2010; já os patamares de característica abrupta, situados com maior incidência no entorno de cavas profundas, que deram origem a lagos em cavas de mineração, aumentaram de 0,01km para 4,65km e 19,22km no mesmo período (GRÁFICO 12, FIGURA 23, *a, b e c*).

A atividade minerária ocupa praticamente toda a área onde a Formação Irati aflora nas bacias dos Córregos Marroti e Gonçalves e no geral os patamares em cavas de mineração não seguem necessariamente a orientação das curvas de nível da carta topográfica, o que significa que a extração do calcário ocorre de forma desordenada sobre as vertentes, descaracterizando-as e alterando o caimento topográfico em diversos setores, originando um relevo altamente impactado pela ação antrópica (FIGURA 23). Essa é uma característica da extração do calcário que se diferencia da extração de argila na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, que ocorre de forma mais ordenada. Desta forma, os interflúvios impactados pelos patamares de extração mineral nos Córregos do Marroti e Gonçalves, deixam de ser áreas dispersoras de fluxos pluviais, que correm naturalmente dessas áreas em direção aos fundos de vale, e passam a acumular água dentro dos setores de maior profundidade de suas cavas.

De inexistentes no cenário de 1962 (GRÁFICO 10, APÊNDICE G), esses lagos artificiais passam a ocupar 0,02km² da área no ano de 1988 e 0,04km² em 2010. Se comparadas com as áreas de mineração de argila e areia, anteriormente analisadas, as lagoas artificiais mapeadas nas bacias dos Córregos Marroti e Gonçalves são menores e apresentam-se muito mais dispersas pelo terreno. Além da formação de lagos artificiais gerados a partir do momento em que a extração de mineral atinge o nível do lençol freático, nas pedreiras calcárias, a exploração do mineral vinculado à Formação Irati, disponibiliza muitos resíduos finos, como o silte, que em contato com a água podem impermeabilizar a superfície do relevo, permitindo o acúmulo de águas superficiais. Dessa forma, o acúmulo de água em superfície e o afloramento do nível de lençol freático no interior das cavas de mineração foram mapeados indistintamente e denominados como lagos artificiais em área de mineração, devido ao fato do mapeamento geomorfológico não permitir a distinção entre esses.

GRÁFICO 12 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km, representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2010) nas bacias hidrográficas dos Córregos Marroti e Gonçalves.

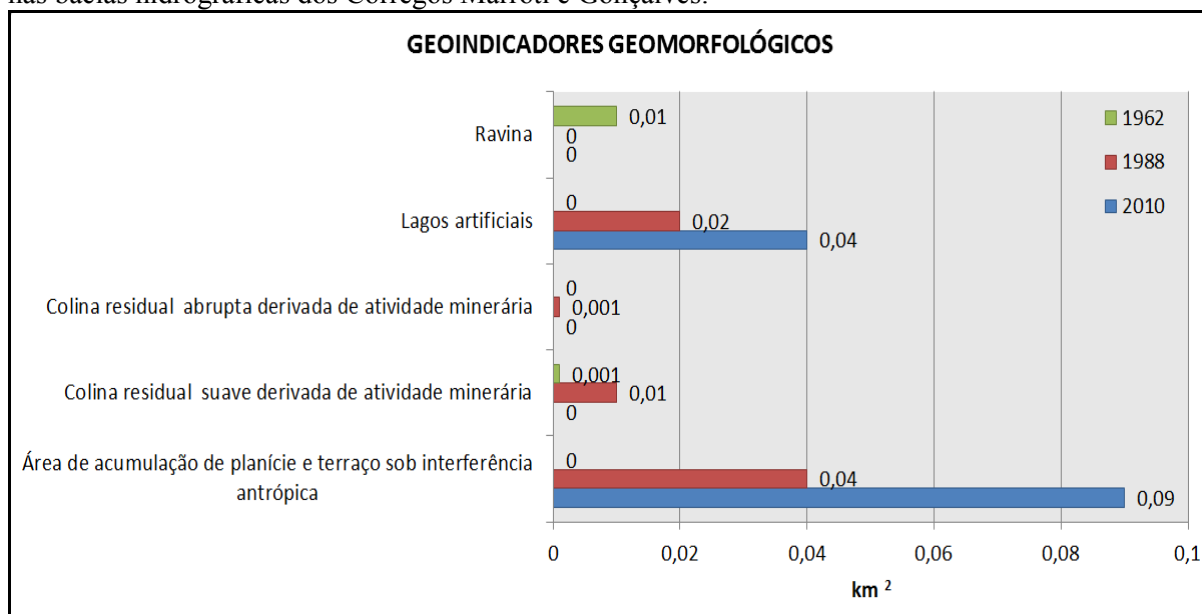


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Outra forma de relevo antrópica identificada na área são as colinas residuais derivadas de atividades minerárias. Essas colinas, compostas pela deposição do calcário ou de material estéril (FIGURA 23 - a), geram alterações na topografia da área e mudanças no direcionamento do escoamento das águas da chuva, promovendo a ação erosiva sobre suas vertentes e áreas adjacentes, disponibilizando maior carga de sedimentos, que pode ser transportado para as áreas de fundo de vale, por meio do escoamento da própria água da chuva, da ação dos ventos ou gravidade.

No ano de 1962, a área ocupada por essas colinas de origem minerária com característica da vertente suave era de $0,001\text{km}^2$ e no ano de 1988, a bacia possuía $0,01\text{km}^2$ de sua área ocupada por colinas de característica suave e $0,001\text{km}^2$ por colinas de característica abrupta, não tendo sido mapeado nenhum tipo de colina residual no ano de 2010 (GRÁFICO 13, APÊNDICE G). No ano de 2010, o terreno onde se encontravam as colinas nos cenários anteriores continua vinculado à atividade minerária, porém as colinas foram removidas para que a extração do mineral pudesse ocorrer nessas antigas áreas de deposição.

GRÁFICO 13 – Geoindicadores geomorfológicos expressos em km^2 , representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2010) nas bacias hidrográficas dos Córregos Marroti e Gonçalves.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os dados geomorfológicos (GRÁFICO 12) mostram o declínio da extensão de sulcos erosivos, os quais passaram de $4,96\text{km}$, para $4,08\text{km}$ e $0,23\text{km}$ entre os anos de 1962, 1988 e 2010, respectivamente. A carta geomorfológica de 1962 (APÊNDICE G) mostra o

predomínio de sulcos sobre áreas de uso da terra destinadas a monocultura da cana-de-açúcar, silvicultura e de contato entre diferentes tipos de usos como entre a cana-de-açúcar e as áreas de pastos limpos. Nos anos de 1988 e 2010, essas feições passam a se concentrar sobre áreas de cultivo da cana de açúcar, tornando-se praticamente inexpressiva no cenário de 2010 devido, sobretudo, a utilização de técnicas de manejo nessas áreas, como o estabelecimento de curvas de nível e terraceamento para o seu plantio, além da utilização de maquinários agrícolas que transitam pela área nas diversas etapas do cultivo, reorganizando as camadas superficiais do solo e descaracterizando grandes extensões de processos erosivos lineares existentes anteriormente. Outro fator que contribuiu para com a diminuição da extensão dos sulcos foi a expansão da atividade minerária, que passou a ocupar áreas onde anteriormente havia a ocorrência de sulcos.

Outra feição erosiva identificada nas sub-bacias dos Córregos Marroti e Gonçalves refere-se às rupturas topográficas, que marcam a evolução das vertentes. Essas são predominantemente de característica suave. Os dados de rupturas suaves (GRÁFICO 12) apontam para uma diminuição em sua extensão, que passou de 29,02km, para 23,78km e 15,43km entre os anos de 1962, 1988 e 2010, respectivamente. Os dados de extensão das rupturas de característica abrupta, nesse mesmo período, apresentam um pequeno aumento, passando de 2,23km para 2,45km e 4,35km.

Essas alterações nas características das rupturas da área devem-se, sobretudo, às alterações no uso da terra. A diminuição da extensão das rupturas suaves ocorreu principalmente devido ao aumento das áreas de mineração em detrimento de outras classes de uso da terra dando, portanto, origem a outras feições do relevo no local, como os patamares em cava de mineração. Já o aumento na extensão das rupturas topográficas abruptas relaciona-se principalmente às áreas em que ocorre o plantio da cana-de-açúcar, nos locais em que foram empregadas técnicas de terraceamento.

Na área da bacia, constata-se também a presença de aterros para construção de estradas. A extensão desses aterros é crescente de acordo com os cenários de 1962, 1988 e 2010, na ordem de 9,68km, 10,75km e 14,05km, respectivamente (GRÁFICO 12). Essas feições contribuem com a reorganização do escoamento da água em superfície e aumentam a potencialidade do desenvolvimento de processos erosivos em suas proximidades.

Os aspectos hidrográficos apresentam grandes transformações nessas bacias. A extensão dos canais fluviais que apresentam capacidade erosiva diminuiu entre os anos de 1962 (15,67km), 1988 (8,13km) e 2010 (7,38km), não apenas em virtude do predomínio de processos deposicionais nesses trechos, mas também devido ao uso da terra vinculado a

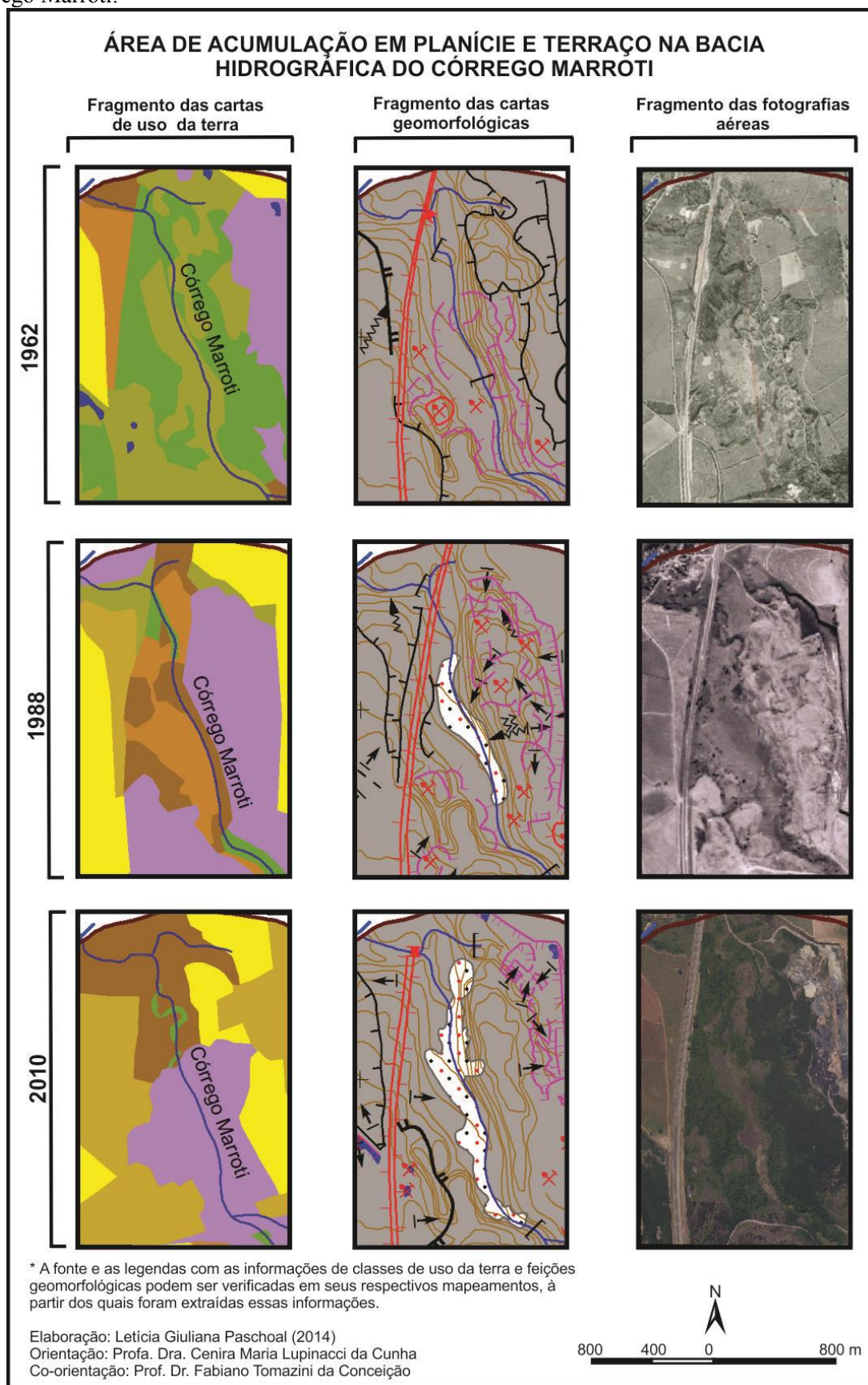
atividade de exploração do calcário e o plantio da cana de açúcar, que acabam desviando cursos d'água ou ocorrendo muito próximo a esses, alterando suas características naturais e fazendo com que alguns trechos dos canais desaparecessem ou fossem classificados como canais antrópicos (GRÁFICO 12, APÊNDICE G). Devido à presença de formações geológicas que permitem a extração do calcário, ao longo de canais fluviais e em áreas de nascentes, muitos setores foram afetados e trechos dos canais fluviais deixaram de existir devido à atividade minerária, constituindo-se esse em um fato marcante dessa bacia. Se comparada com as bacias do Ribeirão Santa Gertrudes e do Córrego das Taipas anteriormente analisadas, essas são as bacias em que a hidrografia foi mais impactada, sobretudo na bacia do Córrego Marroti, na qual extensos trechos de canais fluviais deixaram de existir e outros trechos tiveram seu leito alterado em função da extração da matéria prima na área.

Os trechos de canais fluviais retelinizados, denominados de “canal fluvial sob interferência antrópica”, apresentam variação em sua extensão nos diferentes cenários mapeados de acordo com as atividades desenvolvidas pela ação antrópica, apresentando 0,17km em 1962, 1,24km em 1988 e 0,8km em 2010 (GRÁFICO 12). Esta variação ocorreu, sobretudo devido ao fato de no mapeamento de 2010, grande parte dos trechos mapeados em 1988 voltarem a apresentar características naturais, ou seja, deixaram de apresentar padrão de drenagem retilíneo por não serem mais controlados pela ação antrópica.

A extensão das drenagens que apresentam características deposicionais aumentou entre os anos de 1962 (4,25km), 1988(6,22km) e 2010(6,58km), e esse processo permitiu identificar, por meio da carta geomorfológica de 1988 e 2010 a origem de áreas de acúmulo de sedimentos fluviais próximo à foz dos Córregos (GRÁFICO 13, APÊNDICE G).

Devido ao fato da mineração do calcário ser mais antiga na bacia do Córrego Marroti do que na bacia do Córrego Gonçalves, foi possível identificar nesse cenário, próximo a sua foz, uma área de acumulação de planície e terraço fluvial sob interferência antrópica, nos cenários de 1988 e 2010, representados na Figura 24.

FIGURA 24 - Setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço na bacia hidrográfica do Córrego Marroti.



O acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço fluvial relaciona-se a um fenômeno natural que ocorre em áreas restritas e em escala de tempo geológico, vinculando-se à busca pelo perfil de equilíbrio da drenagem. No ano de 1962, essa feição não foi passível de ser identificada em nenhuma das duas bacias a partir do mapeamento geomorfológico na escala 1:10.000. Porém, no ano de 1988, foi possível identificar 0,04 km² de área de acúmulo de sedimentos próximo à foz do Córrego Marroti, sendo que no ano de 2010, mapeou-se 0,09km² de área de acúmulo de sedimentos, distribuídos em 0,07km² e 0,02km² pelas bacias do Córrego Marroti e Gonçalves respectivamente. Esse sedimento depositado próximo à foz do Córrego Marroti é proveniente da exploração das minas de calcário e da erosão laminar devido ao uso da terra, como o plantio da cana-de-açúcar. Este fato evidencia uma brusca interferência de ações realizadas pelo homem no sistema em questão e que tem dado origem a novas formas do relevo e realocado grande quantidade de matéria, passíveis de serem mapeadas em escala de tempo histórico.

Nesse contexto, foi retirado do canal fluvial, inserido no setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço das bacias hidrográficas dos Córregos Marroti e Gonçalves, os testemunhos para análises geocronológicas. As Tabelas 7 e 8, e os gráficos 8, 9, 10 e 11 sintetizam os resultados obtidos com as análises das colunas de sedimentos amostradas.

TABELA 7 – Parâmetros para a determinação da taxa de sedimentação pelo método do 210Pb; tempo e ano de deposição do perfil do Córrego Marroti (SP).

| Varição de profundidade (cm) | Profundidade média (cm) | Massa seca (g) | Massa acumulada/área (g/cm ²) | Pb-210 (Bq/kg) | Ra-226 (Bq/kg) | Pb-210 não produzido (Bq/kg) | In de Pb-210 | Tempo de deposição (anos) | Ano de deposição (anos) |
|------------------------------|-------------------------|----------------|---|----------------|----------------|------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|
| 3 - 6 | 4,5 | 40,47 | 3,22 | 75 | 52 | 23 | 3,14 | 1 | 2011 |
| 6 - 9 | 7,5 | 56,51 | 7,72 | 66 | 57 | 9 | 2,20 | 2 | 2010 |
| 9 - 12 | 10,5 | 40,71 | 10,95 | 89 | 53 | 36 | 3,58 | 3 | 2009 |
| 12 - 15 | 13,5 | 47,11 | 14,70 | 74 | 59 | 15 | 2,71 | 4 | 2008 |
| 15 - 18 | 16,5 | 45,65 | 18,33 | 78 | 67 | 11 | 2,40 | 5 | 2007 |
| 18 - 21 | 19,5 | 43,42 | 21,79 | 97 | 58 | 39 | 3,66 | 6 | 2006 |
| 21 - 24 | 22,5 | 53,09 | 26,01 | 73 | 49 | 24 | 3,18 | 8 | 2004 |
| 24 - 27 | 25,5 | 48,84 | 29,90 | 59 | 51 | 8 | 2,08 | 9 | 2003 |
| 27 - 30 | 28,5 | 29,59 | 32,25 | 77 | 60 | 17 | 2,83 | 10 | 2002 |
| 30 - 33 | 31,5 | 40,38 | 35,46 | 63 | 49 | 14 | 2,64 | 11 | 2001 |

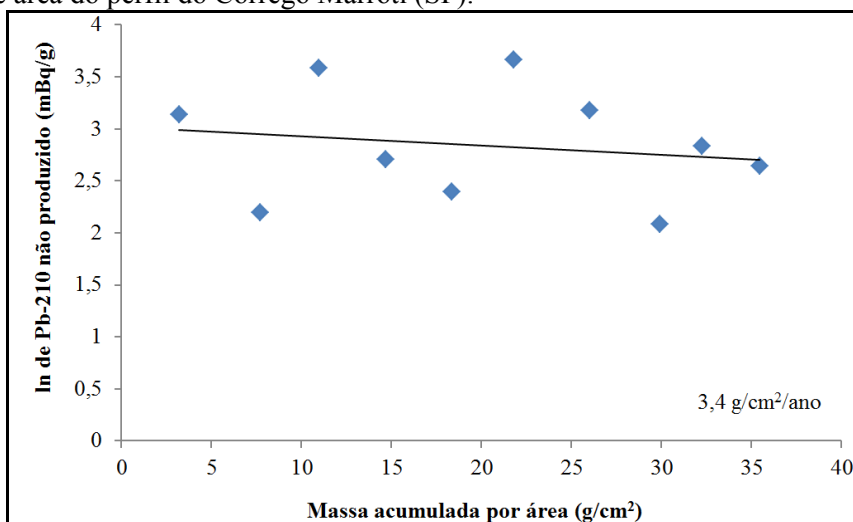
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

TABELA 8 – Parâmetros para a determinação da taxa de sedimentação pelo método do ^{210}Pb ; tempo e ano de deposição do perfil do Córrego Gonçalves (SP).

| Varição de profundidade (cm) | Profundidade média (cm) | Massa seca (g) | Massa acumulada/ área (g/cm^2) | Pb-210 (Bq/kg) | Ra-226 (Bq/kg) | Pb-210 não produzido (Bq/kg) | ln de Pb-210 | Tempo de deposição (anos) | Ano de deposição (anos) |
|------------------------------|-------------------------|----------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|--------------|---------------------------|-------------------------|
| 5 - 10 | 7,5 | 65,06 | 5,18 | 62 | 42 | 20 | 3,00 | 1 | 2011 |
| 10 - 15 | 12,5 | 84,14 | 11,87 | 48 | 36 | 12 | 2,48 | 3 | 2009 |
| 15 - 20 | 17,5 | 92,4 | 19,22 | 64 | 42 | 22 | 3,09 | 4 | 2008 |
| 20 - 25 | 22,5 | 92,8 | 26,60 | 59 | 36 | 23 | 3,14 | 6 | 2006 |
| 25 - 30 | 27,5 | 87,87 | 33,59 | 55 | 39 | 16 | 2,77 | 8 | 2004 |
| 30 - 35 | 32,5 | 98,52 | 41,43 | 57 | 43 | 14 | 2,64 | 9 | 2003 |
| 35 - 40 | 37,5 | 112,09 | 50,35 | 57 | 35 | 22 | 3,09 | 11 | 2001 |
| 40 - 45 | 42,5 | 95,62 | 57,96 | 45 | 36 | 9 | 2,20 | 13 | 1999 |

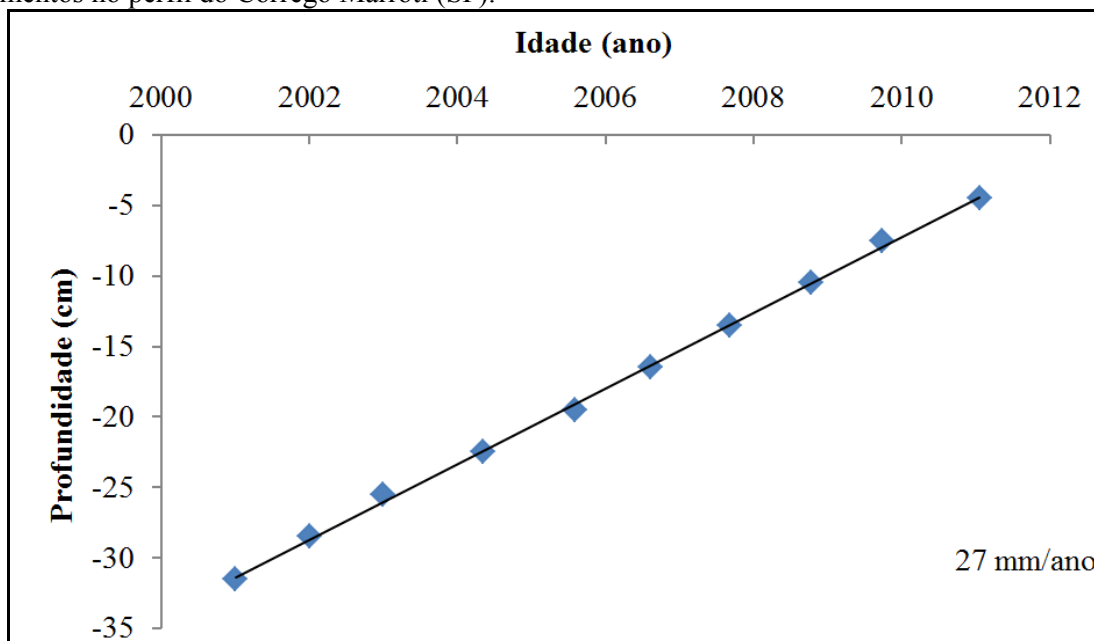
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 11 - Variação da atividade do ^{210}Pb “não produzido” em função da massa seca acumulada por unidade de área do perfil do Córrego Marroti (SP).



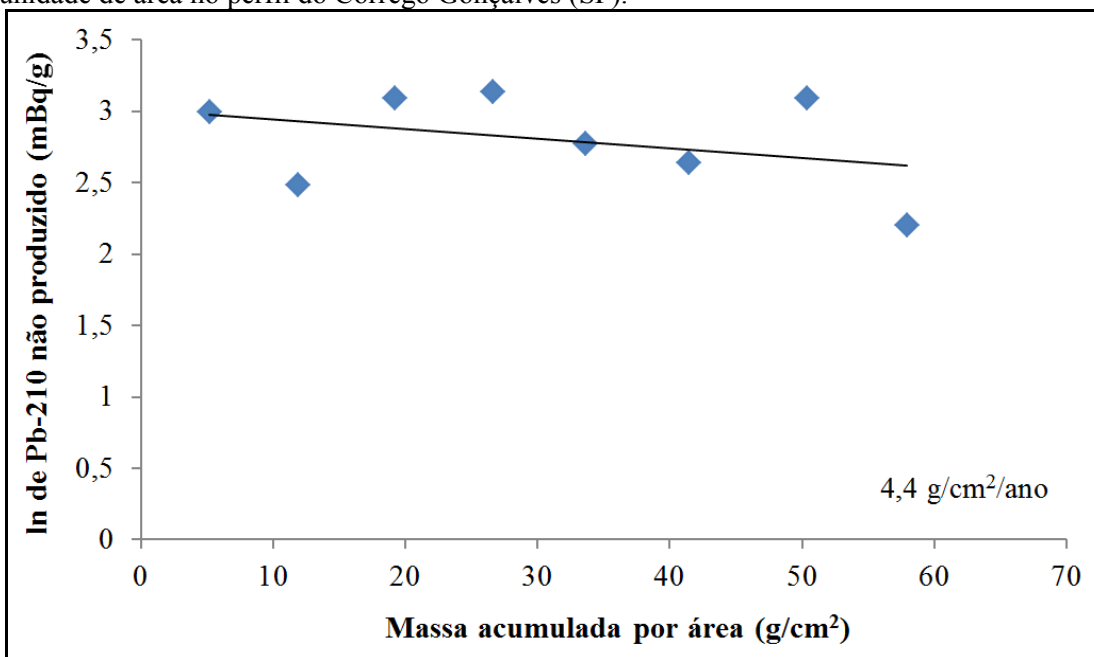
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 12 - Relação entre a profundidade da coluna sedimentar e o tempo de deposição dos sedimentos no perfil do Córrego Marroti (SP).



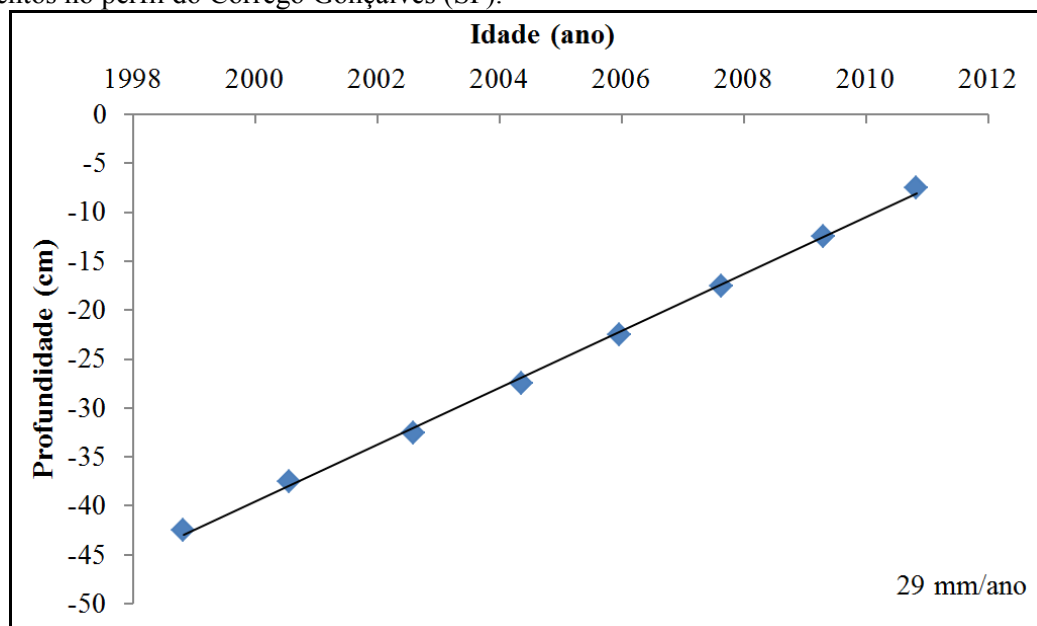
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 13 - Variação da atividade do ^{210}Pb “não produzido” em função da massa seca acumulada por unidade de área no perfil do Córrego Gonçalves (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 14 - Relação entre a profundidade da coluna sedimentar e o tempo de deposição dos sedimentos no perfil do Córrego Gonçalves (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os valores de \ln de ^{210}Pb não produzidos, plotados em função das massas secas acumuladas por área, resultaram em um perfil linear de ^{210}Pb , com inclinação da reta correspondendo a $(0,031/f)$. O valor de f é encontrado na equação da linha de tendência, que nesse caso, corresponde ao valor de 0,009 na bacia do Córrego Marroti (GRÁFICO 11) e 0,007 na bacia do Córrego Gonçalves. Desta forma, a taxa de sedimentação foi determinada a partir da inclinação média do perfil, utilizando o procedimento de ajuste por mínimos quadrados, como proposto por Baskaran e Naidu (1995), totalizando $3,4 \text{ g/cm}^2/\text{ano}$ (GRÁFICO 11) de sedimentos depositados na bacia do Córrego Marroti e $4,4 \text{ g/cm}^2/\text{ano}$ (GRÁFICO 13) de sedimentos depositados na bacia do Córrego Gonçalves.

Na bacia do Córrego Marroti, ao dividir a massa acumulada por área de cada amostra do perfil (g/cm^2) pela taxa de sedimentação $3,4 \text{ g/cm}^2/\text{ano}$, e no Córrego Gonçalves por $4,4 \text{ g/cm}^2/\text{ano}$ foi possível determinar o tempo de deposição do sedimento e conseqüentemente o ano em que esse foi depositado, conforme demonstram os Gráficos 12 e 14. A equação da linha de tendência desse gráfico permite identificar também a taxa de sedimentação em mm/ano , que na bacia do Córrego Marroti foi de 27 mm/ano e no Córrego Gonçalves 29 mm/ano .

Tendo em vista que a geocronologia nesses dois córregos deram resultados recentes, a partir de 2001 para o Córrego Marroti e 1999 para o córrego Gonçalves, e que as taxas médias

de sedimentação foram na ordem de 27 e 29 mm/ano para essas bacias respectivamente, a análise se dará a partir de uma comparação entre ambas.

Os mapeamentos de uso da terra permitem constatar que a atividade minerária é mais antiga na bacia do Córrego Marroti do que no Córrego Gonçalves, onde essa atividade ainda era inexistente na década de 1960. No cenário de uso da terra do ano de 1988, a atividade minerária continua a crescer na bacia do Córrego Marroti, onde surge uma área de acúmulo de sedimentos de cunho antrópico, de 0,04 km², próximo à foz desse Córrego. Neste mesmo cenário constata-se que a mineração começa a surgir próxima ao Córrego Gonçalves, onde o uso da terra era predominantemente destinado ao cultivo da cana-de-açúcar e pastos, porém a área de acúmulo de sedimentos ainda é inexistente.

No ano de 2010 o mapeamento de uso da terra das bacias apontam para o crescimento dos setores ligados à mineração em ambas as bacias, porém na bacia do Córrego Marroti, se estabeleceu próximo às áreas de fundo de vale uma grande cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, além de áreas de matas, que ajudaram a reter sedimentos vindos das vertentes. A área de acumulação de sedimentos em planície e terraços sob interferência antrópica nessa bacia aumentou de tamanho, para 0,07 km² e a taxa de deposição foi na ordem de 27 mm/ano.

Na bacia do Córrego Gonçalves o aumento da atividade minerária fez surgir próximo à sua foz uma área de 0,02 km² de acúmulo de sedimentos em planície e terraços sob interferência antrópica com taxa de deposição de 29 mm/ano. A diferença na taxa de deposição entre essas duas bacias pode ser explicada pelo relevo de declive acentuado próximo à foz desses. Na bacia hidrográfica do córrego Gonçalves o declive acentuado está mais próximo à foz e os sedimentos acabam se acumulando nesse espaço restrito de fundo de vale, que no Córrego Marroti é maior.

Outra constatação que a análise desses cenários permite afirmar é o de que a atividade minerária contribuiu ativamente com a formação da área de acúmulo nessas bacias, haja vista que a atividade da cana-de-açúcar manteve-se praticamente constante nos cenários de 1962 (41,15%), 1988 (54,17%) e 2010 (42,5%), os sulcos erosivos diminuíram progressivamente nos cenários mapeados nas duas bacias, e no Córrego Gonçalves, no cenário de 2010 a maior alteração identificada no uso da terra relaciona-se ao crescimento da atividade minerária.

A profundidade de 33 cm do testemunho coletado na bacia do Córrego Marroti permitiu detectar sedimentos depositados entre o intervalo do ano de 2001 a 2011 (10 anos), portanto, seria necessário coletar sedimentos a uma profundidade de 165 cm ou 79,2 cm (se mantida a mesma taxa de sedimentação) para que sedimentos desde 1962 ou 1988, data do

primeiro e segundo cenário mapeado nessa pesquisa, respectivamente, fossem datados. Na bacia do Córrego Gonçalves, a profundidade do testemunho coletado, foi de 45 cm, resultando em datações de sedimentos ocorridas entre 1999 e 2011 (12 anos), portanto, caso a taxa de sedimentação fosse constante, para que sedimentos desde o ano de 1962 ou 1988 fossem datados, seria necessário coletar um testemunho de 187,5 cm ou 90 cm de profundidade, respectivamente. Conforme citado anteriormente, essa corresponde a uma limitação metodológica, já que o amostrador manual não consegue atingir essa profundidade.

Com a finalidade de caracterização dos sedimentos coletados nas bacias dos Córregos Marroti e Gonçalves, também foram levantados dados de matéria orgânica (TABELAS 9 e 11) e de granulometria (TABELAS 10 e 12), que foram correlacionados com dados geocronológicos nos gráficos 12 e 13.

TABELA 9 – Dados de porcentagem de matéria orgânica na bacia hidrográfica do Córrego Marroti.

| Varição de profundidade (cm) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação da prova em branco (ml) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação das amostras (ml) | Fator | % Carbono | % Matéria Orgânica |
|------------------------------|--|--|-------|-----------|--------------------|
| 3 – 6 | 23,5 | 15,0 | 0,85 | 1,4 | 2,5 |
| 6 – 9 | 23,5 | 14,8 | 0,85 | 1,5 | 2,6 |
| 9 - 12 | 23,5 | 14,0 | 0,85 | 1,6 | 2,8 |
| 12 - 15 | 23,5 | 13,2 | 0,85 | 1,8 | 3,0 |
| 15 - 18 | 23,5 | 13,6 | 0,85 | 1,7 | 2,9 |
| 18 - 21 | 23,5 | 16,6 | 0,85 | 1,2 | 2,0 |
| 21 - 24 | 23,5 | 17,8 | 0,85 | 1,0 | 1,7 |
| 24 - 27 | 23,5 | 17,0 | 0,85 | 1,1 | 1,9 |
| 27 - 30 | 23,5 | 16,6 | 0,85 | 1,2 | 2,0 |
| 30 - 33 | 23,5 | 16,5 | 0,85 | 1,2 | 2,1 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

TABELA 10 - Dados granulométricos das amostras do testemunho obtido na bacia hidrográfica do Córrego Marroti.

| Profundidade | Argila e Silte (%) | Areia total (%) |
|--------------|--------------------|-----------------|
| 4,5 | 70 | 30 |
| 7,5 | 75 | 25 |
| 10,5 | 70 | 30 |
| 13,5 | 75 | 25 |
| 16,5 | 73 | 27 |
| 19,5 | 67 | 33 |
| 22,5 | 59 | 41 |
| 25,5 | 60 | 40 |
| 28,5 | 68 | 32 |
| 31,5 | 65 | 35 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

TABELA 11 – Dados de porcentagem de matéria orgânica na bacia hidrográfica do Córrego Gonçalves.

| Varição de profundidade (cm) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação da prova em branco (ml) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação das amostras (ml) | Fator | Carbono % | Matéria Orgânica % |
|------------------------------|--|--|-------|-----------|--------------------|
| 5 - 10 | 23,5 | 12,8 | 0,85 | 1,82 | 3,1 |
| 10 - 15 | 23,5 | 13,2 | 0,85 | 1,75 | 3,0 |
| 15 - 20 | 23,5 | 13,5 | 0,85 | 1,70 | 2,9 |
| 20 - 25 | 23,5 | 14,5 | 0,85 | 1,53 | 2,6 |
| 25 - 30 | 23,5 | 16,0 | 0,85 | 1,28 | 2,2 |
| 30 - 35 | 23,5 | 16,2 | 0,85 | 1,24 | 2,1 |
| 35 - 40 | 23,5 | 15,0 | 0,85 | 1,45 | 2,5 |
| 40 - 45 | 23,5 | 15,7 | 0,85 | 1,33 | 2,3 |

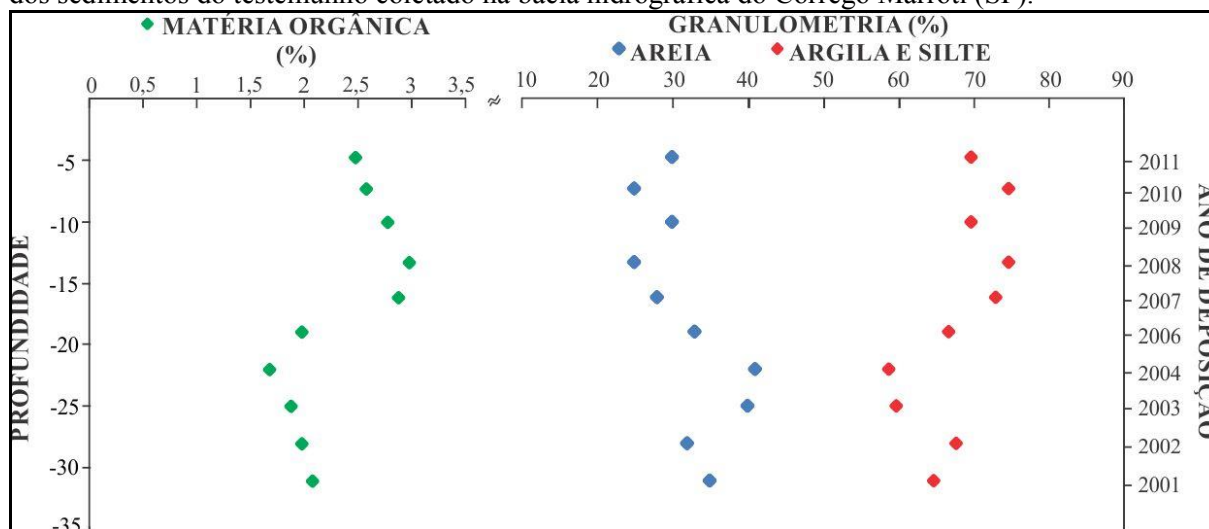
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

TABELA 12 – Dados granulométricos das amostras do testemunho obtido na bacia hidrográfica do Córrego Gonçalves.

| Profundidade | Argila e Silte (%) | Areia total (%) |
|--------------|--------------------|-----------------|
| 7,5 | 65 | 35 |
| 12,5 | 64 | 36 |
| 17,5 | 64 | 36 |
| 22,5 | 62 | 38 |
| 27,5 | 56 | 44 |
| 32,5 | 52 | 48 |
| 37,5 | 60 | 40 |
| 42,5 | 62 | 38 |

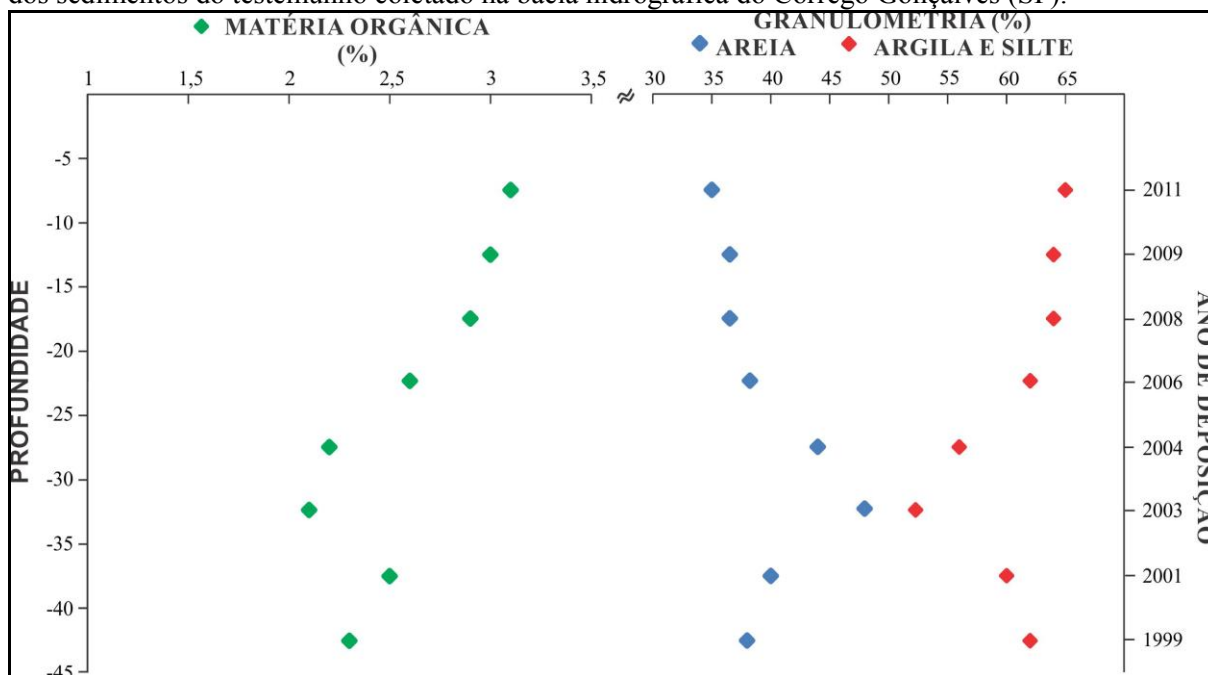
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 15 - Relação entre porcentagem de matéria orgânica, granulometria e ano de deposição dos sedimentos do testemunho coletado na bacia hidrográfica do Córrego Marroti (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

GRÁFICO 16 - Relação entre porcentagem de matéria orgânica, granulometria e ano de deposição dos sedimentos do testemunho coletado na bacia hidrográfica do Córrego Gonçalves (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os dados do gráfico 15 e 16 permitem constatar que o comportamento da matéria orgânica e da granulometria seguem a mesma tendência do que foi visualizado na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, ou seja, a porcentagem de matéria orgânica é inversamente proporcional à de areia.

Entre os anos de 2003 e 2004, da mesma forma com o que ocorre nas demais bacias analisadas, constatam-se uma diminuição na porcentagem de matéria orgânica e aumento na porcentagem da fração areia depositado na área de fundo de vale de ambas as bacias hidrográficas (GRÁFICO 15 e 16). Fato esse que pode estar relacionado aos efeitos do El Niño ocorrido neste intervalo de tempo (QUADRO 9), e que devido à elevada concentração de chuva durante o verão (QUADRO 10), fez com que partículas de frações mais grosseiras, como as areias fossem transportadas em maior quantidade e depositadas nos fundos de vale.

Assim, constata-se que nas bacias hidrográficas dos Córregos Marroti e Gonçalves, as feições do relevo vinculado à mineração e as alterações provocadas na paisagem por essa atividade são bastante expressivas, contribuindo com mudanças no perfil transversal dos vales fluviais e dos processos erosivos na área, além do estabelecimento de feições antropogênicas, como os patamares em cava de mineração, colinas residuais derivadas da atividade de mineração e áreas de acumulação de sedimentos em planície e terraços sob a interferência antrópica, que permitiram obter dados geocronológicos.

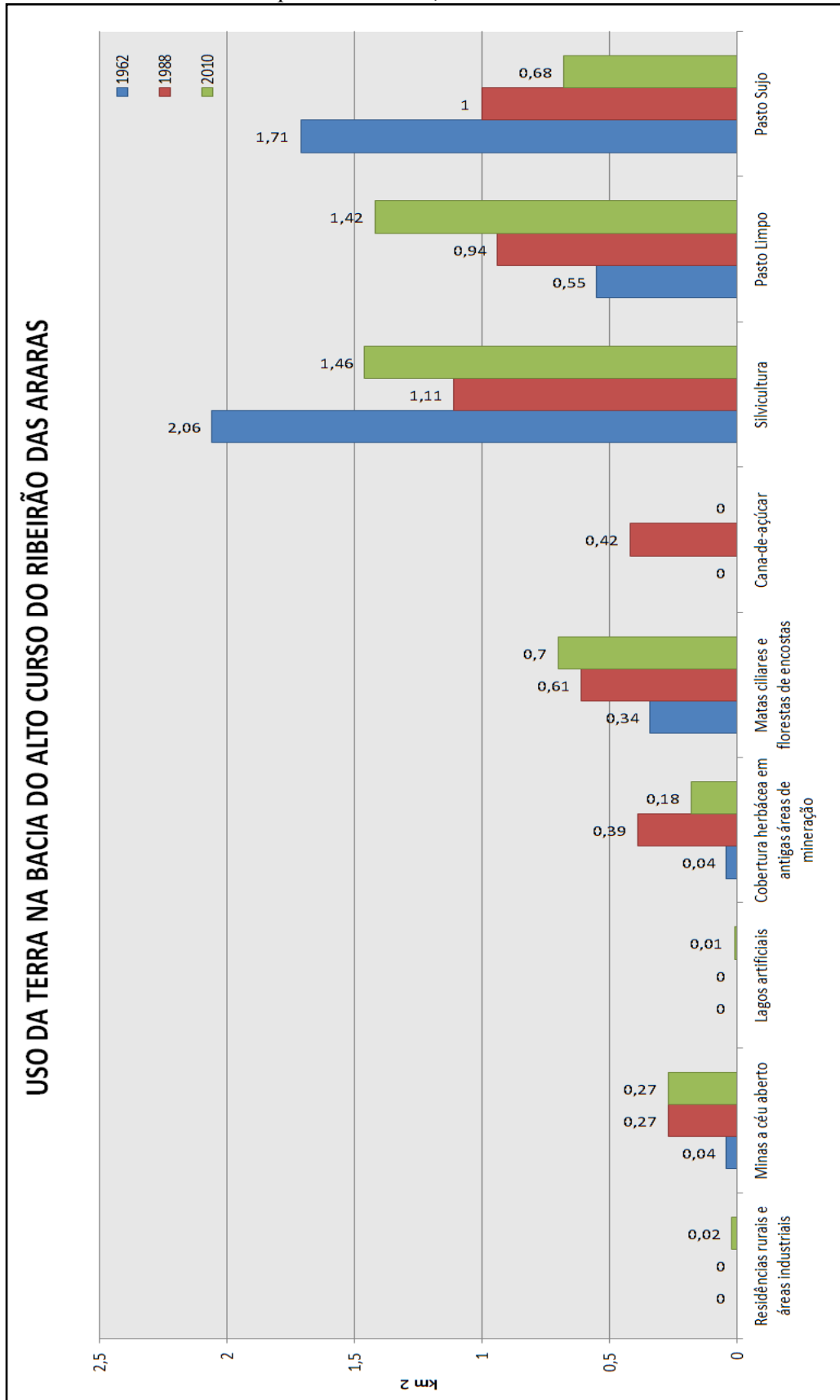
5.4 BACIA DO ALTO CURSO DO RIBEIRÃO DAS ARARAS

Em relação ao Alto Curso do Ribeirão das Araras, foram elaboradas as cartas de uso da terra dos anos de 1962, 1988 e 2010 (APÊNDICE D) e geomorfológicas dos respectivos anos (APÊNDICE H), cujos dados foram quantificados e forneceram as informações que compõem os gráficos 17, 18 e 19. Esses dados permitem o entendimento da dinâmica do uso da terra e as consequências que esse causou sobre o relevo da bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras.

As informações geradas pela carta geomorfológica (APÊNDICES D e H) do ano de 1962 referem-se a um quadro com pouca intervenção em relação às atividades de mineração, no qual é possível identificar o relevo mais próximo ao original. Porém, este cenário já apresenta alterações causadas, principalmente, pelo uso da terra vinculado às atividades agrícolas. As fases de perturbação ativa, representadas pelos cenários de 1988 e 2010 (APÊNDICES D e H), retratam modificações expressivas na paisagem advindas da atividade de mineração. Esta bacia foi escolhida por apresentar uma área de mineração de rochas britadas, o basalto, vinculado a Formação Serra Geral; porém, com o desenvolvimento dos mapeamentos, verificou-se que também ocorre nesta bacia minerações de argila, vinculadas a presença da Formação Corumbataí.

Os dados expostos no Gráfico 17 permitem evidenciar que, ao longo dos anos analisados, o uso da terra destinado à silvicultura e as áreas de pasto sujo e limpo são marcantes na paisagem. Entre os anos de 1962, 1988 e 2010, a silvicultura ocupou 43,46%, 23,42% e 30,8% da área da bacia, respectivamente (GRÁFICO 17). A área em que o uso constitui-se de pasto limpo apresenta acréscimo entre esses anos, passando de 11,6%, para 19,83% e 29,96% nesse mesmo período. Em contraponto, as áreas de pasto sujo diminuíram, passando de 36,09% em 1962, para 21,1% em 1988 e 14,32% em 2010 (GRÁFICO 17).

GRÁFICO 17 - Área ocupada pelas diferentes classes de uso da terra na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras no período de 1962, 1988 e 2010.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

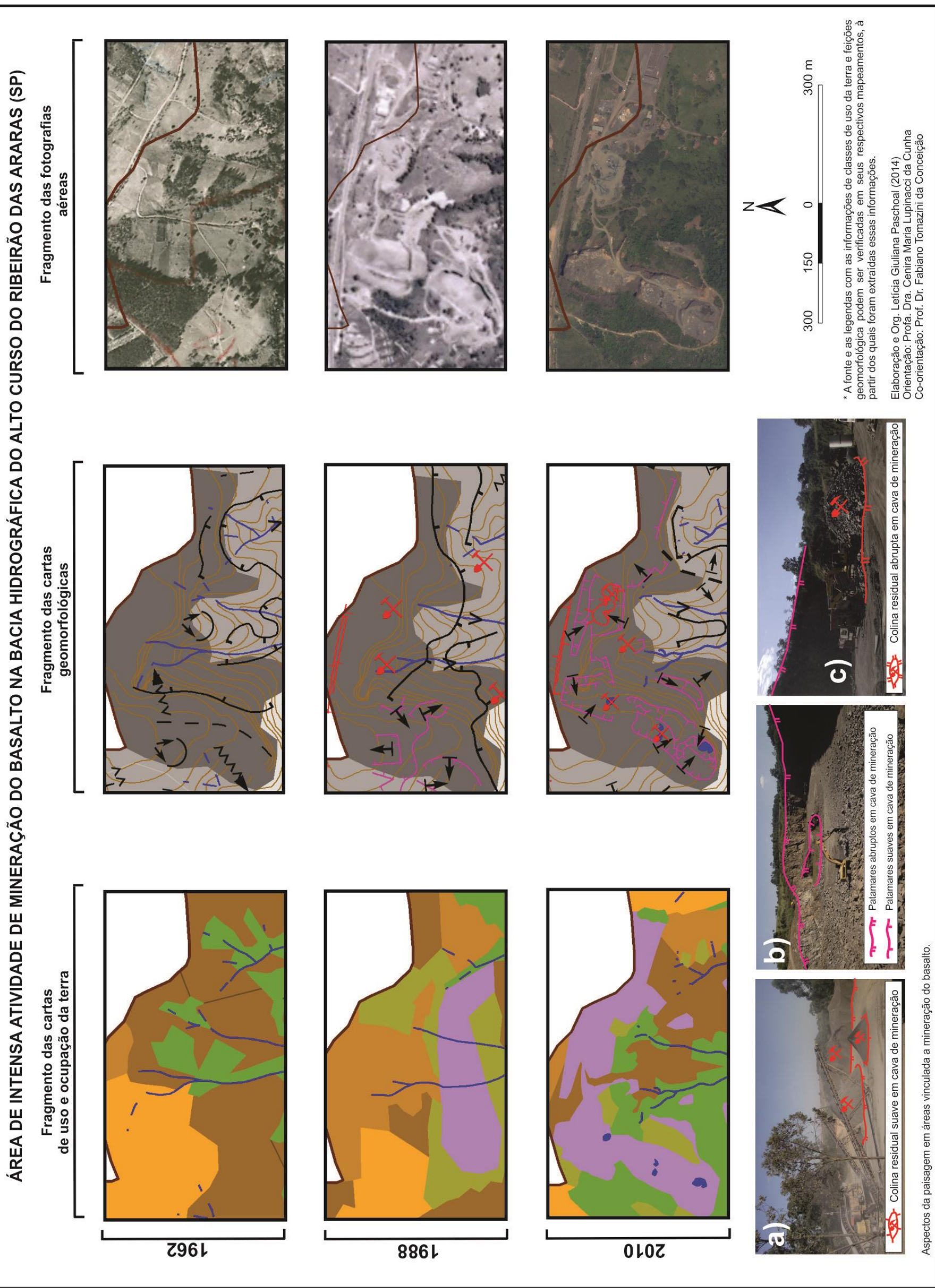
A cultura da cana-de-açúcar nesta área faz-se presente apenas no cenário de 1988, ocupando 8,86% da área da bacia, sobre setores anteriormente destinados à silvicultura. A área ocupada por matas e florestas de encostas apresentou aumento nos cenários de 1962, 1988 e 2010, passando a ocupar 7,17%, 12,86% e 14,76% da área da bacia, respectivamente. O aumento das áreas destinadas a matas e florestas de encosta relaciona-se possivelmente ao surgimento e posterior aplicação e verificação do cumprimento de leis, que instituem normas e limites à preservação dos sistemas ambientais físicos, sendo o Código Florestal, a primeira lei neste sentido, instituído no ano de 1965. Por se concentrarem geralmente em fundo de vales ou próximo a esses, as matas ciliares e florestas de encostas possuem um papel importante ao reter sedimentos provindos da erosão das vertentes e assim ajudam a evitar o assoreamento dos rios.

Vinculado às atividades do setor minerário, no ano de 1962 têm-se 1,68%, em 1988, 13,93% e em 2010, 9,71 % do uso dessa bacia comprometido com a atividade (GRÁFICO 17), sendo esses totais compostos pelos seguintes usos: Em 1962, cobertura herbácea em antigas áreas de minerações ocupava 0,84% e minerações a céu aberto de argila outros 0,84% da área da bacia. Em 1988, nota-se um aumento das coberturas herbáceas em antigas áreas de mineração de argila (8,23%), além do início da exploração de rochas britadas, sendo que a área destinada à mineração do basalto e da argila somam 5,7% da área. Em 2010, a cobertura herbácea em antigas áreas de minerações ocupava 3,8%, minerações a céu aberto de argila e basalto 5,7% e, lagos artificiais formados pela exploração de matéria-prima abaixo do nível de afloramento do lençol freático, 0,01km². Apesar do mesmo valor em área do uso da terra destinado à mineração de argila e basalto nos anos de 1988 e 2010, esses correspondem a setores distintos do relevo.

Assim, a extensa área comprometida com a mineração no ano de 1988 e sua diminuição no ano de 2010, encontra-se relacionada, sobretudo, às áreas de coberturas herbáceas em antigas áreas de mineração de argila, as quais com o tempo foram destinadas a outros usos da terra. Convém ressaltar que apesar do valor em área de mineração a céu aberto ser o mesmo entre os anos de 1988 e 2010, esses, em alguns casos, ocorrem em setores distintos da área da bacia.

A carta geomorfológica de 1988 (APÊNDICE H) permite registrar o início da exploração do basalto e o conseqüente aumento na extensão de patamares em cavas de mineração, tanto nas áreas de exploração de argila como em áreas destinadas a exploração de rochas britadas. Assim, o setor mais afetado pelas alterações advindas da atividade minerária do basalto na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras foi selecionado para ser usado como representativo das alterações observadas nessa situação (FIGURA 25).

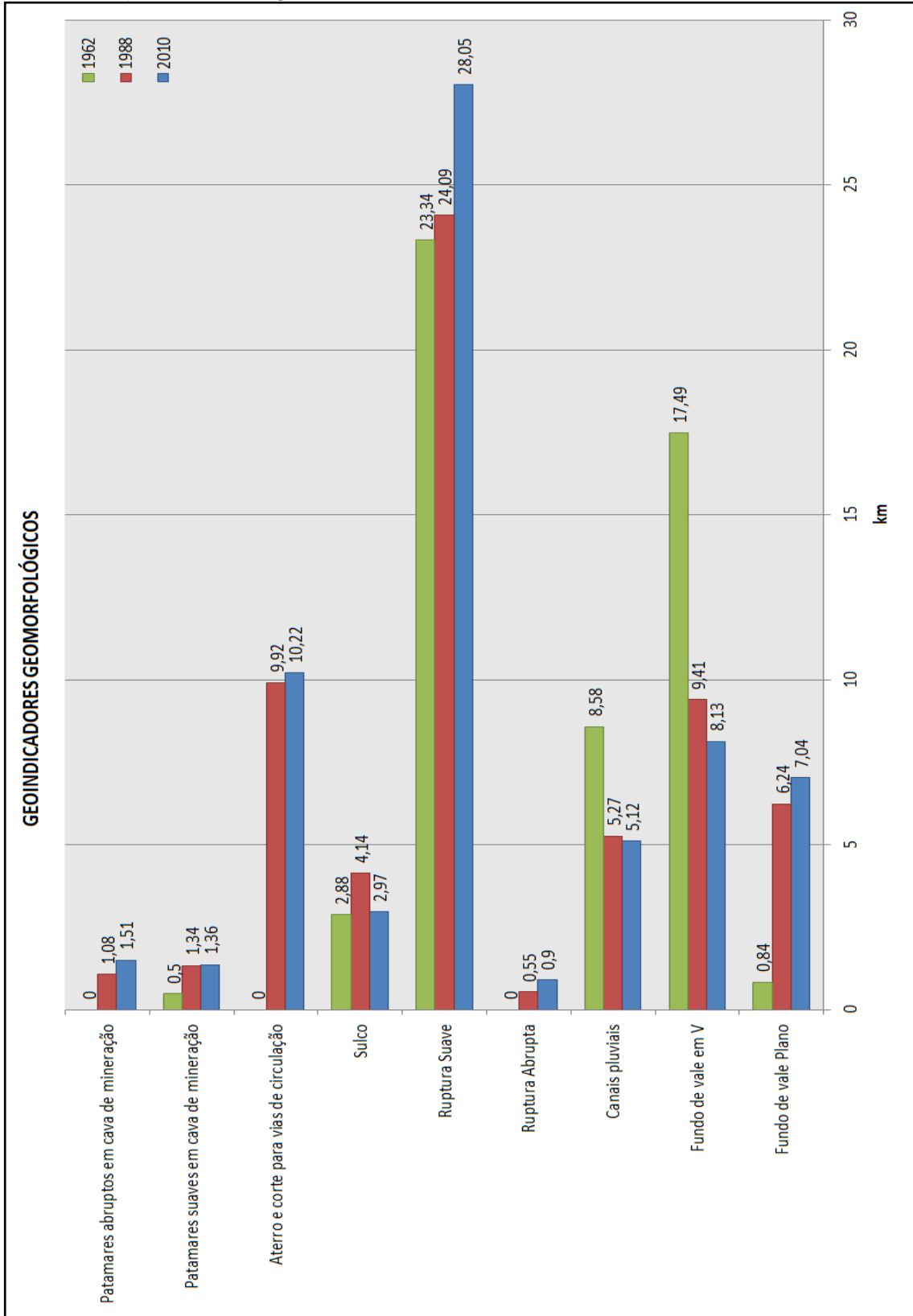
FIGURA 25 – Setor de área de mineração de basalto na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras. As fotografias *a*, *b* e *c* demonstram o basalto fragmentado para posterior comercialização da brita.



Vinculada à mineração do basalto, de onde se extrai a brita, é possível constatar a origem de novas feições do relevo. Uma dessas feições refere-se aos patamares gerados em suas cavas. Os patamares abruptos se constituem em verdadeiras vertentes verticalizadas, no geral localizados no entorno da área de mineração (FIGURA 25 - *b* e *c*). Já os patamares suaves ocorrem com maior incidência no interior da cava de mineração do basalto. Diante do fato da extração do basalto estar associada à presença de rochas intrusivas da Formação Serra Geral na área, a mineração da brita torna-se bastante pontual no relevo e sua cava é bastante profunda. Por meio do desmanche do paredão rochoso, utilizando-se explosivos, a rocha é fragmentada em pedaços menores, de onde a brita é extraída (FIGURA 25 – *b* e *c*).

Como consequência da ação antrópica que retirou grandes quantidades de matéria-prima, a extensão dos patamares em cava de mineração de característica suave, entre os anos de 1962, 1988 e 2010, aumentou de 0,5km, para 1,34km e 1,36km respectivamente (GRÁFICO 18), e entre o período de 1988 e 2010, os patamares de característica abrupta, somam extensão de 1,08 km e 1,51km, respectivamente.

GRÁFICO 18 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km, representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2010) na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Nessa área de mineração (FIGURA 25), é importante salientar a predominância dos símbolos geomorfológicos sobre os símbolos referentes a valores das curvas de nível e pontos cotados, para uma leitura correta da carta geomorfológica, pois os dados de topografia foram extraídos da base cartográfica executadas na década de 1970 e já não correspondem mais à topografia local. Esse fato comprova que as alterações já atingiram o nível de desenvolvimento de um relevo antropogênico na área.

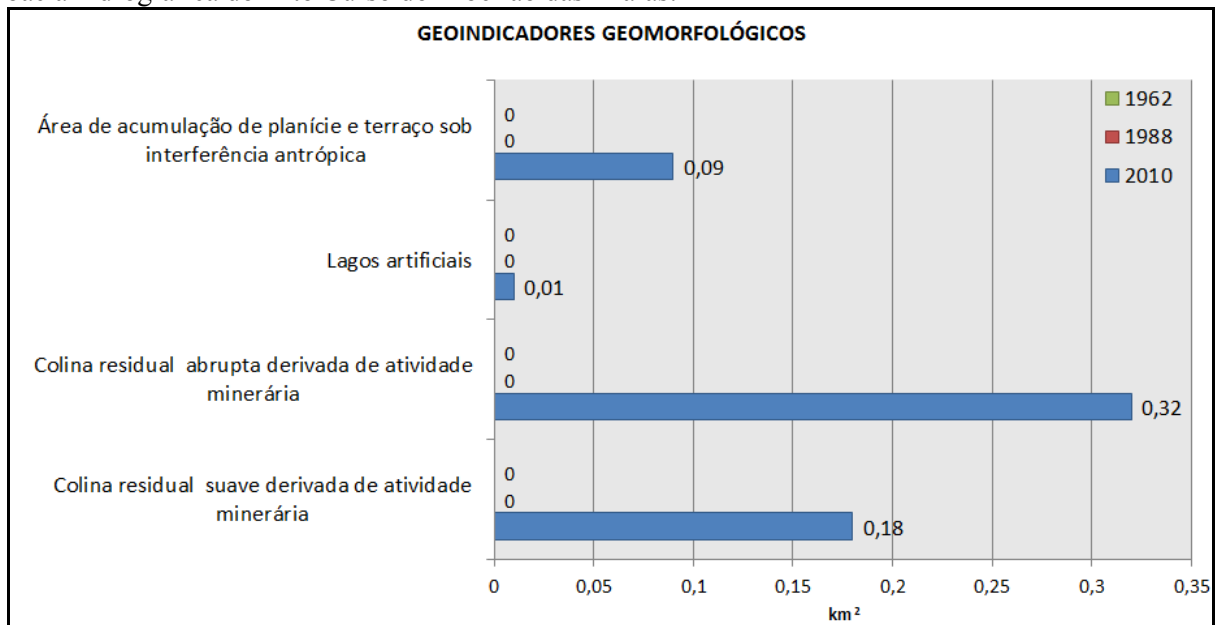
Além dos patamares em cava de mineração, foi possível também identificar locais onde há deposição da rocha britada para sua posterior comercialização (FIGURA 25 *a* e *c*) ou material estéril, os quais promovem fortes alterações nas cotas topográficas da área e foram denominados de colina residual derivada de atividade minerária.

As colinas residuais de característica abrupta totalizam 0,32 km², e as de característica suave 0,18km² de área da bacia no ano de 2010 (FIGURA 25 – *a* e *c*). Essa feição artificial no relevo, constituída por material inconsolidado, promove uma reorganização da dinâmica de escoamento da água pluvial em superfície nesses locais, porém, ao contrário do ocorrido nas demais áreas de mineração, devido à característica do basalto, que possui um elevado grau de dureza, não se constatou o surgimento ou a dinamização de processos erosivos lineares nesse setor de mineração (FIGURA 25). Isso não excluiu o fato de que a água da chuva, ao entrar em contato com o material inconsolidado, acaba por transportar as partículas mais finas como as de granulometria de silte e areia fina, que surgem no momento do desmanche do basalto, promovendo uma ação erosiva laminar sobre as vertentes e transportando maior quantidade de matéria, que irá se acumular nas áreas de fundo de vale.

Os dados geomorfológicos (GRÁFICO 18) demonstram que a extensão dos sulcos erosivos na área oscilou de 2,88km, para 4,14km e 2,97km entre os anos de 1962, 1988 e 2010 respectivamente. Com base no confronto entre as cartas de uso da terra (APÊNDICE D) e a cartas geomorfológicas (APÊNDICE D) é possível constatar, principalmente com base no cenário de 1988, que os sulcos ocorrem preferencialmente sobre as áreas destinadas a silvicultura, pastos limpos e sujos e que também foram dinamizados pela construção de aterros na área. Porém, com a modernização da agricultura e a utilização de maquinários para o preparo da terra, colheita, implantação de curvas de nível e terraceamento, entre outros, tem-se uma diminuição na extensão dos sulcos, pois ao transitar pelo terreno, caminhões e tratores reorganizam as camadas superficiais do solo e descaracterizam grande parte dos processos erosivos lineares, conforme mostra a diminuição da extensão de sulcos no ano de 2010.

Nesta bacia hidrográfica, a exploração da argila e de rochas britadas em grande quantidade originou algumas lagoas artificiais, que de inexistente entre os anos de 1962 e 1988, passa a ocupar 0,01km² da área da bacia no ano de 2010 (GRÁFICO 19). Em áreas de mineração de argila, a profundidade da cava, em alguns pontos atingiu o nível do lençol freático, o que fez com que esse aflorasse dando origem a lagoas artificiais. Na área de mineração do basalto, o mapeamento geomorfológico também permitiu identificar algumas lâminas d'água, porém devido ao elevado grau de dureza dessa rocha, o lençol freático não se apresenta próximo à superfície, portanto, as lâminas d'água mapeadas no interior da cava de mineração do basalto constituem-se em obras de drenagem para evitar o acúmulo de águas superficiais.

GRÁFICO 19 - Geoindicadores geomorfológicos expressos em km², representativos de um cenário de pouca intervenção em relação às atividades de mineração (1962) e perturbação ativa (1988 e 2010) na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Outras interferências antrópicas sobre a hidrografia do setor puderam ser identificadas. Em função do uso da terra no Alto Curso do Ribeirão das Araras, é possível constatar uma alteração nas características de fundo de vale da bacia. A extensão dos fundos de vale de característica erosiva diminuiu de 17,49km, para 9,41km e 8,13km; em contraponto, a extensão dos trechos de fundos de vale que possuem característica deposicional aumentou de 0,84km, para 6,24km e 7,04km entre os períodos de 1962, 1988 e 2010. Outra feição do relevo que teve sua extensão diminuída foram os canais pluviais, que passaram de 8,58km, para 5,27km e 5,12km entre os anos de 1962, 1988 e 2010.

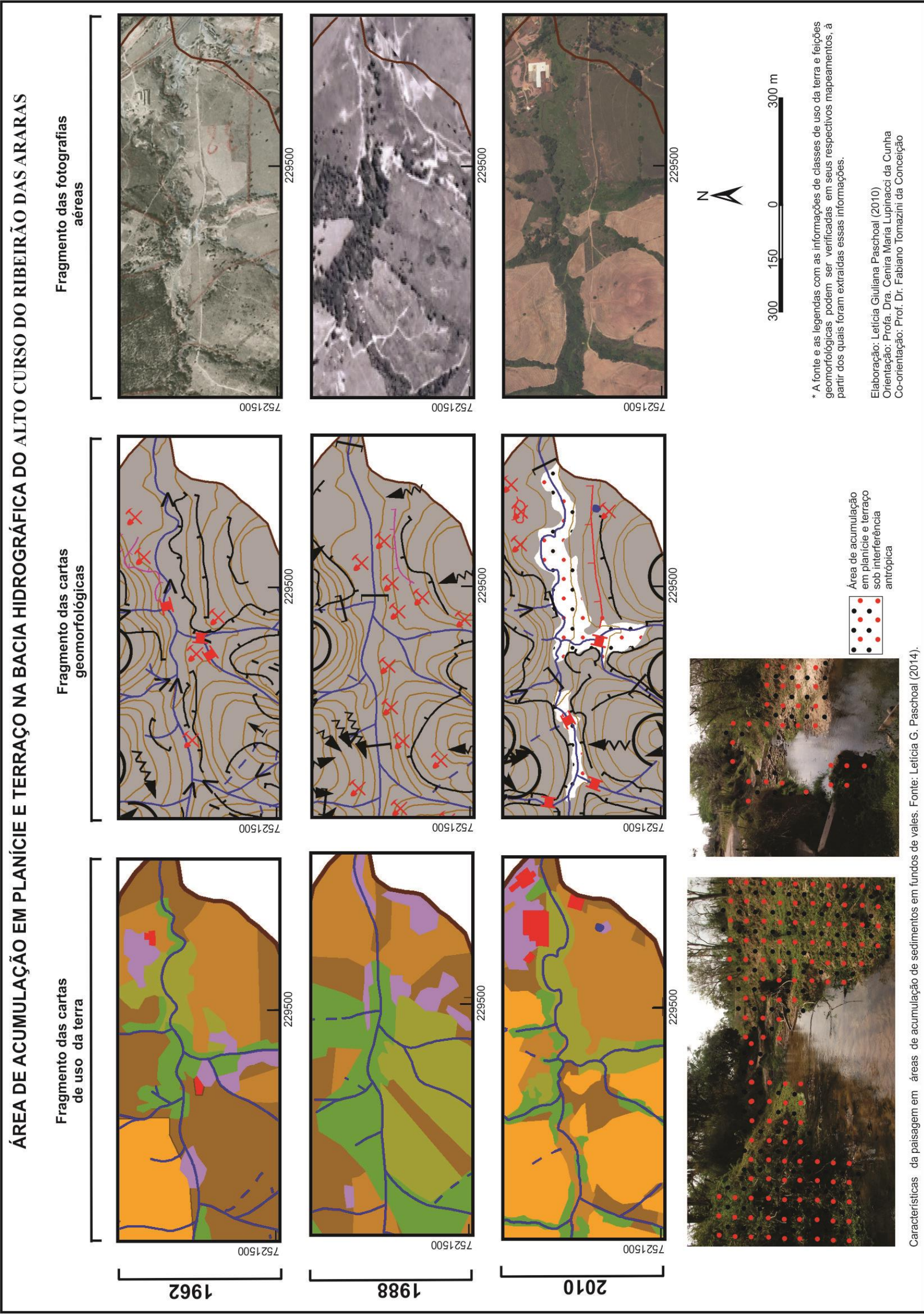
Essa brusca diminuição nos valores dos fundos de vale em V e canais pluviais a partir do cenário de 1988 estão relacionados principalmente às interferências do uso da terra sobre os sistemas ambientais físicos, no qual as áreas de pastagens e de silvicultura, cana-de-açúcar e mineração, aproximaram-se muito de áreas de nascentes e canais de drenagem, descaracterizando-os. Outro fator que contribuiu para com essa descaracterização de trechos dos canais fluviais foi o intenso processo de construção de rodovias que transpassam a área, o que exigiu amplas extensões de aterramentos.

As obras de aterramento, inexistentes no ano de 1962, passam a ser identificadas no cenário de 1988, com extensão total de 9,92km, e, no ano de 2010, 10,22km (GRÁFICO 18). Os cortes e aterros construídos na bacia, muitas vezes interferiram na dinâmica de escoamento natural das águas fluviais do Alto Curso do Ribeirão das Araras e de seus afluentes, sendo necessária a implantação de condutos para viabilizar tanto a construção das estradas como o fluxo dos rios.

Fatores antrópicos, atrelados ao tipo de uso da terra, também são responsáveis pela dinamização de processos erosivos, fazendo surgir novas rupturas ou descaracterizando outras mais antigas. Assim, foi possível constatar que as rupturas topográficas, predominantemente suaves na área da bacia, tiveram acréscimo em sua extensão, passando de 23,34km, para 24,09km e 28,05km entre os anos de 1962, 1988 e 2010 (GRÁFICO 18). As rupturas topográficas de característica abrupta surgem no cenário de 1988 com a extensão de 0,55km e em 2010 com 0,9km (GRÁFICO 18). As rupturas acompanham predominantemente os fundos de vales nas áreas de contato entre diferentes usos da terra.

Além disso, o uso da terra vinculado à agricultura, pastagem e minerações de brita e argila fez com que grandes quantidades de material fossem remobilizados no interior da sub-bacia, resultando no acúmulo de sedimentos de planície e terraço sob interferência antrópica próximo ao seu exutório, que compreende uma área de 0,01km² no ano de 2010 (GRÁFICO 19, FIGURA 26).

FIGURA 26 - Setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço sob interferência antrópica na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras.



Da mesma maneira com que ocorreu na Bacia do Córrego das Taipas, apesar da existência de uma área de acumulação em planície no cenário atual, os dados geocronológicos não puderam ser identificados nessa bacia devido a grande porcentagem de areia que compõe o testemunho de sedimento coletado.

De acordo com os resultados da análise granulométrica, a porcentagem de areia das amostras do perfil foi muito elevada, variando entre 96% e 98% (TABELA 19), sendo que essa quantidade de sedimentos grosseiros compôs o fator determinante para que a detecção do ^{210}Pb não obtivesse êxito.

TABELA 19 - Dados granulométricos das amostras do testemunho obtido na bacia hidrográfica do Ribeirão das Araras.

| Varição de profundidade | Argila e Silte (%) | Areia total (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|
| 4 - 8 | 4 | 96 |
| 8 - 12 | 4 | 96 |
| 12 - 16 | 3 | 97 |
| 16 - 20 | 2 | 98 |
| 20 - 24 | 3 | 97 |
| 24 - 28 | 3 | 97 |
| 28 - 32 | 4 | 96 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

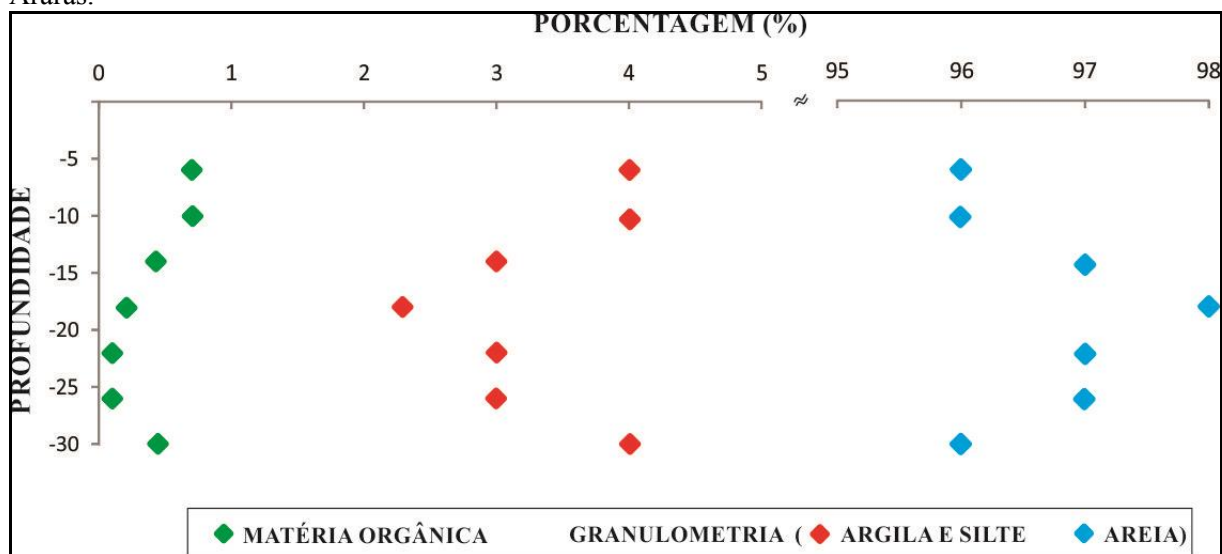
Os dados de granulometria (TABELA 19) foram confrontados com a porcentagem de matéria orgânica existente em cada amostra do testemunho coletado (TABELA 20), resultando nos dados dispostos no Gráfico 14.

TABELA 20 – Dados de porcentagem de matéria orgânica na bacia hidrográfica do Alto curso do Ribeirão das Araras.

| Profundidade (cm) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação da prova em branco (ml) | Volume do Sulfato Ferroso Amoniacal usado na titulação das amostras (ml) | Fator | Carbono % | Matéria Orgânica % |
|-------------------|--|--|-------|-----------|--------------------|
| 6 | 23,5 | 21,0 | 0,85 | 0,43 | 0,7 |
| 10 | 23,5 | 21,0 | 0,85 | 0,43 | 0,7 |
| 14 | 23,5 | 22,0 | 0,85 | 0,26 | 0,4 |
| 18 | 23,5 | 22,0 | 0,85 | 0,26 | 0,4 |
| 22 | 23,5 | 23,0 | 0,85 | 0,09 | 0,1 |
| 26 | 23,5 | 23,0 | 0,85 | 0,09 | 0,1 |
| 30 | 23,5 | 22,0 | 0,85 | 0,26 | 0,4 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Gráfico 20 - Relação entre porcentagem de matéria orgânica, granulometria e profundidade de deposição dos sedimentos do testemunho coletado na bacia hidrográfica do Alto curso do Ribeirão das Araras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os dados expostos no Gráfico 20 seguem a tendência observada nas demais bacias, no qual a porcentagem de matéria orgânica é inversamente proporcional à de areia. Outra semelhança com a análise dos demais testemunhos é o de que em maior profundidade ocorre uma diminuição na porcentagem de matéria orgânica e aumento na de areia. Isso evidencia a ocorrência de um comportamento diferenciado, que remobilizou mais quantidade de frações de sedimentos maiores que foram depositados no fundo de vale podendo ser justificado por meio da presença de chuvas intensas e concentradas em um curto período de tempo.

Assim, é possível constatar que o uso da terra na bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras/SP é bastante diversificado desde o primeiro cenário em análise, no ano de 1962. Porém alterações significativas no relevo e hidrografia da área puderam ser constatadas a partir do estabelecimento de aterros para a construção da Ferrovia e da Rodovia Cornélio Pires, além do início da exploração do basalto, do qual se extrai a brita, utilizada como matéria prima pela indústria civil e também destinada às obras de asfaltamento.

Apresentadas as características e particularidades de todas as bacias selecionadas para a realização do estudo, torna-se possível apontar as principais semelhanças e diferenças entre as feições antropogênicas existente nesses setores de mineração.

Com relação à disposição dos patamares em cava de mineração, nota-se um padrão desordenado nas bacias dos Córregos das Taipas, Ribeirão Marroti, Gonçalves e Alto Curso

das Araras se comparados com os da bacia do Ribeirão Santa Gertrudes. Na mineração de argila da bacia do Ribeirão Santa Gertrudes os patamares apresentam-se mais retilíneos e o espaçamento entre um patamar e outro, no geral, é maior do que nas demais bacias; em alguns setores é possível observar que os patamares gerados nas cavas de mineração de argila seguem a orientação das curvas de nível presentes na carta topográfica, embora, devido à extração mineral, o terreno se apresente atualmente em altitudes inferiores e com suas vertentes escalonadas devido ao estabelecimento dos patamares no interior de suas cavas.

Os patamares em cava de mineração observados nas bacias dos Córregos Marroti, Gonçalves e das Taipas, de onde se extrai calcário e areia, respectivamente, apresentam semelhanças com relação ao distanciamento entre os patamares, bastante próximos entre si, porém, devido ao fato do calcário ser extraído há muito mais tempo nas bacias dos Córregos Marroti e Gonçalves, a área minerada é maior do que a área de mineração de areia. Diante do fato da extração do basalto estar associada à presença de rochas intrusivas da Formação Serra Geral na área da bacia do Alto Curso do Ribeirão das Araras, a mineração da brita torna-se bastante pontual no relevo e sua cava de mineração é mais profunda do que a observada nas demais bacias, além de descaracterizar toda a área de interflúvio que constituía anteriormente. O talude do patamar gerado após o desmanche no interior da cava de mineração do basalto apresenta característica unicamente verticalizada, ocorrendo pouco escalonamento.

Em todas as áreas de mineração estudadas e mapeadas em cenário de perturbação ativa, é importante salientar a predominância dos símbolos geomorfológicos sobre os valores das curvas de nível e pontos cotados extraídos das cartas topográficas para uma leitura correta da carta geomorfológica, o que comprova que as alterações atingiram o nível de desenvolvimento de um relevo antropogênico na área.

A localização das cavas no interior das bacias hidrográficas estudadas também possui algumas peculiaridades. Na área das bacias do Córrego das Taipas e do Ribeirão das Araras, as minerações de areia e basalto, respectivamente, localizam-se em áreas de interflúvio, porém por motivos diferentes: A mineração de areia no Córrego das Taipas é considerada relativamente recente, com origem na década de 1990, após o código Florestal já ter sido instituído e segue diretrizes que visam evitar alguns impactos ambientais. No Alto Curso do Ribeirão das Araras, a extração do basalto localiza-se em uma área de interflúvio devido à presença da rocha intrusiva vinculada à Formação Serra Geral, que aflora naquele local.

O início da extração da argila e do calcário nas áreas das bacias do Ribeirão Santa Gertrudes e dos Córregos Marroti e Gonçalves datam do início do Século XX e, por um longo período de tempo, a retirada de matéria-prima ocorreu de forma desordenada e sem qualquer

planejamento. Desta forma, os mapeamentos geomorfológicos e de uso da terra permitem comprovar que o início das atividades minerárias ocorreu predominantemente junto às nascentes e, em muitos casos, no próprio leito dos rios, alterando o seu curso ou descaracterizando-o por completo devido ao assoreamento. A expansão das áreas mineradas nessas bacias atingiu também amplos inteflúvios, descaracterizando-os e provocando o surgimento de lagos artificiais nessas áreas anteriormente dispersoras de fluxos d'água.

A configuração das áreas de lagos artificiais em área de mineração também apresenta algumas particularidades relacionadas às bacias hidrográficas estudadas. A dimensão dos lagos artificiais identificados nos mapeamentos do Ribeirão Santa Gertrudes e do Córrego das Taipas são maiores e mais profundos do que os identificados nas outras duas bacias analisadas e derivam da retirada de matéria-prima abaixo do nível do lençol freático, que após o abandono da lavra na área, acaba por aflorar.

As lagoas artificiais mapeadas nas bacias dos Córregos Marroti e Gonçalves ocupam pequenas áreas e apresentam-se muito mais dispersas pelo terreno se comparado ao Ribeirão Santa Gertrudes e o Córrego das Taipas. Além da formação de represas artificiais geradas a partir do momento em que a extração de mineral atinge o nível do lençol freático, nas pedreiras de calcário, a exploração do mineral vinculado à Formação Irati, disponibiliza muitos resíduos finos, como o silte, que em contato com a água pode impermeabilizar a superfície do relevo, permitindo o acúmulo de águas superficiais. Dessa forma, o acúmulo de água em superfície e o afloramento do nível de lençol freático no interior das cavas de mineração foram mapeados indistintamente.

Na bacia do alto curso do Ribeirão das Araras, na área em que se extrai o basalto, também foram identificadas algumas lâminas d'água, porém devido ao elevado grau de dureza dessa rocha, o lençol freático não se apresenta próximo à superfície; portanto, essas lâminas d'água constituem-se em obras de drenagem para o acúmulo de águas superficiais, conforme constatado em campo.

Assim, após a análise das bacias hidrográficas, de onde se extraem os quatro principais minerais não-metálicos utilizados pela indústria civil: argila, areia, calcário e basalto que dá origem à brita, constata-se que as principais diferenças nessas cavas de mineração a céu aberto vinculam-se à disposição dos patamares criados a partir da extração dos minerais, o distanciamento entre esses patamares e a profundidade que cada um desses apresentam, a localização das cavas dentro das bacias, além do tipo de origem das lagoas e represamentos artificiais identificados.

Com relação às bacias de contenção de sedimentos nas áreas de mineração em estudo, e de outras medidas adotadas, como o plantio de algumas espécies arbóreas, que além de esconder a poluição visual gerada pela mineração, possuem a função de barrar a dispersão dos sedimentos para além dessas áreas, pode-se constatar que tais medidas não são suficientes para conter a quantidade de sedimentos remobilizados. A principal feição do relevo, gerada de forma indireta a partir da ação humana, que comprova essa ideia, foi identificada por meio do mapeamento geomorfológico que permite constatar o acelerado crescimento do setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço em todas as bacias hidrográficas analisadas.

Essas áreas de acúmulo de sedimentos em fundo de vale serviram para identificar o local de onde os testemunhos de sedimentos foram retirados para a posterior quantificação do ^{210}Pb e extração de dados referente à geocronologia.

A identificação de dados geocronológicos só foi possível para as bacias do Ribeirão Santa Gertrudes e para os Córregos do Marroti e Gonçalves, uma vez que as taxas de areia nas bacias do Córrego das Taipas Alto Curso do Ribeirão das Araras apresentaram-se muito elevadas, o que impossibilitou o procedimento de datação de sedimentos pelo método do ^{210}Pb , já que esse elemento-traço encontra-se presente principalmente nas frações de silte e argila.

Outro fato ocorrido foi o de que os resultados das datações foram recentes, não atingindo idade anterior ao ano de 1999, impossibilitando a identificação de taxas de sedimentação diferenciadas para um mesmo perfil que pudessem ser correlacionadas ao uso terra e aspectos do relevo. Essa limitação advém do uso de um amostrador manual para a coleta do testemunho, que não permitiu atingir profundidades maiores, além do fato de que em algumas das bacias hidrográficas, as amostras foram retiradas até o ponto em que a rocha subjacente foi atingida. Porém, mesmo com dados de deposição recentes, a interpretação desses junto aos cenários de uso da terra e geomorfológico, permitiram chegar a algumas conclusões:

- Na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, apesar da taxa de sedimentação ter sido constante entre os anos de 2000 e 2012, a análise dos dados históricos de uso da terra e geomorfológicos, permitem comprovar que a atividade minerária possui grande influência na taxa de sedimentação, haja vista que o cultivo da cana-de-açúcar na bacia foi praticamente o mesmo entre os anos de 1988 e 2006, sendo que a atividade minerária atingiu as características atuais no final da década de 1990, a partir de quando a área de acúmulo de sedimentos em planícies e terraços apresentou aumento considerável em área, por meio da deposição de 27mm de sedimento ao ano.

- A comparação entre os dados históricos de uso da terra, geomorfológicos e geocronológicos, entre as bacias hidrográficas dos Córregos Marroti e Gonçalves também permitiram comprovar que a atividade minerária contribuiu ativamente para o aumento na taxa de sedimentação em fundo de vale, mesmo tendo-se datado apenas sedimentos recentes pelo método do ^{210}Pb . Apesar da cana-de-açúcar ocupar expressiva área em ambas as bacias, nos cenários de 1988 e 2010, foi a introdução de grandes áreas de mineração no Córrego Gonçalves sobre áreas anteriormente destinadas ao cultivo canavieiro, que fez com que surgisse uma área de acúmulo de sedimentos em planícies e terraços em seu fundo de vale.

Os dados de granulometria e matéria orgânica, que permitiram caracterizar os sedimentos encontrados em todos os testemunhos, além de justificar os resultados insatisfatórios com a detecção de ^{210}Pb nas bacias do Córrego das Taipas e no Alto Curso do Ribeirão das Araras, possibilitaram identificar em todas as bacias um comportamento padrão, no qual, em determinada profundidade, a quantidade de areia aumentava e a de matéria orgânica diminuía, o que evidencia um fenômeno comum à toda a Bacia do rio Corumbataí.

Para efeito comparativo das taxas de sedimentação encontradas nessa pesquisa (TABELA 15), foi realizada uma revisão bibliográfica de outros trabalhos que se utilizaram do mesmo elemento-traço para determinar a geocronologia de sedimentos de fundo vale na própria bacia do Rio Corumbataí (TABELA 16).

TABELA 15 - Dados de taxa de sedimentação obtidas pelo método do ^{210}Pb na execução dessa pesquisa.

| LOCALIDADE | DESCRIÇÃO | TAXA DE SEDIMENTAÇÃO (mg/cm ² /ano) |
|----------------------|--------------------------|---|
| Santa Gertrudes (SP) | Ribeirão Santa Gertrudes | 310 |
| Rio Claro (SP) | Córrego Marroti | 340 |
| Rio Claro (SP) | Córrego Gonçalves | 440 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

TABELA 16 - Taxas de sedimentação obtidas pelo método do ^{210}Pb .

| LOCALIDADE | DESCRIÇÃO | REFERÊNCIA | TAXA DE SEDIMENTAÇÃO (mg/cm²/ano) |
|-------------------|--|------------------------------------|---|
| Rio Claro (SP) | Lago Navarro de Andrade | Bonotto et al. (2005) | 752 |
| Rio Corumbataí | Ferraz, distrito de Ajapi (SP) | Lima (2000); Bonotto e Lima (2006) | 802 |
| Rio Corumbataí | Santa Terezinha, distrito de Piracicaba (SP) | Lima (2000); Bonotto e Lima (2006) | 224 |

Fonte: Adaptado de SABARIS (2010).

A interpretação das taxas de sedimentação expostas na Tabela 16 permite realizar algumas considerações e correlacioná-las aos dados referentes às taxas de sedimentação encontradas nas bacias do Ribeirão Santa Gertrudes e dos Córregos Marroti e Gonçalves (TABELA 15), já que todas essas taxas se referem à bacia do Rio Corumbataí.

Lima (2000) e Bonotto e Lima (2006) justificam o fato da taxa de sedimentação no bairro Ferraz, distrito de Ajapi (802 mg/cm²/ano) ser maior do que a taxa de sedimentação encontrada no distrito de Santa Terezinha em Piracicaba (224 mg/cm²/ano), próximo à foz do rio Corumbataí, devido a presença de áreas destinadas à mineração de areia nas proximidades de Ferraz, atividade esta que interfere no “processo natural de sedimentação na bacia do rio Corumbataí” (LIMA, 2000, p. 206).

Da mesma maneira, as taxas de sedimentação no Ribeirão Santa Gertrudes (310 mg/cm²/ano), Córrego Marroti (340 mg/cm²/ano) e Córrego Gonçalves (440 mg/cm²/ano), também são superiores à taxa de sedimentação encontrada próximo à foz do rio Corumbataí (224 mg/cm²/ano). Conforme exposto anteriormente, todas essas sub-bacias hidrográficas do rio Corumbataí são acometidas pela intervenção direta de áreas de mineração, o que conflui para a mesma constatação de Lima (2000) e Bonotto e Lima (2006), de que a atividade minerária interfere no processo natural de sedimentação da bacia hidrográfica, aumentando a taxa de sedimentação, principalmente nos fundos de vales próximos à área em que se realiza essa atividade.

Os trabalhos de Lima (2000) e Bonotto e Lima (2006) também apresentam dados de granulometria e matéria orgânica com comportamento semelhante ao detectado nas sub-bacias estudadas, no qual a fração areia é a mais representativa e encontra-se inversamente relacionada à matéria orgânica. Porém o intervalo de tempo datado por meio da técnica do ^{210}Pb no trabalho desses pesquisadores, corresponde à 1993 e 1958 para o testemunho de Ferraz (Ajapi) e de 1990 à 1910 para o testemunho de Santa Teresinha (Piracicaba), o que não

permite confrontá-los aos dados da presente pesquisa, que forneceu a datação de sedimentos a partir do ano de 1999.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos a partir das técnicas empregadas nesse trabalho permitiram averiguar de maneira integrada os elementos envolvidos nas transformações ocorridas na área de estudo e, tornaram possível estabelecer considerações referentes aos objetivos e hipóteses propostos nessa tese.

O enfoque sistêmico com ênfase em geomorfologia antropogênica, e as técnicas da cartografia temática, geomorfologia evolutiva e de datação de sedimentos pelo método do ^{210}Pb , permitiram atingir o objetivo principal dessa tese.

A pesquisa identificou e analisou as alterações ocorridas na dinâmica do uso da terra e as consequentes modificações provocadas sobre as feições do relevo e suas implicações nos sistemas ambientais físicos nas áreas das sub-bacias hidrográficas do rio Corumbataí: Córrego das Taipas, Alto Curso do Ribeirão Santa Gertrudes, Córregos Marroti e Gonçalves e, do Alto Curso do Ribeirão das Araras, que se apresentam impactadas pela exploração de quatro tipos distintos de minerais não-metálicos: areia, argila, calcário e basalto, respectivamente.

Essas análises foram realizadas com base em mapeamentos de uso da terra e geomorfológico dos cenários relacionados aos anos de 1962, 1988 e 2006 ou 2010. As diversas cartas de uso da terra e geomorfológicas datadas de 1962, na escala de detalhe 1:10.000, permitiram identificar cenários representativos de um quadro de pouca intervenção em relação às atividades de mineração, nos quais o relevo retratado configura-se como o mais próximo ao original da área. Porém, este cenário já apresenta alterações devido ao uso da terra vinculado principalmente às atividades agrícolas. Da mesma forma, os mapeamentos permitiram a avaliação de fases de perturbação ativa, representada pelos cenários de 1988 e 2006 ou 2010.

Os mapeamentos geomorfológicos evolutivos também permitiram identificar e avaliar as principais alterações hidrogeomorfológicas promovidas pelas ações antrópicas na área das sub-bacias. A quantificação da extensão e da distribuição espacial dos canais com fundo de vale com característica erosiva, deposicional, retilinizados sob interferência antrópica e o surgimento de lagos artificiais em cavas de mineração em cada cenário, permite comprovar a alteração dessas feições de relevo.

Os mapeamentos históricos do uso da terra e os trabalhos de campos realizados, também se apresentaram fundamentais para o entendimento de como as áreas de minerações de areia, argila, calcário e brita influenciam nas cargas de sedimentos depositados no fundo de

vale das sub-bacias do Córrego das Taipas, Ribeirão Santa Gertrudes, Córrego Marroti, Córrego Gonçalves e Ribeirão das Araras, tendo em vista que a geocronologia obtida pelo método do Chumbo-210 apresentou dados recentes de datação de sedimentos, que variaram entre os anos de 1999 e 2012.

Baseado nos objetivos, as hipóteses foram lançadas com o propósito de legitimar a tese apresentada. Desta forma, cabem as considerações a seguir referentes às hipóteses.

Os mapeamentos de uso da terra e geomorfológicos, ambos datados de 1962, 1988 e 2006 ou 2010, a datação de sedimentos de fundo de vale pelo método do ^{210}Pb e os trabalhos de campo realizados, permitiram comprovar a hipótese central de que **“Ações antrópicas vinculadas à exploração de diferentes minerais provocam impactos diversos”**.

As atividades minerárias interferem nas formas de relevo que passam a ter seus interflúvios descaracterizados. Essa descaracterização foi identificada em todas as sub-bacias analisadas e ocorre por meio da exploração de grandes quantidades de matérias-primas (areia, argila, basalto e calcário), que promovem o surgimento de patamares no interior das cavas de mineração a céu aberto. Esses patamares se estabelecem sobre vertentes que drenavam as águas de superfície para os setores de concavidade natural do relevo.

O estabelecimento de patamares de características suaves e abruptas no interior das cavas em áreas de interflúvio faz com que novas concavidades surjam, o que promove um redirecionamento do escoamento das águas pluviais. Em todas as sub-bacias analisadas, exceto na bacia do Alto Curso do Ribeirão das Araras, as cavas de mineração a céu aberto em áreas com essa característica atingiram e ultrapassaram o nível do lençol freático, o que após o abandono da mina e do bombeamento d'água em seu interior, fez com que surgissem lagos artificiais nesses locais. Na bacia do Alto Curso do Ribeirão das Araras, embora a extração minerária não tenha atingido o nível do lençol freático, um amplo interflúvio foi descaracterizado, promovendo também o redirecionamento do escoamento das águas de superfície.

As medidas de contenção de sedimentos no interior e no entorno das minerações, como a implantação de lagoas de contenção e plantação de cercas vivas, que deveriam barrar a quantidade de sedimentos disponibilizados nessas áreas, para que não causem impactos em outros setores do relevo, mostraram-se ineficientes. Essa situação é comprovada por meio do mapeamento geomorfológico que permitiu a identificação do setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço sob interferência antrópica em todas as sub-bacias hidrográficas analisadas.

Como consequência, foi possível comprovar, por meio de análises quantitativa e qualitativa dos mapeamentos de uso da terra e geomorfológicos dos anos de 1988 e 2006 ou 2010, que a ação antrópica é responsável pela imposição de novos limites aos sistemas ambientais físicos, e que por meio dos mecanismos de retroalimentação intrínsecos a estes sistemas, modificações nas feições do relevo em áreas que não possuem contato direto com as minerações ocorreram. Essa situação pode ser observada a partir de alterações nas características do curso dos canais fluviais, em áreas que não possuem contato direto com minerações, mas que foram afetadas pelo recebimento e depósito de sedimentos, advindos de processos denudativos ocorridos sobre as vertentes e, sobretudo da ação minerária à montante.

Desta forma, a identificação de setores crescentes de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço sob interferência antrópica, a análise histórica do uso da terra nas sub-bacias do Alto curso do Ribeirão Santa Gertrudes, dos Córregos Marroti e Gonçalves e do Alto curso do Ribeirão das Araras e o confronto entre esses com os dados geocronológicos obtidos por meio da datação de ^{210}Pb , permitiram comprovar a hipótese secundária, de que **“Bacias hidrográficas se configuram na melhor unidade de estudo para a avaliação física de ambientes altamente impactados por minerações, pois, embora atividades minerárias possuam rigidez locacional de acordo com suas jazidas, desequilíbrios nas taxas de processos denudacionais, de transporte, deposição de sedimentos e da lógica de circulação d’água superficial e de sub-superfície, repercutem em escalas mais amplas, podendo assim ser avaliada de forma sistêmica”**.

A análise dos mapeamentos geomorfológicos evolutivos também permitiu constatar que, ao desenvolver novas técnicas, o homem intensifica sua intervenção sobre os aspectos ambientais físicos e promove expressivas modificações sobre a superfície e sub-superfície terrestre. Essas transformações implicam em alteração nas dimensões de elementos passíveis de serem mensurados, como as rupturas topográficas, sulcos, aumento na área de acumulação fluvial, surgimento de lagoas artificiais, tipos de fundo de vales, cortes, aterros, patamares em cava de mineração e área de acumulação de planície e terraço fluvial sob interferência antrópica.

Assim, os geoindicadores foram identificados por meio da quantificação dessas feições, expressos em km e km^2 , e a comparação desses valores entre os diversos cenários mapeados permitiram comprovar a existência de alterações antrópicas. Algumas alterações, por se tratarem de intervenções diretas sobre o relevo, são detectadas facilmente em determinados setores das bacias hidrográficas, como os que possuem seu uso destinado às atividades minerárias. Porém, feições mais difíceis de ser reconhecidas, por se tratarem de alterações

indiretas sobre relevo, decorrente das intervenções diretas, também foram identificadas, como o aumento em escala de tempo histórica das áreas de acumulação em planície e terraço nas sub-bacias hidrográficas analisadas. Esse fato, associado às alterações nos padrões de fundo de vale dos rios analisados, comprovam que as alterações já atingiram o nível de desenvolvimento de um relevo antropogênico nessas sub-bacias, pois o nível de base está sendo alterado e o rio tem alterado seus padrões de erosão, transporte e deposição em busca de um novo perfil de equilíbrio.

Desta maneira, foi possível comprovar outra hipótese secundária de que **“O mapeamento geomorfológico evolutivo combinado com o uso de geoindicadores possibilita a identificação de formas e quantificação de dados, expressos em áreas e extensões lineares, associados à morfologia original e às feições representativas da morfologia antropogênica, permitindo, por dedução inferir a dinâmica dos processos ocorridos na área, por meio da identificação das alterações nas formas”**.

Cabe ressaltar no que tange à metodologia adotada, a qual visa uma discussão mais aprofundada dos aspectos dos sistemas ambientais físicos face aos aspectos do sistema socioeconômico. Dessa maneira, as discussões sobre o uso da terra e sua dinâmica pautam-se, principalmente, na análise das características observáveis da paisagem, a partir do qual foi inferida a dinâmica do sistema socioeconômico. Porém os dados históricos inferidos a partir desse tipo de mapeamento e embasados na literatura foram fundamentais para a compreensão do aumento em escala de tempo histórico dos setores de acumulação de planície e terraço fluvial sob interferência antrópica e do entendimento dos dados geocronológicos advindos da datação pelo método do ^{210}Pb , que permite comprovar a última hipótese secundária apresentada na tese, de que **“As mudanças no uso da terra, principalmente as relacionadas às minerações a céu aberto, contribuem com a criação de formas de relevo antropogênicos que dinamizam os processos geomorfológicos, acelerando os processos denudativos e de deposição de sedimentos, e evidenciam a complexidade do reajustamento dos elementos e atributos do sistema ambiental físico em virtude da imposição de mecanismos de controle antrópico”**.

Os dados geocronológicos obtidos por meio da datação do ^{210}Pb contido nas amostras dos testemunhos coletados também apresentaram limitações. A granulometria dos materiais, quando muito arenosa, não permitiu a detecção do ^{210}Pb , o que impossibilitou a determinação de dados geocronológicos, conforme o ocorrido nas bacias hidrográficas do Córrego das Taipas e do Alto Curso do Ribeirão das Araras. Outro fator limitante relaciona-se ao amostrador, que por ser manual, em caso de coleta de sedimentos de granulometria muito fina

em ambiente aquoso que apresentam elevado grau de compactação, impede que grandes profundidades sejam atingidas, o que conseqüentemente inviabiliza a coleta de sedimentos depositados a mais tempo. Em outros casos, foi possível coletar sedimentos até que a rocha subjacente fosse atingida, o que indica que há pouca retenção de sedimentos nesses ambientes.

Diante do exposto, pode-se atribuir às minerações a dinamização dos processos de denudação e de sedimentação nas bacias hidrográficas por essas impactadas, alterações no escoamento pluvial e cursos d'água, afloramento do lençol freático em áreas de lagoas artificiais, descaracterização de interflúvios, surgimento de um setor de acúmulo de sedimentos em área de planície e terraço sob interferência antrópica, entre outros, a partir dos quais se tem a formação de um relevo antropogênico, no qual o homem se torna responsável pelo esculpimento da paisagem por meio da imposição de mecanismos de controle aos processos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPLEBY, P.G.; OLDFIELD, F. The calculation of ^{210}Pb dates as suming a constant rate of supply of unsupported ^{210}Pb to the sediment. **Catena**, v. 5, p. 1-8, 1978.
- AB'SABER, A. N. A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica da Bacia do Paraná. Instituto de Geografia – USP. **Geomorfologia**, n. 15, p. 1 – 15, 1969.
- _____. Megageomorfologia do território brasileiro. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 71 – 105.
- ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, 1974, 99 p.
- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, v. 41, ex. 2, p. 167 - 263, 1964.
- ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados e sensores remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- ASPACER (Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento). **Quem somos**. Disponível em <<http://www.aspacer.com.br/historicosincer.html>> Acesso em: 22 Abril. 2009.
- BANNA M. El M., FRIHY O. E. Human-induced changes in the geomorphology of the northeastern coast of the Nile delta, Egypt. **Geomorphology**, v. 10, 2009, p. 772–78.
- BASKARAN, M.; ASBILL, S.; SANTSCHI, P.; BROOKS, J.; CHAMP, M.; ADKINSON, D.; COLMER, M.R.; MAKEYEV, V. Pu, ^{137}Cs and excess ^{210}Pb in Russian Arctic sediments. **Earth & Planetary Science Letters**, 1996, v. 140, p. 243-257.
- BASKARAN, M.; NAIDU, A.S. ^{210}Pb -derived chronology and the fluxes of ^{210}Pb and ^{37}Cs isotopes into continental shelf sediments, East Chukchi Sea, Alaskan Artic. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 59, p. 4435-4448, 1995.
- BERGER A. R. Assessing rapid environmental change using geoindicators. **Environment Geology**, Springer, Berlin, v. 32, n.1, p. 36-44, 1997.
- BERGER A.R.; J. SATKUNAS. Introduction to special issue of Environmental Geology journal on geoindicators. **Environment Geology**, Springer, Berlin, v. 42, p. 709-710, 2002.
- BENNINGER, L.K.; ALLER, R.C.; COCHRAN, J.K.; TUREKIAN, K.K. Effects of biological sediment mixing on the ^{210}Pb chronology and trace metal distribution in a Long Island Sound sediment core. **Earth & Planetary Science Letters**, 1979, v. 43, p. 241-259.

BENNINGER, L. K.; KRISHNASWAMI, S. sedimentary processes in the inner new york bight: evidence from excess ^{210}Pb AND $^{239,240}\text{Pu}$. **Earth & Planetary Science Letters**, 1981, v. 53, p. 158-174

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: Associação e defesa e educação ambiental e Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1995.

BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). 2006. Panorama do setor de revestimentos cerâmicos - Área industrial. Departamento de bens de consumo. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/rs_rev_ceramicos.pdf. Acessado em: 01/05/2009.

BONOTTO, D. M.; DE LIMA, J.L.N. ^{210}Pb -derived chronology in sediment cores evidencing the anthropogenic occupation history at Corumbataí River basin, Brazil. **Environmental Geology**, v. 50, p. 595-611, 2006.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Código de Mineração**. Decreto Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: < http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_00.php>. Acesso em: 16 Mar. 2012.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Economia Mineral do Brasil**. Org. RODRIGUES, A. F. da S. Brasília-DF: DNPM, 2009, 764 p.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Universo da mineração Brasileira**. Org. NEVES, C. A. R.; SILVA, L. R. Brasília-DF: DNPM, 2007, 80 p.

BRASIL. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2010, 871 p.

BRASIL. **Institui o Novo Código Florestal**. Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 16 Mar. 2012.

BRASIL. **Novo Código Florestal**. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <<http://sbcpd.org/portal/images/stories/Novo-Codigo-Floresta-Lei-12651-2012.PDF>>. Acesso em: 16 Mar. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama**: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008. 2. ed. Brasília: CONAMA, 2008, 928 p. Disponível em: < http://www.ciesp.com.br/ciesp/conteudo/resolucoes_conama.pdf> Acesso em: 15 de Jan. 2012.

BRITO G. S.; Alterações ambientais decorrentes da presença de depósitos tecnogênicos na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia, GO. 2011, 140f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

BROUSSE G., FASSETTA G.A., CORDIER S. Evolution hydrogéomorphologique de la

bande active de l'Ubaye (Alpes françaises du Sud) de 1956 à 2004: contribution à la gestion des crues. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, v. 3, 2011, p. 307-318.

BROWN, E. H. O Homem modela a terra. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v. 30, n. 222, p. 3 – 18, Maio/Jun. 1971.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. O problema de classificação dos fatos geomorfológicos. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v.24, n.188, 1965, p. 643 – 709.

CAMARGO, O. A. de.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S.; **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Boletom técnico 106, Instituto Agrônomo, 1986.

CAMARGO, J. C. G.; CESAR, A. L.; GENTIL, J. P.; PINTO, S. A. F.; TROPPEMAIR, H. Estudo fitogeográfico da vegetação ciliar do rio Corumbataí. **Biogeografia**. São Paulo, v. 3, p. 1 – 14, 1971.

CARPENTER, R.; PETERSON, M. L.; BENETT, J. T.; SOMAYAJULU, B. K. L. Mixing and cycling of uranium, thorium and ²¹⁰Pb in Puget Sound sediments. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 1984, v. 48, p. 1949-1963.

CARPI JUNIOR, S.; ESPÍNDOLA, C. R.; PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Complexidade dos processos erosivos no oeste do estado de São Paulo – Brasil In: **III Seminário Ibero Americano de Geografia Física / VII Seminário Latino Americano de Geografia Física**. Portugal: 2010, v. único, p. 1-10.

CARVALHO, A. G. B. M. **Proposição de Geoindicadores para caracterização da degradação do meio físico na bacia hidrográfica do Córrego da Onça, Três Lagoas (MS)**. 2010, 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha solteira, 2010.

CERON, A. O.; DINIZ, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 161–173, 1966.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora de UFG, 1994.

CHEMEKOV, Y. F. Technogenic deposits. In: **INQUA CONGRESS**, 11. , 1983, Moscow. Abstract... 62 p.

CHRISTENSEN, E. R.; SCHERFIG, J.; KOIDE, M. Metals from urban runoff in dated sediments of a very shallow estuary. *Environmental Sci. Technol.*, Easton, Pa, v. 12, n. 10, p. 1168 – 1173, out.1978.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

_____. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v.52, n. 2, abr/jun. 1990, p. 21 – 35.

_____. A Teoria dos sistemas. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 2, 1971.

_____. Considerações sobre o nível de base, rupturas de declive, capturas fluviais e morfogênese do perfil longitudinal. **Geografia**. Rio Claro, v. 2, n.4, Out. 1977, p.81 – 102.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2. ed, 1974, 188p.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

_____. Resenha de: THOMAS Jr. (Ed.). Man's role in changing the face of the earth. Chicago: The University of Chicago Press, 1966. 1194p. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 7, n. 13/14, p. 66-67, 1967.

CHRISTOFOLETTI, S. R. Estudo mineralógico, químico e textural das rochas sedimentares da **Formação Corumbataí “Jazida Cruzeiro”**, e suas implicações nos processos e produtos cerâmicos. 1999. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999b.

CNRS. **Legende pour la carte geomorphologique de la France au 1:50.000**. Centre National de la Recherche Scientifique, 66 p. (Traduzido e adaptado para o espanhol por Seratt, et al, 1976). 1971.

COCHRAN, J.K.; BACON M.P.; KRISHNASWAMI, S.; TUREKIAN K.K. ^{210}Po and ^{210}Pb distributions in the central and eastern Indian Ocean. **Earth & Planetary Science Letters**, 1983, v. 65, p. 433-452.

COLTRINARI, L.; McALL, G. J. H. Geoindicadores: Ciências da Terra e mudanças ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo DG/FFLCH-USP, n.9, 1997.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores. **Pesquisa em Geociências**, Porto Alegre/RS, v. 28, n. 2, 2001.

CONCEIÇÃO, F. T.; BONOTTO, D. M. Parâmetros hidrológicos e estatísticos para estimativa de vazão nos rios da bacia do Rio Corumbataí (SP). **Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 1/2, p. 147-157, 2002.

CONCEIÇÃO, F. T.; BONOTTO, D. M.; JÍMENEZ-RUEDA, J. R.; ROVEDA, J. A. F. Distribution of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in soils and sugar cane crops at Corumbataí river basin, São Paulo State, Brazil. **Applied Radiation and Isotopes**, New York, v. 67, p. 1114-1120, 2009.

CONCEIÇÃO, F. T.; NAVARRO, G. R. B.; SILVA, A. M. Anthropogenic influences on Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn concentrations in soils and sediments in a watershed with sugar cane crops at São Paulo State, Brazil. **International Journal of Environmental Research**, 2013. (Prelo)

CONCEIÇÃO, F. T. **O método do desequilíbrio isotópico do urânio aplicado no estudo do intemperismo na Bacia do Rio Corumbataí (SP)**. 2000, 142 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000, 142 p.

_____. **O uso do chumbo-210 para a avaliação das taxas de sedimentação em área com intervenção antrópica na baixa bacia do Rio Piracicaba (SP).** Projeto de pesquisa FAPESP Processo nº 2011/00040-7, 2011.

CORRÊA, A.C.B.; Antropogênese e Morfogênese sob a ação de eventos climáticos de alta magnitude no semiárido pernambucano: o caso da bacia do riacho Salgado. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, 2011, p. 25-36.

CRUSIUS, J.; ANDERSON, R. F. Immobility of ^{210}Pb in Black Sea sediments. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 1991, v. 55, p. 327-333.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The “Anthropocene”. In: **IGBP News Letter**, n. 41, 2000, p.17 e 18.

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental.** 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

CUNHA, C.M.L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária.** Dissertação (Mestrado em Organização do Espaço) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

DÁVID, L. Quarrying and Other Minerals. In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. *Anthropogenic Geomorphology: a guide to man made landforms.* London: Springer, 2010, p. 113 -130

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente.** Trad. SANTOS, J. A. do. Rio de Janeiro: Bertrand, 2. ed. 1989.

EAKINS, J. D.; MORRISON, R. T. A new procedure for the determination of lead-210 in lake and marine sediments. **International Journal of Applied Radiation and Isotopes**, n. 29, p. 531-536, 1978.

EIA Complexo Argileiro de Santa Gertrudes. ASPACER – Associação Paulista das cerâmicas de revestimento, 2008.

EIA Mineração JUNDU LTDA. Lavra de areia quartzosa. Analândia e Corumbataí – SP. Prominer Projetos LTDA, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.

ESTAIANO, J. C. **Impactos da Mineração em planícies da mineração de areia em planícies fluviais meândricas da bacia hidrográfica do alto Tietê: O caso do rio Embu-Guaçu, São Paulo –SP.** 2007, 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – FFLCH, USP, São Paulo, 2007.

FACINCANI, E.M. **Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. 2000. 222 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

FARRINGTON, J.W.; HENRICHS, S.M.; ANDERSON, R. Fatty acids and Pb-210 geochronology of a sediment core from Buzzards bay, Massachusetts. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, n. 41, p. 289-296, 1977.

FERREIRA, C. G.; DAITX, E. C. Mercado produtor de areia industrial nos estados de São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 22, N. Especial, p. 41-47, 2003.

FÖRSTNER, U.; SALOMONS, W. Trace metal analysis on polluted sediments. I. Assessment of sources and intensities. **Environment Technology Letters**, Londres, v. 1, 1980, p. 494 – 505.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, São Paulo, n. 16, p. 76-80, 2002.

Gaspar Junior L.A. 2003. **Adição experimental de novos materiais às argilas da região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes (SP)**. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 170 p.

GILL T.E. 1996. Eolian sediments generated by anthropogenic disturbance of playas: human impacts on the geomorphic system and geomorphic impacts on the human system. **Geomorphology**, 17, 1996, p. 207-228.

GODOY, J. M.; PADOVANI, C. R.; PEREIRA, J.C A.; VIEIRA, L.M. Aplicabilidade da geocronologia da deposição de sedimento com ²¹⁰Pb como ferramenta na avaliação do assoreamento do rio Taquari, Pantanal, MS. **Geochimica Brasiliensis**, 12 (1/2), 1998, 113-121.

GOLDBERG, E. D.; HODGE, V.; KOIDE, M.; GRIFFIN, J.; GAMBLE, E.; BRICKER, O. P.; MATISOFF, G.; HOLDREN, G.R.JR.; BRAUN, R. A pollution history of Chesapeake bay. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 1978, v. 42, p. 1413-1425.

GOLOMB, B.; EDER, H. M. Landforms made by man. **Landscape**, n. 14, p. 4-7, 1964.

GOUDIE, A. Environmental Change. New York : Clarendon Press, 1977. 244 p.

_____. Foreword In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. **Anthropogenic Geomorphology: a guide to man made landforms**. London: Springer, 2010. 260 p.

_____. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**, v. 7, 1993, p. 37 – 59.

_____. **The human impact on the natural environment**. Cambridge: The MIT Press, 1986, 338 p.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. Tradução de Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992, 367 p.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. Drainage basin form and process. **A geomorphology approach**. London: Edward Arnold, 1973.

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

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 3ª. Ed. . Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, 372 p.

_____. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 8ª. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, 472 p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HAFF, P. K. **Neogeomorphology, prediction, and the anthropic landscape**. Durham: Division of Earth and Ocean Sciences, Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Duke University, 2001, p. 1 – 22. Disponível em http://people.duke.edu/~haff/geomorph_abs/neogeomorph%20paper/neogeomorphology.pdf Acesso em 01 Nov. 2012.

HOOCK, R. L. On the history of humans as geomorphic agents. **Geology**. September 2000; v. 28, n. 9, p. 843–846.

HOWARD, A. D. Equilíbrio e Dinâmica dos sistemas geomorfológicos. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 13, n.26, p. 3 – 20, Dez. 1973.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de revegetação. Brasília: 1990. 95 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 2 ed. Brasília: IBGE, 2006. 91p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo: IPT, v.1, 1981a.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo: IPT, v.1, 1981b.

IVANOVICH, M.; HARMON, R.S. **Uranium series disequilibrium: applications to environmental problems**. 2nd ed., Clarendon, Oxford, 1992.

JEAN-PIERRE L. Morphodynamique fluviale actuelle d'origine anthropique: exemples dans le bassin de la Loire (France). **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, n. 10, v. 2, 2004, p. 127-138.

HOOKE J.M. Human impacts on fluvial systems in the Mediterranean region. **Geomorphology**, n. 79, 2006, p. 311–335.

HOROWITZ, A. J.; ELRICK, K; CALLENDER, E. The effect of mining on the sediment-trace element geochemistry of cores from the Cheyenne River arm of the lake Oahe, South Dakota, **Chem. Geol.**, Amsterdam, v. 67, p. 17 – 33, 1988.

KEMP, A. L. W.; THOMAS, R. L.; DELL, C. I.; JAQUET, J. M. Cultural impact on the geochemistry of sediments in Lake Erie. **J. Fish. Res. Board Can.**, Ottawa, v. 33, p. 440 – 462, 1976.

KOFFLER, N. F.; MORETTI, EDMAR. Diagnóstico do uso agrícola das terras do município de Rio Claro – SP. **Geografia**, Rio Claro, v. 16, n. 2, p. 1-76, out. 1991.

KOWALSKI, W. C. History of changes of geological environment under the influence of the activity of mankind. In: **International Geological Congress**, 27., 1984, Moscow. Abstracts... Moscow: VNU Science Press, v. 17, p.51-67.

KRISHNASWAMI, S.; LAL, D.; MARTIN, J.M.; MEYBECK, M. Geochronology of lake sediments. **Earth & Planetary Science Letters**, 1971, v. 11, p. 407-414.

LENTZ E. E.; HAPKE. C. J. Geologic framework influences on the geomorphology of an anthropogenically modified barrier island: Assessment of dune/beach changes at Fire Island, New York. **Geomorphology**, v. 126, p. 82-96.

LIMA, J. L. N. de. **Hidroquímica pluvial e fluvial na Bacia do Rio Corumbataí (SP) e relações com o uso do Pb-210 como geocronômetro**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

LÓCZY D.; GYENIZSE P. Human impact on topography in an urbanised mining area: Pécs, Southwest Hungary. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**: v. 3, 2010, p. 287-300.

LORING, D. H.; RANTALA, R. T. T.; SMITH, J. N. Response time of Saguenay Fjord sediments to metal contamination. In: HALBERG, R. ed Environmental Biogeochemistry. Estocolmo, Sweedish Council for Planning and Coordination of Research, 1983. Ecol Bull, v. 35, p. 59 – 72.

MARSH, G. P. **Man and nature: physical geography as modified by human action**. New York: Charles Scribner, 1864. 580 p.

MATTOS, S. H. V. L. de; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em Sistemas geomorfológicos: Uma introdução ao tema. **Revista brasileira de Geomorfologia**. Ano 5, n. 1, 2004, p 11 – 18.

MASSOLI, M. Geologia da folha de Piraçununga, SP. **Revista IG**. v.4, n. ½, p. 25-51, 1983.

_____. Geologia da Folha de Santa Rita do Passa Quatro. **Revista IG**, v. 1, n. 1, p. 7-14, 1980.

_____. Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Revista IG.**, v.2, n.2, p.35 – 45, 1981.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030) de geologia, mineração e transformação mineral.** Projeto de assistência técnica ao setor de energia, Contrato nº 48000.003155/2007-17. J Mendo Consultoria, 2009, 30 p.

MONTEIRO, C.A.F. A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: IGEOG, 1973.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent.** Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biocombustíveis na América Latina:** situação atual e perspectivas. São Paulo: Fundação Memorial da América Latina, 2007, 77p.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

NRIAGU, J. O.; KEMP, A. L. W.; WONG, H. K. T.; HAPPER, N. Sedimentary record of heavy metal pollution in Lake Erie. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Oxford, v. 43, p. 247 – 258, 1979.

OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos Tecnogênicos e Assoreamento de Reservatórios, exemplo do Reservatório de Capivari, SP/PR.** 1994. 211 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, J. B. de. **Solos do Estado de São Paulo:** descrição das classes registradas no mapa pedológico por João Bertoldo de Oliveira. Campinas: Instituto Agrônômico - IAC, Boletim Científico, 1999, 112 p.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H do. **Levantamento pedológico semi-detalhado do estado de São Paulo:** quadrícula de Campinas. II. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônômico, Boletim técnico n. 98, 1984a, 188 p.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H do. **Levantamento pedológico semi-detalhado do estado de São Paulo:** quadrícula de São Carlos. II. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônômico, Boletim técnico n. 98, 1984b, 188 p.

ORLANDO, R. C. **Determinação de elementos traços através da análise por ativação neutrônica em sedimentos do rio Piracicaba datados por ²¹⁰Pb.** 1993, 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do

Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. 2010. In: **VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Recife: 2010, 13 p.

PASCHOAL, L. G. **Dinâmica do uso e ocupação da terra em área de mineração de argila**: O caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP. 2010, 90 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, M. L. Alterações hidrogeomorfológicas devido à dinâmica de uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, Paraná, 42 (Supl 1), 2012, p. 69-82.

PASCHOAL, L. G.; CUNHA, M. L., CONCEIÇÃO, F. T.; A cartografia geomorfológica como subsídio para a análise do relevo antropogênico em área de mineração. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.4, (Out-Dez), 2012, p.379-391.

PATCHINEELAN, S. R.; LEITÃO FILHO, C. M.; KRISTOTAKIS, K. L.; TOBASCHALL, H. J. Atmospheric lead deposition into Guarapina Lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil. In: SEELINGER, U.; LACERDA, L. D. de; PATCHINEELAN, S. R. eds. **Metals in coastal environmental of Latin America**. Berlim Heidelberg, Springer Verlag, 1988, p. 65 – 76.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do Homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. UFPR, Paraná, v. 27, n. 3, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**. USP, São Paulo, n. 16, p. 24-31, 2005.

PENTEADO, A. F.; FUJIMOTO, N. S.V. Análise dos aspectos físicos e das intervenções antrópicas da bacia hidrográfica do Arroio Kruze – RS. **Revista Eletrônica Geografar**. Curitiba, v.1, n.1, 2006, p. 01 – 19.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Tese de Doutorado. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, Teses e Monografias, 22, 86p. 1976.

PENTEADO, M. M. Contribuição ao estudo do clima do estado de São Paulo: Caracterização climática da área de Rio Claro. **Notícia Geomorfológica**. Campinas: v. 6, n. 11, p. 33-39, 1966.

PETIT, D.; THOMAS, M.; LAMBERTS, L. Origin of heavy metals fluxes to the Meuse River in Southern Belgium using ^{210}Pb dated water-meadow sediments. *J. Environ. Radioactivity*, Oxford, v. 5, p. 303 – 316, 1987.

PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1983.

PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, 2011, p. 83-90.

PHILLIPS, J. D. Humans a geological agents and the question of escale. **American Journal of Science**, v. 297, Jan. 1997, p. 98 – 115.

PRICE, S. J.; FORD, J. R.; COOPER, A. H.; NEAL, C. Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London A**, n. 369, v. 1938, 2011, p. 1056-1084.

QUEVAUVILLER, P.; LAVIGNE, R.; CORTEZ, L. Impacto f industrialand mine drainage wastes on the heavy metal distribution in the drainage basin and estuary of the Sado River (Portugal). **Environ. Pollut.**, Barking, Essex, v.59, 267-286, 1989.

RAVICHANDRAN, M.; BASKARAN, M.; SANTSCHI, P.H.; BIANCHI, T.S. Geochronology of sediments in the Sabine-Neches estuary, Texas, USA. **Chemical Geology**, 1995, v. 125, p. 291-306.

REMONDO, J.; SOTO, J.; GONZÁLEZ-DÍEZ, A.; TERÁN, J. R. D.; CENDRERO A. Human impact on geomorphic processes and hazards in mountain areas in northern Spain. **Geomorphology**, n. 66, 2005, p. 69–84.

RIPPEY, B.; MURPHY, R. J.; KYLE, S. W. Anthropogenically derived changes in the sedimentary flux of Mg, Cr, Ni, Cu, Zn, Hg, Pb and P in Lough Neagh, Northern Ireland. **Environ. Sci. Technol.**, Easton, v. 16, n. 1, p. 23-30, 1982.

ROBBINS, J.A. Geochemical and geophysical applications of radioactive lead isotopes. In: Nriagu, J.O. (ed), **Biochemistry of lead**, Elsevier, Amsterdam, 1978.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos Geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH, USP, São Paulo, n. 14, p. 69 – 77, 2001.

_____. A urbanização da Metrópole sob a perspectiva da geomorfologia. In CARLOS, A.F. e OLIVEIRA, A.U. **Geografias de São Paulo**. São Paulo, Contexto, v. 1, 2004, p. 89-114.

_____. **Geomorfologia aplicada ao planejamento físico territorial brasileiro**. Tese (Doutorado em Geografia Física). FFLCH, USP, São Paulo, 1997.

_____. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de Planejamento Urbano: exemplo da metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, Presidente Prudente, v. 17, 2005, p. 101–111.

RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. Geoindicators of Urbanization Effects in Humid Tropical Environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area. In: **32nd International Geological Congress**, 2004. Proceedings of 32nd International Geological Congress, 2004.

_____. Urbanization and geomorphologic changes in humid tropical environment: methodological propose for Sao Paulo/Brazil. In: **Sixth International Conference on Geomorphology**, 2005, Zaragoza. Proceedings of Sixth International Conference on Geomorphology, 2005.

RODRIGUES, T. R. I. **Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do Rio São José dos Dourados**. 2006. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, Campinas, 2006.

ROHDE, G. M. **Epistemologia Ambiental: uma abordagem filosófica científica sobre a efetivação humana alopoiética**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996, 234p.

ROSS, J. L. S.; As estruturas e as formas do relevo Brasileiro. In: ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 1998, p. 44 – 65.

ROSS, J. L. S., MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Escala 1:500.000, vol. I e II. São Paulo: Geografia FFLCH/USP – IPT – FAPESP, 1997, 61 p.

ROSSATO, M. S.; SUERTEGARAY, D. M. A. Repensando o tempo da natureza em transformação. **Ágora (UNISC)**, Santa Cruz, v. 6, n. 2, p. 93-98, 2000.

SABARIS T. P. P. **O método geocronológico do Pb-210 aplicado no estudo da taxa de sedimentação em uma porção da bacia do rio Atibaia (SP)**. 2010, 153 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional). – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

SANCHEZ-CABEZA J. A.; DÍAZ-ASENCIO M.; RUIZ-FERNÁNDEZ A. C. **Radiocronología de sedimentos costeros utilizando 210Pb: modelos, validación y aplicaciones**. VIENA: Organismo Internacional de Energia Atômica, 2012, 118 p.

SANTSCHI, P.H.; PRESLEY, B.J.; WADE, T.L.; GARCIA-ROMERO, B.; BASKARAN, M. Historical contamination of PAHs, PCBs, DDTs and heavy metals in Mississipi River Delta, Galveston Bay and Tampa Bay sediment core. **Marine Environmental Research**, n. 52, p. 52-79, 2001.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H. E.; TOMASSI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. In: Porto Alegre, 1974. Porto Alegre, SBG, v. 1, 1974, p. 41 – 65.

SERGEEV, Ye. M. Engineering Geology and protection of the environment. Bulletin of the International **Association of Engineering Geology**. Krefeld, 1980. v. 22, p. 75-78.

_____. Theoretical fundamentals and problems of Engineering Geology. In: **INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS**, 27., 1984, Moscow. Proceedings. Moscow: VNU Science Press, 1984, v. 17, p. 35-49.

SIGRH Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Dados Pluviométricos médio mensal**. Governo do estado de São Paulo. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu>>. Acesso em 17 maio 2012.

SHALLER, N. S. **Man and the Earth**. New York: Duffield & Co, 1905. 240 p.

SHERLOCK, R. L. **Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature**. London: High Holborn, 1922. 404 p.

SILVA, J. P. **Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga – São Paulo**. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – FFLCH/USP, São Paulo, 2005.

SIMON A.L.H., CUNHA C.M.L. Alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas: Análise temporal na Bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 2, 2008, p. 29-38.

SIMON, A. L. H. **A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

_____. **Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a morfohidrografia da baixa bacia do Rio Piracicaba: contribuições a Geomorfologia Antropogênica**. 2010. 150 p. Tese (Doutorado em Geografia) - IGCE/UNESP Rio Claro, 2011.

SOUZA, T. A. de.; OLIVEIRA, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista GeoNorte**. Manaus/AM, Edição Especial, v.2, n.4, p.1348 – 1355, 2012.

SUERTEGARAY, D. M. A; NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, 2 sem. 2001.

SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. **Anthropogenic Geomorphology: a guide to man made landforms**. London: Springer, 2010. 260 p.

TAVARES, A. C.; SOARES, C. A. A perspectiva do equilíbrio dinâmico. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 18, n. 36, p. 79 – 94, dez. 1978.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Tertiary. **Bulletin I. A. E. G.**, v. 38, 1988, p. 133-142.

TREFRY, J. H.; SHOKES, R.F. History of metal inputs to Mississippi delta sediments. In: GEYER, R. A. ed. **Marine Environment Pollution, 2. Dumping and mining** Amsterdam, Elsevier Oceanogr. Series 27B, 1981. Cap. 4, p. 193 – 208.

TRICART, J. La Geomorphologie et les hommes. **Rev. Geom. Dynamique**. v. 4, 1953, p. 154 – 156.

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

TROPPEMAIR, H. A cobertura primitiva do Estado de São Paulo. **Biogeografia**, n.1, IG, USP, São Paulo, 1969, p. 1 – 11.

VERNADSKY, V. I. **The biosphere**. New York: Springer-Verlag, Transl. D. B. Longmuir. Copernicus, 1998 (1926). 192 p.

VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAN, R. A. van. **ITC System of geomorphological survey**. Manual ITC Textbook, Netherlands: Enschede, 1975, v. 1, cap. 8.

VIADANA, A. G. **Análise da qualidade hídrica do alto e médio Corumbataí (SP) pela aplicação de bio-indicadores**. 1985, 109 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1985.

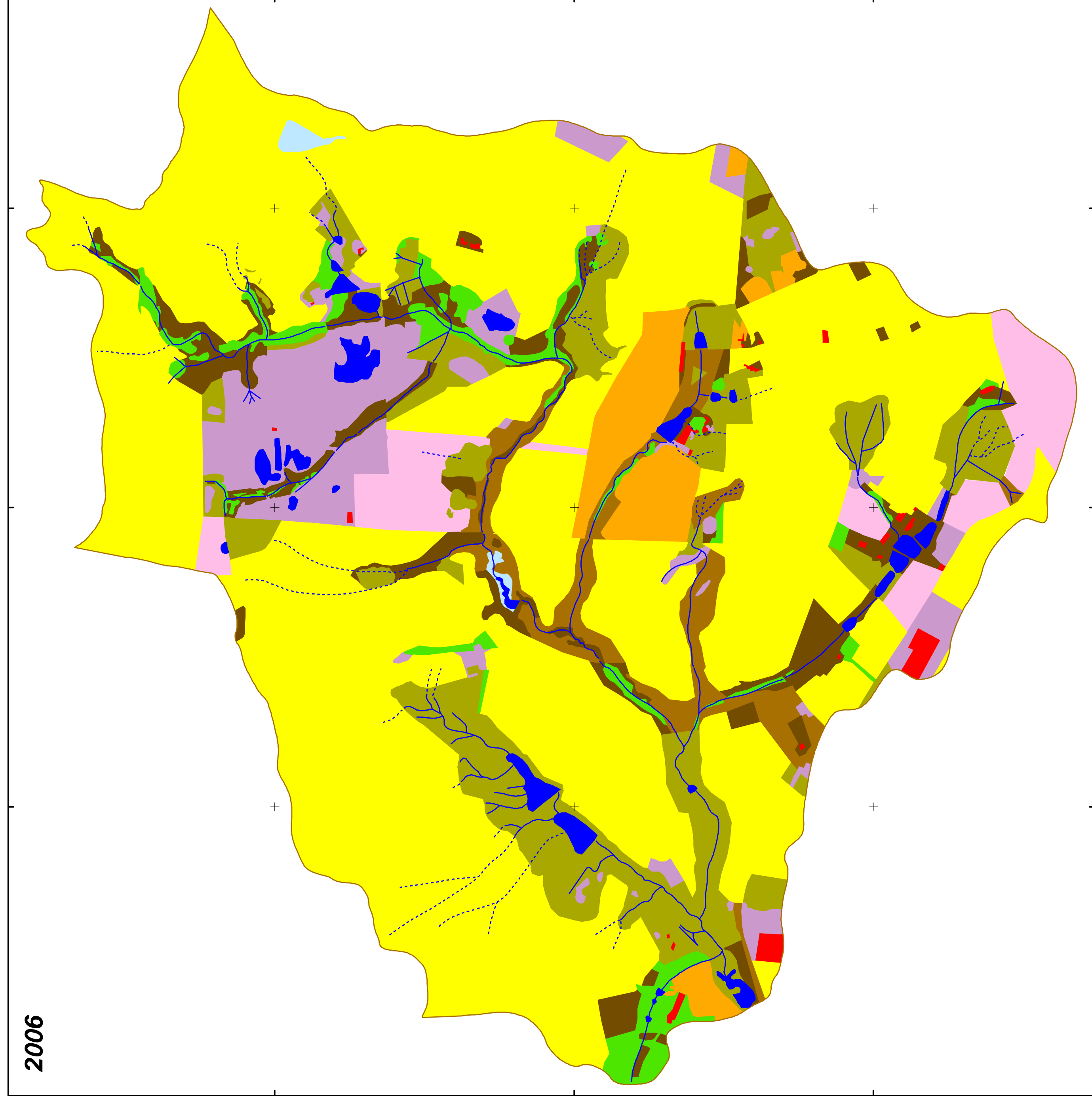
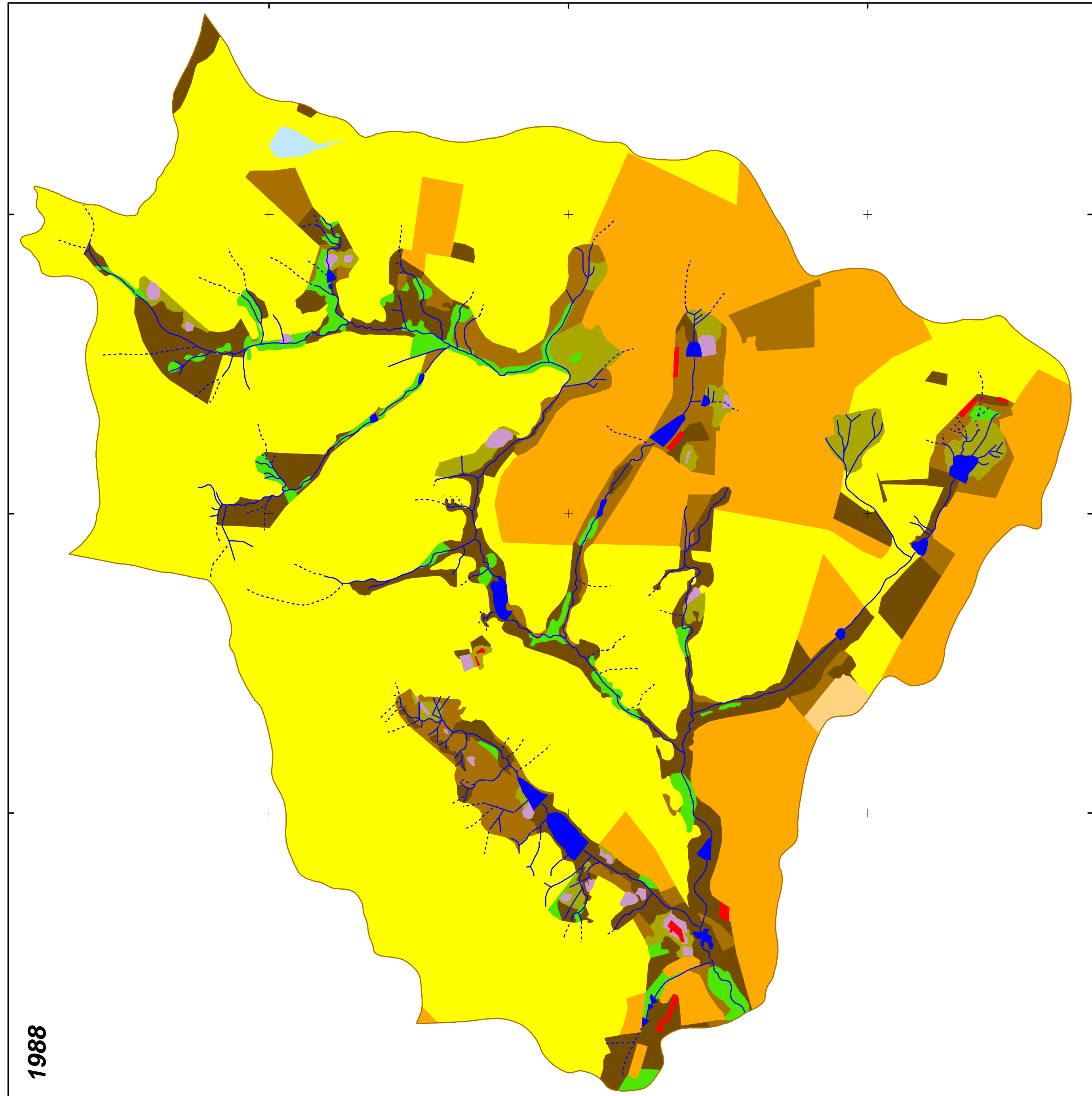
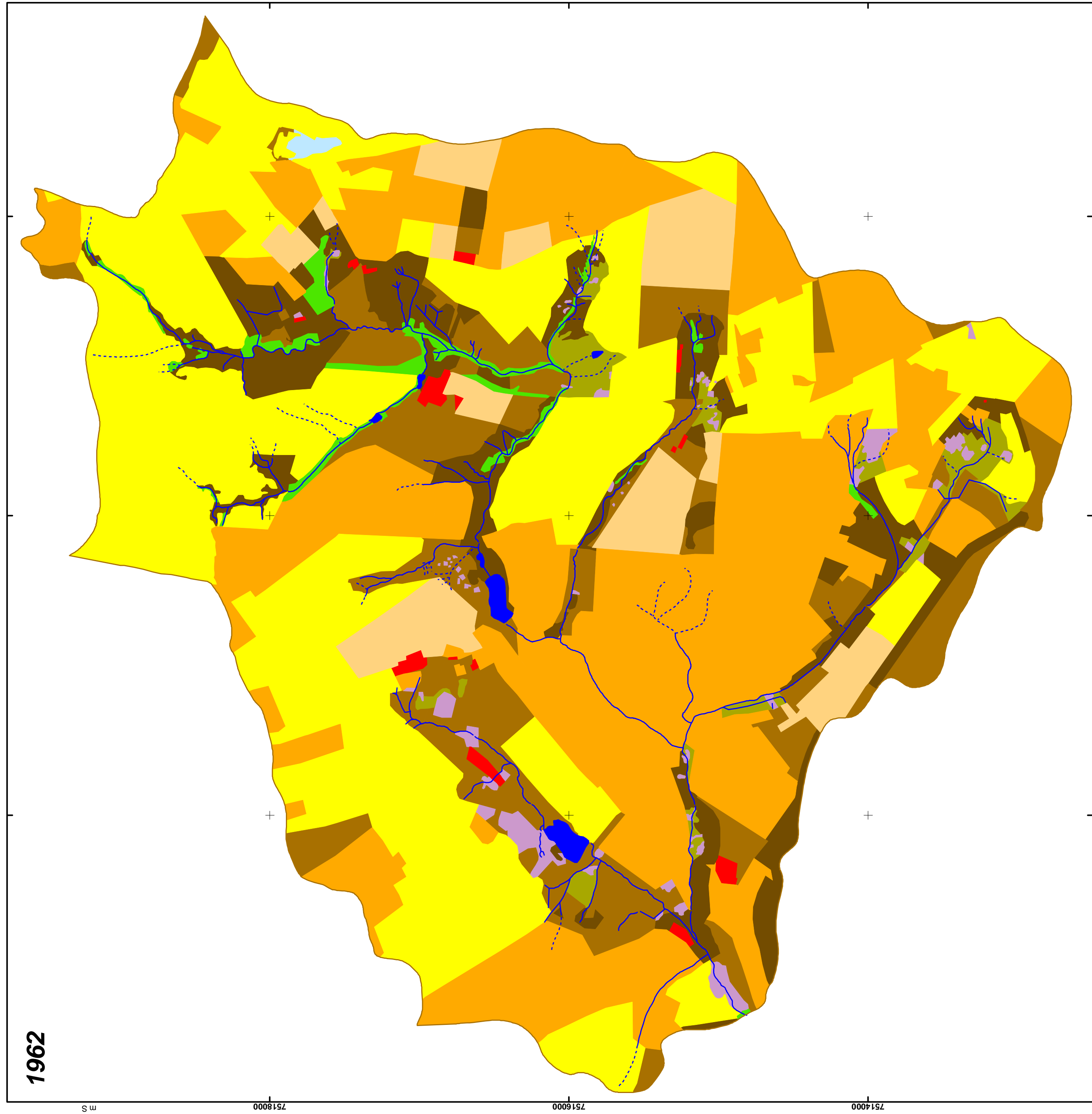
VIEIRA V.T.; CUNHA S. B. da. Mudanças na morfologia dos canais urbanos: Alto curso do rio Paquequer, Teresópolis – RJ (1997/98 – 2001). **Revista Brasileira de Geomorfologia**: n. 9, v. 1, 2008, p. 3-22.

ZAINE, J. E. 1994. **Geologia da Formação Rio Claro na folha Rio Claro (SP)**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas UNESP, Campus de Rio Claro, 90 p.

ZALASIEWICZ, B. J.; WILLIAMS M.; HAYWOOD A.; ELLIS M. Are we now living in the Anthropocene? **Philosophical Transactions of the Royal Society of London A**, v. 369, n. 1938, 2011, p. 835 - 841.

ZHU, Y.; ZOU, X.; FENG, S.; TANG H. The effect of grain size on the Cu, Pb, Ni, Cd speciation and distribution in sediments: a case study of Dongping Lake, China. **Environ Geol**, 2006, v. 50 p. 753–759.

Cartas de uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP

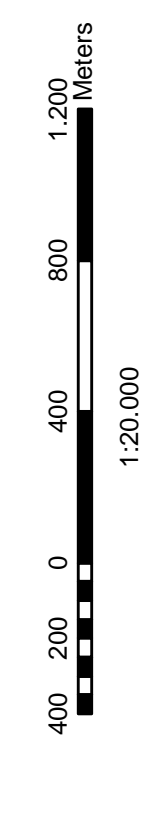
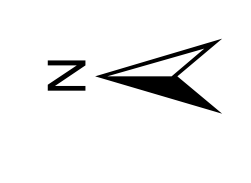


CLASSES DE USO DA TERRA

- Citrus
- Cana-de-açúcar
- Silvicultura
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Complexos industriais e comerciais
- Matas ciliares e florestas de encostas
- Minas e céu aberto
- Pasto limpo
- Pasto sujo
- Cultura anual
- Terras úmidas

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Represas
- Lagos
- Canais fluviais
- Canais pluviais
- Delimitação da bacia hidrográfica



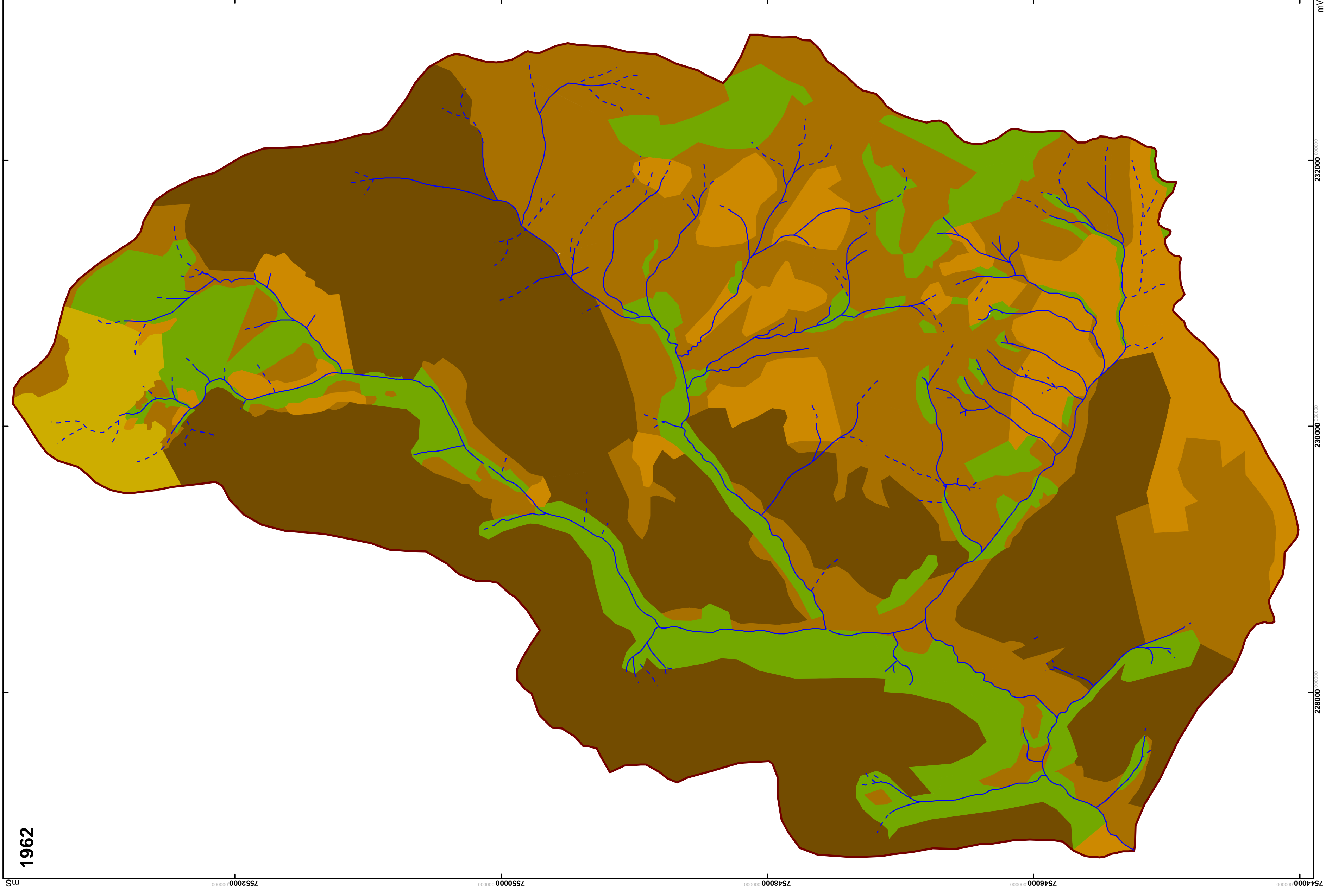
TESE DE DOUTORADO

ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANTROPOGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Leticia Giuliana Paschoal
 Orientação: Profa. Dra. Ceníra Maria Lupinacci da Cunha
 Co-orientação: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição
 SÃO PAULO, Secretaria de Economia e Planejamento, Cartas topográficas, São Paulo, 1979, 5 mapas. Escala original 1:10.000. Equidistância entre as curvas de nível: 5 m, projeção UTM, Datum horizontal Corrego Alegre/MG e Datum Vertical Maragão de Imbituba/SC, fuso 23.
 TERRAFOTO S.A., ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTO, Ribeirão Santa Gertrudes/SP, foto aérea, São Paulo, 1962, 8 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. N: 5 10102, 5 10103, 5 10104, 5 10105, 5 9991, 5 9992, 5 9993, 5 9994. Disponível para consulta no acervo do Laboratório de Sensoriamento Remoto, USP/SP.
 TERRAFOTO S.A., ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTO, Ribeirão Santa Gertrudes/SP, foto aérea, São Paulo, 1988, 6 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:40.000. Fx. 47A10 e 11; Fx. 46A08, 09, 10 e 11.
 BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S.A. Ribeirão Santa Gertrudes/SP, foto aérea, São Paulo, 2006, 4 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. Fx. 13460308, 6039, 6040 e 4041. Informações complementadas por trabalhos de campo realizados no ano de 2010.



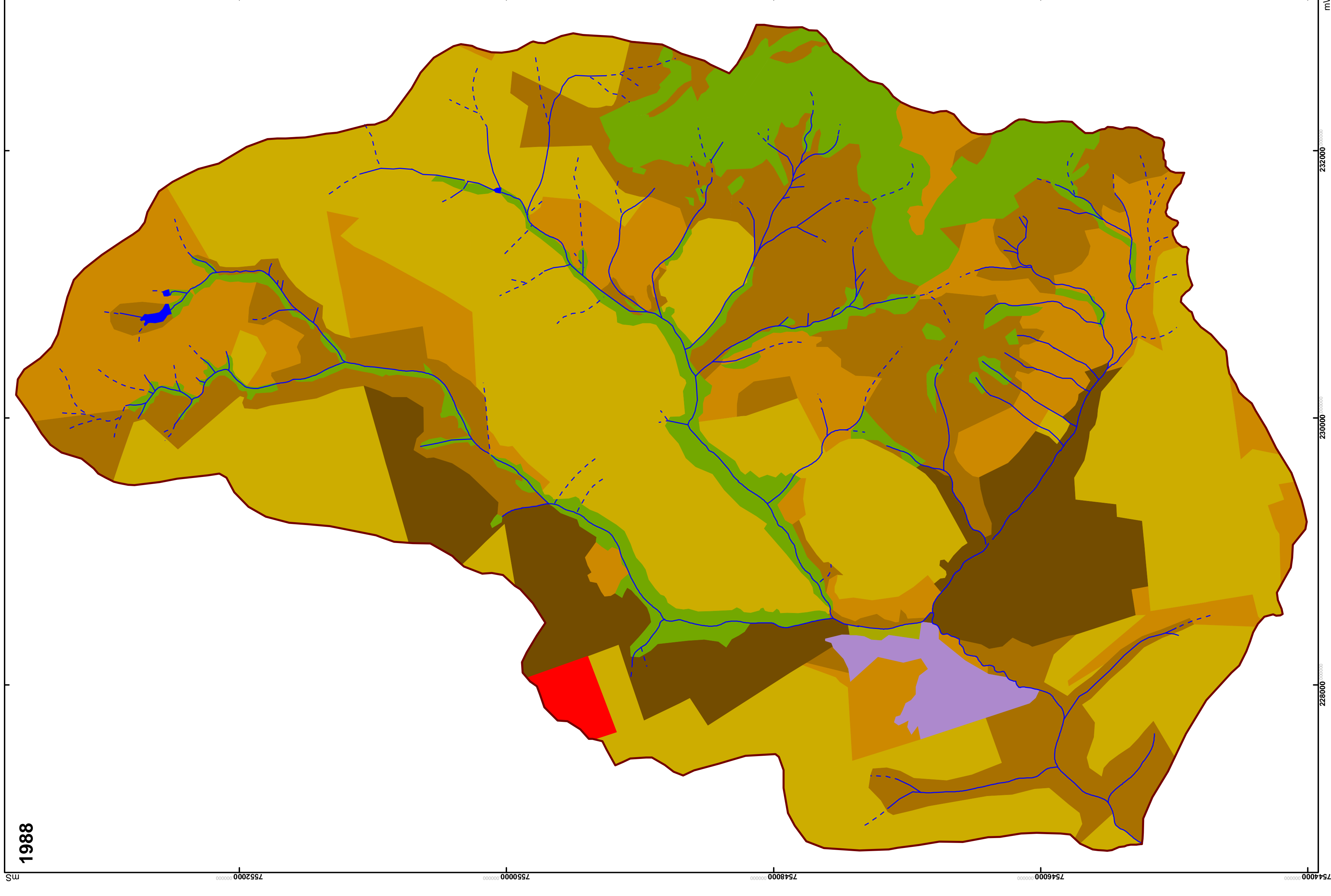
Cartas de uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego das Taipas



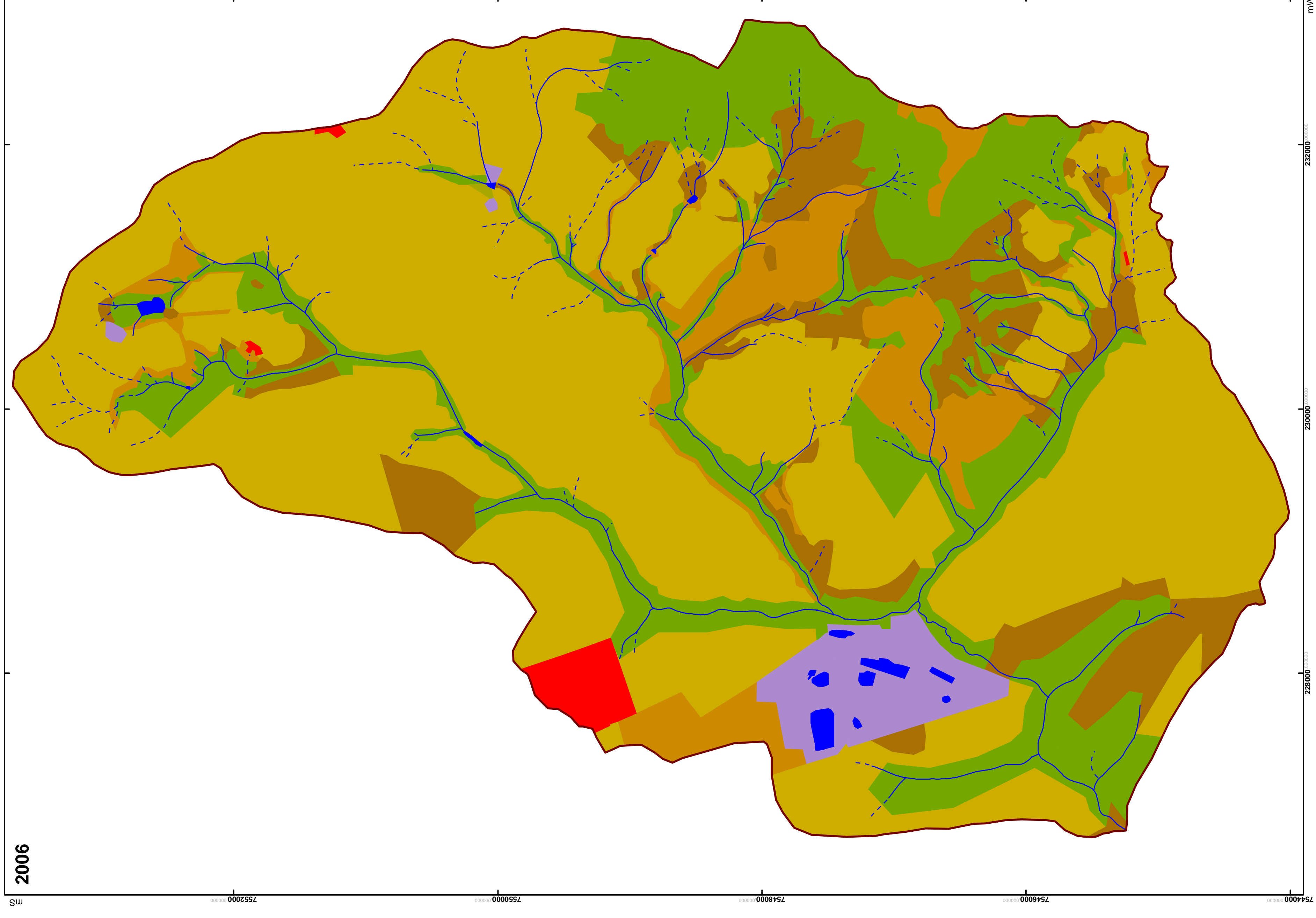
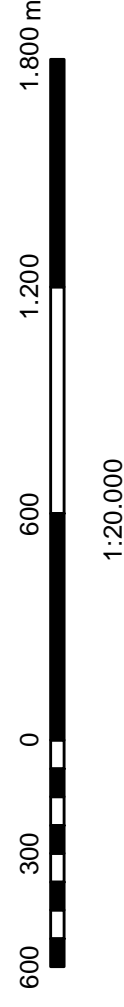
1962

LEGENDA

- Cerrado
 - Pasto sujo
 - Pasto limpo
 - Silvicultura
 - Cobertura Herbácea em antigas áreas de mineração
 - Minas a céu aberto
 - Complexos Industriais e comerciais
 - Matas ciliares e florestas de encostas
- ### ELEMENTOS DA BASE CARTOGRAFICA
- Lagos
 - Represas
 - Canais fluviais
 - Canais Pluviais
 - Delimitação da bacia hidrográfica



1988



2006

TESE DE DOUTORADO

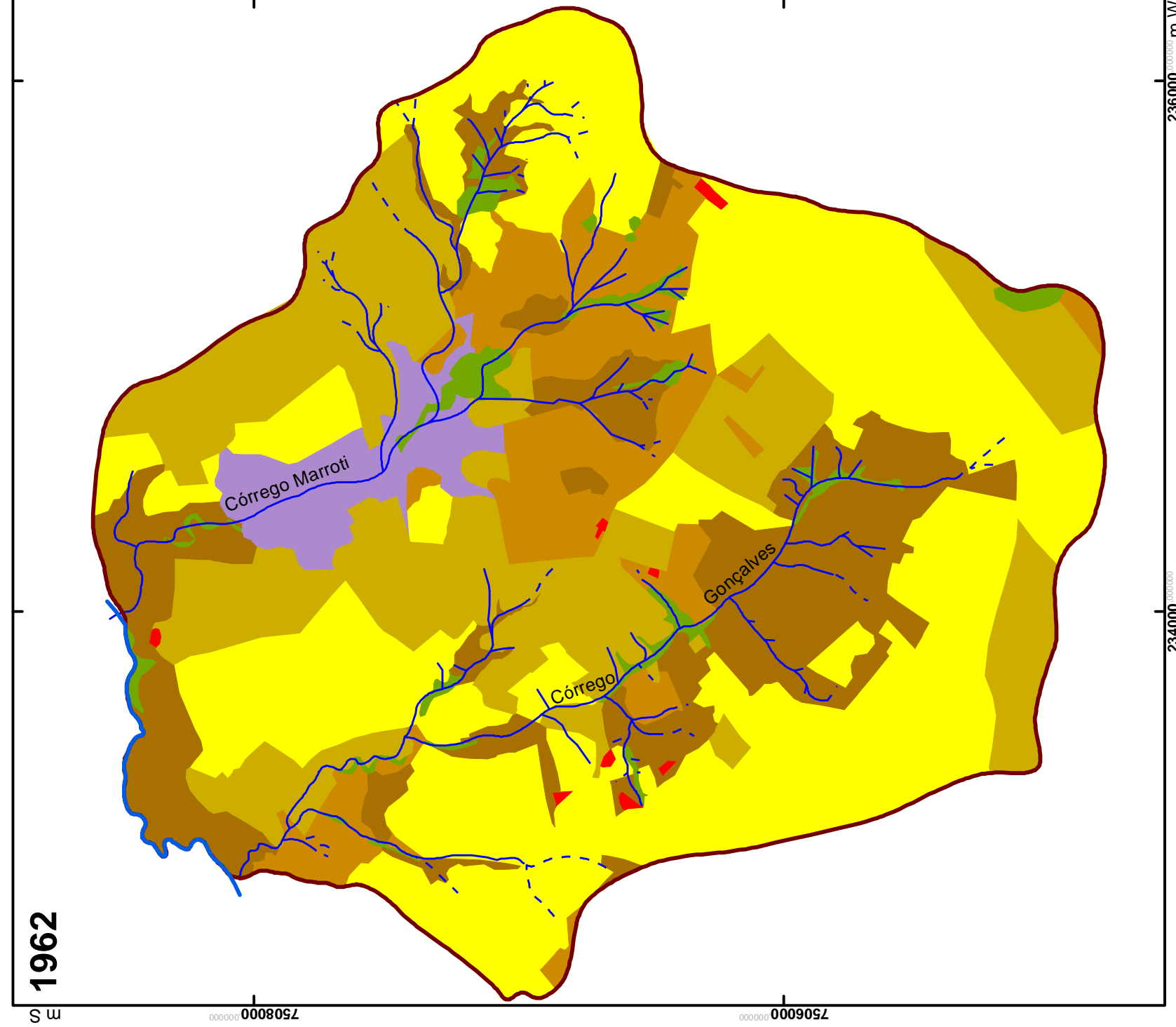
ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANTROPÔGENICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Leticia Guiliana Paschoal
 Orientadora: Profa. Dra. Cleide Fabiano Tomazini da Conceição

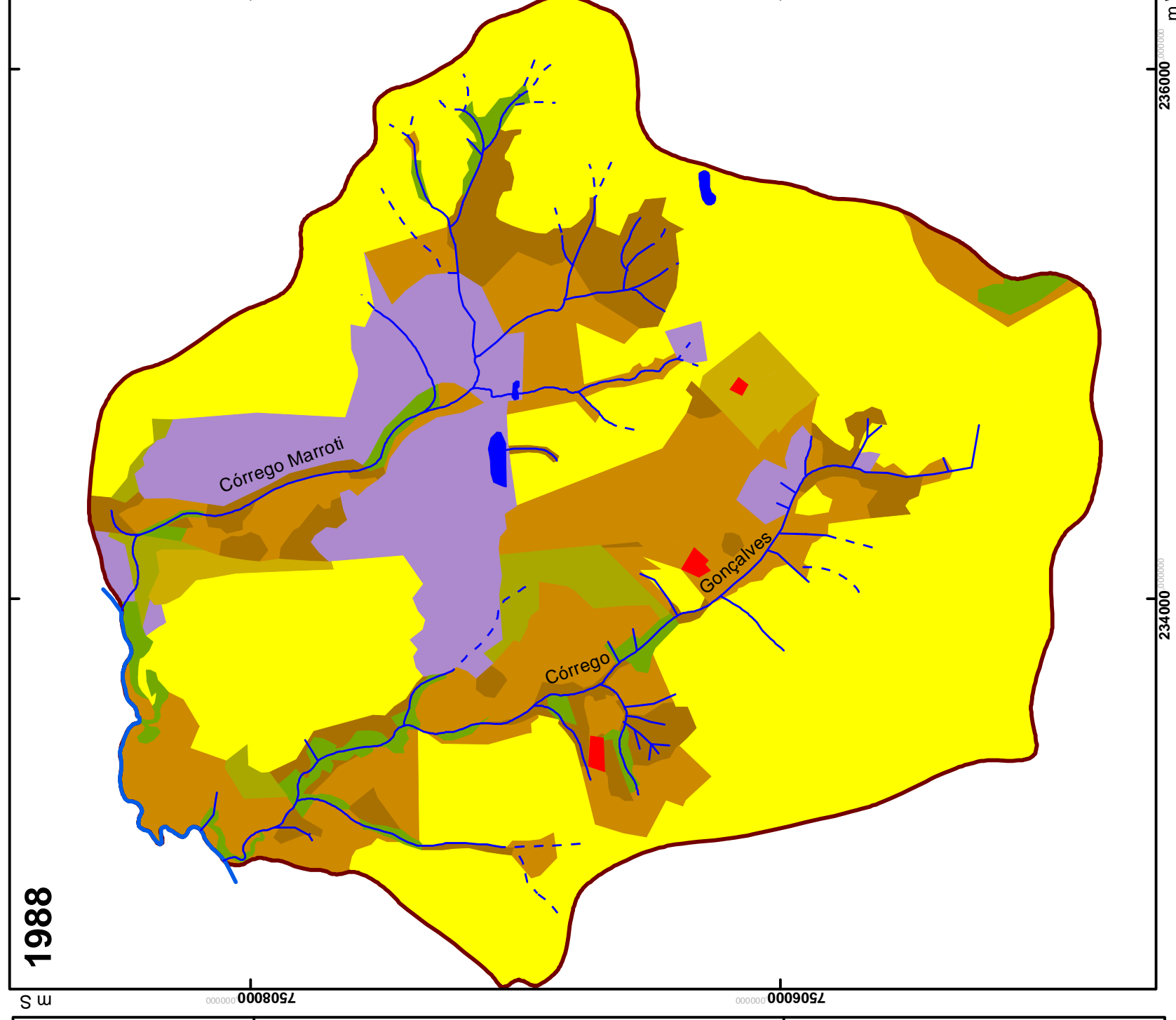
SAO PAULO, Secretaria de Economia e Planejamento, Cartas topográficas. São Paulo, 1979. 5 mapas. Escala original 1:10.000. Equidistância entre as curvas de nível: 5 m. Projeção UTM, Datum horizontal de São Paulo. Disponível no acervo do Laboratório de Sensoriamento Remoto da FFCH/USP, São Paulo. Escala aproximada 1:30.000. N. 59927, 59928, 59929, 59930, 59931, 10247, 10248, 10249. Disponível no acervo do Laboratório de Sensoriamento Remoto da FFCH/USP, São Paulo. Escala aproximada 1:40.000. 6 fotografias aéreas. Fx. 41, n. 36, 37 e 38. F. 40, n. 30, 41 e 42. Disponível no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro. Escala aproximada 1:30.000. 6 fotografias aéreas. Fx. 141, n. 742, 743 e 744. Fx. 140, n. 707, 708 e 709. Informações complementares por trabalhos de campo realizados no ano de 2012 e 2013.



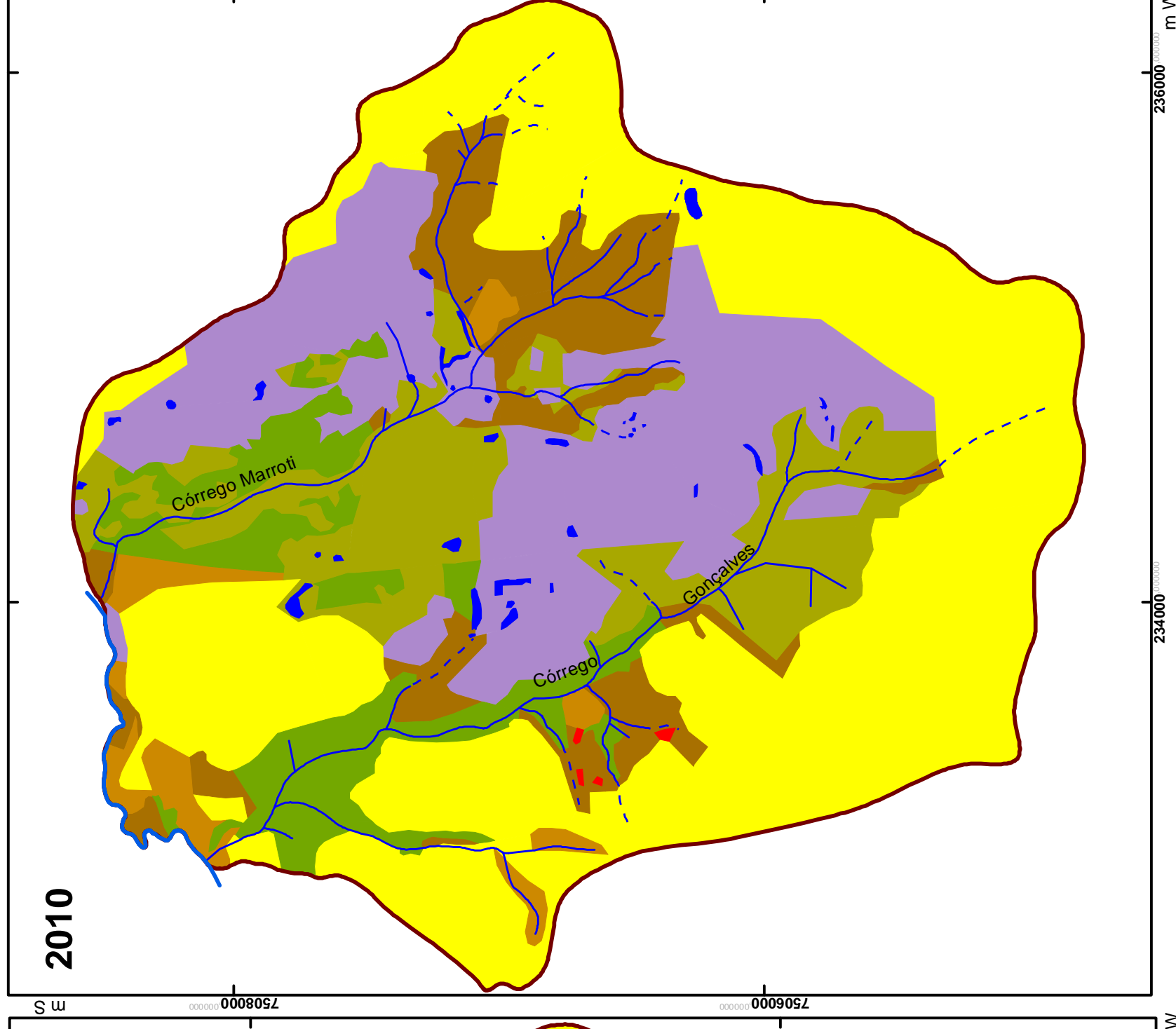
Cartas de uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego Marroti e Gonçalves



1962



1988



2010

LEGENDA

- Pasto limpo
- Pasto sujo
- Silvicultura
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Complexos industriais e comerciais
- Matas
- Minas a céu aberto
- Cana-de-açúcar

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Lagos artificiais
- Canais fluviais
- Canais pluviais
- Delimitação da bacia hidrográfica



1:20.000

TESE DE DOUTORADO

ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANTROPOGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Letícia Giuliana Paschoal
 Orientação: Profa. Dra. Cenira Lupinacci da Cunha
 Co-orientação: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição
 SÃO PAULO, Secretaria de Economia e Planejamento. 1 carta topográfica. São Paulo, 1979. 1 mapa. Escala original 1:10.000. Equidistância entre as curvas de nível: 5 m, projeção UTM, Datum horizontal Córrego Alegre/MG e Datum Vertical Marégrafo de Imbituba/SC, fuso 23.

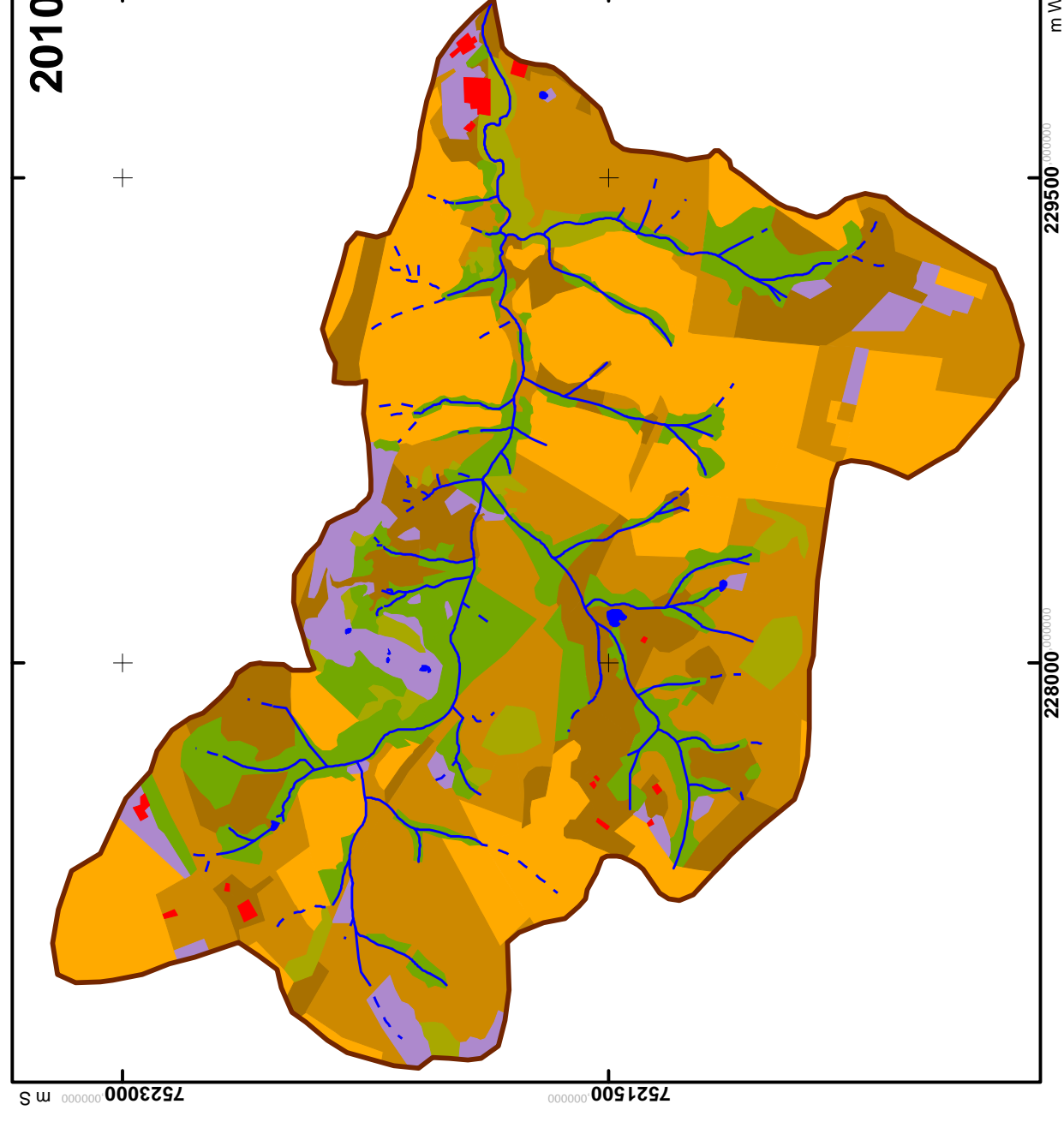
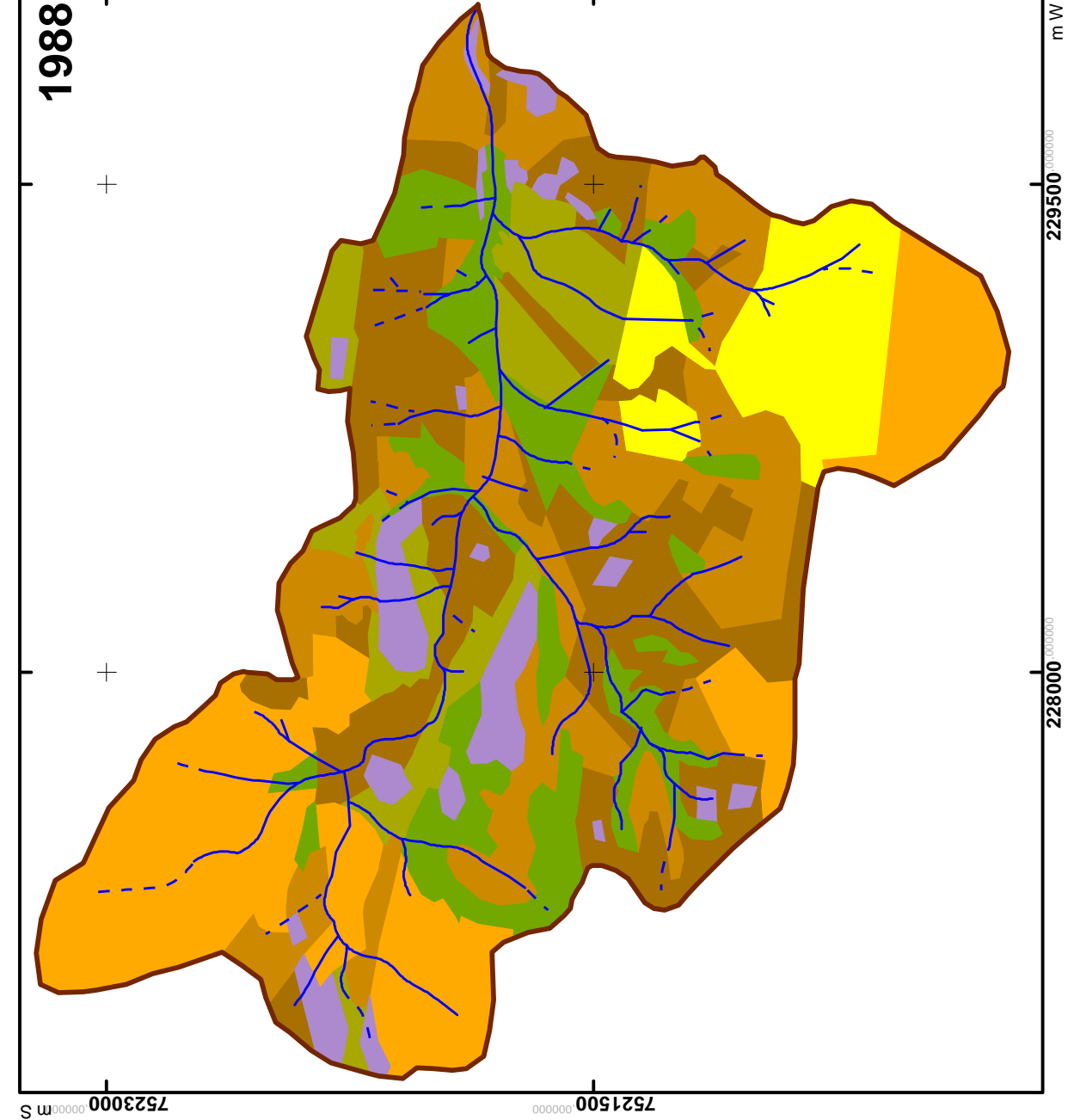
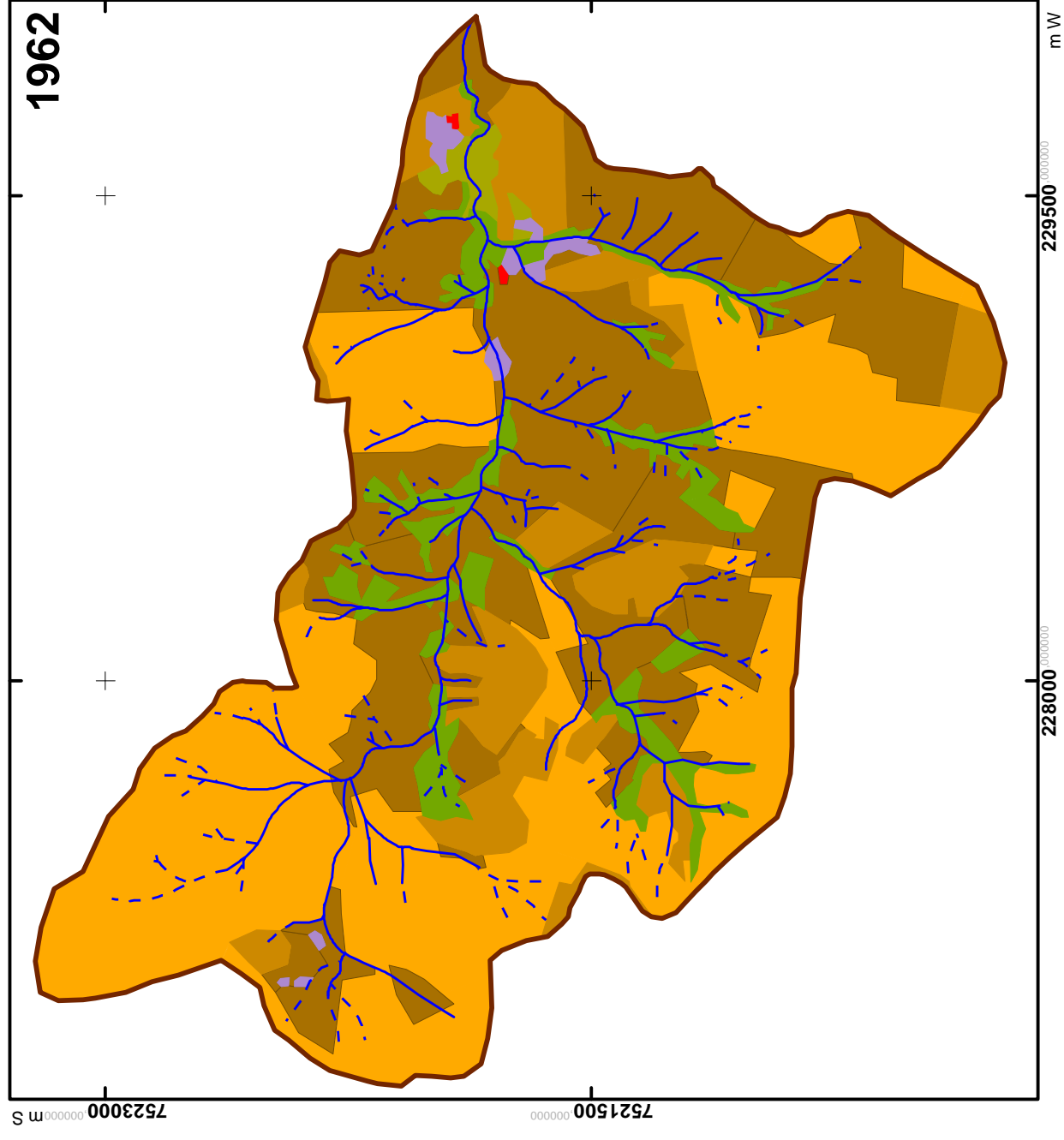
TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTOS. Córrego Marroti e Gonçalves: fotos aéreas, 1962. 3 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. N. 510267, 510266 e 510265. Disponível para consulta no acervo do Laboratório de Sensoriamento Remoto da FFLCH/USP.

BASE AEROFOTOMETRIA E PROJETOS S.A. Córrego Marroti e Gonçalves: fotos aéreas, 1988. 3 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:40.000. Fx. 48, n. 30, 31 e 32. Disponível para consulta no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro.

RIO CLARO. Prefeitura Municipal de Rio Claro. Córrego Marroti e Gonçalves: fotos aéreas, 2010. 19 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:10.000. N. 32-21, 32-22, 32-23, 33-20, 33-21, 33-22, 33-23, 33-24, 34-20, 34-21, 34-22, 34-23, 34-24, 35-21, 35-22, 35-23, 36-21, 36-22, 36-23.

Disponível para consulta no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro. Informações complementadas por trabalhos de campo realizados nos anos de 2012 e 2013.

Cartas de uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão das Araras/SP



LEGENDA

- Complexos industriais e comerciais
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Matas
- Mineração
- Pasto limpo
- Pasto sujo
- Silvicultura
- Cana-de-açúcar

ELEMENTOS DA BASE CARTOGRÁFICA

- Lagos
- Canais fluviais
- Canais pluviais
- Delimitação da bacia hidrográfica



TESE DE DOUTORADO

ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANтропоGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Letícia Giuliana Paschoal
 Orientação: Profa. Dra. Ceníra Lupinacci da Cunha
 Co-orientação: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição

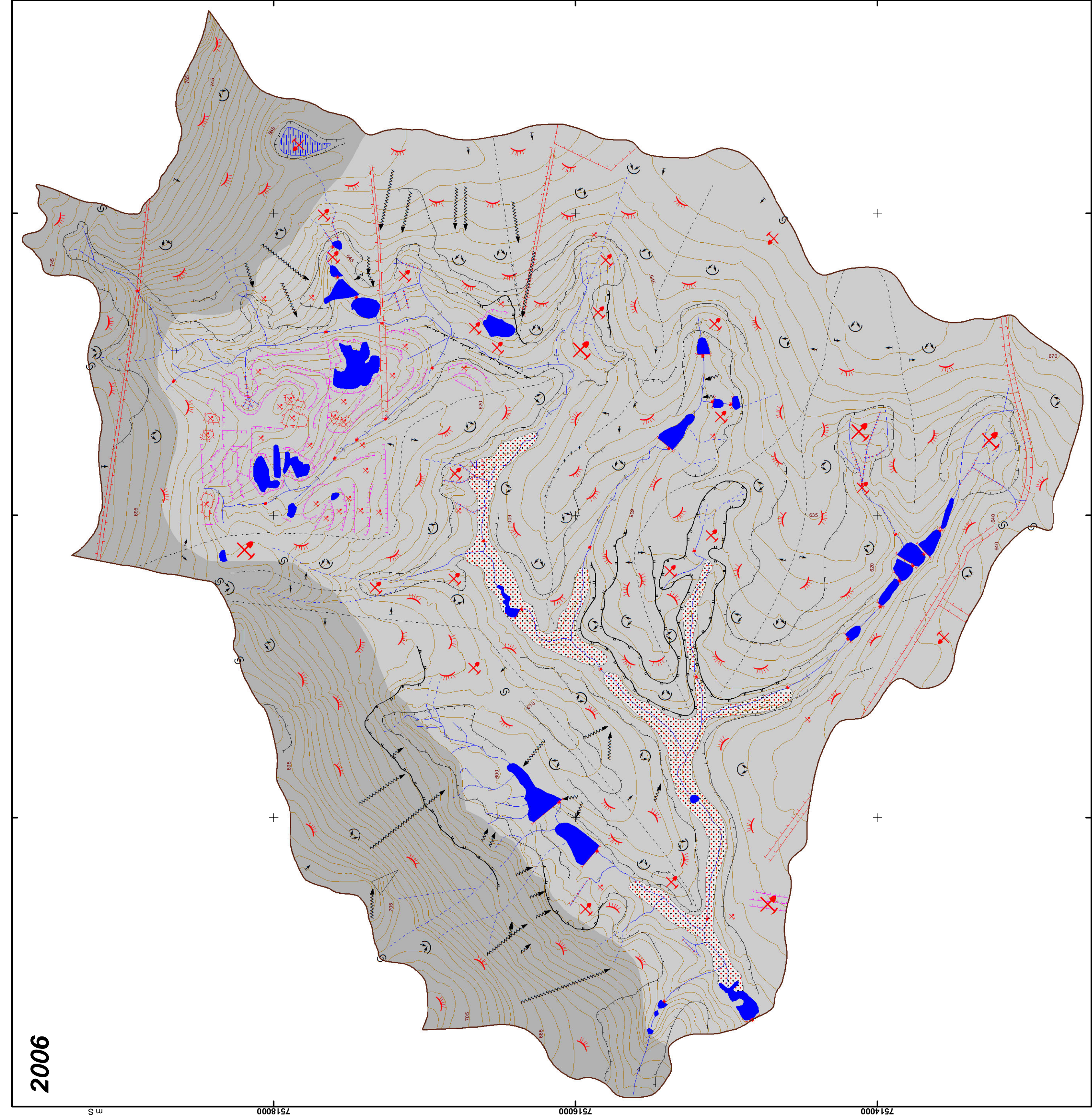
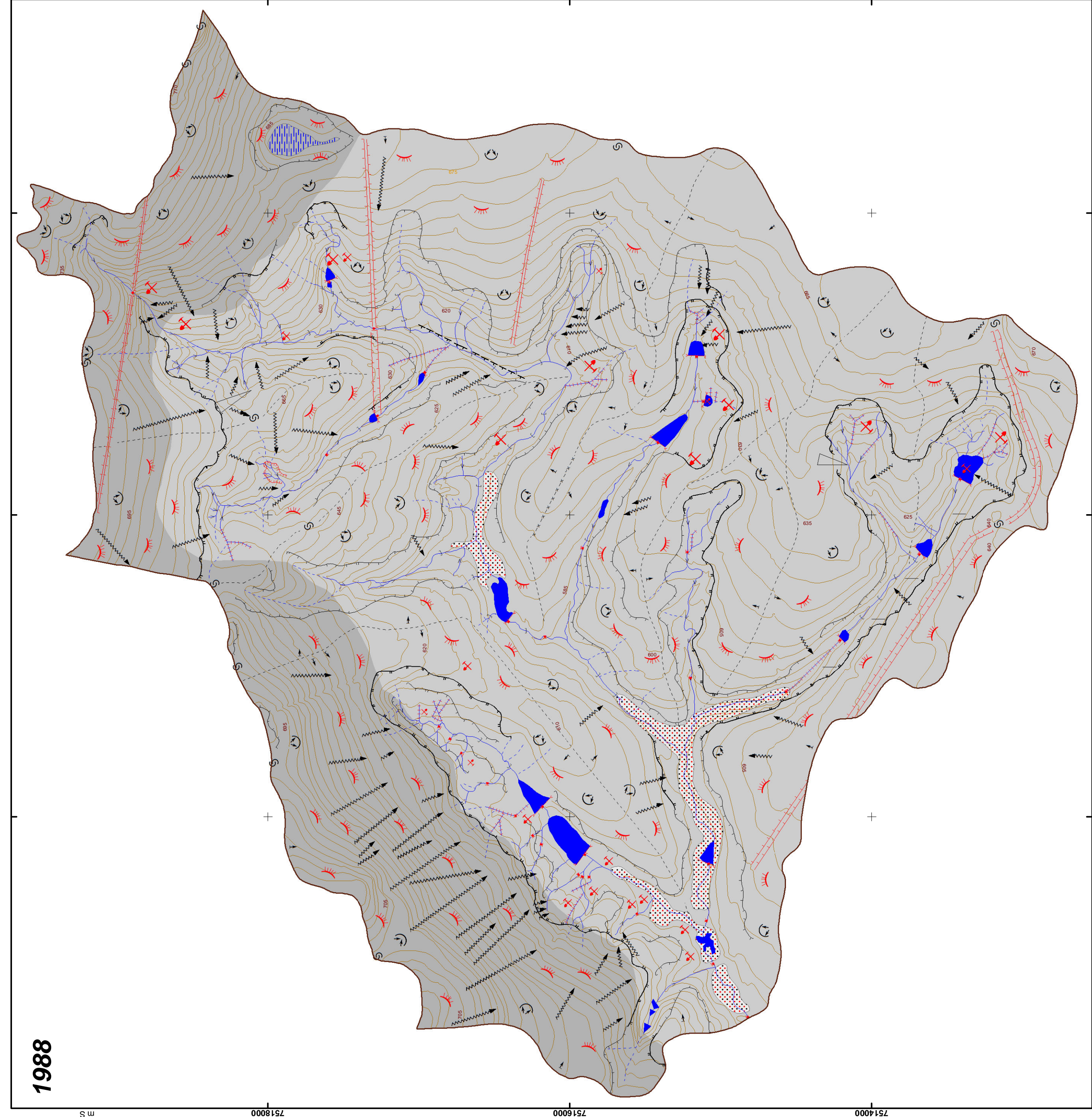
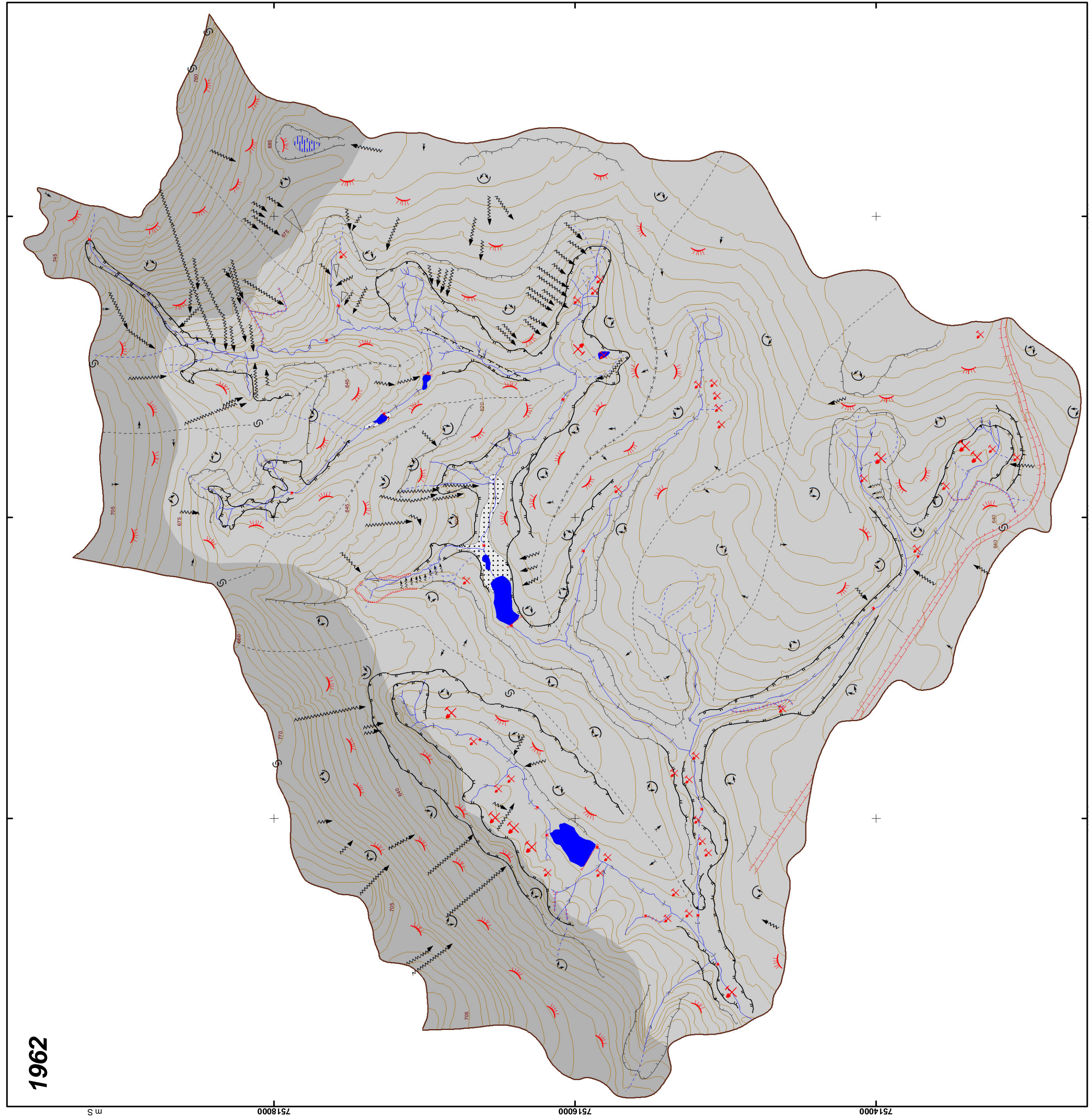
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância entre as curvas de nível: 5 m, projeção UTM, Datum horizontal Córrego Alegre/MG e Datum Vertical Marégrafo de Imbituba/SC, fuso 23.

TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTOS. Alto Curso do Ribeirão das Araras: foto aérea. São Paulo, 1962. 5 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. N. 9795, 9796, 9916, 9917 e 9918. Disponível para consulta no acervo no Laboratório de Sensoriamento Remoto da FFLCH/USP.

BASE AEROFOTOMETRIA E PROJETOS S.A. Alto Curso do Ribeirão das Araras: foto aérea. São Paulo, 1988. 3 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:40.000. Fx. 45A, n. 16, 17 e 18. Disponível para consulta no DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro

RIO CLARO. Prefeitura Municipal de rio Claro (SP). Alto Curso do Ribeirão das Araras: foto aérea. São Paulo, 2006. 18 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:10.000. n. 17-14, 17-15, 17-16, 18-14, 18-15, 18-16, 18-17, 18-18, 19-14, 19-15, 19-16, 19-17, 19-18, 20-14, 20-15, 20-16, 20-17, 20-18. Disponível para consulta no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro. Informações complementadas por trabalhos de campo realizados no ano de 2012 e 2013.

Cartas geomorfológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP)



LEGENDA

| DADOS LITOLÓGICOS | DADOS ESTRUTURUAIS | FORMAS DE VERTENTES E INTERFLUVIOS | ACÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Conzóicos Mesozóico Paleozóico | <ul style="list-style-type: none"> Falha inflexão Ventilante Linha de cumada Formas localizadas | <ul style="list-style-type: none"> Aluviões Intrusões básicas Formação Corumbalal Côncava Convexa Retilínea Ingreme Cole topográfico Sulco Vogroca Calmente topográfico Curva de nível Ponto cotado Canal fluvial Canal fluvial Área de alagamento sazonal | <ul style="list-style-type: none"> Formas de acumulação Modelado de entalhe Mineração Colina residual derivada de atividade mineralária Palanques em cava de mineração Tempo agrícola / Curvas de nível Ateno para via de circulação Corte para via de circulação Contido Canais de mineração abaixo do nível do tempo trolático Canal fluvial sob interferência antropica Área de acumulação de planície e terrapó sob interferência antropica Delimitação de bacia hidrográfica Represas Lagos |

| ACÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES | MODELAO ANTRÓPICO | CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Formas de acumulação Modelado de entalhe Mineração Colina residual derivada de atividade mineralária Palanques em cava de mineração Tempo agrícola / Curvas de nível Ateno para via de circulação Corte para via de circulação Contido Canais de mineração abaixo do nível do tempo trolático Canal fluvial sob interferência antropica Área de acumulação de planície e terrapó sob interferência antropica Delimitação de bacia hidrográfica Represas Lagos | <ul style="list-style-type: none"> Formas de acumulação fluvial Ruptura topográfica Fundo de vale Mineração Desativa Stuave Abuzupia Stuave Abuzupio Tempo agrícola / Curvas de nível Ateno para via de circulação Corte para via de circulação Contido Canais de mineração abaixo do nível do tempo trolático Canal fluvial sob interferência antropica Área de acumulação de planície e terrapó sob interferência antropica Delimitação de bacia hidrográfica Represas Lagos | <ul style="list-style-type: none"> Formas de acumulação fluvial Ruptura topográfica Fundo de vale Mineração Desativa Stuave Abuzupia Stuave Abuzupio Tempo agrícola / Curvas de nível Ateno para via de circulação Corte para via de circulação Contido Canais de mineração abaixo do nível do tempo trolático Canal fluvial sob interferência antropica Área de acumulação de planície e terrapó sob interferência antropica Delimitação de bacia hidrográfica Represas Lagos |

TESE DE DOUTORADO

ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANTRÓPICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Letícia Guiliana Paschoal
 Orientadora: Prof.ª Dr.ª Fabiana Tomazini da Cunha
 Co-orientação: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Cunha

SÃO PAULO: Secretaria de Economia e Planejamento. Cartas topográficas: São Paulo, 1979, 5 mapas. Escala original 1:110.000. Equidistância entre as curvas de nível: 5 m. projeção UTM. Datum horizontal: Corrego Alegre/IC e Datum Vertical: Marigrato de Imatubá/SC, fuso 23.

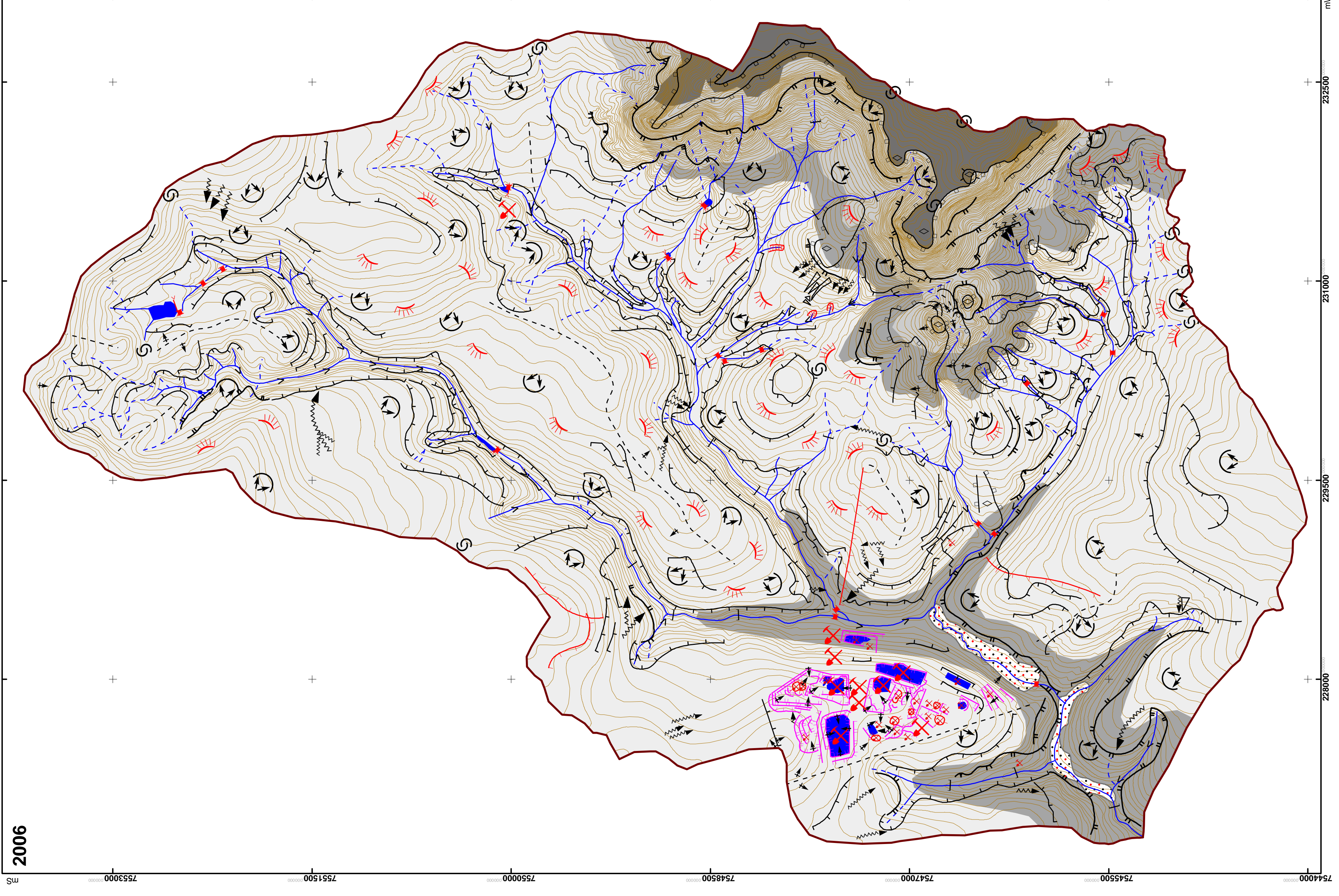
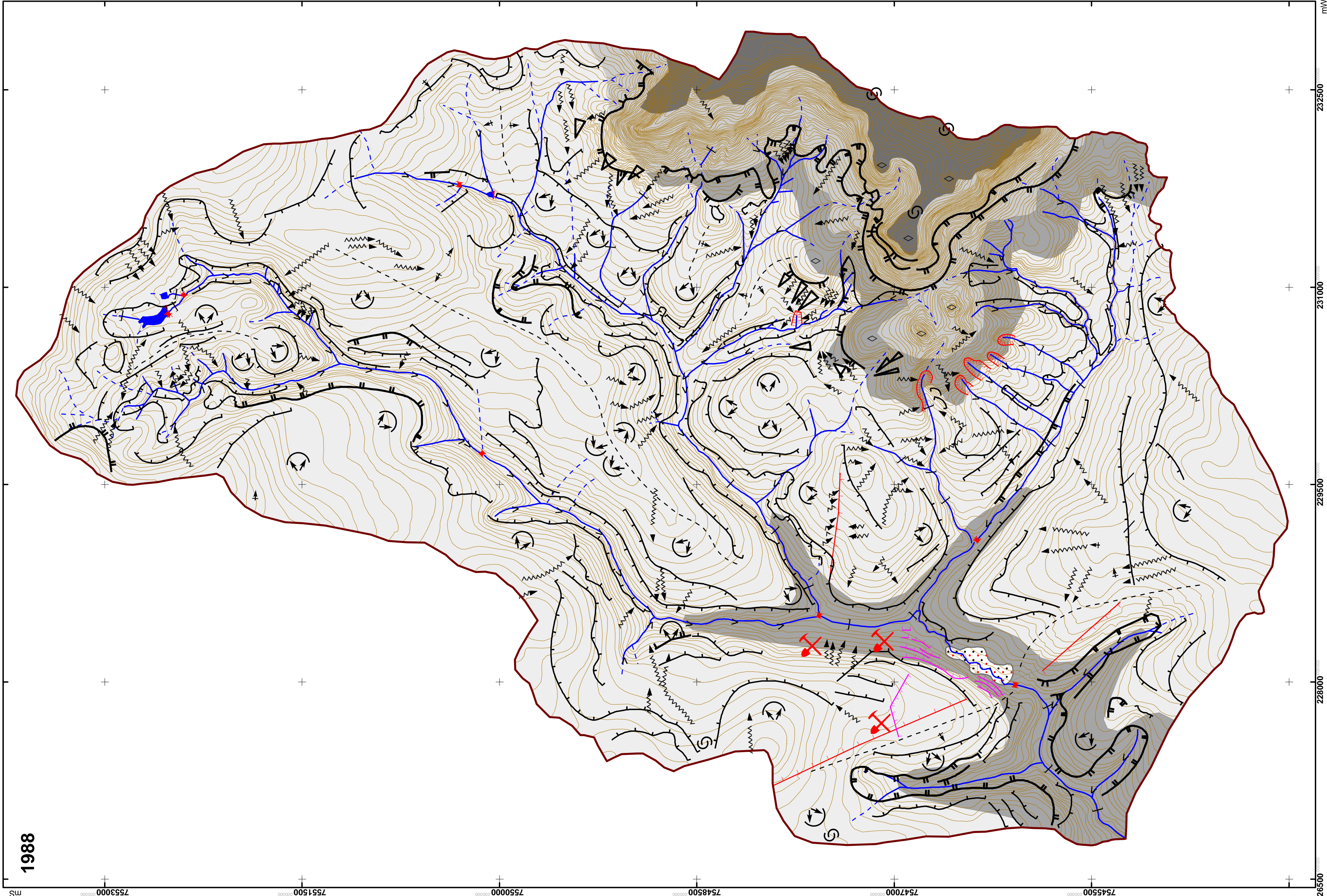
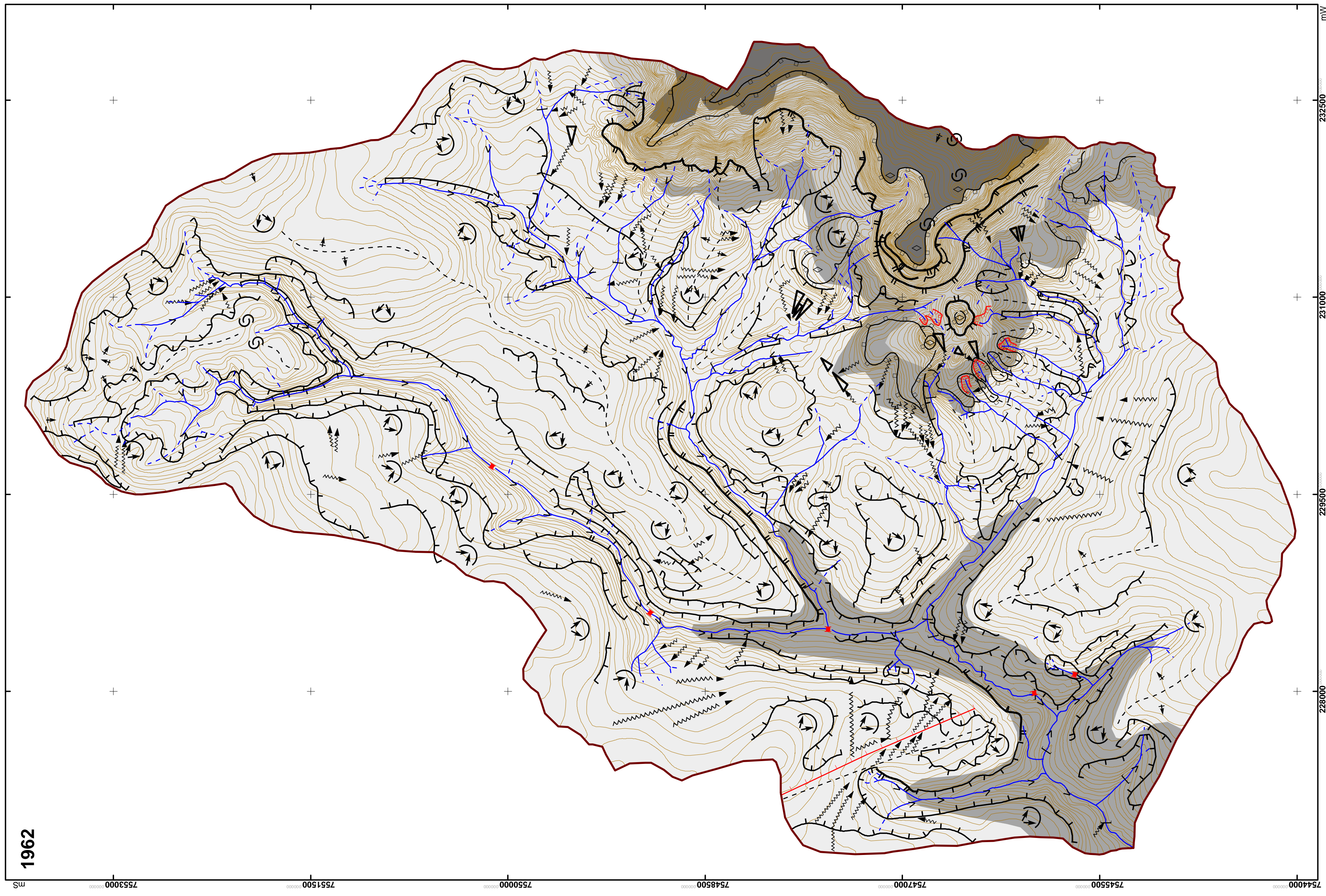
TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTO. Ribeirão Santa Gertrudes/SP: foto aérea. São Paulo, 1962. 8 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. N. 5 10102, 5 10103, 5 10104, 5 10105, 5 9991, 5 9992, 5 9993, 5 9994. Disponível para consulta no acervo do Laboratório de Sensoriamento Remoto, USP/SP.

TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTO. Ribeirão Santa Gertrudes/SP: foto aérea. São Paulo, 1988. 6 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:40.000. Fx. 47A/10 e 11; Fx. 46A/08, 09, 10 e 11.

BASE AEROFOTOGRAFIA E PROJETOS S.A. Ribeirão Santa Gertrudes/SP: foto aérea. São Paulo, 2006. 4 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. Fx. 134/6038, 6039, 6040 e 4041. Informações complementares por trabalhos de campo realizados no ano de 2010.

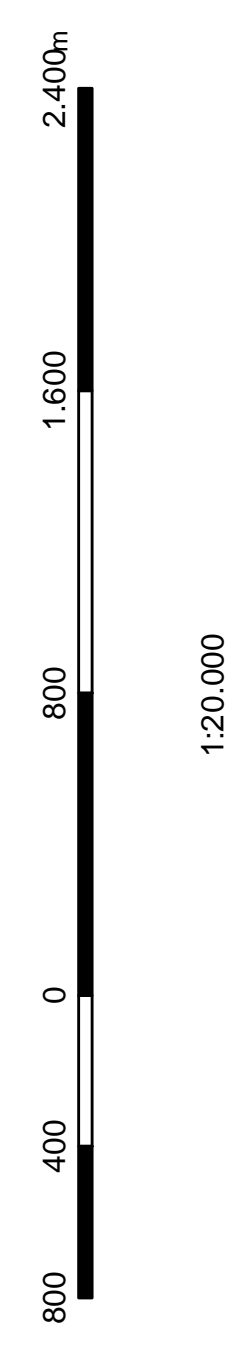
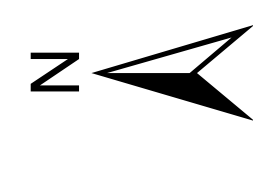


Cartas geomorfológicas da bacia hidrográfica do Córrego das Taipas



LEGENDA

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| DADOS LITOLÓGICOS | Cenozóico | Aluviões |
| | Mesozóico | Formação Santa Rita do Passa Quatro |
| | | Formação Serra Geral (Basaltos) |
| FORMA DE ORIGEM ESTRUTURAL | Platamar estrutural | Formação Botucatu |
| | Muro testamunho | Formação Pirambóia |
| | | |
| FORMAS DE INTERFLUVIOS | Vertente | Côncava |
| | | Convexa |
| | | Reifilina |
| | | Suave |
| | | Linea de cumesada |
| | | Grigame |
| | | Calo topográfico |
| | | Sulco |
| | | Benina |
| | | Vaporosa |
| AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES | Feições hidrográficas | Canais fluviais |
| | | Canais pluviais |
| | | Canais topográficos |
| | | Curvas de nível |
| | | Pronto colado |
| MODELADO ANTROPICO | Mineração | Ativa |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS | Modelado de entalhe | Ingrene |
| | | Em V |
| | | Fundo plano |
| | | Fundo de vale |
| | | Ativa |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |





1:20.000

TESE DE DOUTORADO
ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANTROPÔGENICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

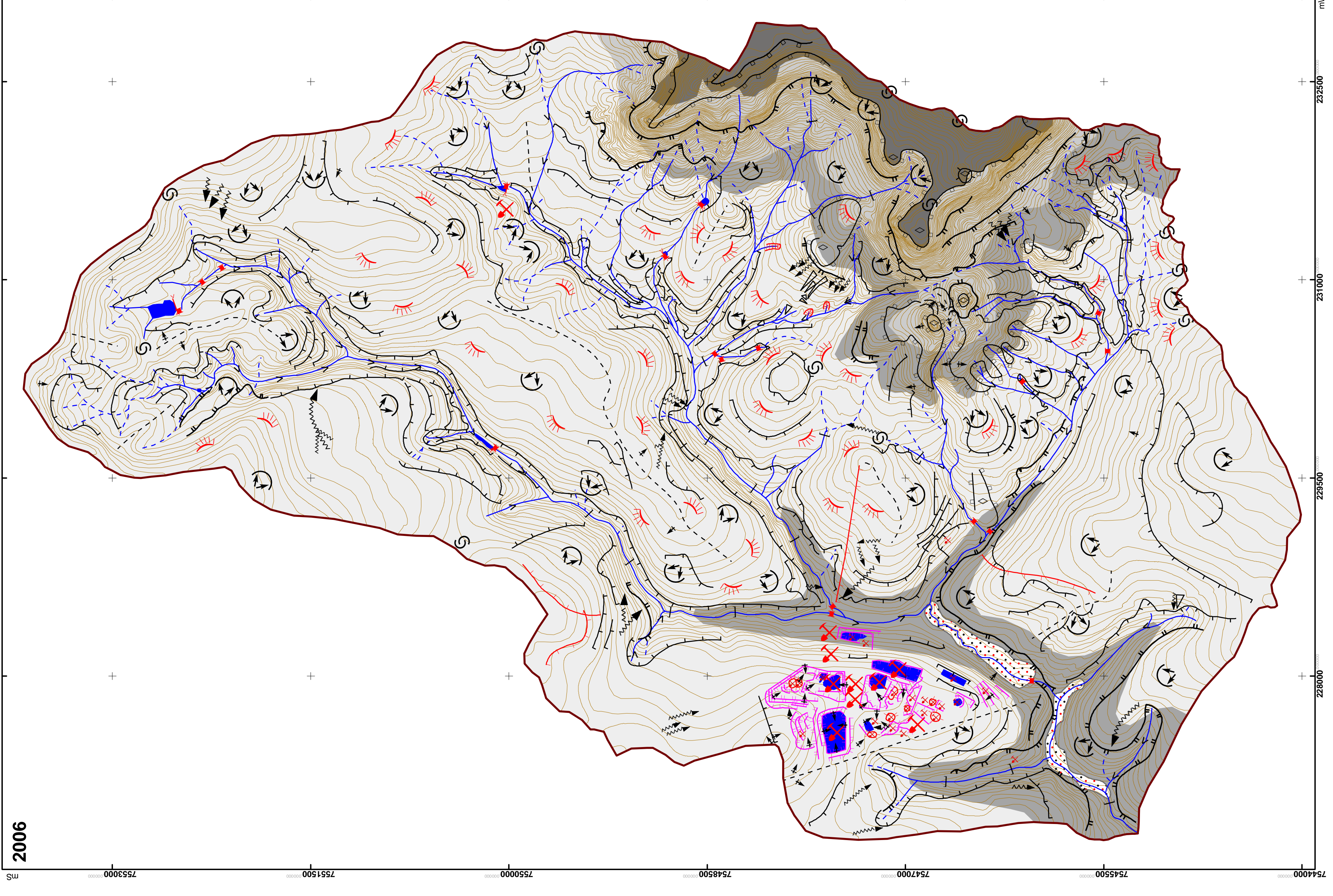
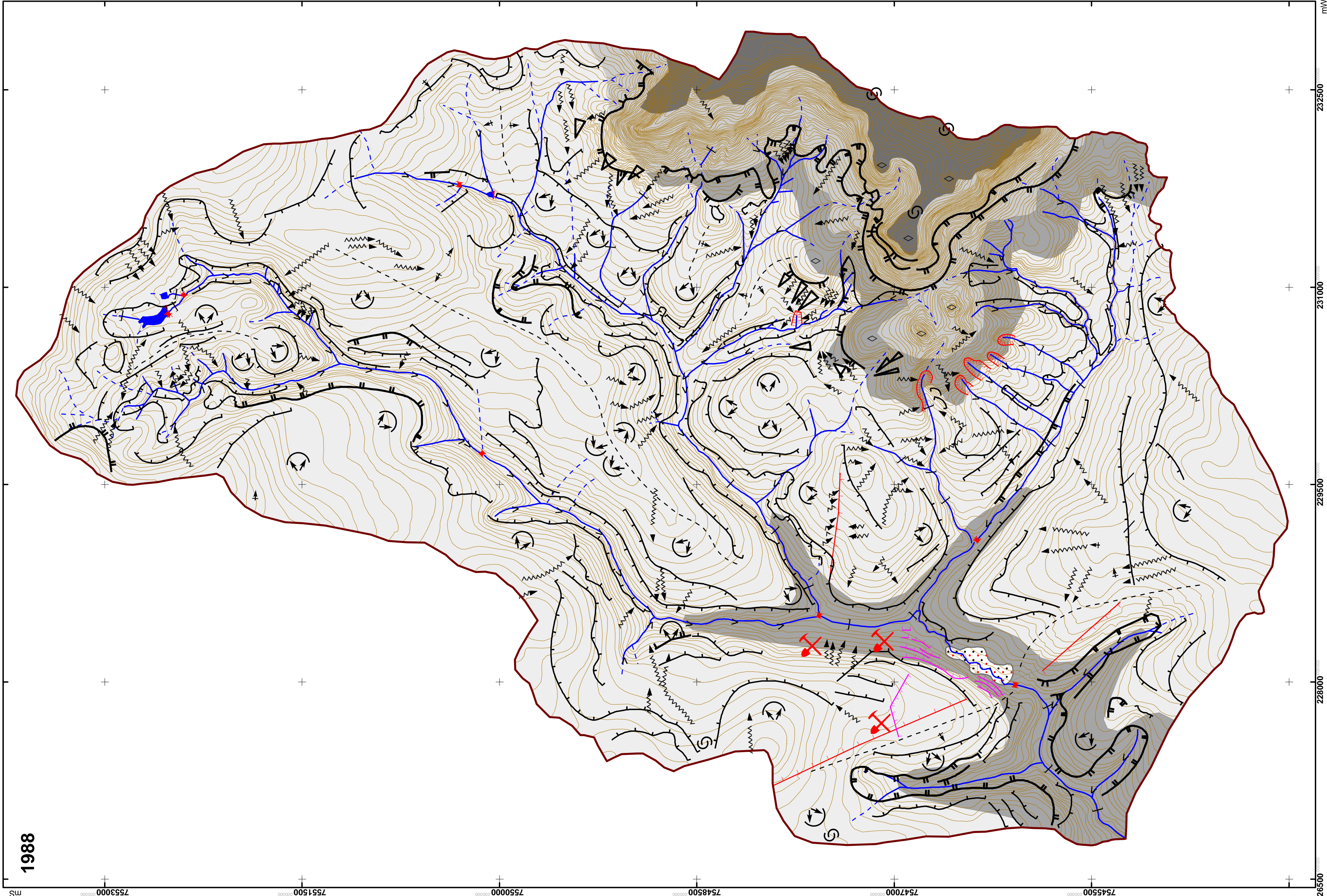
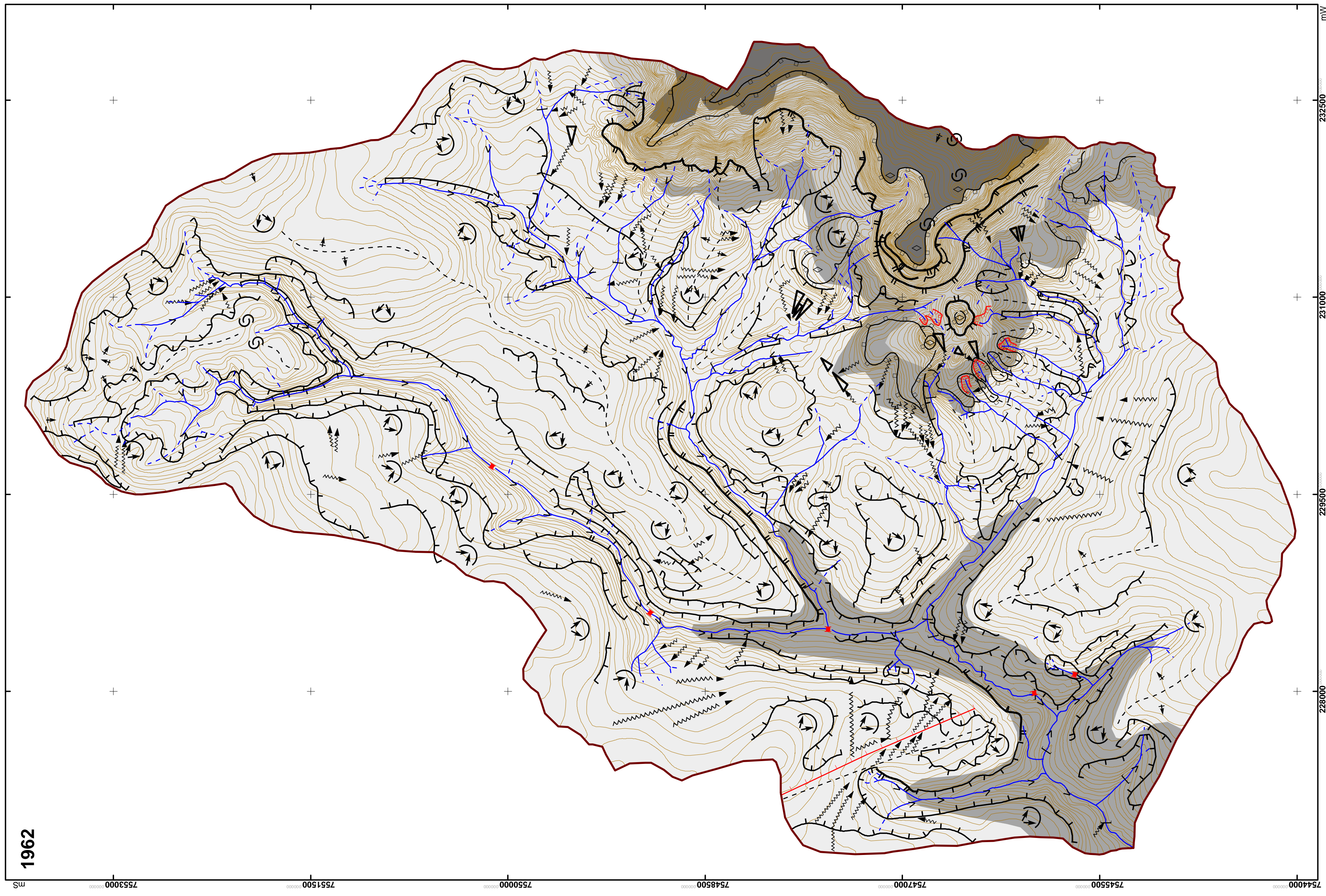
Elaboração: Letícia Juliana Paschoal Lupinacci da Cunha
 Orientação: Profa. Dra. Ceniia Tomazini da Conceição
 SÃO PAULO, Secretaria de Economia e Planejamento, Cartas topográficas, São Paulo, 1979, 5 mapas, Escala original 1:10.000, Equidistância entre as curvas de nível: 5 m, Projeção UTM, Datum horizontal Córrego Alegre/MG e Datum Vertical Marigrato, de Inibitua/SC, fuso 23.

TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTOS, Córrego das Taipas: foto aérea, São Paulo, 1962, 8 fotografias aéreas, Escala aproximada 1:30.000, 6 fotografias aéreas, Fx. 41, n. 36, 37 e 38, Fx. 40, n. 40, 41 e 42, Disponível no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro.

BASE AEROFOTOGRAFIETRIA E PROJETOS S.A. Córrego das Taipas: foto aérea, São Paulo, 2006, Escala aproximada 1:30.000, 6 fotografias aéreas, Fx. 141, n. 742, 743 e 744, Fx. 140, n. 707, 708 e 709, Informações complementadas por trabalhos de campo realizados no ano de 2012 e 2013.

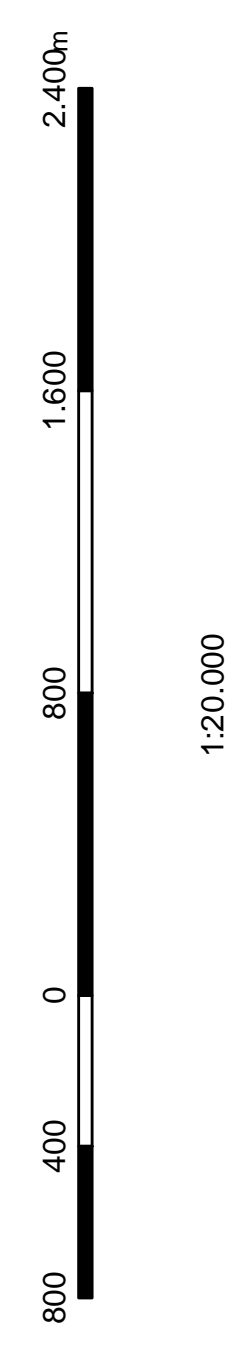
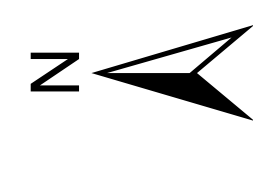
unesp  JAPESP 

Cartas geomorfológicas da bacia hidrográfica do Córrego das Taipas



LEGENDA

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| DADOS LITOLÓGICOS | Cenozóico | Aluviões |
| | Mesozóico | Formação Santa Rita do Passa Quatro |
| | | Formação Serra Geral (Basaltos) |
| FORMA DE ORIGEM ESTRUTURAL | Platamar estrutural | Formação Botucatu |
| | Muro testamunho | Formação Pirambóia |
| | | |
| FORMAS DE INTERFLUVIOS | Vertente | Côncava |
| | | Convexa |
| | | Reifilina |
| | | Suave |
| | | Irregular |
| | | Clivo topográfico |
| | | Sulco |
| | | Benina |
| | | Vaporosa |
| | | Curva topográfico |
| AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES | Feições hidrográficas | Canais fluviais |
| | | Canais pluviais |
| | | Canais topográficos |
| | | Canais de nível |
| | | Canais de nível |
| | | Canais de nível |
| | | Canais de nível |
| | | Canais de nível |
| | | Canais de nível |
| | | Canais de nível |
| MODELADO ANTROPICO | Mineração | Ativa |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS | Mineração | Ativa |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |
| | | Abrupto |
| | | Suave |



1:20.000

TESE DE DOUTORADO
ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANTROPICIZADAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Letícia Juliana Paschoal
 Orientação: Profa. Dra. Ceníia Lupinacci da Cunha
 Co-orientação: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição

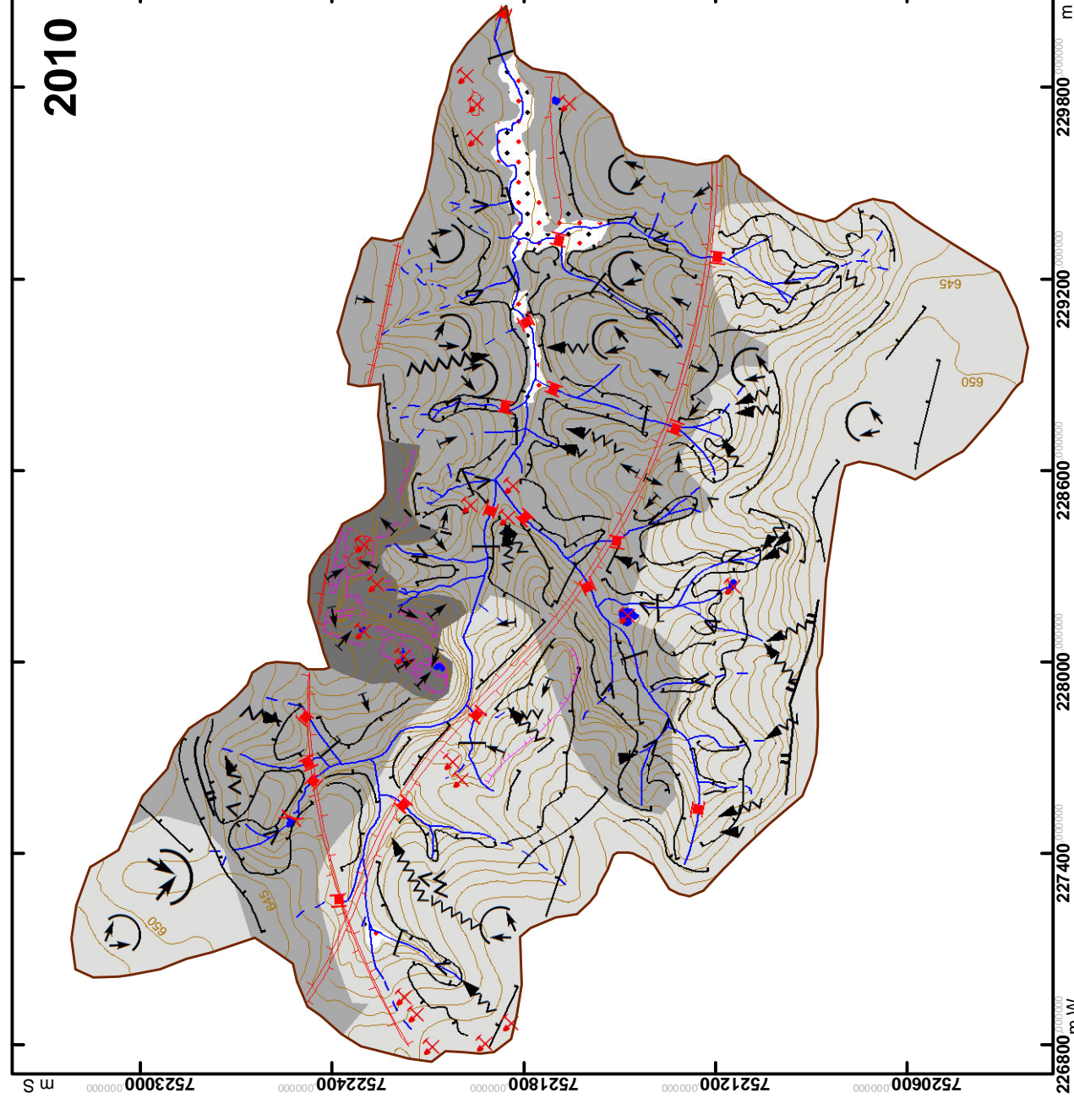
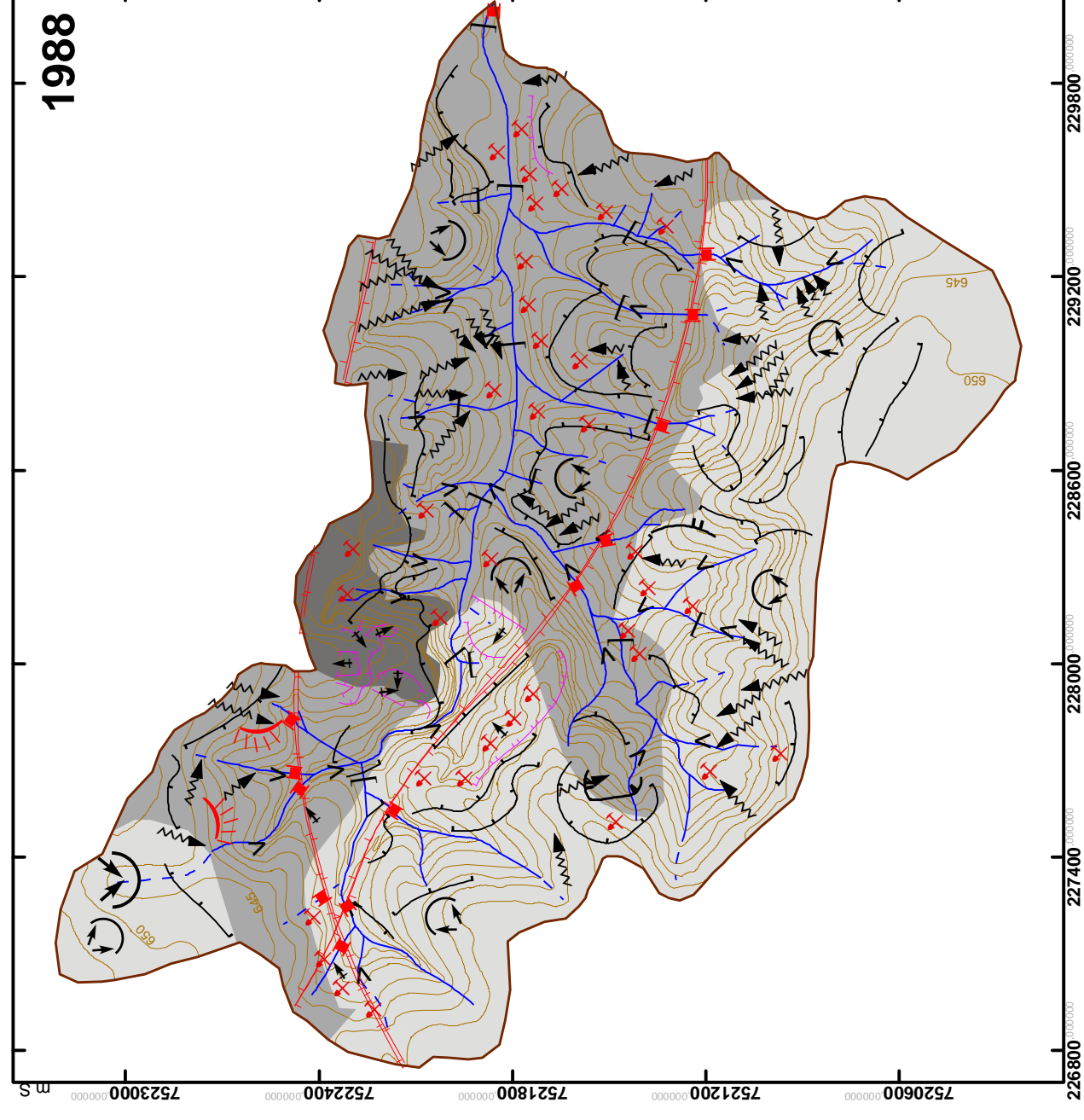
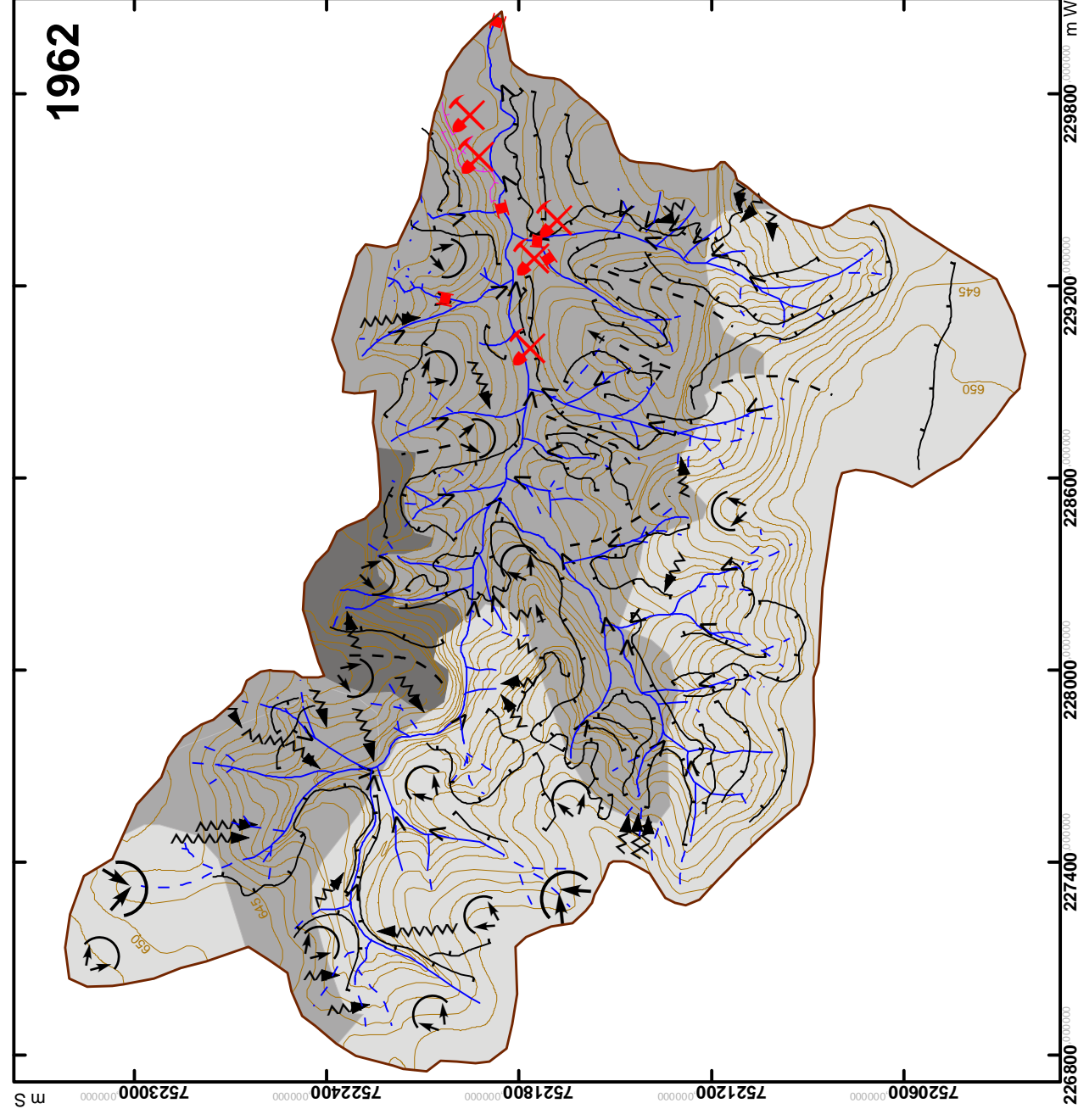
SÃO PAULO, Secretaria de Economia e Planejamento, Cartas topográficas, São Paulo, 1979, 5 mapas, Escala original 1:10.000, Equidistância entre as curvas de nível: 5 m, Projeção UTM, Datum Vertical Marigrato, de Inibitua/SC, fuso 23.

TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTOS, Córrego das Taipas: foto aérea, São Paulo, 1962, 8 fotografias aéreas, Escala aproximada 1:30.000, 6 fotografias aéreas, Fx. 41, n. 36, 37 e 38, Fx. 40, n. 40, 41 e 42, Disponível no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro.

BASE AEROFOTOGRAFIETRIA E PROJETOS S.A. Córrego das Taipas: foto aérea, São Paulo, 2006, Escala aproximada 1:30.000, 6 fotografias aéreas, Fx. 141, n. 742, 743 e 744, Fx. 140, n. 707, 708 e 709, Informações complementadas por trabalhos de campo realizados no ano de 2012 e 2013.

unesp JAPESP

Cartas geomorfológicas da bacia hidrográfica do Alto Curso do Ribeirão das Araras



LEGENDA

| | | | |
|------------------------------------|--|---|--|
| DADOS LITOLÓGICOS | Cenozóico | Aluviões | |
| | Mesozóico | Formação Rio Claro | |
| | Paleozóico | Formação Serra Geral (Intrusivas básicas) | |
| | | Formação Corumbataí | |
| FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS | Vertente | Côncava | |
| | | Convexa | |
| | | Suave | |
| | Formas Localizadas | Sulco | |
| | Feições Topográficas e Morfométricas | Caimento topográfico | |
| | | Curva de nível | |
| | | Ponto cotado | |
| | | Canal fluvial | |
| | | Canal pluvial | |
| | | Ruptura topográfica | |
| AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES | Modelado de entalhe | Fundo de vale | |
| | Mineração | Ativa | |
| | | Suave | |
| | | Íngreme | |
| MODELADO ANTROPÓICO | Colina residual derivada de atividade minerária | Abrupto | |
| | | Suave | |
| | Patamares em cava de mineração | Abrupto | |
| | | Suave | |
| | Terraço agrícola | | |
| | Aterro para vias de circulação | | |
| | Conduto | | |
| | Cavas de mineração abaixo do nível do lençol freático | | |
| | Área de acumulação de planície e terraço sob interferência antrópica | | |
| | Barragem | | |
| CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS | Delimitação da bacia hidrográfica | | |
| | Lagos | | |



1:20.000

TESE DE DOUTORADO ESTUDO DOS EFEITOS DA CRIAÇÃO DE MORFOLOGIAS ANтропоGÊNICAS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

Elaboração: Letícia Giuliana Paschoal
Orientação: Profa. Dra. Ceníra Lupinacci da Cunha
Co-orientação: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição

SÃO PAULO, Secretaria de Economia e Planejamento, 2 Cartas topográficas. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância entre as curvas de nível: 5 m, projeção UTM, Datum horizontal Córrego Alegre/MG e Datum Vertical Marégrafo de Imbituba/SC, fuso 23.

TERRAFOTO S.A. ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTOS. Alto Curso do Ribeirão das Araras: foto aérea. São Paulo, 1962. 5 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:30.000. N. 9795, 9796, 9916, 9917 e 9918. Disponível para consulta no acervo no Laboratório de Sensoriamento Remoto da FFLCH/USP.

BASE AEROFOTOMETRIA E PROJETOS S.A. Córrego das Alto Curso do Ribeirão das Araras: foto aérea. São Paulo, 1988. 3 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:40.000. Fx. 45A, n. 16, 17 e 18. Disponível para consulta no DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro

RIO CLARO, Prefeitura Municipal de Rio Claro (SP). Alto Curso do Ribeirão das Araras: foto aérea. São Paulo, 2006. 18 fotografias aéreas. Escala aproximada 1:10.000. n. 17-14, 17-15, 17-16, 18-14, 18-15, 18-16, 18-17, 18-18, 19-14, 19-15, 19-16, 19-17, 19-18, 20-14, 20-15, 20-16, 20-17, 20-18. Disponível para consulta no acervo do DEPLAN da UNESP/Campus de Rio Claro. Informações complementadas por trabalhos de campo realizados no ano de 2012 e 2013.

ANEXO A

ALTO CURSO DO RIBEIRÃO DAS ARARAS

| | A2-F1 | A2-F2 | A2-F3 | A2-F4 | A2-F5 | A2-F6 | A2-F7 | A2-F8 | A2-F9 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pb-210 | 36 | < | < | < | < | < | < | < | < |
| ** | 20 | 20 | 21 | 33 | 22 | 28 | 20 | 21 | 35 |
| Ra-226 | 12 | 10 | 10 | 8 | 7 | 9 | 10 | 6 | 7 |
| ** | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Ra-228 | 12 | 6 | < | 9 | 9 | < | 5 | 7 | 7 |
| ** | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 |

*Dados obtidos em Bq/kg

**Variação dos valores para mais ou para menos

< valores não detectados pela espectrometria gama

CÓRREGO GONÇALVES

| | A3-F1 | A3-F2 | A3-F3 | A3-F4 | A3-F5 | A3-F6 | A3-F7 | A3-F8 | A3-F9 | A3-F10 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Pb-210 | 48 | 62 | 48 | 64 | 59 | 55 | 57 | 57 | 35 | 65 |
| ** | 28 | 29 | 32 | 27 | 31 | 27 | 24 | 32 | 26 | 26 |
| Ra-226 | 42 | 36 | 39 | 43 | 35 | 41 | 42 | 45 | 36 | 38 |
| ** | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 7 | 8 |
| Ra-228 | 41 | 42 | 58 | 49 | 36 | 42 | 44 | 41 | 40 | 39 |
| ** | 13 | 11 | 13 | 11 | 11 | 12 | 13 | 11 | 13 | 10 |

*Dados obtidos em Bq/kg

**Variação dos valores para mais ou para menos

RIBEIRÃO DAS TAIPAS

| | A5-F1 | A5-F2 | A5-F3 | A5-F4 | A5-F5 | A5-F6 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pb-210 | < | < | < | < | < | 25 |
| | 20 | 19 | 27 | 20 | 18 | 18 |
| Ra-226 | 21 | 16 | 15 | 15 | 13 | 16 |
| | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Ra-228 | 32 | 13 | 16 | 21 | 18 | 19 |
| | 7 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 |

*Dados obtidos em Bq/kg

**Variação dos valores para mais ou para menos

< valores não detectados pela espectrometria gama

ALTO CURSO DO CÓRREGO SANTA GERTRUDES

| | A6-F1 | A6-F2 | A6-F3 | A6-F4 | A6-F5 | A6-F6 | A6-F7 | A6-F8 | A6-F9 | A6-F10 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Pb-210 | 89 | 95 | 106 | 86 | 95 | 49 | 64 | 98 | 91 | 58 |
| ** | 33 | 36 | 38 | 30 | 35 | 30 | 32 | 37 | 36 | 33 |
| Ra-226 | 56 | 59 | 79 | 62 | 60 | 51 | 56 | 69 | 58 | 44 |
| ** | 11 | 11 | 13 | 10 | 10 | 8 | 8 | 12 | 11 | 7 |
| Ra-228 | 73 | 70 | 78 | 77 | 64 | 55 | 48 | 72 | 67 | 47 |
| ** | 15 | 15 | 17 | 15 | 13 | 11 | 10 | 16 | 15 | 10 |

*Dados obtidos em Bq/kg

**Variação dos valores para mais ou para menos

CÓRREGO MARROTI

| | A9-F1 | A9-F2 | A9-F3 | A9-F4 | A9-F5 | A9-F6 | A9-F7 | A9-F8 | A9-F9 | A9-F10 | A9-F11 | A9-F12 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Pb-210 | 79 | 75 | 66 | 89 | 74 | 78 | 97 | 73 | 59 | 77 | 63 | 78 |
| ** | 29 | 26 | 29 | 29 | 26 | 30 | 31 | 28 | 26 | 28 | 27 | 30 |
| Ra-226 | 59 | 52 | 57 | 53 | 59 | 67 | 58 | 49 | 51 | 60 | 49 | 49 |
| ** | 9 | 8 | 10 | 9 | 9 | 10 | 10 | 8 | 8 | 10 | 9 | 9 |
| Ra-228 | 52 | 66 | 63 | 66 | 62 | 70 | 68 | 49 | 42 | 46 | 50 | 44 |
| ** | 12 | 15 | 14 | 13 | 13 | 18 | 13 | 11 | 11 | 12 | 11 | 14 |

*Dados obtidos em Bq/kg

**Variação dos valores para mais ou para menos