

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

MÁRCIA SAYURI MORINAGA

**ANÁLISE MORFOTECTÔNICA E MORFOESTRUTURAL NO
CONTROLE DE EROSÕES HÍDRICAS LINEARES NA
REGIÃO DE MARÍLIA (SP)**

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

Orientador: Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda

Rio Claro – SP
2014

551.302 Morinaga, Márcia Sayuri
M858a Análise morfotectônica e morfoestrutural no controle de
erosões hídricas lineares na região de Marília (SP) / Márcia
Sayuri Morinaga. - Rio Claro, 2014
141 f. : il., figs., gráfs., quadros, fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Jairo Roberto Jiménez-Rueda

1. Erosão. 2. Erosão linear. 3. Deformação rúptil. 4.
Deformação dúctil. 5. Cobertura de alteração intempérica. I.
Título.

MÁRCIA SAYURI MORINAGA

**ANÁLISE MORFOTECTÔNICA E MORFOESTRUTURAL NO
CONTROLE DE EROSÕES HÍDRICAS LINEARES NA
REGIÃO DE MARÍLIA (SP)**

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

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda (orientador)
Prof. Dr. Archimedes Perez Filho (IG – UNICAMP)
Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos (FEG – UNESP Guaratinguetá)

Rio Claro, SP 26 de maio de 2014

Resultado: Aprovada

*A Darci Mizue Hayashi e
Oswaldo Teruo Morinaga, pela
dedicação, sacrifícios, esforço
e confiança.*

AGRADECIMENTOS

Sou extremamente grata ao Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda, pela disponibilidade em me orientar, pelas horas despendidas em discussões e auxílio, por nunca desistir. Obrigada por me ensinar a aprender. Juntamente, tenho muito a agradecer ao Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos, por me incentivar a dar mais um passo na vida acadêmica, por ensinar a ensinar.

Agradeço à Capes, financiadora desta etapa de trabalhos intensos.

Ao Ceapla, por permitir a realização do trabalho em suas dependências e aos seus funcionários que estão sempre à disposição para auxiliar. Muito do stress foi descarregado em boas conversas.

Especial agradecimento à Profa. Dra. Paulina Setti Riedel e ao Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto, pelas correções, dicas e conselhos no Exame de Qualificação.

Agradeço ao Prof Paulo Milton Barbosa Landim, pelas ajudas com estatística.

À Rosângela, pela paciência, pelo cuidado, pela amizade. Aos amigos, companheiros da pós-graduação nas aventuras de EPPGG, Thais Tinós, Cibele Volponi, Andréa Machado. Aos amigos que compartilharam de mesmas dificuldades e alegrias, Camila Chaves, Dayane Carvalho, Guilherme Gallo.

Especial agradecimento aos amigos queridos que estavam sempre prontos para ajudar, para ouvir, para aconselhar e dar risadas. Rafaela Silva, Helena Prado, Julia Oshima, Fabiano Pupim, Fábio Perin, Elson Lima. Obrigada por puxar meus pés para o mundo real e apreciar comigo os bons momentos.

À minha família, não tenho nem como agradecer à altura. Obrigada pelo apoio incondicional em cada escolha por mim tomada, pela ajuda no trabalho de campo. Muito do sacrifício em busca da educação se reflete aqui. Família Morinaga, Ozawa, Hayashi e Forte, muito obrigada pela torcida!

Obrigada Yuri Arten Forte pela companhia, apoio, ajuda, paciência, alegrias, conquistas, caminhadas, trabalho de campo, conselhos, cuidado, amor.

Muito obrigada a todos.

RESUMO

O oeste do Estado de São Paulo é conhecido pela sua forte vocação agrícola e pelos problemas com erosão. As condições naturais e a dinâmica de ocupação foram propícias para o surgimento deste tipo de degradação ambiental no solo, resultando em perda de área útil, assoreamento de corpos d'água e demandas na infraestrutura. Erosões hídricas lineares, como ravinas e voçorocas, têm como fatores de formação o clima, solo, declividade do terreno e o uso. Muitos autores relacionam as condições estruturais das rochas como um dos condicionantes do surgimento e desenvolvimento deste tipo de erosão. Para ampliar o conhecimento sobre este assunto, o presente trabalho objetivou uma análise das deformações geológicas rúpteis e dúcteis, e suas relações com as erosões hídricas lineares aceleradas da região de Marília (SP), através de interpretação de imagens de sensores remotos. A área de estudo compreende as latitudes 22°00'S e 22°15'S e as longitudes 49°45'W e 50°15'W e tem uma de suas principais características a presença do Planalto de Marília, um planalto com encostas festonadas que se destaca na paisagem, composta pelo arenito carbonático da Formação Marília (Grupo Bauru). Foram, então, cartografados: lineamentos estruturais, traços de junta e altos e baixos estruturais. As duas primeiras feições lineares foram analisadas com relação às suas frequências e direções; já as estruturas dômicas e depressivas foram relacionadas ao seu posicionamento topográfico. Para ampliar o conhecimento da área de estudo, foram realizadas análises fisiográfica e de coberturas de alteração intempérica (CAI) por interpretação de imagem de satélite, trabalhos de campo e consultas bibliográficas. Finalmente, essas informações foram relacionadas ao desenvolvimento das erosões lineares, feições estas identificadas a partir de fotografias aéreas e comprovadas em campo. Dentre os resultados, observou-se que as frequências de estruturas de deformação rúptil não apresentaram correlação significativa com o desenvolvimento das erosões. Na região de Marília, as ravinas e voçorocas apresentaram direção predominantemente NE, coincidente com as estruturas originadas pela reativação de zonas de fraqueza do embasamento, quando do levantamento da região costeira, no processo de rifteamento e surgimento do Oceano Atlântico. O desenvolvimento de erosão linear apresenta-se em estágio avançado, pois as potencialidades indicadas pela análise morfoestrutural já se apresentam instaladas. A área de maior desenvolvimento de erosão corresponde à de ocorrência de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, e destaca-se também as regiões de Argissolos com depósito arenoso abrupto. Dessa maneira, conclui-se que o tipo de solo possui uma relação direta com o desenvolvimento de erosões lineares aceleradas; e estudos morfoestruturais prévios possibilitam um direcionamento prévio nas ações de controle da a este tipo de degradação ambiental. Estudos de base sobre voçorocas no Brasil são importantes para sugerir técnicas eficazes de contenção, incrementar a produtividade agrícola e diminuir impactos ambientais, já que ainda existem frentes de ocupação no País.

Palavras-chave: Erosão hídrica linear. Estruturas geológicas. Morfoestrutura. Coberturas de Alteração Intempérica.

ABSTRACT

The west of the state of São Paulo is known by its strong agricultural vocation and by the erosion problems. The natural conditions and the occupation dynamic were propitious to the emergence of this kind of environmental degradation in the soil, resulting in loss of usable area, siltation of water bodies and demands on infrastructure. Linear hydraulic erosion, such as ravines and gullies, have as forming factors the climate, soil, land slope and the use. Many authors relate the rock structural conditions as one of the conditions of the emergence and development of this kind of erosion. To enlarge the knowledge about this subject, the present work aimed an analysis of the brittle and ductile geologic deformations and its relations to the accelerated linear hydraulic erosion in the region of Marília (SP), through the interpretation of remote sensing images. The study area comprises the latitudes 22°00'S and 22°15'S and the longitudes 49°45'W and 50°15'W and has one of its main characteristics the presence of the Marília Plateau, a plateau with festooned slopes which stands out in the landscape, composed by the carbonate sandstone from the Marília Formation (Bauru Group). Structural lineaments, joint traces and structural highs and lows where, therefore, mapped. The two first linear features were analyzed in relation to its frequencies and directions; whereas the dome and depressive structures were related to its topographic positioning. To enlarge the knowledge of the study area, it was performed physiographic analysis and of weathering alteration covers by satellite image interpretation, field works and bibliographic queries. Finally, these information were related to the development of the linear erosions, features that were identified from aerial photographs and proved in field. Among the results, it was observed that the structure frequencies of brittle deformation did not present correlation with the development of the erosions. In the region of Marília, the ravines and gullies present predominantly NE direction, coincident with the original structures by the reactivation of basement weak zones, when the coastal region lifted, in the rifting and emergence process of the Atlantic Ocean. The linear erosion development presents an advanced stage, because the potentials indicated by the morphostructural analysis are already installed. The area of greater development of erosion corresponds to the one of Dark-Red and Red-Yellow Latosols, also especially occurring in the regions of Argisols with abrupt sand deposit. Thus, it is concluded that the type of soil has a direct relation with the development of the accelerated linear erosions and previous morphostructural studies enable a susceptibility prognosis to this kind of environmental degradation. Base studies about gullies in Brazil are important to suggest efficient contention techniques, to increase the agriculture productivity and to reduce environmental impacts, since still there are occupation fronts in the country.

Keywords: Linear hydraulic erosion. Geological structures. Morphostructure. Weathering alteration covers.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativa e apresentação da dissertação.....	1
1.2. Objetivos	5
1.3. Fundamentação teórica	5
1.3.1. Processos erosivos hídricos lineares.....	5
1.3.2. Análise da deformação rúptil	8
1.3.3. Análise morfoestrutural.....	11
1.3.4. Coberturas de Alteração Intempérica (CAIs).....	17
2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA.....	19
2.1. Localização.....	19
2.2. Aspectos geológicos.....	20
2.3. Aspectos de geologia estrutural.....	24
2.4. Aspectos geomorfológicos.....	27
2.5. Aspectos hidrográficos	30
2.7. Aspectos climáticos	35
2.8. Aspectos florísticos.....	37
2.9. Aspectos históricos de ocupação.....	38
3. MATERIAIS E MÉTODOS	42
3.1. Materiais e documentos.....	42
3.2. Procedimentos.....	43
1.0 Definição da pesquisa e escolha da área de estudo	45
2.0 Contextualização da área de pesquisa	45
3.0 Produtos de sensoriamento remoto e cartográfico	46
4.0 Traçado e complementação da rede de drenagem	46
5.0 Análise de imagens de satélite.....	48
6.0 Análise de fotografias aéreas.....	50
7.0 Traços de juntas	52
8.0 Lineamentos estruturais.....	52
9.0 Formas anômalas de drenagem	52
10.0 Alinhamentos estruturais.....	53
11.0 Erosões lineares	53
12.0 Isovalores de frequência; diagramas de direções, Máximo 1 e Máximo 2 de traços de juntas e zonas de variação de direção.....	54
13.0 Isovalores de frequência e diagramas de direções de lineamentos estruturais	58

14.0 Linhas de forma de contorno estrutural (altos e baixos estruturais)	59
15.0 Trends estruturais	60
16.0 Fisiografia	60
17.0 Isovalores de frequência e diagramas de direções de erosões lineares.....	61
18.0 Avaliação dos resultados	62
19.0 Trabalho de campo	62
20.0 Coberturas de Alteração Intempéricas (CAI's)	62
21.0 Integração dos dados	63
22.0 Avaliação final.....	64
23.0 Elaboração da dissertação.....	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1. Produtos de mapeamento.....	65
4.1.1. Erosões lineares.....	65
4.1.2. Análise de deformação rúptil	70
4.1.3. Análise Morfoestrutural.....	80
4.1.4. Coberturas de Alteração Intempérica (CAI's).....	84
4.2. Discussões	111
4.2.1. Frequências de lineamentos estruturais e erosões lineares.....	111
4.2.2. Frequências de traços de junta e erosões lineares	113
4.2.3. Direções de lineamentos estruturais, traços de junta e erosões lineares	115
4.2.4. Zonas de variação de máximo 1 e máximo 2 de direção de traços de junta .	116
4.2.5. Análise morfoestrutural e erosões lineares	117
4.2.6. Coberturas de Alteração Intempérica e erosões lineares.....	120
5. CONCLUSÕES.....	124
Referências bibliográficas.....	126

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa e apresentação da dissertação

A interação do ser humano com a natureza demonstrou em milênios seus aspectos positivos e negativos. A necessidade de se adaptar ao meio em que habita foi um dos fatores de evolução da capacidade intelectual humana, através do desenvolvimento de ferramentas e entendimento de fenômenos naturais. Isso possibilitou o conhecimento cada vez maior do funcionamento dos sistemas em que se integra.

Alguns eventos naturais fazem a humanidade perceber a sua fragilidade e as consequências de seus atos. Terremotos, climas adversos, inundações, escorregamentos e erosões são fenômenos, dentre outros, que podem resultar em desastres naturais ao causar transtornos e mortes (TOMINAGA, 2012).

A erosão é um fenômeno de desagregação e remoção do solo ou rocha pela ação da água, vento, gelo, ondas e movimentos de massa (IWASA; FENDRICH, 1998). Tem como efeitos diretos sobre o solo a redistribuição e perda de volume e estrutura, declínio da quantidade de matéria orgânica e nutriente. Indiretamente, estas mudanças em seus aspectos naturais resultam na queda da produtividade agrícola, o que restringe a diversidade de cultivos e aumenta o uso de fertilizantes.

Em muitas regiões do planeta, esta prática é insustentável, devido aos altos custos destes insumos químicos, levando ao abandono da terra. Tal dinâmica tem consequências graves na produção de alimentos e na segurança alimentar da população humana (MORGAN, 2005).

As consequências da erosão vão além da agricultura. O assoreamento de sistemas fluviais reduz a vazão e aumenta o risco de enchente. Sedimentos acumulados bloqueiam canais de irrigação, inibe a implantação de projetos hidrelétricos, e onerar os já implantados. A mudança na paisagem e nos sistemas hidrológicos afeta a vida silvestre ao modificar habitat e o fornecimento de seus recursos alimentares. Fertilizantes adsorvidos na superfície dos sedimentos que entram nos corpos d'água elevam o nível de nitrogênio e fósforo, podendo resultar em eutrofização. Na ocasião de adsorção de agrotóxicos, eleva o nível de poluição. A movimentação de sedimentos da superfície do terreno expõe matéria orgânica e libera CO₂ para a atmosfera (GUERRA, 1995; KERTZMAN et al., 1995; MORGAN, 2005).

Segundo Morgan (2005), as erosões são naturalmente recorrentes em regiões de clima semi-árida e semi-úmida, como China, Índia, oeste dos EUA, Ásia Central e Mediterrâneo. No entanto, a sua ocorrência se espalha em outras regiões climáticas devido ao manejo inadequado da terra. Níveis avançados de erosão são registradas nos mais variados climas, incluindo Inglaterra, Espanha, Itália, Rússia, sul da África, EUA, oeste do Canadá Ártico, Nova Zelândia, Austrália e América do Sul (BEAVIS, 2000).

Feições erosivas lineares podem ser resultantes de degradação ambiental, iniciando-se com um sulco na superfície formado por fluxo de água pluvial, evoluindo para profunda rede de drenagem com maciça movimentação de terra que se destacam na paisagem pelo tamanho e rapidez do desequilíbrio do sistema natural. Tais feições, conhecidas como voçorocas, são responsáveis pela perda tanto de área utilizável, quanto de infraestrutura implantada. Os gastos para recompor áreas urbanas degradadas por este tipo de erosão chegam a valores astronômicos (SÃO PAULO, 1989).

No Estado de São Paulo, mais precisamente na região do Planalto Ocidental Paulista, as condições naturais do terreno favoreceram o aparecimento de feições

erosivas profundas, como pode ser destacado no mapa de suscetibilidade à erosão do Estado de São Paulo (Figura 1).

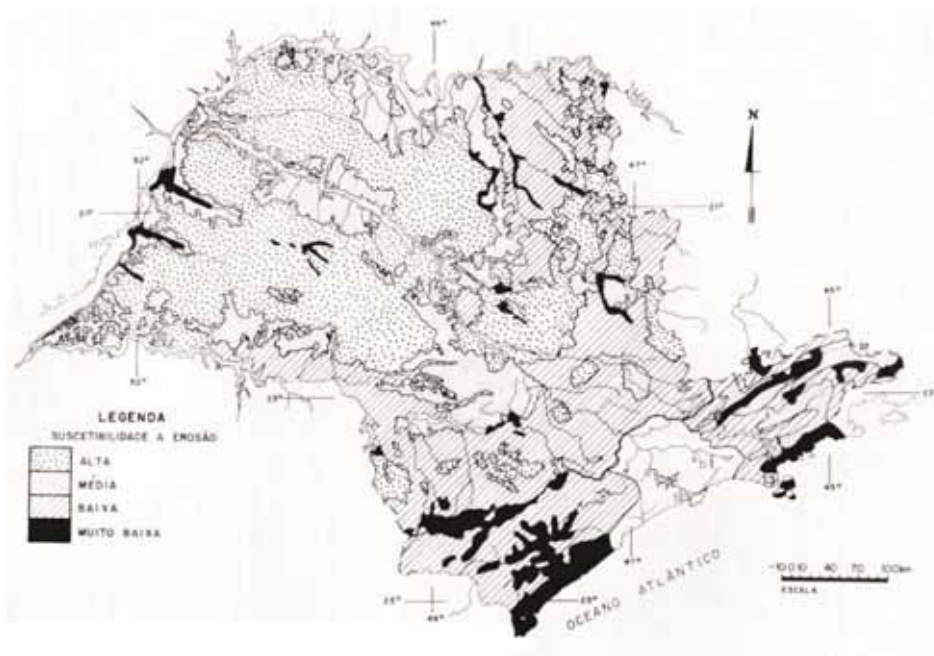


Figura 1: Mapa de suscetibilidade à erosão por ravinas e voçorocas do Estado de São Paulo (KERTZMAN et al., 1995).

Lombardi e Bertoni (1975) salientam que no Estado de São Paulo, registram-se perdas anuais de aproximadamente 200 milhões de toneladas de terra, acarretando em queda de produtividade agrícola, tanto devido ao carreamento de fertilizantes e sementes, quanto pela necessidade de implantação de investimentos na recuperação do solo.

Como fatores naturais de formação de feições erosivas lineares, podem ser listados o clima, a cobertura vegetal, o relevo e os tipos de solos, que somados às más práticas de uso das terras, aceleram o processo de degradação (SÃO PAULO, 1989; IWASA; FENDRICH, 1998; SANTORO, 2012).

Egboka et al. (1990) e Beavis (2000) incluíram as estruturas geológicas – falhas, juntas e acamamentos, como mais um fator de formação e evolução dessas feições erosivas na Nigéria e Austrália, respectivamente.

No Brasil, as estruturas geológicas foram estudadas para fins de entendimento dos processos erosivos nas pesquisas de Facincani (1995), no município de São Pedro (SP), e de Mattos et al. (2002), no Quadrilátero Ferrífero

(MG). Devido à grande variação litológica e tectônica no território brasileiro, torna-se interessante a realização de estudos que analisem esta relação em variadas localidades.

O estudo de base sobre erosões no Brasil são importantes para obter o conhecimento do problema que desencadeia tal processo e, assim, sugerir técnicas eficazes para aumentar a produtividade agrícola e diminuir os impactos ao meio ambiente (GUERRA, 1995). Apesar de bastante concreto no Estado de São Paulo, ainda se faz necessário devido à alta concentração da população que demanda alimentos e recursos, e pela incipiente mudança no manejo e prevenção destas feições.

Além disso, o País ainda apresenta expansão da fronteira agrícola na região centro-oeste e norte do país que mantém um contínuo desequilíbrio dos sistemas naturais. Assim, o entendimento dos processos de formação e evolução destas feições mostra-se importante para auxiliar na prevenção de desastres e degradação ambiental.

A presente dissertação estrutura-se da seguinte maneira:

1. Introdução: o trabalho inicia-se pela apresentação do tema, com relação ao estado atual da problemática abordada, justificando sua importância e definindo seu objetivo. Os conceitos adotados para a realização do trabalho é apresentado na fundamentação teórica;
2. Contextualização da área: apresenta-se uma descrição da área de estudo, com relação aos aspectos físicos (geologia, geomorfologia, pedologia e clima), biológicos e sócio-econômicos, para o entendimento da dinâmica natural e antrópica na região em análise.
3. Materiais e métodos: estão listados os materiais utilizados no trabalho e as técnicas adotadas;
4. Resultados e discussões: são apresentados os materiais elaborados com a aplicação de técnicas descritas no item 3, e as análises, integrações e interpretações destes materiais no subtópico “Discussões”;
5. Conclusões: são apresentadas as considerações finais da pesquisa, com as respostas da pergunta inicial da pesquisa;
6. Referências bibliográficas: por fim, os materiais e trabalhos anteriores que embasaram esta dissertação, são apresentados na última seção.

1.2. Objetivos

Diante do exposto, pretende-se com o presente estudo incrementar o conhecimento sobre o desenvolvimento de feições erosivas lineares na região do município de Marília, observando a existência ou não de correlação com as estruturas geológicas de deformações rúpteis e dúcteis.

1.3. Fundamentação teórica

1.3.1. Processos erosivos hídricos lineares

Erosão pode ser definida como a desagregação física das partes constituintes de solo ou rocha. A interação de diferentes fatores como o tipo de solo e sua cobertura vegetal, o substrato geológico, o clima predominante e a topografia formam feições erosivas de magnitudes e formas variáveis (SILVA et al., 2003).

Tendo somente a água como agente erosivo, as erosões podem ser classificadas de acordo com a profundidade em que ocorre a movimentação de materiais podendo ser superficial (erosão laminar, em sulcos, ravinamento) ou subterrâneo (entubamento ou *piping*).

A erosão laminar, ou em lençol, inicia-se pela saturação do solo por água na sua porção superficial, e desenvolve-se com o carreamento lento do material pela vertente. Este tipo de erosão é quase imperceptível e torna-se notável nas áreas de sedimentação com o acúmulo de partículas finas e detritos orgânicos (BARROS, 1961; BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985; GUERRA, 2010).

A erosão em sulcos sucede à laminar, formando pequenos filetes encaixados na superfície causados pela concentração de fluxo de água. Assim, a velocidade da água é a causa da ação erosiva, sendo que as partículas por ela transportadas promove forte atrito com o fundo dos pequenos canais formados, aprofundando a erosão. Considera-se uma forma transitória ou instável facilmente eliminado pelo preparo do solo, mas quando não é realizado nenhum manejo, evolui para ravinas (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985; GUERRA, 2010).

Com o sucessivo processo de erosão e deposição, ocorre a formação de turbulência do fluxo de água dentro dos canais. Essa variação na velocidade da água aumenta o processo erosivo, podendo desenvolver pequenas cabeceiras nas ravinas. O recuo das cabeceiras vertente acima é marcado também pelo alargamento e aprofundamento do canal, de forma que dissecam o terreno verticalmente e atinge vários horizontes do solo (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985; GUERRA, 2010).

A partir da fixação da ravina em uma encosta, a sua evolução sucede na bifurcação em pontos de ruptura (*knickpoints*). Segundo Bryan (1990), a formação dos *knickpoints* é a resposta às condições hidráulicas, que por serem tão rápidas, não se pode isolá-las como sendo as condições iniciais para esta evolução.

A erosão do solo pode se desenvolver em voçorocas, quando o processo de ravinamento é acelerado, atingindo comprimentos de várias centenas de metros e profundidades métricas. Caracterizam-se pela presença de paredes quase verticais e presença de fluxo de água no fundo, oriundo de eventos chuvosos ou afloramento do lençol freático. Formam-se sob diferentes condições litológicas e em materiais de diferentes condições de coesão (ALMEIDA FILHO et al., 2004; DIETRICH et al., 1993; GUERRA, 1995; OLIVEIRA, 2010; SÃO PAULO, 1989; VIEIRA, 1978).

Destaca-se também o escoamento subsuperficial como agente formador de voçorocas, que remove sedimentos formando dutos (*piping*). Ocorre então o colapso do material situado na superfície, resultando em voçorocas (GUERRA, 1995).

Nas voçorocas são registradas todas as formas de erosão concomitantemente. Assim, é possível observar processos superficiais e subsuperficiais agindo em um mesmo material e local. Guidicini e Nieble (1983) consideram que a maioria dos movimentos de massa conhecidos pode ser observada na evolução de voçorocas. Devido a tal complexidade, esta feição erosiva possui um poder destrutivo muito superior a outras formas, sendo, portanto, de maior dificuldade de contenção (SÃO PAULO, 1989;).

Oliveira (2010) relaciona a incisão erosiva com os canais de primeira ordem, classificando-as de acordo com sua conexão com a rede hidrográfica. Nos sistemas conectados, observou-se maior taxa de erosão, relacionado a eventos chuvosos nos períodos úmidos.

A geologia tem sido levada em consideração em alguns trabalhos, tanto com relação à litologia quanto à paleo e neotectônica.

Farifteh e Soeters (1999) encontraram ligação entre estruturas rúpteis (falhas e juntas) na formação de *piping* na Itália, apesar de citar também como fatores propriedades físico-químicas do material, características geomorfológicas, condições climáticas, cobertura vegetal e atividades humanas.

Na Austrália, em uma região com uma heterogeneidade litológica e com paisagem que inerentemente é instável à erosão, Beavis (2000) analisou a relação entre estruturas litológicas e a ocorrência de ravinas (*gullies*). Como resultado, observou-se existir correlação entre as fendas no solo e a estrutura de fraturamento da rocha subjacente, especialmente os padrões de juntas. Além disso, foram constatadas evidências de que tais rochas possuem forte influência tanto no desenvolvimento de erosões lineares quanto na sua orientação em locais onde os solos são formados *in situ*.

Na porção sudeste da Nigéria foram registrados desastres, com deslizamentos seguidos de formação de voçorocas, que segundo Egboka et al. (1990), podem estar relacionados a estruturas paleo e neotectônicas. Nessas regiões, caracterizadas por arenitos, houve uma deformação compressiva que resultou em dobramento e fraturamentos. Nas zonas de maior fraqueza foram abertas incisões, que resultaram na formação de cuevas. Tal paisagem gera um desnível altimétrico que somado ao intemperismo nas fraturas e juntas, ocasionam processos de deslizamentos e perdas de solo. São registradas também atividades sísmicas atuais, que desestabilizam o solo fraco da região. Adicionam-se aos fatores estruturais, o clima, as ações antrópicas, as condições biológicas e hidrogeotécnicas, como agentes de formação destas feições erosivas.

Em análise das erosões no cerrado brasileiro, Baccaro (2010) indica dentre outros fatores para a formação de voçorocas, as descontinuidades de rochas, no que tange aos contatos litológicos como um controle às propriedades hidráulicas e mecânicas das rochas. Somados a essa estrutura, as zonas de fraturas e falhas são os locais preferenciais de alívio da pressão piezométrica por meio de exfiltração da água, dando início à frente de erosão ou túneis que provocam o colapso do teto que iniciam o processo erosivo.

A bacia hidrográfica do Aguapeí-Peixe recebeu destaque em trabalho realizado por SÃO PAULO (1989) por representar aquela mais afetada por erosão no Estado. Os resultados apontaram para uma forte influência do solo, relevo e consequências do uso da terra. Aos solos, foi observado que aqueles de textura arenosa e média, com estruturação prismática e em blocos e com maior profundidade eram os mais suscetíveis a esta forma erosiva. Relevo com ruptura de declive e com menores interflúvios ou com maior declividade também foi considerado fator preponderante. Somam-se ainda as alterações no regime hidrológico ocasionado por desmatamento e a concentração de águas superficiais por lançamento de água pluvial nas zonas urbanas, rodovias e por manejo agrícola inadequado. Já os fatores geológicos limitaram-se somente à composição granulométrica das rochas e na dinâmica da água subterrânea.

Pinto e Sígolo (2001), em estudo das erosões lineares em Herculândia, Quintana e Pompeia, nas proximidades do município de Marília, verificaram que o contato litológico, a variação faciológica, a geomorfologia e o uso da terra (desmatamento e pastagem) são os vetores de formação das voçorocas na região.

1.3.2. Análise da deformação rúptil

A história evolutiva da paisagem é marcada por movimentações e deformações na crosta terrestre. Tais processos são registrados em forma de estruturas geológicas que, em se tratando de fraturamentos, são denominadas tectônicas.

As estruturas tectônicas inter-relacionam-se com as unidades fisiográficas, possibilitando identificar sua presença pela análise da paisagem. Isso permite o uso de sensores remotos para identificação das feições, observando os resultados das deformações verticais e horizontais da crosta terrestre em processos erosivos ou sedimentares (SUGUIO, 1999).

Estas estruturas geológicas refletem o grau de ruptibilidade ou o grau de cisalhamento de uma região. O seu estudo permite diferenciar graus de fraturamento e relacioná-las às propriedades físicas de maciços rochosos. Uma das propriedades que influenciam fortemente na erodibilidade dos solos e rochas é a permeabilidade

através das discontinuidades, sendo possível regionalizar o seu grau de acordo com a densidade de fraturamento (MATTOS et al., 2002).

As juntas ou diáclases são planos ou superfícies de fraturas que dividem as rochas sem que se registre deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura; ou no caso do deslocamento ter ocorrido, foi mínimo e não visível. No entanto, movimentos perpendiculares aos da junta podem ter ocorrido, comumente registrando uma fratura aberta. As juntas ocorrem sempre em associações geralmente irregulares e nunca isoladas, com espaçamentos podendo variar de centímetros a vários metros (LOCZY; LADEIRA, 1976).

A feição linear de drenagem possível de ser mapeado por sensoriamento remoto, correspondente à estrutura rúptil diáclase é denominada traço de junta. A sua repetitividade de direção e sua organização de forma anisotrópica permitem identificá-la em imagens de satélite (SOARES; FIORI, 1976).

Já os lineamentos são famílias de feições naturais na superfície terrestre em forma alinhada, refletindo uma discontinuidade estrutural em subsuperfície do tipo falha. Podem ser caracterizados como feições lineares mapeáveis da superfície terrestre, simples ou composta, contínua ou descontínua, alinhados em arranjo retilíneo ou suavemente curvo, diferindo distintamente do padrão das feições adjacentes (SOARES et al., 1982a).

Em levantamento na Bacia do Paraná, em áreas de derrame basáltico e na Bacia Bauru, Soares et al. (1982a) constataram que os lineamentos nesta região não apresentam evidências de deslocamento ou encurvamento, característico de falhas. Assim, os autores consideraram que os lineamentos representem reflexos em superfície de discontinuidades profundas, tipo falhas. Mesmo que alguns casos aparentem estruturas verticais profundas, como as que seccionam de forma retilínea unidades de relevo distintas, deve-se esperar que um grande número dos lineamentos mapeados na Bacia não sejam falhas, pelo menos na superfície, e sim faixas concentradas de fraturas.

Para a análise dos lineamentos na Bacia do Paraná recomenda-se que seja em escala regional, pois se caracterizam como feições lineares sem grandes desvios de sua direção principal e possuem entre si azimutes muito variados, o que provavelmente teriam sido provocados pelas estruturas geológicas em profundidade.

Estes produziriam o controle no relevo e na superfície através do fraturamento das rochas, por concentração da movimentação de águas meteóricas, aumentando a umidade das coberturas superficiais e aumentando o intemperismo e erosão diferencial, produzindo o aparecimento de nascentes (SOARES et al., 1982a).

As informações de deformação rúptil podem ser utilizadas para a análise de suscetibilidade à erosão, partindo-se do pressuposto de que os espaços entre blocos são áreas de percolação de água, aumentando o intemperismo e resultando em maior taxa de erosão.

Assim, as juntas indicam o grau de fraturamento do solo/rocha, podendo estabelecer um mapa de sua densidade indicando que quanto maior a quantidade desta feição, maior é a intensidade do rompimento e, por consequência, maiores são a permeabilidade, a alterabilidade e o potencial de erodibilidade (MATTOS et al., 2002).

Como critério de mapeamento, as juntas são denominadas traços de junta e apresentam-se nas imagens de sensores remotos como lineações de drenagem, em segmentos fortemente estruturados e retilíneos de drenagem de primeira e segunda ordem, apresentando repetitividade e tamanhos uniformes. Ao filtrar essas feições nas duas direções preferenciais (máximo 1 e máximo 2) é possível estabelecer o processo deformacional da região em análise. Ao identificar localidades em que há uma variação brusca de direção, interpreta-se que estas áreas sofrem uma variação no campo de tensão da deformação, e consequentemente, maior fraturamento do maciço rochoso (MATTOS et al., 2002).

Tais zonas de variação de direção dos máximos inferem no grau de erodibilidade. Em locais em que se sobrepõem zonas de variação, os processos erosivos já se apresentam instalados no caso de qualquer variação ambiental. Ocorrendo somente a zona de variação de máximo 1, a erodibilidade é alta. Já nas de máximo 2, a erodibilidade está potencializada e não instalada, pois nestas áreas as formas de relevo estão em equilíbrio, se desestabilizando a qualquer intervenção humana (MATTOS et al., 2002).

1.3.3. *Análise morfoestrutural*

A análise de morfoestruturas objetiva identificar, localizar e interpretar áreas estruturalmente anômalas positivas (estruturas dômicas) ou negativas (depressões estruturais) e descontinuidades estruturais (lineamentos e falhas) (SOARES et al., 1981a; 1982b). A partir desta análise, é possível estabelecer a dinâmica da paisagem e compreender suas potencialidades (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993).

Dessa forma, parte-se do pressuposto de que muitas estruturas podem ser refletidas em superfície e que tal reflexo pode ser identificado nas imagens de sensores remotos, de forma que os fatores litológicos e estruturais são decifrados a partir da forma de drenagem e relevo para o entendimento dos fatores condicionantes de sua origem (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993; SOARES et al., 1981b; 1982b).

Trabalhos realizados na Bacia do Paraná (SOARES et al., 1981a; 1981b; 1982b) sistematizaram a metodologia, baseada em Soares e Fiori (1976), como segue:

- a) Leitura e extração detalhada dos elementos de drenagem e relevo;
- b) Análise dos elementos por meio do reconhecimento e traçado das formas anômalas ao padrão local (lineações de drenagem, lineamentos, zonas homólogas unidirecionais, assimetria da rede de drenagem, formas anelares e radiais de drenagem);
- c) Interpretação das estruturas geológicas a partir destas anomalias: delimitação de alinhamentos e suas zonas de ocorrência de forma fortemente estruturadas como reflexos de falhas maiores em profundidade; feições assimétricas como mergulho de camadas; formas anelares como acamamento.

A interpretação das morfoestruturas, então, é o resultado da análise conjugada das informações básicas de elementos de drenagem e relevo, e suas relações espaciais, em que correspondem a feições anômalas dentro de uma tendência regional. Estas feições são conceituadas a seguir:

Formas associadas à estruturação linear, como lineações de drenagem, lineamentos e zonas homólogas de drenagem unidirecional, constituem as descontinuidades estruturais. Lineações de drenagem podem ser entendidos como

elementos retilíneos e contínuos, com extensão de 500m a 3km, interpretados como traços de fraturas tectônicas, sem uma causa de origem definida. Lineamentos são alinhamentos com dimensões acima de 3km, controlados por descontinuidade estrutural. Já as zonas homólogas de drenagem unidirecional, ou Trend estrutural, são áreas delimitáveis caracterizadas por drenagem anormalmente estruturadas em duas direções, interpretadas como estreitas faixas de intenso fraturamento nas rochas expostas como reflexo de falhamento em profundidade (Figura 2) (SOARES et al., 1981a; 1981b; 1982b).

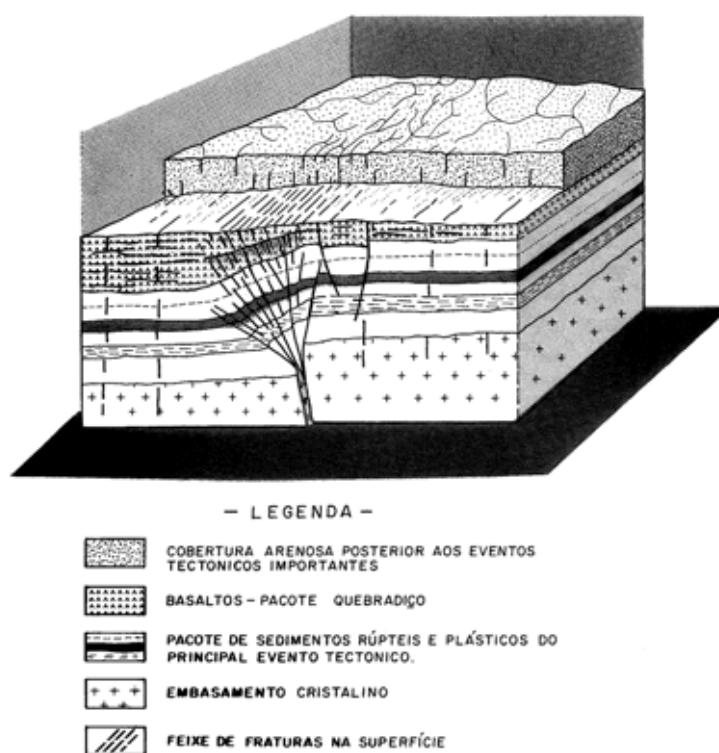


Figura 2: Modelo de interpretação de zonas homólogas de drenagem unidirecional, ou Trend estrutural (SOARES et al., 1982a).

Formas assimétricas de drenagem e relevo possibilitam inferir o sentido do mergulho das camadas. A drenagem se desenvolve sobre os estratos inclinados ajustando-se ao acamamento. Em estratos fraca a moderadamente inclinados, os elementos de drenagem vão apresentar tamanho e/ou arranjo sistematicamente diferentes de cada lado de um elemento de ordem imediatamente superior. Os elementos mais longos, com baixa angularidade e subparalelos geralmente ocorrem no mesmo sentido das camadas, enquanto os rios mais curtos e com ângulos

abertos (“candelabros”) correm perpendicularmente ao acamamento (SOARES; FIORI, 1976; SOARES et al., 1981a).

Para verificar a assimetria por relevo, é preciso analisar os vales, cristas e interflúvios, observando-se a diferença de declividade e a textura de relevo nas vertentes a partir do vale. Assim, o sentido do mergulho das camadas coincide com o interflúvio de menor declividade (SOARES et al., 1981a; 1981b; 1982b).

Conforme o tamanho e forma dos elementos, os graus de confiabilidade e similaridade podem ser estabelecidos avaliando empiricamente a probabilidade de que a morfoestrutura constitua realmente uma estrutura geológica (SOARES et al., 1981a).

Formas anômalas de drenagem representam drenagens com características distintas do padrão geral da área analisada. Devem ser observadas conjuntamente as estruturas anelares, radiais e a assimetria de drenagem no contexto em análise.

A forma anelar de drenagem, quando controlada por estrutura dômica ou depressão estrutural, concorda com o acamamento ou fraturamento anelar, sendo a geometria arqueada o reflexo da flexão das camadas podendo constituir tanto um alto como um baixo estrutural. A probabilidade de correspondência de uma drenagem anelar a uma estrutura geológica pode ser obtida de acordo com o grau de estruturação da forma e da presença de outros elementos texturais de drenagem (SOARES; FIORI, 1976; SOARES et al., 1981b).

A propriedade radial de drenagem, quando reflexo de controle estrutural podem significar mergulhos de camadas ou fraturamento radial, desenvolvidos em estruturas dômicas e raramente em depressões estruturais. O seu grau de estruturação varia conforme a presença nos quadrantes e constituição em drenagens de 1ª e 2ª ordem (SOARES et al., 1981b; 1982b).

As duas propriedades anteriormente descritas passam pelo crivo da assimetria das drenagens presentes em cada lado do traço de acamamento. Tal conjunto permite identificar o tipo de estrutura presente, uma vez que assimetrias divergentes indicam altos estruturais, e convergentes baixos estruturais. Assim como as formas anelares e radiais, a assimetria possui uma classificação quanto ao grau de estruturação para uma melhor avaliação da correlação com estrutura geológica (SOARES et al., 1981b; 1982b).

As feições anômalas das drenagens e os graus de estruturação apresentam-se na Figura 3.

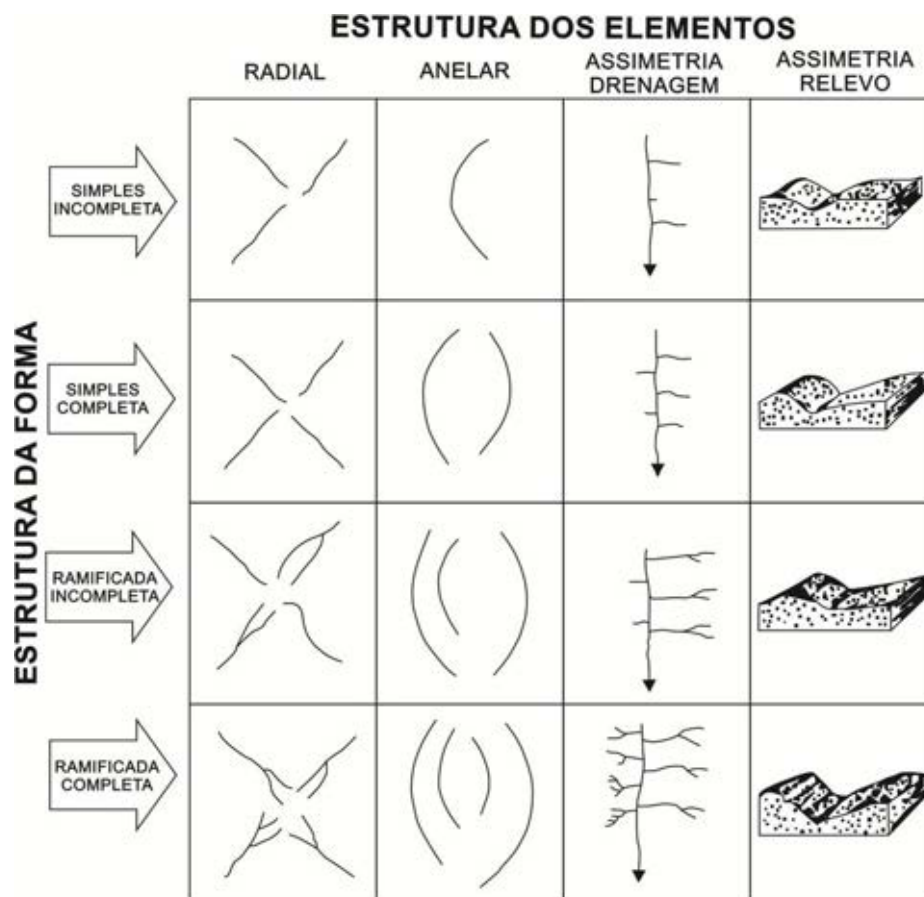


Figura 3: Feições anômalas indicativas de morfoestruturas e seus graus de estruturação (SOARES et al., 1981b).

A integração das informações resultantes da interpretação da assimetria de drenagem e relevo com os traços de acamamento permite definir as linhas de forma. Estas podem ser entendidas como contornos não cotados de horizontes hipotéticos associados aos estratos, cujos contatos nem sempre são visíveis em campo (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993; SOARES et al., 1981a; 1982b).

Como resultado, são estabelecidas zonas estruturalmente anômalas, positivas ou altas (estruturas dômicas ou antiformes) e negativas ou baixas (depressões estruturais), e descontinuidades estruturais (lineamentos e falhas) (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993).

Segundo Soares et al. (1981b), a tectônica intracratônica é caracterizada pelo envolvimento do embasamento cristalino, que devido à sua rigidez não se flexiona

para gerar flexuras ou dobras locais, mas apenas regionais. Assim, a deformação local é efetivada pela ruptura e por deslocamento ou reativação de falhas pré-existentes. A cobertura estratigráfica, então, se ajusta por flexão ou ruptura, de acordo com a intensidade do deslocamento e da rigidez flexural dos estratos. Em consequência, as estruturas rúpteis do embasamento geram estruturas dobradas, ou blocos falhados ou mistos na cobertura, conferindo as propriedades de altos e baixos estruturais.

Pode-se dizer que este método provou-se eficaz em diferentes escalas de mapeamento, possuindo como característica um bom custo-benefício, já que são pouco onerosas e de rápida execução (SOARES et al., 1981a; 1981b; 1982b).

A análise morfoestrutural em conjunto com a topografia dos elementos de relevo constituintes permitiu predizer as propriedades de percolação, lixiviação, alteração, circulação e erosão, e definir o uso e manejo adequado para o solo, pois condicionam os aspectos pedológicos, pedogeoquímicos e fisiográficos, como observado no Quadro 1 (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993; SHIMBO, 2006).

	Alto estrutural/ Alto topográfico	Alto estrutural/ Baixo topográfico	Baixo estrutural/ Baixo topográfico	Baixo estrutural/ Alto topográfico
Intemperismo	Muito forte	Forte	Baixo	Médio a forte
Circulação de água	Intensa	Média a alta	Alta e direcionada	Baixa e direcionada
Fertilidade potencial atual	Muito baixa	Baixa a média	Muito alta	Média a alta
Processos	Pedogênese > Morfogênese	Morfogênese > Pedogênese	Morfogênese > Pedogênese	Pedogênese > Morfogênese
Unidades Fisiográficas gerais	Planaltos e vertentes	Planaltos e vertentes	Planícies de inundação atuais e subatuais (canais, nascentes, várzeas, diques, terraços) e vertentes	Planaltos baixos, vertentes, paleocanais, paleonascentes e paleoterraços
Suscetibilidade a erosão	Baixa a quase nula	Moderada a forte (exorreica)	Muito forte (endorreica)	Muito forte a moderada (exorreica)
Solos	Argissolos e Cambissolos	Argissolos, Cambissolos, Neossolos	Gleissolos, Neossolos, Organossolos	Argissolos, Cambissolos, Neossolos, Gleissolos
Cobertura de Alteração Intempérica	Latossolização, Ferruginização, Laterização	Latossolização, Ferruginização, Laterização, Argilização, Melanização	Melanização, Gleização, Cambissolização	Argilização, Latossolização, Melanização, Cambissolização
Unidades de Alteração Intempéricas	Alíticas, Monossialíticas, Mono/ali/bissialítica	Monossialítica, Alítica, Mono/bissialítica	Bissialítica, Monossialítica	Mono/bissialítica, Bi/monossialítica, Mono/ali/bissialítica
Minerais de argila	Caulinita, Gibsita	Caulinita, Gibsita, Esmectita	Esmectita, Caulinita	Caulinita, Esmectita
APLICAÇÕES				
Agricultura				
Potencialidades gerais	Rotação de culturas anuais e culturas semiperenes	Culturas semiperenes e anuais	Reflorestamento, horticultura, áreas de proteção ambiental	Culturas semiperenes, reflorestamentos
Mecanização	Intensa	Moderada a restrita	Restrita	Moderada a restrita
Uso de adubos	Restrito	Restrito a inadequado	Inadequado a restrito	Adequado
Obras de engenharia civil				
Estradas	Adequado	Adequado a moderado	Inadequado	Moderado a inadequado
Edificações	Adequado	Moderado	Inadequado	Moderado a inadequado
Engenharia Sanitárias				
Aterros	Restrito	Restrito a inadequado	Muito restrito a restrito	Adequado
Uso de efluentes líquidos e sólidos	Restrito	Restrito a inadequado	Inadequado a restrito	Adequado

Quadro 1: Relação entre morfoestrutura e morfometria e suas aplicações (SHIMBO, 2006, modificado de JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993).

1.3.4. Coberturas de Alteração Intempérica (CAIs)

Os maciços rochosos sofrem incessantemente a ação de processos intempéricos químicos, físicos e biológicos. Além da desagregação física por meio de fraturas e diáclases, as rochas sofrem reações químicas que alteram, remanejam e transformam os constituintes químicos e mineralógicos, gerando materiais secundários muito diferentes da rocha original e de fácil mobilização. Este material constitui as coberturas superficiais de elementos friáveis ou secundariamente consolidados (OHARA, 1995).

A água é o principal agente dos processos químicos de alteração dos complexos rochosos. A sua infiltração nas rochas possibilita a reação entre as moléculas na decomposição mineral. O ácido carbônico, oxigênio e ácidos húmicos, por exemplo, aceleram as reações químicas como dissolução, hidratação, hidrólise e oxidação (OHARA, 1995).

As propriedades inerentes à composição químico-física do material interagindo com os fatores exógenos regulam as alterações intempéricas. Assim, os ciclos climáticos que atuaram sobre o material, as atividades biológicas, o tipo da rocha, o relevo da região, movimentos tectônicos e o tempo decorrido geram registros tanto nos materiais consolidados quanto nas coberturas superficiais. Dessa forma, os processos químicos deixam a sua identidade nas camadas de material inconsolidado, compondo as Coberturas de Alteração Intempérica (CAI), que podem ser listados como laterização, argilização, salinização, silicificação, gleização, bauxitização e latossolização (MORAES, 2007; OHARA, 1995; VOLKMER, 1993).

Existe uma forte correlação entre o histórico da paisagem e os processos pedogênicos. Em muitos casos há episódios erosivos em que materiais inconsolidados são removidos, recobrimo outros solos; ou períodos de relevo predominantemente acumulativos que têm como consequência uma deposição maior que erosão. Assim, a paisagem constitui-se de um mosaico de diferentes materiais parentais, sedimentos inconsolidados, ações erosivas e processos geomórficos, que variam também em relação à idade (MORAES, 2007).

Entende-se, portanto, que o solo é um elemento da paisagem. Para fins de mapeamento de solo, e conseqüentemente o entendimento dos processos de

constituição das CAIs, a descrição da paisagem deve ser realizada de forma que contribua no entendimento da gênese do solo (ZINCK, 1987).

Segundo Botero (1978) e Goosen (1968), a análise fisiográfica baseia-se na interpretação de imagens de sensores remotos com os seguintes objetivos:

- estabelecer relação entre relevo e solos,
- reconhecer e identificar elementos de paisagem para compreender e integrar os processos de formação e dinâmica da paisagem.

Assim, as unidades de paisagem ou unidades fisiográficas são classificadas relacionando-se a forma de relevo com os processos endógenos e exógenos do mesmo, associando um significado genético. Cada unidade identificada apresenta uma associação de solos ou uma série única de solo, possibilitando delinear seus padrões e aptidões (GOOSEN, 1971).

A hierarquização da paisagem na análise fisiográfica inicia-se pela compreensão do contexto geral da área, definindo a Província Fisiográfica de acordo com grandes divisões da Geografia Física para um país ou uma região extensa. À medida que se diminui a escala de observação, a hierarquia diminui para Região, Sub-região, Paisagem, Subpaisagem e Unidades Fisiográficas (BOTERO, 1978).

Este procedimento permite compreender e integrar o sistema de formação de materiais superficiais com as formas de relevo e, assim, promover um melhor entendimento do funcionamento do sistema.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA

2.1. Localização

A área de estudo situa-se na região centro-oeste paulista, e está inserida nas cartas topográficas Marília (Folha SF-22-Z-A-III-1) e Pompéia (Folha SF-22-Z-A-II-2), em escala 1:50.000 de IBGE (1973). Apresenta-se circunscrita num retângulo entre as longitudes 49°45'W e 50°15'W e latitudes 22°00'S e 22°15'S, abrangendo uma área de aproximadamente 1.415 km². Compreende partes dos municípios de Marília, Oriente, Pompeia, Júlio Mesquita, Álvaro de Carvalho, Vera Cruz e Garça, e pequenas extensões dos municípios de Echaporã, Guarantã e Oscar Bressane, como pode ser observado na Figura 4.

O município de Marília representa a região administrativa, situando-se a uma distância de 443 km da capital do Estado, onde se localiza um entroncamento de importantes rodovias composto pela BR 153 (Rodovia Transbrasiliana) que acessam os municípios de Ourinhos e Lins; SP 294 (Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros) possibilitando o acesso para os municípios de Bauru e Tupã; e pela SP 333 que liga esta região para o rio Tietê seguindo a nordeste, e para o município de Assis ao sul.

subsidiência da Bacia do Paraná ocorreu no Permo-Carbonífero, como resultado da sobrecarga das geleiras continentais associada a uma fase de reativação distensional (ZALÁN et al., 1990).

A terceira subsidiência ocorreu no Neojurássico-Eocretáceo, no processo de rompimento do megacontinente Gondwana, que marcou o fim da sedimentação generalizada da Bacia do Paraná anterior ao vulcanismo gerador da Formação Serra Geral. Esta subsidiência coincidiu com o magmatismo basáltico, cujo peso certamente foi o causador deste processo gerador da terceira bacia. O colossal fendilhamento registrado no início do Cretáceo Inferior gerou o maior derrame de lavas basálticas conhecido no planeta (ZALÁN et al., 1990).

Após os derrames, levou-se ainda um tempo para os sedimentos provenientes das bordas alçadas da bacia pudessem depositar no centro-sul da Plataforma Sul-Americana, em uma nova depressão criada pela subsidiência termo-mecânica. Em tal bacia, denominada Bacia Bauru, foi acumulada uma sequência sedimentar de rochas siliciclásticas continentais com vulcânicas associadas localmente, que hoje ocorre em grande parte do oeste do Estado de São Paulo, noroeste do Paraná, a leste de Mato Grosso do Sul, no Triângulo Mineiro e sul de Goiás (FERNANDES, 1992; FERNANDES; COIMBRA, 1994; 1996; FÚLFARO et al., 1982).

Segundo Soares et al. (1980), a bacia formada após os derrames basálticos foi ocupada por um deserto, com acumulação de areia eólica em grandes dunas. Com um resfriamento regional, o deserto foi sendo substituído por um sistema fluvial com canais anastomosados e excesso de cargas arenosas. No início do Cretáceo Médio, o centro deposicional teria migrado do noroeste do Paraná para o oeste do Estado de São Paulo e o sistema fluvial anastomosado foi substituído pelo meandrante. O clima passou para úmido, com abundante deposição pelítica. No fim do Cretáceo Médio, as faixas marginais evoluíram para leques aluviais e o clima tornou-se árido novamente. O soerguimento dos arcos da Canastra e da Serra do Mar, além do vulcanismo alcalino levaram à progradação dos leques sobre o sistema meandrante, assoreando a bacia. Já no fim do Cretáceo ou início do Terciário, houve um novo ciclo erosivo que levou ao aplainamento Sul-Americano.

Para o presente trabalho, foram adotados os critérios litoestratigráficos de Soares et al. (1980) que foi utilizado no mapeamento de DAEE/UNESP (1982), mapa este apresentado em escala 1:250.000.

Como pode ser observado na Figura 5, a área do presente trabalho registra ocorrência das formações Adamantina e Marília, descritos a seguir:

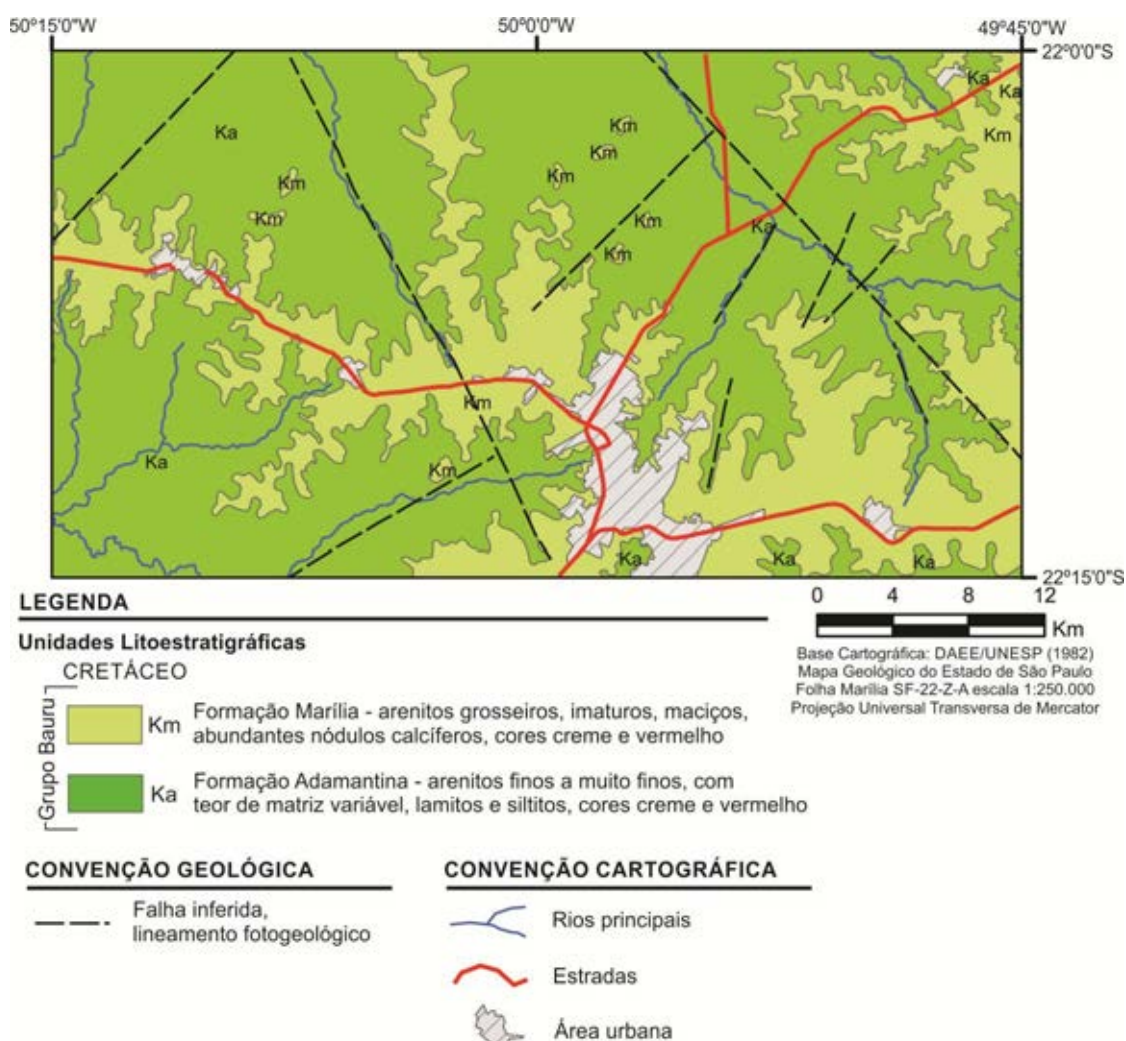


Figura 5: Mapa geológico de DAEE/UNESP (1982) para a área do presente estudo.

Formação Adamantina

Caracteriza-se por um conjunto de fácies compostas por bancos de arenitos alternados com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos. Os arenitos possuem granulação fina a muito fina, cores variando entre róseo e castanho, com estratificação cruzada e espessuras que variam de 2 a 20 metros. Os bancos lamíticos possuem cores variando de castanho-avermelhado a cinza-castanho, estrutura maciça ou com

acamamento plano-paralelo grosseiro, apresentando com frequência marcas de ondas e microestratificação cruzada.

A sua ocorrência é extensa no Estado de São Paulo, distribuindo-se por toda a parte oeste do Estado. Aflora de forma expressiva nas bacias do rio Turvo, São José dos Dourados e baixo Tietê, nos espigões entremeados pelos rios Tietê e Aguapeí, e entre o Aguapeí e o Peixe a oeste do município de Tupã; entre o Peixe e o Santo Anastácio na região de Presidente Prudente e Presidente Venceslau; entre o Santo Anastácio e o Paranapanema, inclusive no espigão a oeste de Quatá, no médio e alto vale do rio do Peixe e no vale do rio Turvo, na região de São Pedro do Turvo e Ubirajara.

A deposição da Formação Adamantina ocorreu como um extenso sistema fluvial meandrante. Os arenitos com estratificação cruzada, maciços e plano-paralelos são resultantes de depósitos em barras de pontal ou transversais realizados nos canais. Os lamitos e siltitos depositaram-se nas planícies de inundação (baixios, várzeas e lagos). Já os arenitos com microestratificação cruzada foram formados por rompimento de diques marginais e espriamento sobre as planícies.

Formação Marília

Caracteriza-se por arenitos de grosseiros a conglomeráticos; com grãos angulosos; seleção pobre; com teor de matriz variável; ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis; ocorrendo em bancos com espessura média entre 1 e 2 metros, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo; apresentam raramente estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos cruzados; raramente encontrando-se camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários.

Os níveis de conglomerados apresentam seixos de quartzo, opala, basalto e argilito. A presença de nódulos carbonáticos irregulares em abundância, ora esparsos nos arenitos, ora concentrados em níveis, bolsões ou lentes por retrabalhamento é uma característica desta unidade.

Ocorre extensivamente na parte leste do Planalto Ocidental Paulista, prolongando-se para oeste nos espigões entre os principais rios, como entre os rios Paranapanema e Peixe, Peixe e Aguapeí. Na região norte/nordeste do Estado,

ocorre entre Matão e Taquaritinga até Catanduva, e a norte, de Monte Alto a Bebedouro.

A deposição da Formação Marília ocorreu por correntes de alta energia, com transporte fora de canais em extensos lençóis de escoamento e deposição rápida, que impediu a formação de estruturas. A exposição prolongada destes corpos sedimentados permitiu que processos de carbonatação contribuíssem na pedogênese e, conseqüentemente, com o concrecionamento em estruturas nodulares. Novas torrentes retrabalhavam esses sedimentos, transportando os nódulos com os seixos originários da área fonte que formaram linhas de sedimentação concrecionária cascalhenta. Essas condições de deposição são características de leques aluviais.

2.3. Aspectos de geologia estrutural

O embasamento da Bacia do Paraná tem a sua consolidação e evolução final estendendo-se do Pré-Cambriano Superior ao Eopaleozóico, sendo que até o Cambro-Ordoviciano ainda encontrava-se em estágio de formação ou cratonização sobre zonas de fraqueza NW-SE, com movimentação essencialmente vertical, impedindo a deposição de sedimentos. Dessa forma, a Bacia do Paraná é a mais jovem da Plataforma Sul-Americana (FÚLFARO et al., 1982; SOARES et al., 1974).

Em razão da juventude de seu embasamento, ao final da sedimentação devoniana, uma reativação tectônica provocou falhamento e se manteve no Carbonífero Superior-Permiano marcado principalmente na região sul do Brasil, entre os alinhamentos de São Jerônimo-Curiúva e Rio Piquiri e ao longo do Arco do Rio Grande (FÚLFARO et al., 1982).

No Permiano, a Bacia do Paraná adquire caráter de sinéclise, caracterizando uma bacia intracratônica (FÚLFARO et al., 1982).

No Triássico-Jurássico, ocorre um soerguimento crustal e o Arco de Ponta Grossa inicia a sua formação, com a sua característica direção NW-SE. A região é cortada por enxames de diques de diabásio de mesma direção, ocorrendo também NE-SW na borda leste do arco. A ativação conjunta destes dois sistemas reativa antigas linhas de fraqueza, compartimentando a região do Estado de São Paulo em mosaico tectônico de *grabens*, com altos localizados.

Durante o Juro-Cretáceo, um intenso vulcanismo é registrado na Bacia do Paraná com extravasamento de lavas através das fraturas dos antigos *riffs* aulacogênicos do embasamento pré-siluriano, representados na superfície pelos alinhamentos Guapiara-Presidente Prudente-Paranapanema, São Jerônimo-Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piquiri.

Assim, no fim do Neocretáceo, um novo sistema de bacias instalou-se sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral (FÚLFARO et al., 1999; FERNANDES, 1992; FERNANDES; COIMBRA, 1994; FERNANDES, 1998), na porção norte-nordeste da Bacia do Paraná. Foi considerada por Fernandes (1992), Fernandes e Coimbra (1994) e Fernandes (1998) como Bacia Bauru, uma entidade tectônica distinta da Bacia do Paraná, cujos limites são em grande parte de natureza tectônica e correspondem à Antéclise de Rondonópolis a noroeste, Soerguimento do Alto Paranaíba a nordeste, alinhamentos do rio Moji-Guaçu, São Carlos-Leme e Ibatinga-Botucatu a leste, do Paranapanema a sudeste e do rio Piquiri ao sul (Figura 6).

Do Albiano ao Terciário, a margem continental soergueu de modo contínuo, acompanhado pela tectônica local. Este soerguimento acarretou em deposição de conglomerados na Bacia Bauru, respondendo às várias pulsações desta movimentação. Ocorre a reativação de zonas de fraqueza de direção NE-SW da antiga faixa de dobramentos sul-sudeste do embasamento.

Esta movimentação tectônica compartimenta a Bacia Bauru, limitando os sedimentos da Formação Marília aproximadamente entre os alinhamentos do Tietê e Paranapanema.

Riccomini (1997) leva em consideração três fatos que tiveram interferência direta nas fases geradora e modificadora da Bacia Bauru. O tectonismo na margem continental teria atuado na sedimentação, com relação ao controle do nível de base regional. A deriva da placa produziria esforços predominantemente compressivos, gerando deformações e deslocamentos comandados por descontinuidades preexistentes, principalmente através de estruturas rúpteis que seccionam o preenchimento sedimentar. A deposição foi influenciada pela subsidência lenta e gradual e arrefecimento do substrato, observando-se as evidências de tectônica extensional no interior da bacia, a extensão em área da bacia, o seu caráter

endorreico, a continuidade da sedimentação e sua relação com a distribuição das lavas basálticas.

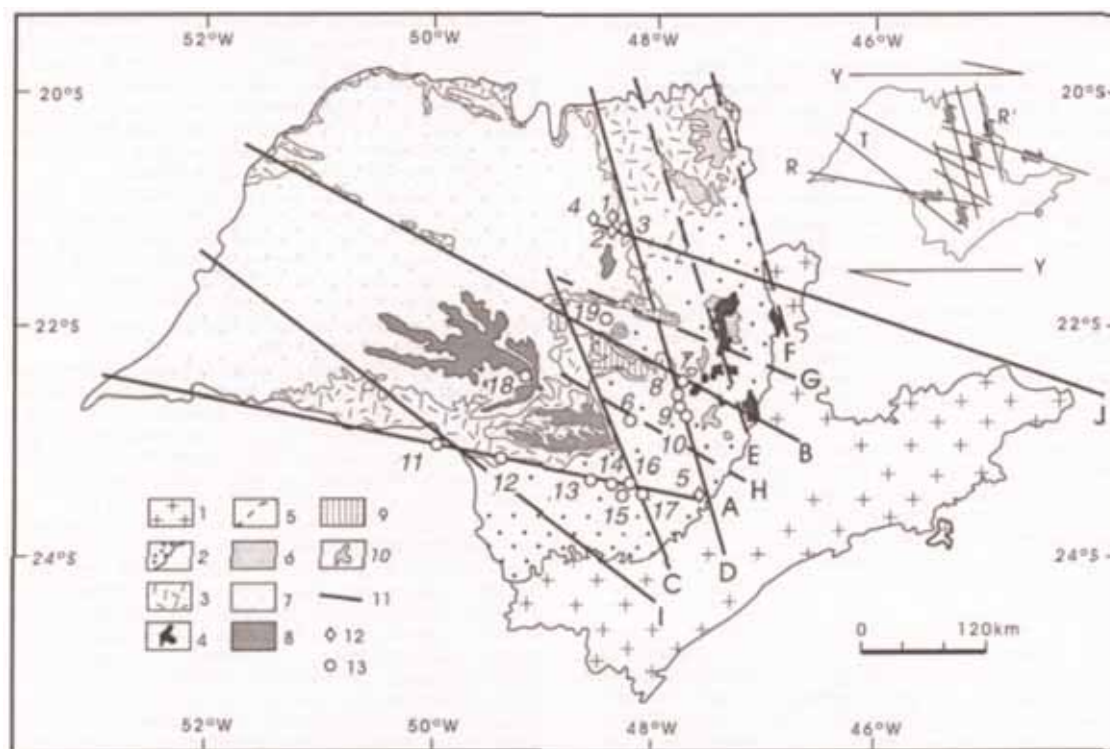


Figura 6: Principais alinhamentos estruturais da área geográfica da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (RICCOMINI, 1997, modificado de RICCOMINI 1995).

1. substrato pré-cambriano; 2. terrenos paleozoicos e mesozoicos da Bacia do Paraná; 3. rochas vulcânicas da Formação Serra Geral; 4. sills de diabásio; 5. contato aproximado entre 2 e 3; 6. depósitos rudáceos da região de Franca-Pedregulho; 7. grupos Caiuá e Bauru; 8. Formação Marília, Grupo Bauru; 9. Formação Itaqueri; 10. Formação Rio Claro e depósitos correlatos; 11. alinhamentos estruturais (A – Rio Paranapanema; B – Tietê; C – Ibitinga-Botucatu; D – Rio Moji-Guaçu; E – Ribeirão Preto-Campinas; F – Rifainta-São João da Boa Vista; G – São Carlos-Leme; H. Barra Bonita-Itu; I – Guapiara; J – Cabo Frio); 12. manifestações alcalinas (1 – Taiúva; 2 – Aparecida do Monte Alto; 3 – Jaboticabal; 4 – Pirangi; 5 – Ipanema/Araçoiaba da Serra); 13. altos estruturais (6 – Domo de Anhembi-Piapara; 7 – Estrutura de Pitanga; 8 – Domo de Artemis; 9 – Horst de Pau d'Alho; 10 – Domo de Jibóia; 11 – Domo de Jacarezinho; 12 – Domo da Neblina; 13 – Domo de Jacu; 14 – Estrutura Dômica de Carlota Prenz; 15 – Domo de Rio Grande; 16 – Domo de Jacutinga; 17 – Domo de Guarda; 18 – Astroblema de Piratininga; 19 – Domo de Jacaré-Guaçu. Mapa menor: relação dos alinhamentos com fraturas sintéticas (R), antitéticas (R'), de tração (T), em relação a um binário transcorrente dextral de direção E-W (Y).

Há ainda evidências de pulsos tectônicos durante a sedimentação, como: a presença de sismitos em depósitos eólicos do Grupo Caiuá no Pontal do Paranapanema (COIMBRA et al., 1992); ocorrência de arenitos silicificados por processos hidrotermais penecontemporâneos à sedimentação, no Pontal do Paranapanema e na região noroeste do Paraná (FERNANDES et al., 1993); pela distribuição dos leques aluviais rudáceos polimíticos da Formação Marília, relacionados aos alinhamentos do rio Paranapanema, Ibitinga-Botucatu e do rio

Mogi-Guaçu, contendo seixos de rochas do embasamento pré-cambriano (gnaisses, granitos, anfibolitos, quartzitos) no flanco leste e sudeste da bacia; e pela relação dos focos de magmatismo alcalino analcimítico com o Alinhamento do rio Mogi-Guaçu (RICCOMINI, 1997).

Na região de Marília-Echaporã, as falhas são transcorrentes e apresentam predominantemente as direções NE, secundariamente NW, NNE e NNW. As juntas são caracterizadas em três classes: famílias conjugadas ortogonais entre si, com frequência de direções NE e NW; famílias conjugadas formando ângulo agudo com bissetrizes E-W; populações com predominância de uma direção ortogonal sobre outra (RICCOMINI, 1997)

Riccomini (1997) conclui que o tectonismo deformador da Bacia Bauru sucedeu-se ao preenchimento da bacia, deixando registros de estruturas como falhas e juntas, que podem ser interpretadas como resultantes de dois regimes transcorrentes, inicialmente com σ_1 E-W/horizontal, σ_2 vertical e σ_3 N-S/horizontal e posteriormente com σ_1 N-S/horizontal, σ_2 vertical e σ_3 E-W horizontal, correlacionadas à megaestruturação geológica do Estado de São Paulo, sendo o último relacionado à atividade neotectônica regional.

2.4. Aspectos geomorfológicos

A geração de relevo é o resultado da interação dos aspectos endogenéticos - composição litológica e seus arranjos estruturais somados a atividades geotectônicas; com os exogenéticos – a ação do clima, em seus processos químicos e mecânicos de desagregação e alteração de materiais; que as formas são modeladas (PENCK, 1953).

O Estado de São Paulo apresenta feições resultantes de diferentes processos endogenéticos, ou morfoestruturais denominados por Ross e Moroz (1997) como Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacia Sedimentar do Paraná e Bacias Sedimentares Cenozóicas. Cada um destes compartimentos sofre a ação do clima característico de cada região, e o resultado deste modelado configura como unidades morfoesculturais. Assim, subdividindo do Cinturão Orogênico do Atlântico, pode ser observado o Planalto Atlântico em diferentes níveis de altitude. A Bacia Sedimentar do Paraná diferencia-se nas feições da Depressão Periférica Paulista e

o Planalto Ocidental Paulista. As Bacias Sedimentares Cenozóicas são classificadas como Planalto de São Paulo, Depressão do Médio Paraíba, Depressão do Baixo Ribeira, Planícies Litorâneas e Planícies Fluviais.

A porção ocidental do Estado de São Paulo é marcada pelo planalto de reverso de cuesta denominado Planalto Ocidental Paulista, abrangendo 50% do território. Há nesta área domínio dos arenitos do Grupo Bauru que se desfazem em relevos monótonos de colinas e morrotes, com forte imposição estrutural das camadas sub-horizontais. As colinas baixas e amplas avançam na direção dos vales dos principais rios que buscam o rio Paraná separando seus afluentes, o que forma uma extensa plataforma estrutural extremamente suavizada. As altitudes variam entre 400 e 700 metros e as declividades médias predominantes entre 2 e 10% (ALMEIDA, 1964; IPT, 1981b, ROSS; MOROZ, 1997).

Em meio a esse relevo, destacam-se as regiões de Marília-Garça-Echaporã, Monte Alto e Catanduva (Figura 7), diferenciando-se de sua circunvizinhança por serem mais acidentadas, fortemente erodidas e com uma variação topográfica de aproximadamente 150 a 200 metros. São platôs residuais sustentados por rochas areníticas do Grupo Bauru com forte cimentação carbonática (IPT, 1981b).

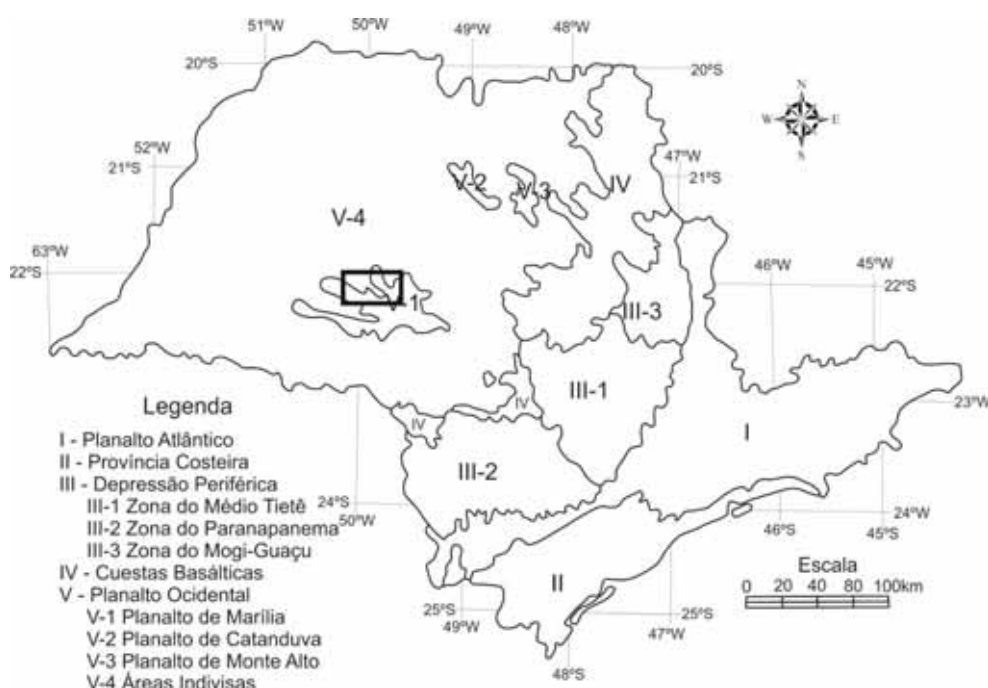


Figura 7: Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981b) com destaque na área do presente trabalho.

Observando-se mais detalhadamente, o relevo da área do presente estudo foi classificado por Ross e Moroz (1997), dentro da unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, subdividido na unidade morfoescultural do Planalto Ocidental Paulista, com a variação altimétrica que diferencia o Planalto Centro Ocidental e o Planalto Residual de Marília (Figura 8).

O Planalto Centro Ocidental atinge altimetrias entre 300 e 600 metros. Apresenta como formas de relevo as colinas amplas e baixas, declividades de 10 a 20%. Dentro deste padrão de formas, ocorrem variações na fragilidade potencial. O extremo sudoeste da área de estudo apresenta propriedades que representam o menor potencial erosivo e nível de fragilidade muito baixa, cujo relevo de denudação apresenta topos tabulares (Dt11). A parte norte classifica-se com fragilidade intermediária, mas sujeita a forte atividade erosiva; e suas colinas denudacionais possuem topos planos (Dt13). No centro-sul da área de estudo e nos vales do rio do Peixe e do ribeirão Guaiuvira, a fragilidade potencial é alta, podendo ocorrer movimentos de massa e erosão linear com voçoroca com relevo denudacional de topos convexos (Dc24 e Dc14, respectivamente).

Segundo Araújo Filho e Ab'Saber (1969), estas colinas são constituídas por restos de pedimentos moderadamente dissecados pela drenagem atual

O Planalto Residual de Marília atinge altitudes predominantemente entre 500 e 1.000 metros, com declividades entre 10 e 20% e colinas com topos aplainados sobre o espigão e colinas com topos convexos circundando as escarpas erosivas (ROSS; MOROZ, 1997). Segundo Queiroz Neto e Journaux (1978), o festonamento das escarpas é intenso possibilitando a formação de vastos anfiteatros.

O planalto possui variação no relevo acima e abaixo da escarpa, sendo classificados de diferentes maneiras em relação à sua fragilidade potencial. Assim, na cimeira a fragilidade é considerada baixa com potencial erosivo também baixo. Seu relevo de denudação possui topo tabular (Dc12). Abaixo das escarpas, a fragilidade potencial é alta, podendo ocorrer movimentos de massa e erosões lineares profundas. Nestas regiões, o relevo de denudação apresenta topos convexos (Dc24) (ROSS; MOROZ, 1997).

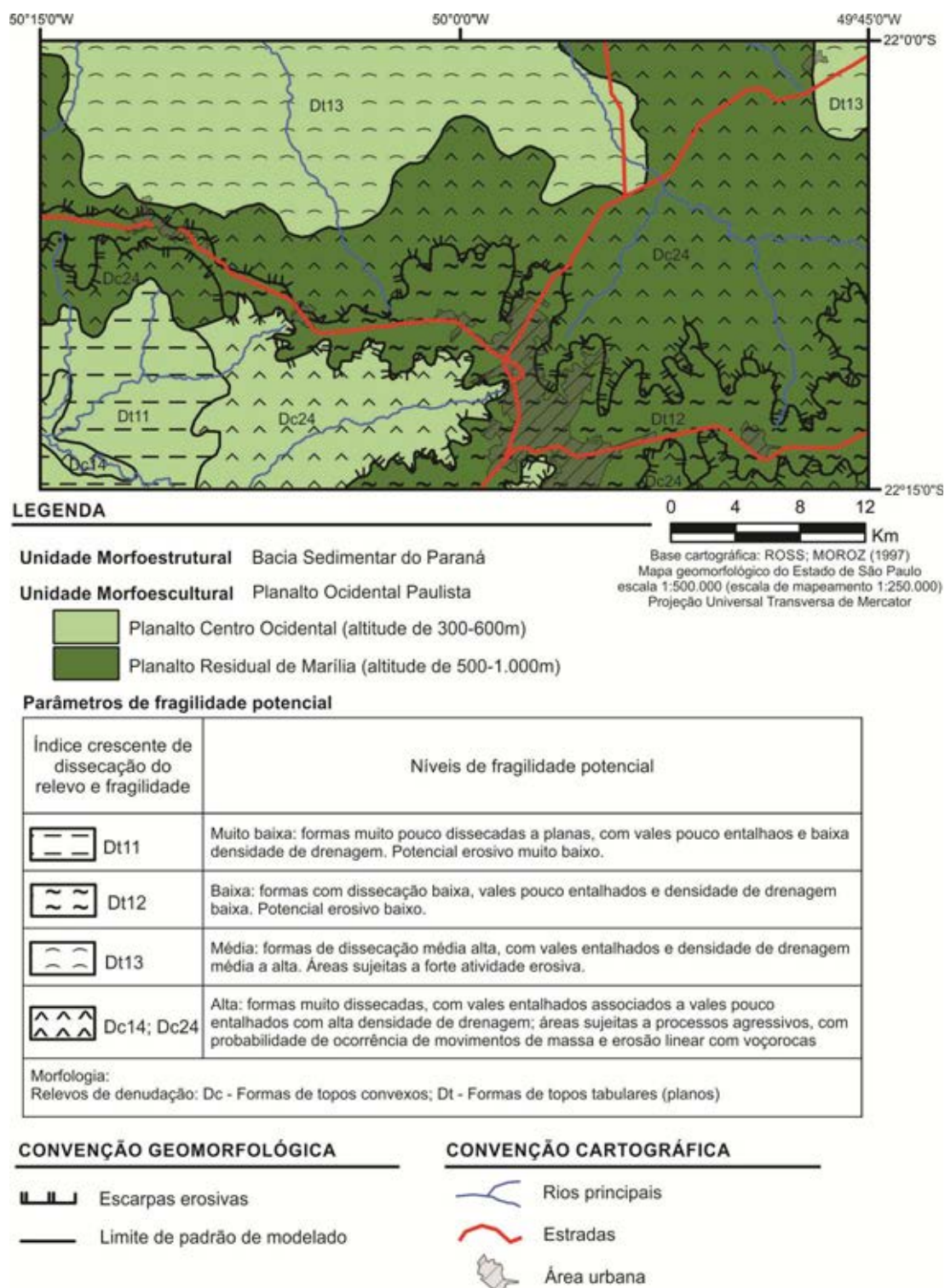


Figura 8: Mapa geomorfológico da área do presente estudo, de acordo com Ross e Moroz (1997).

2.5. Aspectos hidrográficos

A área do presente trabalho está inserida nos sistemas de Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, correspondentes às Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos 20 e 21 respectivamente. O sistema

compreende a uma área de 23.965 km², sendo composto também pelo rio Tibiriçá e pelos ribeirões Caingangues e das Marrecas (SÃO PAULO, 2013).

A área do presente estudo apresenta variação na geometria dos padrões de drenagem (Figura 9). Podem ser identificadas formas dendríticas nas regiões oeste e sul da área e dendrítico-retangular na parte leste. A primeira caracteriza-se por não seguir controle topográfico nem estrutural, desenvolvendo-se em rochas com resistência uniforme na horizontal. A segunda constitui forma anômala à dendrítica, com influência de fenômenos tectônicos cujas diáclases e falhas se cruzam em ângulo reto (QUEIROZ NETO; JOURNAUX, 1978; RICCI; PETRI, 1965; SUGUIO; BIGARELLA, 1979).

Na região são observadas diferentes formas de vales, que representam diferentes ações fluviais (QUEIROZ NETO; JOURNAUX, 1978):

- Vales em V fechado são resultantes de fase recente de erosão fluvial regressiva, observáveis nos subafluentes do rio do Peixe.
- Vales em berço ou em V aberto são testemunhos de antigas incisões colmatadas, sob clima posterior mais seco em relação ao atual, por intenso processo de coluvionamento.
- Reentalhe de vale em V em berço e em vales de fundo chato como efeito de processos recentes (atual e subatual), presentes nos ribeirões dos Índios e Cincinatina e nos afluentes e subafluentes do ribeirão do Pombo.
- Vales dissimétricos gerados pelo mergulho geral das camadas de arenito podem ser observados no curso médio do ribeirão do Pombo.
- Vales de fundo chato demonstra estágio avançado de deposição arenosa, formando várzeas amplas, no rio do Peixe e afluentes, podendo atingir o sopé da escarpa no ribeirão do Jatobá. Tais depósitos pouco entalhados pelo leito menor dos cursos d'água representam processos relacionados a uma dinâmica fluvial indicativa de clima mais seco comparado ao atual.

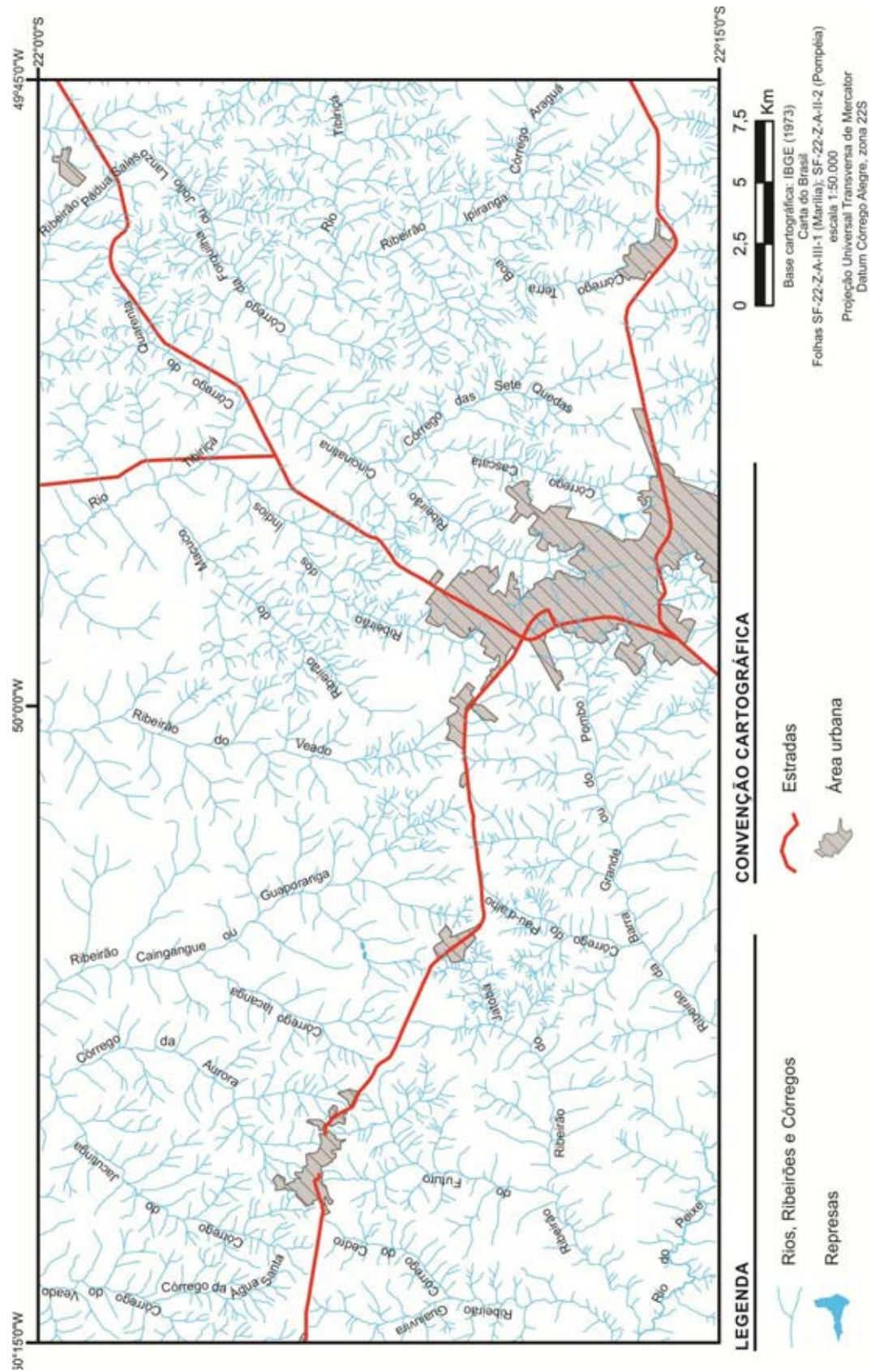


Figura 9: Rede hidrográfica da área de estudo, obtida de cartas topográficas Pompéia e Marília (IBGE, 1973).

2.6. Pedologia/Solos

O Planalto de Marília é dotado de solos férteis em sua cimeira, destacando-se das colinas circunvizinhas compostas de solos menos ricos (ARAÚJO FILHO; AB'SABER, 1969).

No mapeamento pedológico do Estado de São Paulo em escala 1:500.000 realizado por Oliveira et al. (1999), a área de estudo possui:

- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrúptico ou não, A moderado textura arenosa/média a média, relevo suave ondulado e ondulado (PVA2);
- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura arenosa/média relevo ondulado e suave ondulado em associação com ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico pouco profundo textura arenosa/argilosa relevo ondulado; ambos abrúpticos A moderado (PVA5);
- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico em associação com ARGISSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico; ambos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e associados também ao LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura média relevo plano; todos A moderado (PVA10);
- NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico textura média e argilosa relevo forte ondulado e montanhoso em associação com ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrúptico textura arenosa/argilosa relevo forte ondulado e ondulado ambos A moderado, associados também a AFLORAMENTO DE ROCHAS relevo escarpado e montanhoso (RL4).

De forma geral, os ARGISSOLOS podem ser definidos como solos constituídos de material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Também se caracterizam pelo acréscimo de argila em profundidade e a capacidade de troca catiônica inferior a 27 cmol/kg de solo (OLIVEIRA, 1999).

Da classificação em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO E ARGISSOLO VERMELHO, diferem no matiz de cores predominante, que corresponde ao material de origem do solo. A cor vermelha nos solos de textura argilosa está relacionada à origem de rochas básicas ou ricas em minerais ferromagnesianos apresentando

maior porcentagem de óxido de ferro e teores mais elevados de cátions trocáveis e em micronutrientes (OLIVEIRA, 1999).

Os LATOSSOLOS são constituídos por material mineral e apresentam o horizonte diagnóstico B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A. São geralmente de boas propriedades físicas, inclusive os bastante argilosos, que apresentam excepcional porosidade total (entre 50 e 60%). Suas principais limitações são a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e a toxicidade por Al^{3+} quando álicos (OLIVEIRA, 1999).

O teor relativamente elevado de areias nos LATOSSOLOS de textura média lhe confere uma geometria de poros cujos macroporos são preponderantes. Este fator, somado à ausência de impedimentos internos (coesão elevada ou fragipã), torna a permeabilidade rápida (OLIVEIRA, 1999).

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS são por definição solos com reduzida profundidade efetiva. Por ocorrerem, geralmente, em relevo forte ondulado ou montanhoso, são muito suscetíveis a erosão. Assim, apresentam limitações em seu uso, tanto para a agricultura, quanto à instalação de obras de tráfegabilidade (OLIVEIRA, 1999).

Na Figura 10 estão representados os solos descritos e sua distribuição na área do presente estudo.

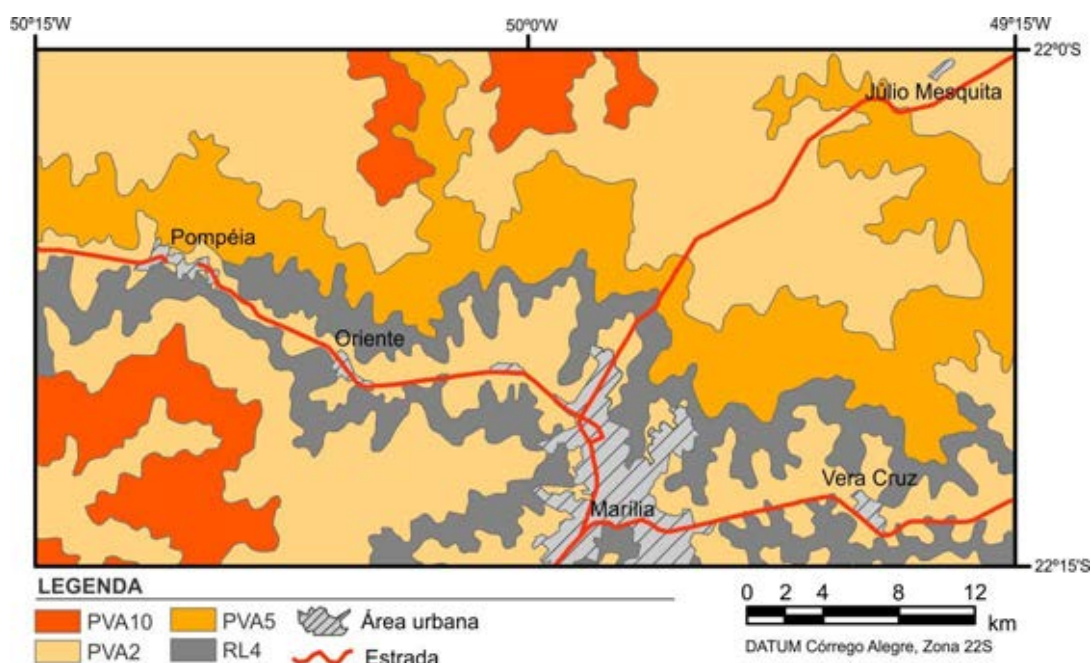


Figura 10: Mapa pedológico de Oliveira et al. (1999) para a área do presente estudo.

2.7. Aspectos climáticos

De acordo com os dados climáticos obtidos de CEPAGRI (2013), a região de Marília apresenta características que permite aplicar a sistemática de Köppen, o que resulta em um clima do tipo Aw para os municípios de Marília, Oriente, Pompeia, Júlio Mesquita e Álvaro de Carvalho, e Cwa para Vera Cruz e Garça.

Segundo resumo da classificação de Köppen elaborado por Setzer (1966), o clima Aw é considerado, dentro dos climas úmidos, tropical de inverno seco com menos de 30mm de total de chuvas do mês mais seco, temperatura média acima de 22°C no mês mais quente e acima de 18°C do mês mais frio. Já a classe Cwa é denominada dentre os climas úmidos como quente de inverno seco, com menos de 30mm de total de chuvas do mês mais seco, temperatura média do mês mais quente acima de 22°C e do mês mais frio abaixo de 18°C.

Numa modificação da classificação de Köppen apresentado por Rolin et al (2007) para inclusão do clima Am (clima tropical de chuvas excessivas ou monçônico), a classe Aw passa a ser aquela com chuva total no mês mais seco inferiores a 60 mm.

Claramente a classificação não se enquadra exatamente dentro da regra estabelecida por Köppen, nem na sua modificação de Rolin et al. (2007), para os municípios de Garça e Júlio Mesquita, com os valores apresentando-se bem próximo dos limites variando de uma classe a outra de acordo com as variáveis analisadas. Isso pode ser entendido como variação devido à área de transição entre as duas classes climáticas.

Esta região insere-se na área extratropical mais afetados pelos fenômenos climáticos El Niño e La Niña (GRIMM et al., 2000).

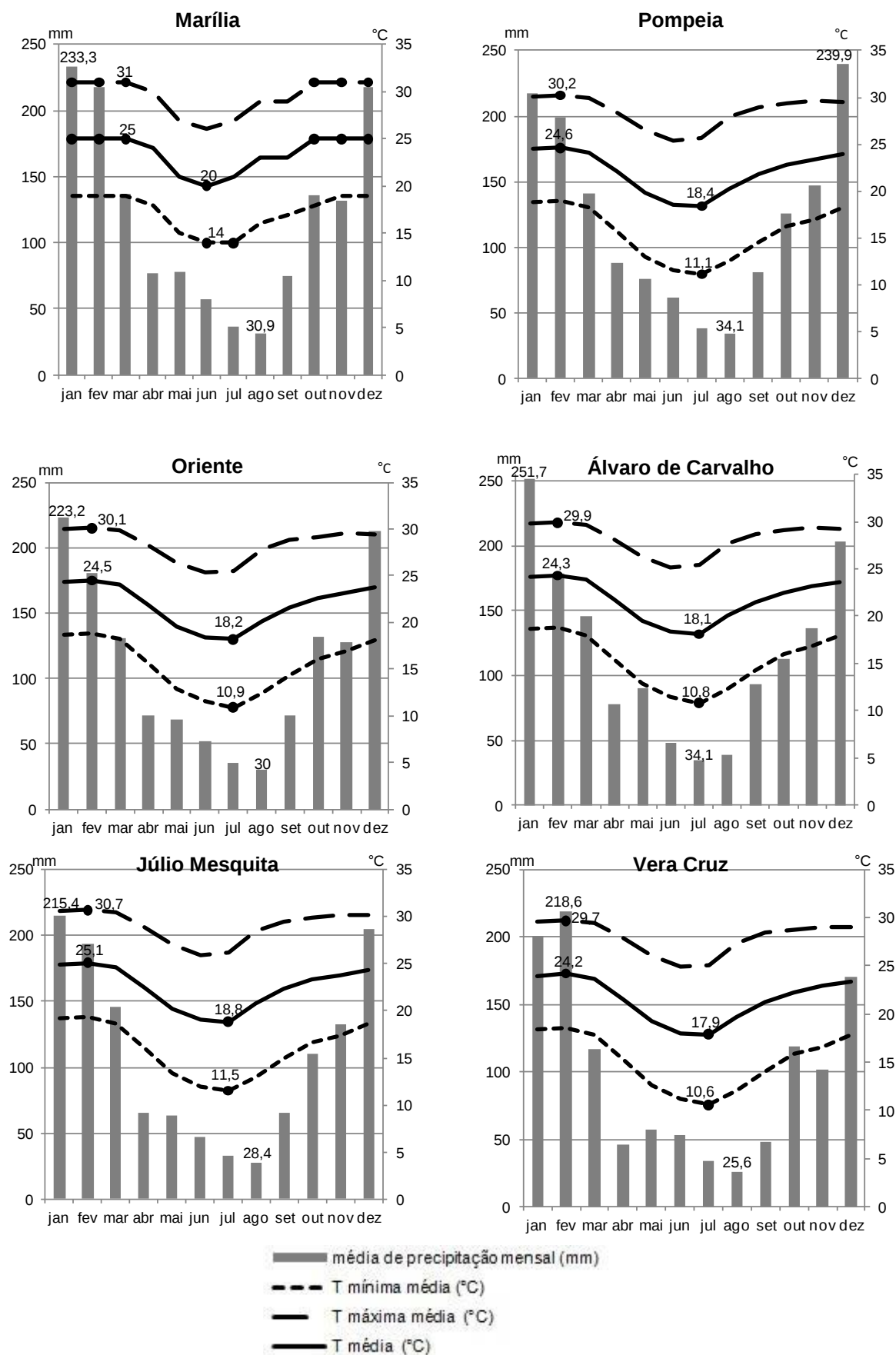


Figura 11: Médias de precipitação e temperaturas dos municípios situados na área de estudo (CEPAGRI, 2013).

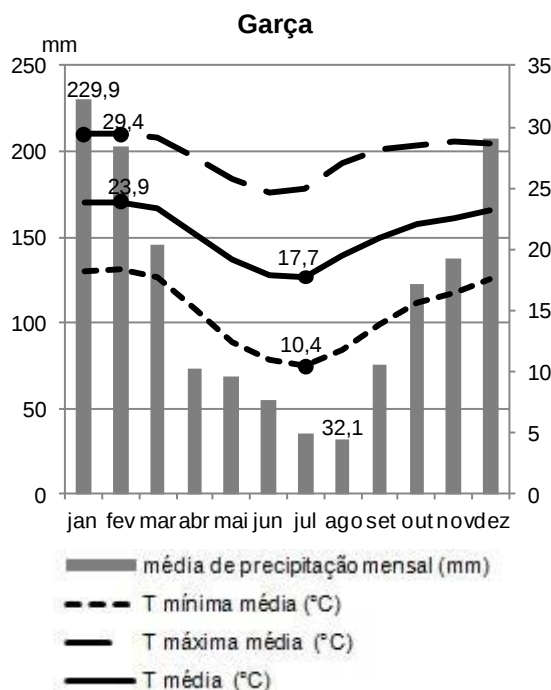


Figura 11: Médias de precipitação e temperaturas dos municípios situados na área de estudo (CEPAGRI, 2013) (continuação).

2.8. Aspectos florísticos

A região de Marília, pelo seu histórico de ocupação, já se apresenta bastante desfigurado quanto à sua vegetação natural. Originalmente, a região compõe o complexo de formações florestais da Floresta Atlântica, mais especificamente a Floresta Estacional Semidecidual, o tipo florestal que sofreu devastação mais rápida e em maior extensão, já que ocupavam solos férteis em relevo propício para a agricultura (DURIGAN et al. 2000; RIBEIRO et al., 2009).

A Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Tropical Subcaducifolia é um tipo de vegetação condicionado pelo clima tropical de intensas chuvas de verão e a estiagem acentuada. Subdivide-se de acordo com a altitude em que a floresta ocupa (Figura 12). Para a área do presente estudo, pode ainda ser especificado em Floresta Estacional Semidecidual Submontana, sendo os ecótipos deciduais característicos desta formação vegetal pertencentes aos gêneros amazônicos como *Hymenaea* (jatobá), *Copaifera* (óleo vermelho), *Peltophorum* (canafístula), *Astroniu*, *Tabebuia*, *Balfourodendron* e muitos outros. O gênero dominante que caracteriza a região do oeste paulista é o *Aspidosperma polyneura* (peroba rosa) (VELOSO et al., 1991).

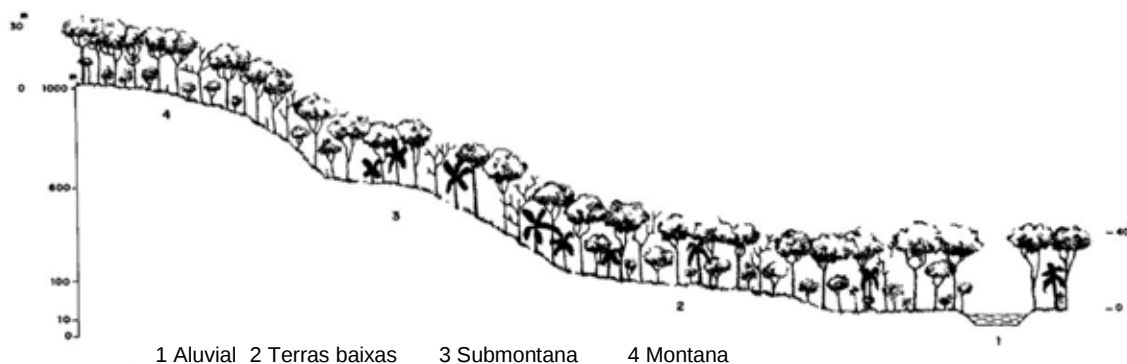


Figura 12: Perfil esquemático da Floresta Estadual Semidecidual (VELOSO et al., 1991).

Na área do presente estudo, existem alguns pequenos fragmentos nas zonas rurais, e fragmentos maiores nas escarpas do platô de Marília-Echaporã, onde não há possibilidade de ocupação. Em 2010, o município de Marília oficializou com o Estado de São Paulo a criação de uma Estação Ecológica na área correspondente à Estação Experimental, depois de constatada a importância da conservação de área florestal nessa região devido ao baixo percentual de cobertura vegetal natural, à vulnerabilidade dos solos da região à erosão, por ser uma área de recarga do Aquífero Guarani e pelo potencial à pesquisas científicas e projetos de educação ambiental (SÃO PAULO, 2010).

Outra Unidade de Conservação mais próxima da área de estudo é a Estação Ecológica de Caetetus, em Gália, que não se apresenta em boa qualidade florística, sem regeneração das espécies que compõe o dossel, com baixa diversidade de espécies e presença de lianas, o que caracteriza florestas degradadas (DURIGAN et al., 2000).

2.9. Aspectos históricos de ocupação

Na década de 1910, todo o espigão que separa os rios Peixe e Tibiriçá era uma grande fazenda de café, que recebeu um grande contingente de imigrantes para os trabalhos na lavoura (IBGE, 2013).

Nos anos 1920, a área foi loteada e a região recebeu a instalação da estrada de ferro da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Em 1928, o distrito de Marília recebeu a sua estação ferroviária e neste mesmo ano, foi elevada à categoria de município. Desde sua fundação, Marília foi influenciada por movimentos migratórios,

vindos da região metropolitana e de outras partes do país, principalmente do nordeste, e por movimentos revolucionários e históricos como a revolução de 1930 e da Segunda Guerra Mundial (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011).

Na década de 1940, após a crise do café, iniciou-se na região o ciclo do algodão, que trouxe fábricas de beneficiamento também para outras culturas, tornando Marília a cidade mais industrializada do Estado de São Paulo. Atrelada a essas mudanças, foi registrado um aumento das pequenas atividades artesanais que atendiam a demanda dos colonos que chegavam à região, como a produção de bebidas, alimentos, móveis e vestuários. Estas atividades tornaram-se as iniciativas para a criação de pequenas e diversificadas indústrias de serrarias, olarias e de máquinas de beneficiamento dos produtos cultivados na região (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011; MOURÃO, 1994).

Com a queda na produtividade da matéria-prima devido ao esgotamento do solo e da influência do mercado internacional sobre a economia do país, o algodão sofreu um declínio e as indústrias beneficiadoras saíram da cidade. A partir desta crise deu-se início ao ciclo do amendoim, no entanto, foram as pequenas atividades artesanais que impediram o colapso econômico dessa época (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011; MOURÃO, 1994).

Na década de 1970, ocorreu a ascensão das indústrias de alimentos e metalúrgicas, desenvolvidas a partir da oferta de amendoim para a fabricação de doces e da demanda de ferramentas para aumentar a produção agrícola. A atividade industrial passa a ser o principal fornecedor de empregos e alavanca as taxas de produção da cidade (MOURÃO, 1994).

Atualmente, a indústria de alimentos e a metalúrgica se destacam na cidade e na região pelo grande contingente de pessoas que trabalham direta e indiretamente para atendê-las, e pelo amplo mercado nacional e internacional. Com o crescimento do centro urbano, formados por trabalhadores da indústria, a cidade de Marília tem hoje sua maior arrecadação oriunda dos serviços, assim como a tendência do Estado de São Paulo e do Brasil (Figura 13) (IBGE, 2013).

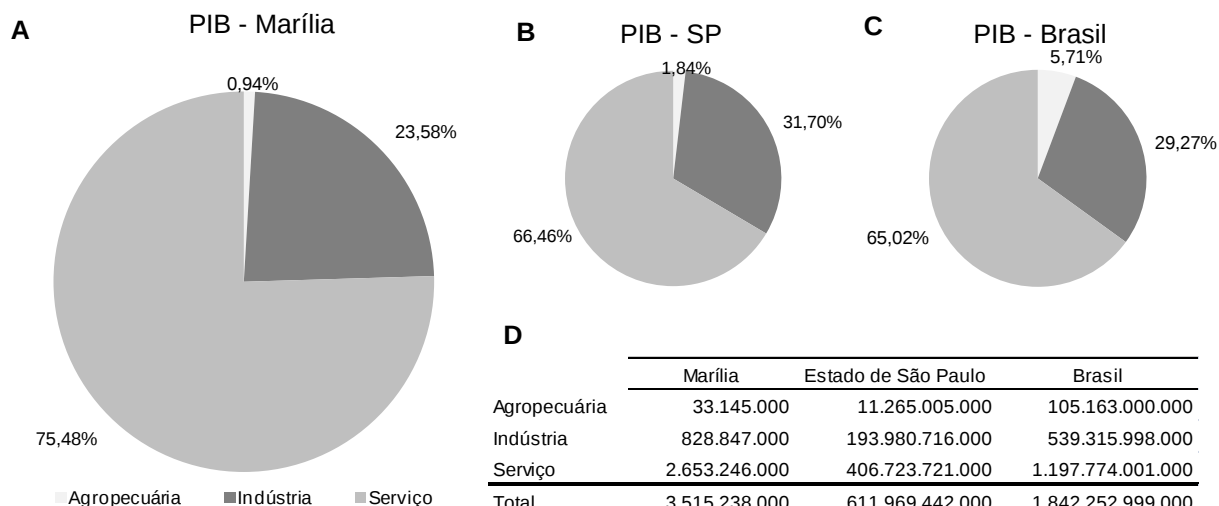


Figura 13: Distribuição do PIB por atividade no ano de 2010. Em (A), o PIB do município de Marília; em (B) o PIB do Estado de São Paulo; em (C) do Brasil. No quadro (D), os PIBs em valores absolutos (Reais) para Marília, Estado de São Paulo e Brasil (IBGE, 2013).

Marília é o município polo da região, concentrando grandes indústrias, comércio, prestação de serviços, com destaque para os hospitalares e educacionais. Ainda que em menor participação, a agricultura do município apresenta-se atuante, e busca o desenvolvimento de culturas diversificadas que representem menores riscos de perdas nas entressafras, sendo os destaques o maracujá, coco verde e banana (BALDASSARINI; HESPAHOL, 2011).

Os municípios menos populosos ao redor de Marília, como Garça, Pompeia, Oriente, Vera Cruz, Álvaro de Carvalho e Júlio Mesquita, também seguem a tendência do Estado e do País, com a prestação de serviços com maior rendimento na economia, no entanto a participação da agricultura é mais expressiva (Figura 14; Quadro 2). Vera Cruz, Júlio Mesquita e Álvaro de Carvalho tem na agricultura sua segunda atividade mais rentável, sendo as principais produções de feijão, milho, amendoim, arroz, cana, mandioca, tomate, melancia, maracujá, borracha, café, laranja, limão, tangerina, pecuária bovina de corte e leiteira, suinocultura e ovinocultura, mostrando-se bastante diversificada (IBGE, 2013).

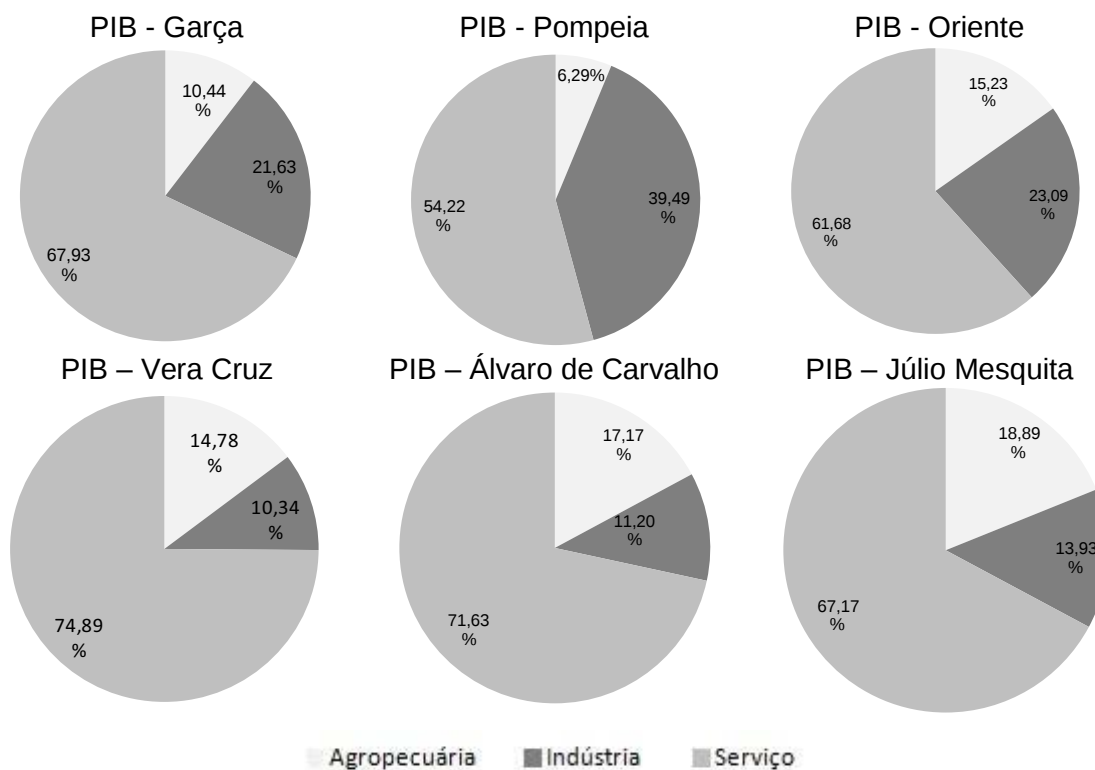


Figura 14: Distribuição do PIB por atividade no ano de 2010 dos municípios próximos à Marília (IBGE, 2013).

PIB (R\$)	Agricultura	Indústria	Serviços
Garça	70.914.000	146.914.000	461.312.000
Pompeia	27.352.000	171.737.000	235.800.000
Oriente	8.442.000	12.796.000	34.190.000
Vera Cruz	15.848.000	11.085.000	80.315.000
Júlio Mesquita	7.150.000	5.273.000	25.418.000
Álvaro de Carvalho	6.546.000	4.268.000	27.303.000

Quadro 2: Rendimento (em reais) das atividades econômicas dos municípios da área de estudo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais e documentos

A presente dissertação foi elaborada utilizando-se dos seguintes materiais:

- Cartas topográficas do IBGE de 1973, em escala 1:50.000, das seguintes folhas: Marília (SF-22-Z-A-III-1); Pompéia (SF-22-Z-A-II-2); Alvinlândia (SF-22-Z-A-III-3); Cafelândia (SF-22-X-C-VI-4); Gália (SF-22-Z-A-III-4); Gália (SF-22-Z-A-III-4); Garça (SF-22-Z-A-III-2); Getulina (SF-22-X-C-VI-3); Herculândia (SF-22-Z-A-II-1); Lutécia (SF-22-Z-A-II-3); Parnaso (SF-22-X-C-V-3); Queirós (SF-22-X-C-V-4) (IBGE, 2012).
- Imagens de satélite Landsat 7 ETM+, órbita 221, ponto 75, de 25 de setembro de 2002 (USGS, 2012).
- Imagem radar SRTM, SF-22-Z-A, obtido de Embrapa (2013).
- Fotografias aéreas, produtos do Levantamento Aerofotogramétrico de 2010/2011, do Projeto Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo – Projeto Mapeia São Paulo do Sistema Cartográfico Metropolitano da *Emplasa*, cuja acurácia posicional está compatível com a escala 1:10.000, sendo as ortofotos de localizações:

- SF-22-Z-A-II-2-NO;
- SF-22-Z-A-II-2-SO;
- SF-22-Z-A-II-2-NE;
- SF-22-Z-A-II-2-SE;
- SF-22-Z-A-III-1-NO;
- SF-22-Z-A-III-1-SO;
- SF-22-Z-A-III-1-NE;
- SF-22-Z-A-III-1-SE;
- SF-22-Z-A-II-4-NO;
- SF-22-Z-A-II-4-NE;
- SF-22-Z-A-III-3-SO;
- SF-22-Z-A-III-3-NE.
- *Software* ArcGIS 10 (ESRI).
- *Software* SPRING 5.2.2. (INPE).
- *Software* Corel Draw X6 (Corel Corporation).

Para o trabalho de campo, foram utilizados os seguintes materiais:

- Tabela Munsell® de cor de solo (2000)
- GPS
- Câmera fotográfica digital
- Bússola Clar
- Fichas de campo de Cobertura de Alteração Intempérica e de Medidas Estruturais
- Martelo pedológico
- Lupa de aumento de 30 vezes
- Água oxigenada 10 vol.

3.2. Procedimentos

Para um melhor entendimento da sistemática adotada, foi desenvolvido um Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT), apresentado na Figura 15 a seguir. A descrição dos procedimentos de cada tópico estruturado no DFT segue a numeração própria do diagrama.

Importante destacar que o DFT representa uma sequência linear de ordem cronológica das atividades que segue uma ordem de cima para baixo e da esquerda para direita no esquema representado. Dessa forma, os blocos representativos de cada atividade não possuem sentido de hierarquia e sim, a sequência das atividades realizadas. Além desta premissa, a cronologia das atividades está representada pela numeração presente na parte superior de cada bloco.

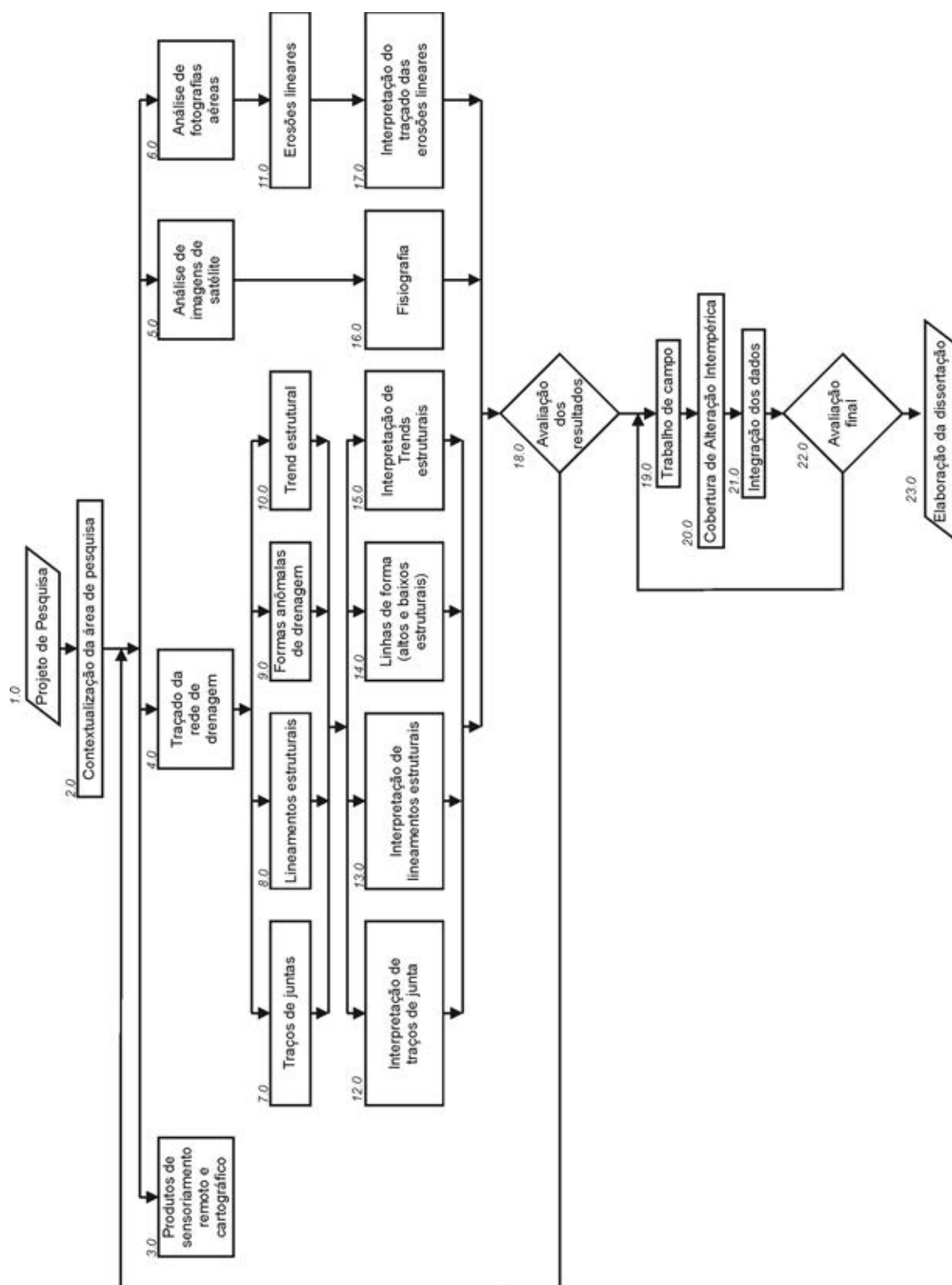


Figura 15: Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT) adotado para a presente dissertação.

1.0 Definição da pesquisa e escolha da área de estudo

A motivação para a realização do presente trabalho explica-se pela recorrente problemática da erosão no interior paulista, apesar do tema ter sido amplamente discutido por décadas. A análise dos resultados da contínua ação antrópica sobre os solos e paisagem permite entender a dinâmica do meio físico acerca desta forma de degradação. Quanto maior o conhecimento sobre o tema, melhor será a previsibilidade sobre os desequilíbrios provocados pelo ser humano sobre as novas fronteiras agrícolas no interior do País.

Assim como diversos municípios brasileiros, Marília é um polo local que concentra importância social e econômica em seu entorno, composto por municípios de menor expressão econômica. A região de Marília é reconhecida como uma das mais suscetíveis a erosões lineares, justificando um planejamento cauteloso para a ocupação e uso de terra.

Além das justificativas, inclui nesta fase inicial de trabalhos o diagnóstico do panorama atual e a evolução do conhecimento dos conceitos que compreendem a pesquisa, tornando-se base para a elaboração das perguntas e o método de aquisição das respostas da dissertação.

Esta etapa inicial permitiu definir os tópicos de justificativa, objetivos e fundamentação teórica da presente dissertação.

2.0 Contextualização da área de pesquisa

Anteriormente à aquisição e manipulação de materiais para o cumprimento do objetivo, é necessário conhecer a área de estudo para o entendimento das dinâmicas ambientais e sociais.

Foram realizadas buscas de materiais bibliográficos relacionados à geologia (litologia e estrutural), geomorfologia, hidrologia, pedologia, clima, vegetação, histórico de uso e ocupação.

3.0 Produtos de sensoriamento remoto e cartográfico

O levantamento dos materiais cartográficos e de sensores remotos necessários norteou a organização dos procedimentos. Buscou-se tornar a pesquisa menos onerosa possível.

Atualmente, diversos materiais são disponibilizados através da *internet* gratuitamente, como, por exemplo, carta topográfica, imagens do satélite Landsat e imagens de radar da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). As fotografias aéreas obtidas foram gentilmente cedidas gratuitamente pela Empresa de Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (Emplasa).

O georreferenciamento dos materiais, equalização da imagem Landsat 7 e o manuseio dos dados SRTM, como cálculo da topografia e triangulação, foram realizados no *software* ArcGIS 10.

4.0 Traçado e complementação da rede de drenagem

A rede de drenagem e seus padrões são fontes de diversas análises, como foi apresentado na Fundamentação Teórica.

Neste trabalho entende-se como drenagem qualquer canal, podendo ser um rio intermitente ou um sistema perene de escoamento de águas pluviais.

A drenagem é extraída inicialmente pelas cartas topográficas, que já apresentam os rios perenes. Além das cartas que compõe a área de estudo, foram adicionados 5 km de seu entorno para que não houvesse distorções na interpretação da borda. A articulação das cartas utilizadas encontra-se na Figura 16.

A carta Echaporã (SF-22-Z-A-II-4) ao sul da Pompéia não se apresenta disponível. A extração dos dados nesta área foi realizada com o uso da imagem Landsat 7 ETM+ na banda pancromática.

A complementação é realizada de acordo com indicações das curvas de nível que demonstram feição côncava na paisagem (Figura 17). Já no caso da imagem de satélite, a drenagem foi traçada sobre áreas que demonstrassem a existência de formação de fluxo retilíneo de água em eventos de precipitação.

Parnaso (SF-22-X-C-V-3)	Queirós (SF-22-X-C-V-4)	Getulina (SF-22-X-C-VI-3)	Cafelândia (SF-22-X-C-VI-4)
Herculândia (SF-22-Z-A-II-1)	Pompéia (SF-22-Z-A-II-2)	Marília (SF-22-Z-A-III-1)	Garça (SF-22-Z-A-III-2)
Lutécia (SF-22-Z-A-II-3)		Alvinlândia (SF-22-Z-A-III-3)	Gália (SF-22-Z-A-III-4)

Figura 16: Articulação das cartas topográficas do IBGE (1973) para a extração de drenagem. Em destaque a área de estudo com o seu *buffer* de segurança.

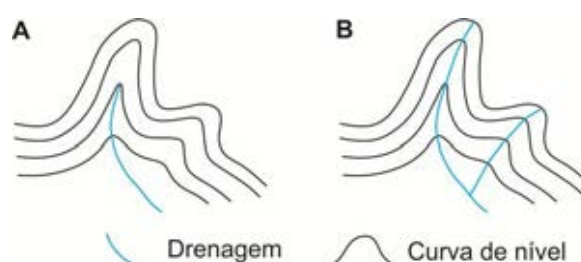


Figura 17: Esquema exemplificando a metodologia de complementação de drenagem através da carta topográfica. Em A, a forma original de representação na carta topográfica; em B a complementação realizada (MORAES, 2007).

A drenagem complementada apresenta-se na Figura 18, a seguir.

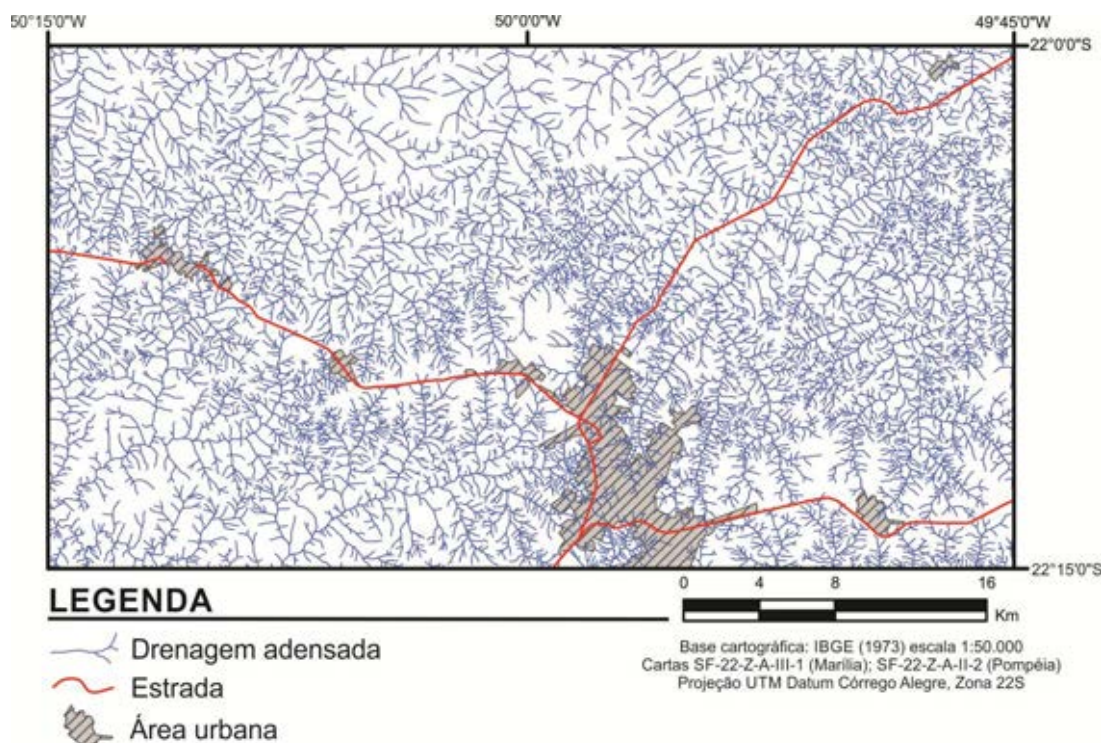


Figura 18: Drenagem complementada por curvas de nível da região de Marília.

5.0 Análise de imagens de satélite

A imagem Landsat 7 ETM+ pancromática utilizada no presente trabalho apresenta-se na Figura 19. O uso de imagem de satélite permite uma visualização sinótica da área de estudo, diferenciando regiões de acordo com a forma e dissecação do relevo. Tais diferenças permitem identificar áreas com similaridades de propriedades.

Outro material que, utilizado em conjunto com a imagem Landsat permite o entendimento do relevo, é a hipsometria gerada pela triangulação de dados numéricos obtidos pelas imagens SRTM. Dessa forma, além da forma e dissecação, somam-se dados altimétricos para uma melhor contextualização da área de estudo.

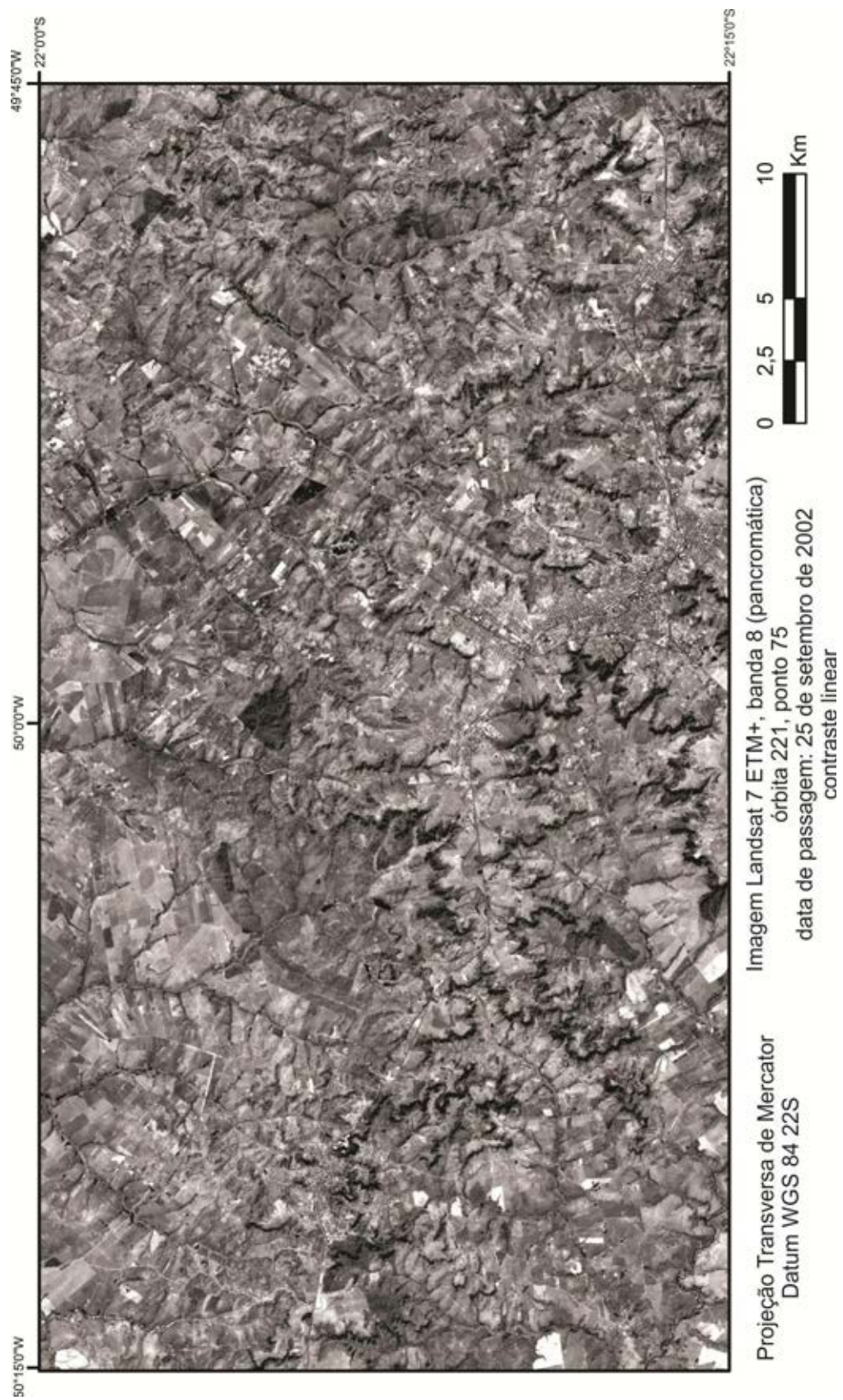


Figura 19: Imagem Landsat7 ETM+ utilizada no presente trabalho.

6.0 Análise de fotografias aéreas

As fotografias permitiram visualização em escala 1:4.000, mesmo que tecnicamente a acurácia determinada deste material seja em escala 1:10.000. Sendo assim, este material foi utilizado para identificar feições erosivas lineares.

A articulação das fotografias aéreas digitais ortorretificadas disponibilizadas pela *Emplasa* (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A.) apresenta-se na Figura 20, cujo levantamento aerofotogramétrico foi realizado nos anos 2010/2011.

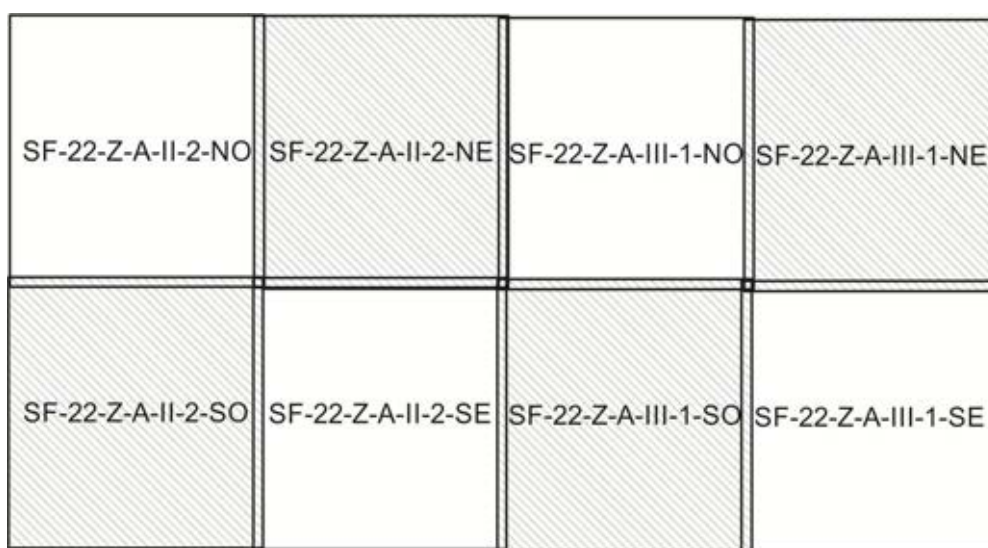


Figura 20: Articulação das fotografias aéreas utilizadas no presente trabalho.

A escolha deste material deve-se à alta resolução espacial que possibilitou uma rápida identificação dos alvos, além da gratuidade de sua obtenção. Outras opções razoáveis seriam a utilização de imagens da câmera HRC do satélite CBERS, cuja resolução espacial é de 2,5m, e imagens do Google Earth. A primeira opção não foi viável, pois um quarto da área do presente estudo não possui imagens em boas condições de uso devido à alta quantidade de nuvens e ruídos. Já a segunda opção não garante qualidade temporal, pois é composta por imagens de datas de passagem diferentes.

O material utilizado apresenta-se na Figura 21.

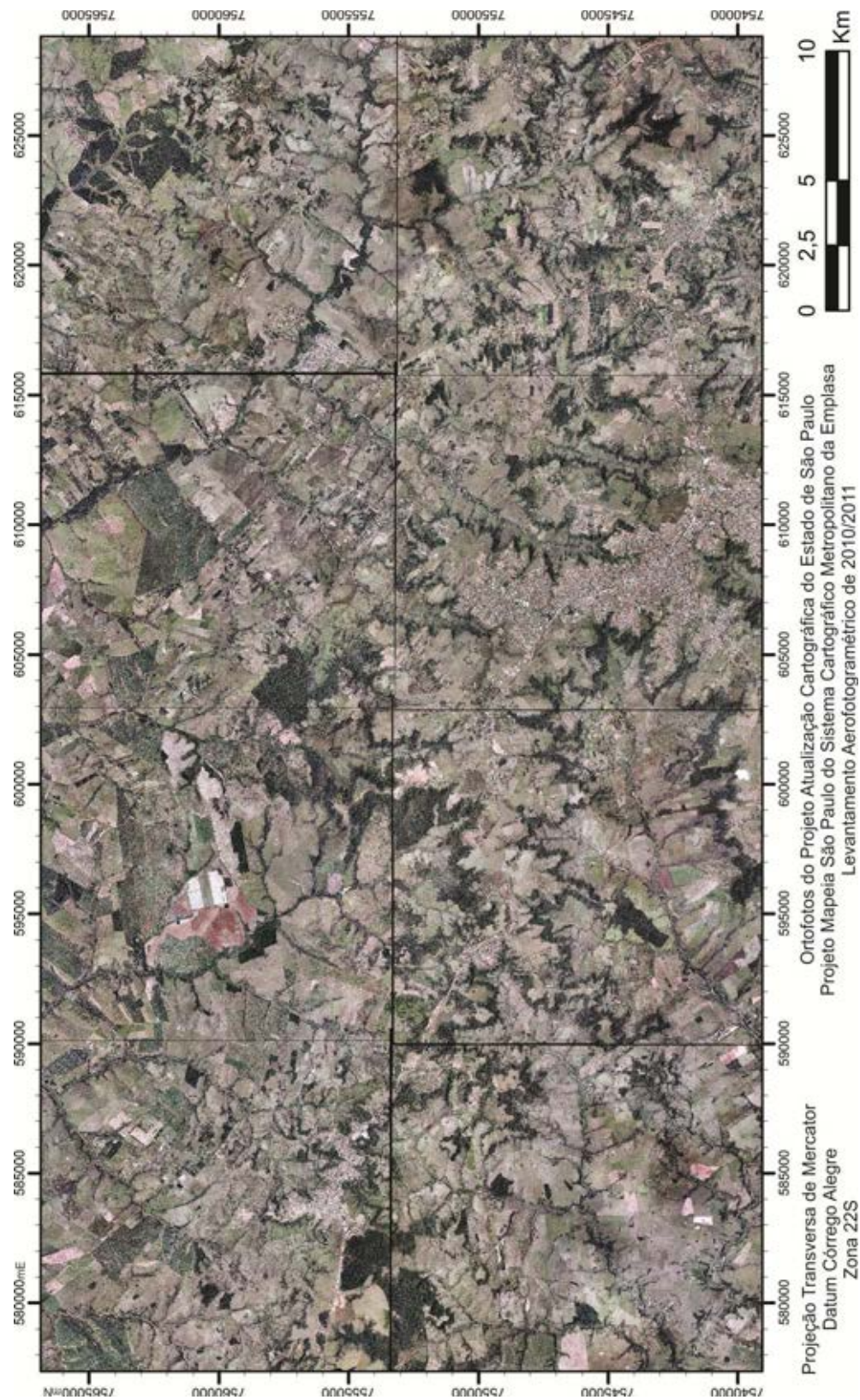


Figura 21: Mosaico das fotografias aéreas utilizadas no presente trabalho.

7.0 Traços de juntas

O critério utilizado para a identificação dos traços de juntas foi a identificação de segmentos de drenagem de 1ª e 2ª ordem fortemente estruturados, ou seja, retilíneos e curvilíneos com repetitividade de direção, com extensão máxima de 1 km (CAETANO, 2006; COELHO, 2010). A escala de mapeamento foi fixado em 1:100.000 e o material utilizado foi a drenagem complementada, incluindo-se a margem de 5km da área de estudo, para que não ocorra erros na interpretação devido às limitações de borda.

8.0 Lineamentos estruturais

Os lineamentos estruturais foram delimitados a partir de drenagem retilíneo e curvilíneo, contínua e descontínua, fortemente estruturado, de comprimento maior que 1 km. As escalas de mapeamento foram de 1:100.000 e 1:200.000, para obter visão local e regional, por se tratar de feição de grande extensão.

Estas feições foram levantadas utilizando a drenagem complementada e a imagem Landsat 7 ETM+, na banda 8 (pancromática).

9.0 Formas anômalas de drenagem

A interpretação morfoestrutural baseia-se na análise de informações básicas dos elementos de relevo e drenagem conjuntamente com as suas relações espaciais, sendo as morfoestruturas feições anômalas dentro de uma tendência regional. Dessa forma, o resultado gerado estabelece zonas estruturalmente anômalas positivas ou altas (estruturas dômicas ou antiormes); negativas ou baixas (depressões estruturais) e descontinuidades estruturais (lineamentos e falhas) (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993).

Sendo assim, foram cartografadas feições anômalas de drenagem anelares e radiais, além de uma análise de assimetria. A interpretação baseou-se em duas escalas, 1:100.000 e 1:200.000. Nesta última, as feições anelares são realçadas.

Para a extração das informações, a drenagem complementada foi impressa nas duas escalas supracitadas, e as feições anômalas foram cartografadas em papel *overlay* para posterior vetorização.

Este levantamento permite realizar a interpretação morfoestrutural, observando-se o grau de estruturação de cada forma anômala de drenagem apresentada. As feições anômalas de drenagem permitem delimitar as linhas de forma de contorno estrutural não-cotados.

10.0 Trends estruturais

Podem ser entendidos como estreitas faixas de intenso fraturamento das rochas superficiais, devido a um falhamento em profundidade. O deslocamento inicial dos blocos distribui-se nas camadas superiores, por meio da multiplicação de linhas de ruptura e flexura das camadas, cujos efeitos podem refletir nas camadas superficiais, posteriores ao evento tectônico, através de esforços sistemáticos atuantes na litosfera. Caracteriza-se em imagem de satélite por apresentar uma zona homogênea de drenagens anormalmente estruturada em duas direções. (SOARES et al., 1981b).

Dessa forma, este levantamento foi realizado a partir da visualização de padrão alinhado da rede de drenagem em duas direções preferenciais, anormalmente ao seu entorno. A partir deste levantamento, podem ser definidas áreas de Trends estruturais, que recebem um significado estrutural.

A base para extração desta informação foi a drenagem complementada obtida das cartas topográficas 1:50.000, representadas em escala 1:200.000.

11.0 Erosões lineares

Apesar das especificações técnicas do fornecedor das fotografias aéreas ortorretificadas determinar a acurácia em escala 1:10.000, a visualização do alvo foi possível em escala 1:4.000. As erosões lineares foram delimitadas pelos seus eixos de erosão, em forma de segmentos de reta no canal de escoamento de água pluvial, determinando uma unidade a cada mudança de direção. Este procedimento impede a supervalorização de feições erosivas compostas por um único eixo de frente de erosão e a subvalorização de erosões ramificadas e mais complexas.

O critério de identificação adotado inclui vales em “U” ou “V” com encostas retilíneas e marcadas por solo exposto ou por vegetação rasteira, em forma de erosão regressiva nas cabeceiras de drenagem de escoamento de águas pluviais ou

desconectadas da rede hidrográfica, tomando-se cautela para não incluir os corpos d'água degradados por erosão fluvial. Para isso, verificou-se a presença da rede hidrográfica já descrita nas cartas topográficas do IBGE (1973).

A influência do efeito do uso da terra sobre a formação de erosão linear foi minimizada ao identificar formas geradas por sobrepastoreio, como os caminhos de gado, ou estradas rurais abandonadas.

Dessa forma, os exemplos que ilustram o critério adotado e os segmentos representativos das erosões lineares estão na Figura 22.

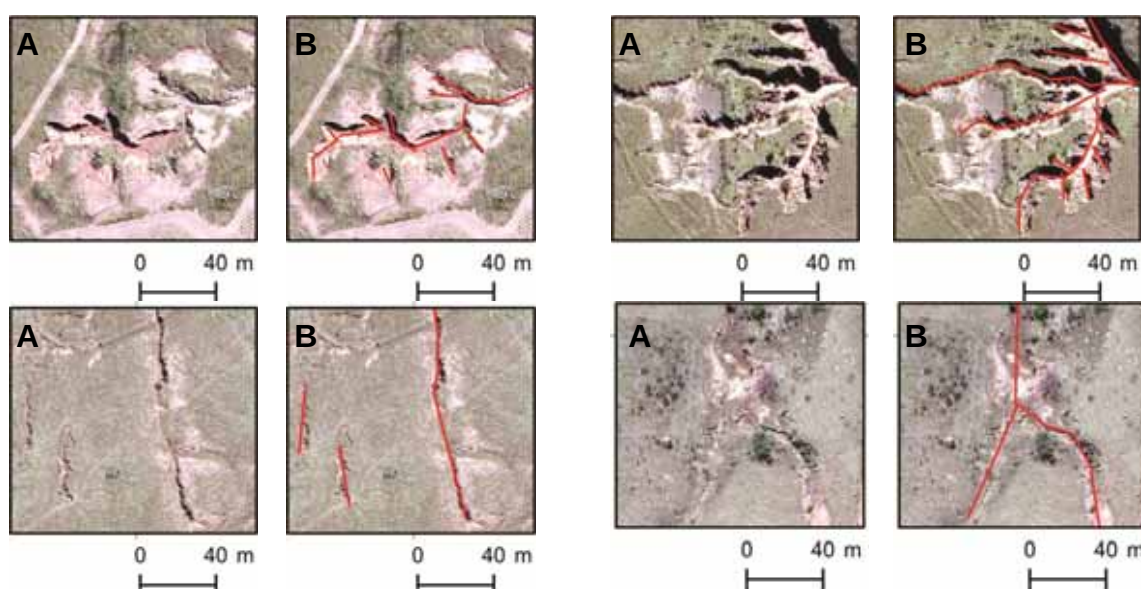


Figura 22: Exemplos de interpretação das erosões hídricas lineares em fotografias aéreas. Em A) fotografia original; em B) a mesma fotografia com a interpretação das feições sulcadas como erosões lineares em forma de segmento de reta.

12.0 Interpretação dos traços de junta

Extraídos os traços de junta, estes foram analisados com relação à sua frequência, direção, direções preferenciais e áreas de variação destas duas direções preferenciais.

O grau de frequência de traços de juntas correlaciona-se com o grau de fraturamento da rocha. Existe correlação direta entre o fraturamento, a percolabilidade de águas pelas discontinuidades e a alterabilidade de rocha.

A área de estudo foi dividida em grade de 2km x 2km, sendo que cada célula representa uma unidade amostral de quantidade de feições lineares (Figura 23).

Para a interpolação dos dados em isovalores, as células foram representadas por pontos em seus cantos inferiores esquerdos (Figura 24).

A coluna mais a leste da área de estudo que engloba porção além do limite da área de estudo incluiu dados extraídos do *buffer* de 5km.

O método de interpolação dos valores de frequência adotado foi o Vizinho Natural. Esta interpolação tem como resultado a definição de linhas de isovalores reais de frequência obtidos por pontos de amostragem.

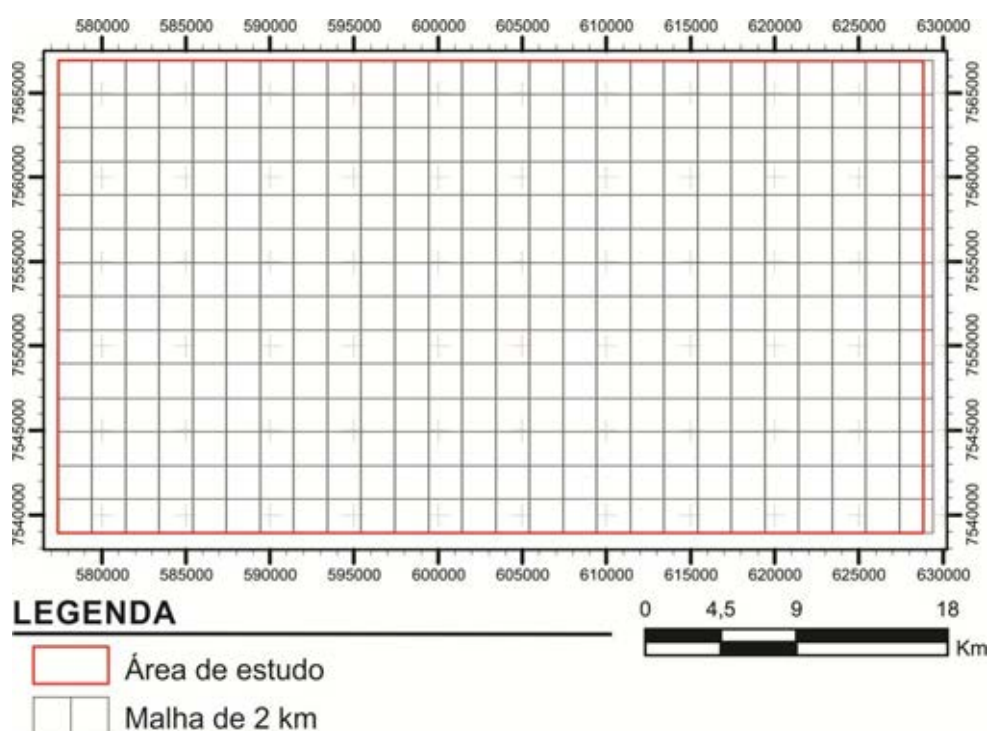


Figura 23: Malha regular de 2km utilizado para amostragem de feições lineares.

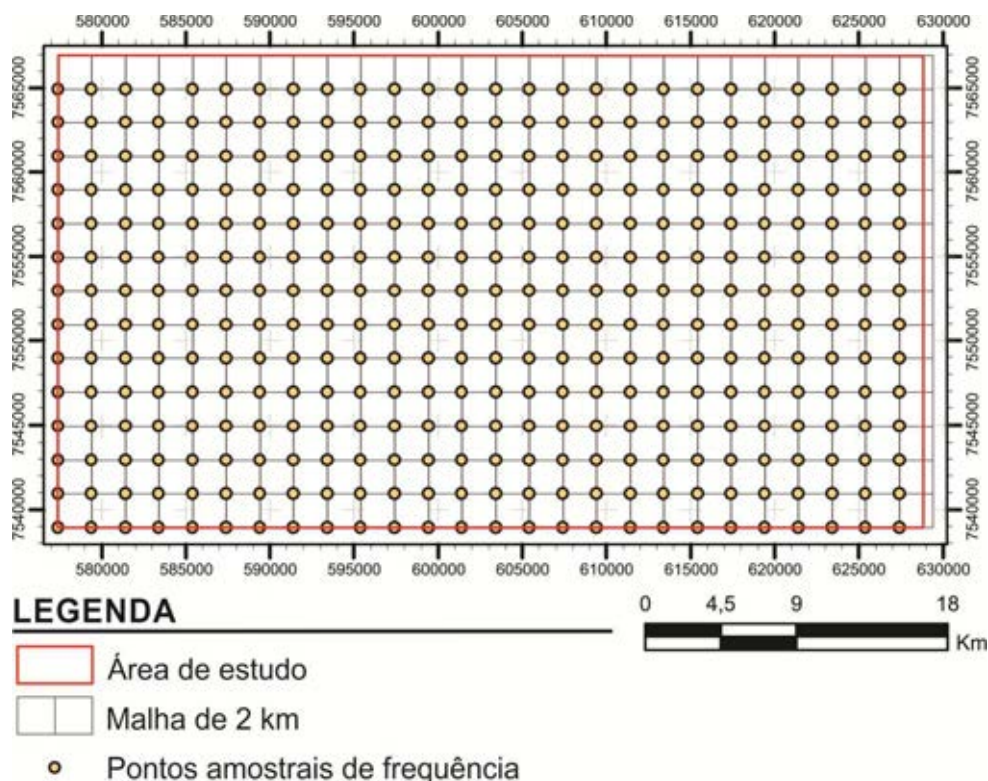


Figura 24: Pontos amostrais de frequência de feições lineares para interpolação.

A extração do valor de frequência de feições lineares e a interpolação foi realizada no *software* ArcGIS 10.

A direção dos traços de junta possuem relação espacial e tendências regionais.

Para obter informações sobre as direções dos traços de junta que ocorrem na área do presente estudo, foi realizada uma análise em unidades amostrais regulares. Para tanto, a área de estudo foi subdividida em quadrículas de 5km x 5km, e o levantamento da frequência de direções foi realizado individualmente para cada unidade amostral. Nas células que abrangem áreas além do limite da área de estudo estabelecido para o presente trabalho, foram utilizados os dados extraídos no *buffer* de 5km.

A disposição da malha regular apresenta-se na Figura 25.

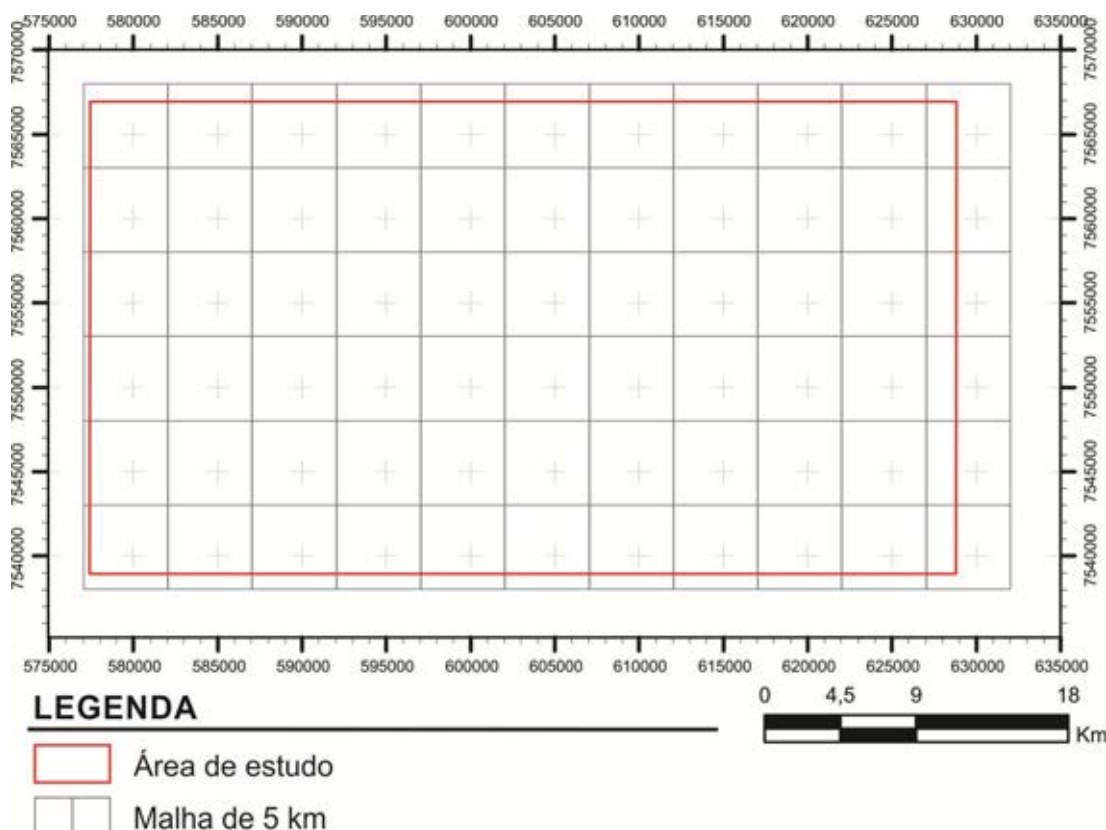


Figura 25: Disposição da malha de 5km x 5km para análise das direções de traços de junta utilizada no presente trabalho.

A partir desta malha, os traços de junta foram analisados célula a célula para no *software* Spring 5.2.2., gerando gráficos de rosetas de frequência absoluta em intervalos de 10° .

O máximo 1 de traço de junta representa a direção de maior frequência dentro de uma unidade de área pré-estabelecida. Já o máximo 2 é a segunda direção de maior frequência. Estas duas principais direções representam a tendência regional dos traços de junta.

Dessa forma, tais máximos são extraídos por meio de filtragem dos traços de junta através do *software* Spring, obtendo-se assim somente as feições que se comportem segundo as duas principais direções em cada célula amostral. Isso possibilitou verificar, posteriormente, regiões com variação na tendência de direcionamento dos traços de junta.

Foram observados casos em que existiu a mesma frequência de traços para diferentes direções no estabelecimento tanto do máximo 1 quanto do máximo 2. Nestes casos, o critério de desempate foi a predominância nas células ao seu redor

por tratar-se de tendência regional. Primeiramente, foram analisados os máximos 1 nas 8 células ao redor. Estabeleceu-se que, dentre as frequências de empate dentro da unidade amostral em dúvida, prevalece aquela cuja direção mais se repete como máximo 1 nas células adjacentes. Caso este critério não tenha sido suficientemente esclarecedor, foram somadas informações de máximos 2, sendo a direção predominante aquela que tiver maior ocorrência em máximo 1 e máximo 2 nas células vizinhas.

Como padrão, fica estabelecida a cor vermelha para os traços de junta representativas de máximo 1 e verde para o máximo 2.

Os máximos 1 e 2 são tendências locais de fraturamento, apresentando-se no mapa com o mesmo direcionamento em porções do território. Nas áreas onde podem ser observadas variações bruscas de direções, são delimitadas as zonas de variação de máximo 1 e máximo 2, que indicam locais com o sistema de fraturamento ainda mais intenso e complexo.

A identificação destas zonas dá-se pela análise do máximo 1 e máximo 2 de direções, em separado. Assim, para a delimitação de zonas de variação de direção de máximo 1, traça-se um retângulo na área onde são observadas variações de direção dos máximo 1, como se as duas direções estivessem indo de encontro, sem interrupção por área com ausência de feições. Cada metade deste retângulo representa uma direção de máximos 1 de traço de junta.

A representação deve ser realizada por retângulo de vértices arredondados e linhas tracejadas. Esta representação deve-se à interpretação de que esta zona não se limita a uma área de contorno definido, não sendo possível estabelecer uma medida de área para tal por tratar-se de uma tendência. A cor vermelha indica a variação na direção do máximo 1 e verde para o máximo 2.

13.0 Interpretação dos lineamentos estruturais

Da mesma forma que os traços de junta, os lineamentos estruturais foram analisados com relação à sua frequência na área de estudo e pelas direções de suas feições.

A determinação dos isovalores de frequência de lineamentos estruturais também foi realizada por interpolação pelo método Vizinho Natural, pelos mesmos

procedimentos descritos na isovalor de traços de junta (item 13.0), em malha regular de 2km.

As direções foram obtidas em unidades amostrais da mesma maneira que o método adotado para os traços de junta, mas neste caso, foi utilizada uma malha de 10km x 10km (Figura 26), incluídos os lineamentos da borda externa à área de estudo nas células amostrais que englobam porções além do limite estabelecido para o presente estudo. Todos os procedimentos adotados foram o mesmo descrito no item 12.0.

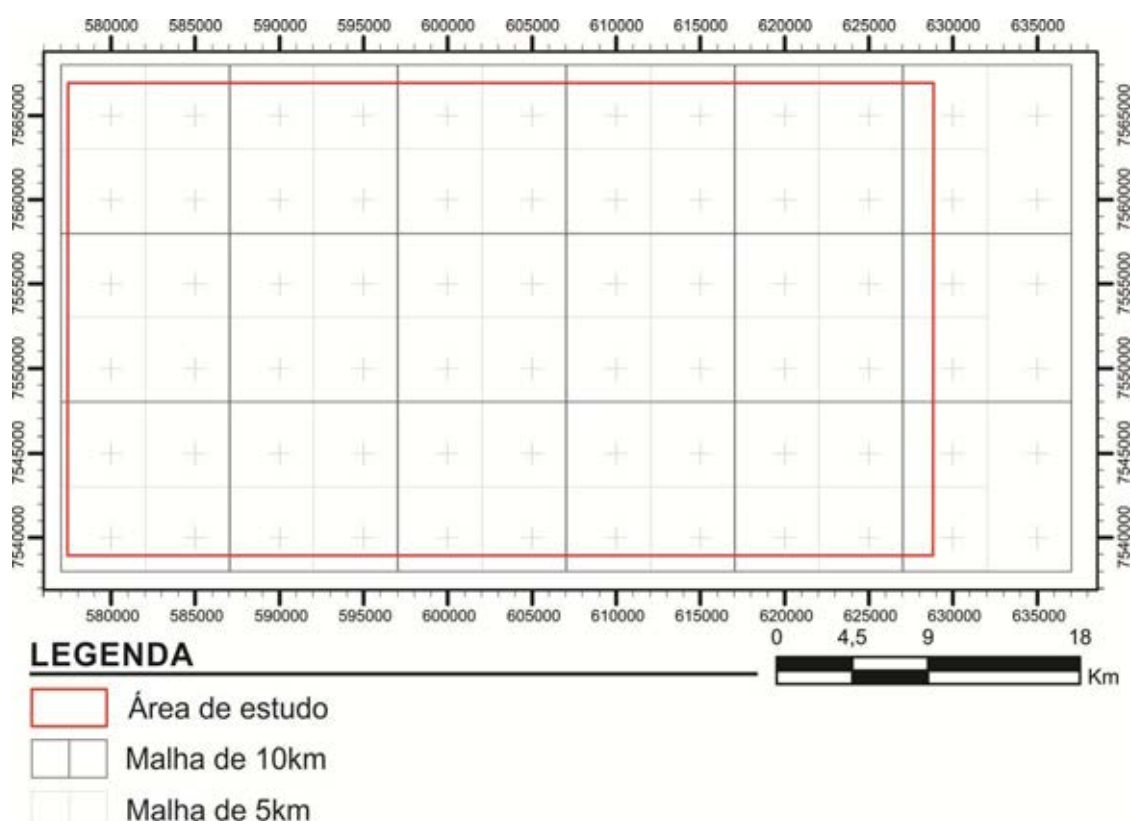


Figura 26: Disposição da malha de 10 km x 10km em relação à área de estudo e à malha de 5km x 5km, para análise das direções de lineamentos estruturais utilizada no presente trabalho.

14.0 Linhas de forma de contorno estrutural (altos e baixos estruturais)

As linhas de contorno estrutural classificam os altos e baixos estruturais. A disposição das linhas de forma é influenciada pela combinação da presença das formas anômalas de drenagem e do grau de estruturação destas formas (item 9.0), além de Trend estrutural e lineamentos estruturais.

A configuração das linhas corresponde à geometria do acamamento, assumindo um significado aproximado de contorno estrutural. Assim, as drenagens

anelares indicam o contorno do acamamento, as radiais posicionam a direção do mergulho, conjuntamente com a assimetria. Os lineamentos e o Trend estruturais interrompem e/ou modificam esta dinâmica.

15.0 Interpretação de Trends estruturais

A localização de Trends estruturais implica na identificação de áreas com deslocamento de blocos provocados por grandes falhamentos. Isso permite interpretá-los como descontinuidade estrutural, que interrompe ou altera um padrão morfoestrutural. A sua interpretação, então, fica atrelada à análise morfoestrutural.

16.0 Fisiografia

A caracterização da paisagem através da fisiografia permite entender a gênese das formas de relevo e associá-las aos solos presentes em uma determinada área.

Segundo metodologia desenvolvida pelo Centro Interamericano de Fotointerpretação (CIAF), a análise fisiográfica segue uma classificação hierárquica e taxonômica da paisagem em seis níveis categóricos, partindo do geral para o particular (VILLOTA, 1992). Para a área do presente estudo, esta classificação seguiu o **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

A análise fisiográfica foi realizada utilizando imagem Landsat 7 (Figura 19) impressa em escala 1:100.000 em papel fotográfico *glossy paper*, e com auxílio de lupa e mesa de luz. A adoção desta escala permitiu chegar ao nível de sub-paisagem, cartografadas em *overlay* para posterior digitalização, georreferenciamento e vetorização no *software* ArcGIS 10.

Provincia Fisiográfica	Provincia Climática	Grande Paisagem	Paisagem		Sub- paisagem	
Provincia Bacia Sedimentar do Paraná	Clima Úmido - tropical de inverno seco; quente de inverno seco	Planalto Ocidental Paulista	Fluvial	A1-Planície de inundação atual	A11-Canal	A111-Meandrante
						A112-Retilíneo
						A113-Misto
			Denudacional	P1-Planalto extremamente baixo (400-	P11-Ligeiramente dissecado	1-Restos de canais 2-Restos de terraços
					P12-Moderadamente dissecado	
					P13-Fortemente dissecado	
				P2-Planalto muito baixo (450-500m)	P21-Ligeiramente dissecado	
					P22-Moderadamente dissecado	
					P23-Fortemente dissecado	
				P3-Planalto baixo (500-550m)	P31-Ligeiramente dissecado	
					P32-Moderadamente dissecado	
					P33-Fortemente dissecado	
				P4- Planalto médio (550-600m)	P41-Ligeiramente dissecado	
					P42-Moderadamente dissecado	
					P43-Fortemente dissecado	
				P5- Planalto alto (600-650m)	P51-Ligeiramente dissecado	
					P52-Moderadamente dissecado	
					P53-Fortemente dissecado	
				P6- Planalto muito alto (650-690m)	P61-Ligeiramente dissecado	
					P62-Moderadamente dissecado	
					P63-Fortemente dissecado	
			P7-Escarpa erosiva		P71-Retilíneo	
					P72-Convexo	
					P73-Côncavo	
					P74-Misto	

Quadro 3: Legenda fisiográfica adotada para interpretação de imagem de satélite para a área do presente trabalho.

17.0 Interpretação de erosões lineares

Tratando-se de feições lineares, as erosões foram analisadas quanto à frequência na área de estudo, e às suas direções. A determinação dos isovalores de frequência de erosão linear também foi realizada por Vizinho Natural, pelos mesmos procedimentos descritos na isovalor de traços de junta (item 12.0), em malha regular de 2km x 2km.

Vale ressaltar que, entende-se como unidade de erosão linear, o segmento que mantém a mesma direção, sendo este segmento a representação do canal de fluxo preferencial da água em eventos chuvosos.

Para a determinação das direções destes segmentos representativos das erosões lineares, o procedimento adotado foi o mesmo descrito no item 13.0 para os traços de junta, incluindo as dimensões da malha regular de amostragem.

18.0 Avaliação dos resultados

Os dados cartográficos oriundos da interpretação de feições de relevo e drenagem, de dados estatísticos e da identificação de feições erosivas foram analisados e modificados até apresentar resultados razoáveis, representando a realidade de maneira didática.

19.0 Trabalho de campo

A validação dos dados cartográficos elaborados é obtida pela verificação em campo. Os trabalhos objetivaram identificar as formas de relevo, as medidas estruturais, validar as feições erosivas lineares levantadas e entender a distribuição das Coberturas de Alteração Intempéricas da região.

O trajeto a ser percorrido foi determinado de forma a aproveitar estradas e vicinais que permitissem alcançar o máximo possível da área de trabalho. As medidas estruturais foram extraídas de afloramentos de rochas sãs. Os pontos de análise das Coberturas de Alteração Intempéricas foram determinados a partir da disponibilidade de bons afloramentos que mostrassem mudanças bruscas nos padrões de composição do perfil, a fim de amostrar pontos em áreas com variação textural de relevo preliminarmente identificada na interpretação fisiográfica.

Assim, os cortes de estradas e afloramentos em voçorocas foram analisados quanto aos aspectos morfológicos e pedogenéticos listados a seguir: profundidade; cor; textura; estrutura; consistência; presença de raízes e outras atividades biológicas; presença e identificação de formações especiais (cutans, nódulos, lateritas) e de constituições diversas (concreções, seixos, carvão); análise da constituição mineral e da mineralogia da fração areia; definição dos limites por nitidez e topografia.

20.0 Coberturas de Alteração Intempéricas (CAI's)

A partir dos dados coletados em campo, as Coberturas de Alteração Intempéricas foram individualizadas e caracterizadas em blocos-diagrama para melhor entendimento da composição e dos processos de alteração intempérica a que as coberturas foram submetidas.

A descrição de solos de Barros et al. (1983) e Bertolani et al. (2000) também foi fonte para a elaboração da carta pedoestratigráfica da região de Marília, sendo os pontos coincidentes à área do presente estudo representados também por blocos-diagrama de perfis modais de CAI. A escolha deste material deve-se à descrição dos resultados de análises laboratoriais das amostras dos horizontes de perfis.

Entende-se para o presente trabalho que o objetivo não é elaborar um mapa detalhado de CAI's, e sim identificar tipos, de forma a obter um panorama geral da área. Dessa forma, não se buscou a representação espacial de ocorrência das coberturas identificadas.

A representação dos blocos-diagrama seguiu o método adotado por Moraes (2007), apresentando as variações nas CAI's de acordo com a profundidade de ocorrência, no entanto no presente trabalho, restringiu-se a apresentação dos processos de alteração intempérico, sem discriminar a classificação do solo resultante.

21.0 Integração dos dados

A análise das informações foi subdividida em três frentes de interpretação: Morfotectônica; Morfoestrutural e Coberturas de Alteração Intempéricas. Entende-se que estes três tópicos se complementam, no entanto, para a apresentação dos resultados, preferiu-se segmentar por tópicos para sistematizar as informações levantadas.

Dessa forma, a análise Morfotectônica baseou-se nas informações obtidas pelos traços de junta e lineamentos estruturais, procurando definir padrões relacionados às erosões lineares.

Para a interpretação Morfoestrutural, o resultado final da delimitação das linhas de forma de contorno estrutural foi analisado.

Os dados de erosão linear também foram confrontados com as informações acerca das Coberturas de Alteração Intempéricas e Fisiografia.

22.0 Avaliação final

Nesta etapa foram realizadas avaliações de todos os materiais produzidos como resultados do presente trabalho, sendo repetida a atividade até que não se acrescente informação. Realizadas as análises e interpretações, foi possível chegar a discussões e conclusões dentro da temática proposta para a presente dissertação.

23.0 Elaboração da dissertação

O relatório final envolve a descrição de todas as informações levantadas, resultados obtidos e interpretações realizadas, compondo a presente dissertação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Produtos de mapeamento

4.1.1. Erosões lineares

A partir da análise e interpretação das fotografias aéreas, as marcas de erosões lineares foram levantadas na totalidade da área de estudo. A eficiência da interpretação foi verificada na validação em campo. Alguns exemplos de feições erosivas cartografadas e a sua situação *in situ*, podem ser observados nas Figura 27 e Figura 28.

No processo de interpretação das erosões lineares em fotografia aérea, observou-se que a maioria dos rios e córregos cartografados em 1973 para a elaboração das cartas topográficas do IBGE, encontra-se em processo de erosão hídrica de suas margens devido à falta de proteção por mata ciliar. Dessa forma, os corpos d'água atualmente assemelham-se a voçoroca.

Os dados absolutos de ocorrência de erosão linear, com as feições cartografadas são apresentados na Figura 29.

A frequência, ou seja, a quantidade de feições pela unidade de área, permite indicar regiões de maior e menor ocorrência e a interpolação destes valores auxilia a visualização destas informações. Assim, a frequência de linhas de fluxo de erosão extraídos em unidades de área de 4km² interpolada por Vizinho Natural da frequência de feições erosivas lineares apresenta-se na Figura 30.

As direções das erosões lineares também foram obtidas por unidades amostrais de 5km x 5km para a área de estudo (Figura 31).

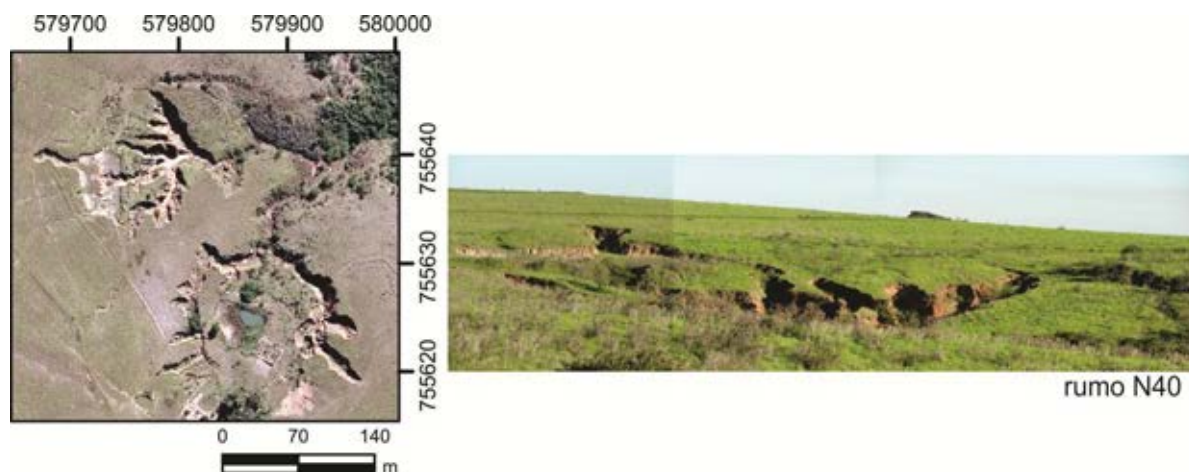


Figura 27: Exemplo de erosão linear observada em fotografia aérea e a correspondente feição *in situ*. A noroeste da área urbana de Pompeia (UTM 580.144E 7.556.249N).

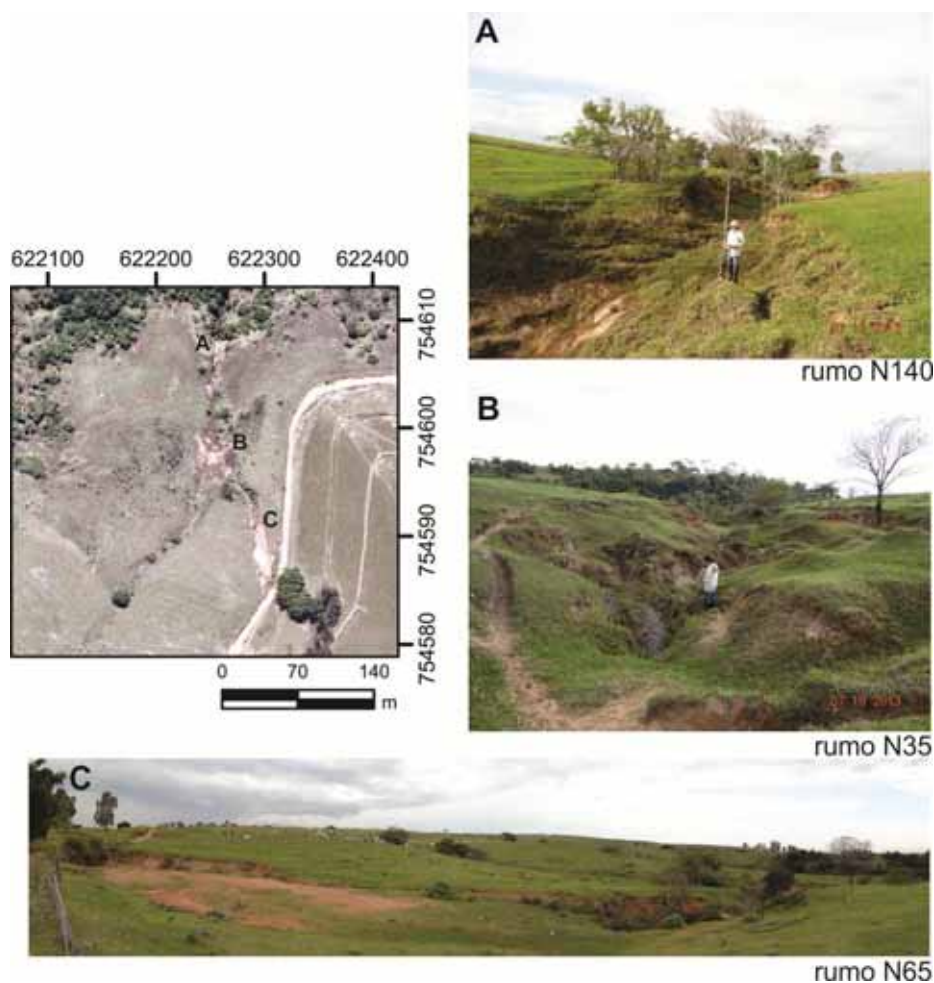


Figura 28: Exemplo de feição erosiva linear observada em fotografia aérea e a correspondente feição *in situ*. A norte da área urbana de Vera Cruz (UTM 622.327E 7.545.928N).

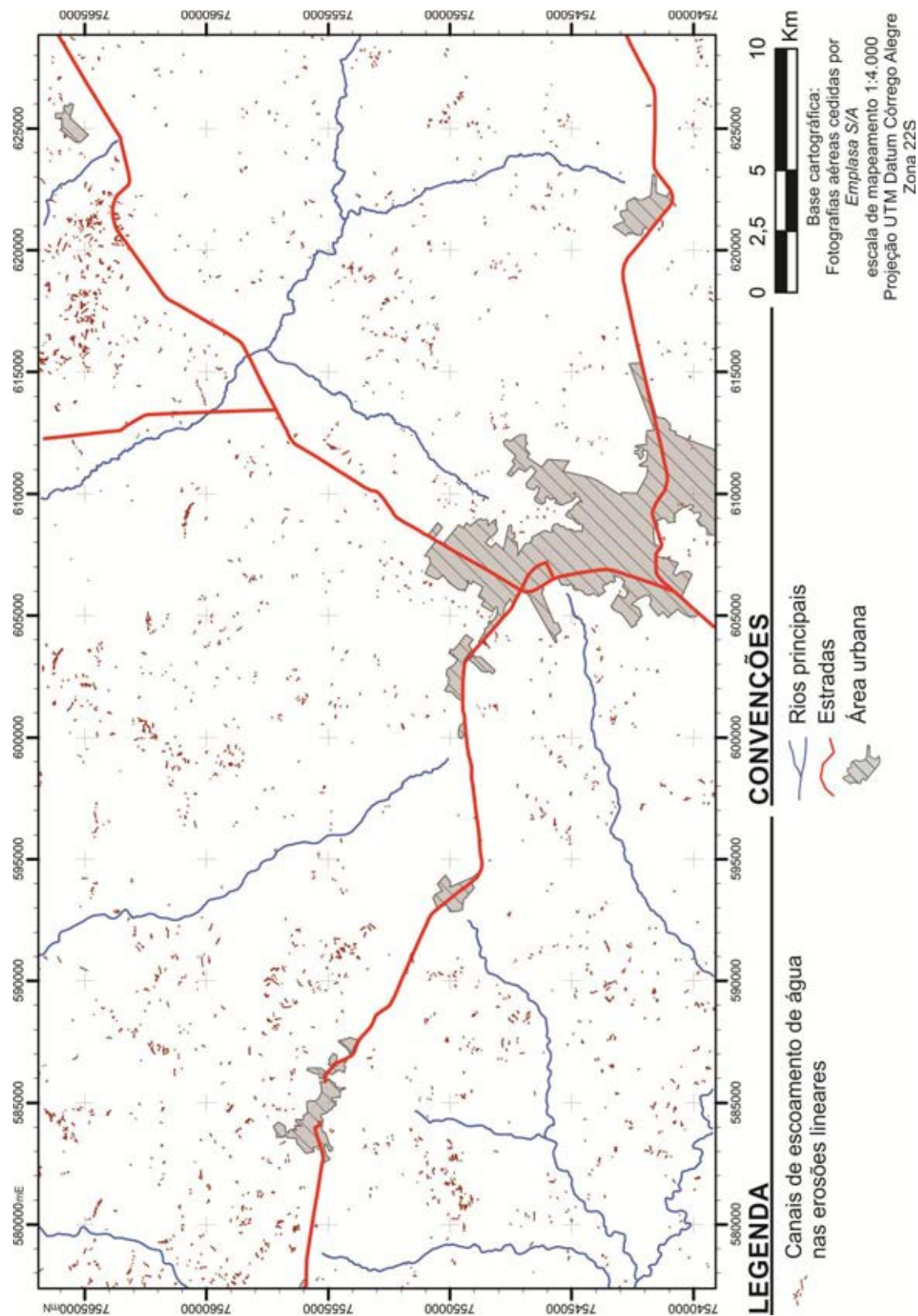


Figura 29: Mapa de ocorrência de feições erosivas lineares na região de Marília (SP).

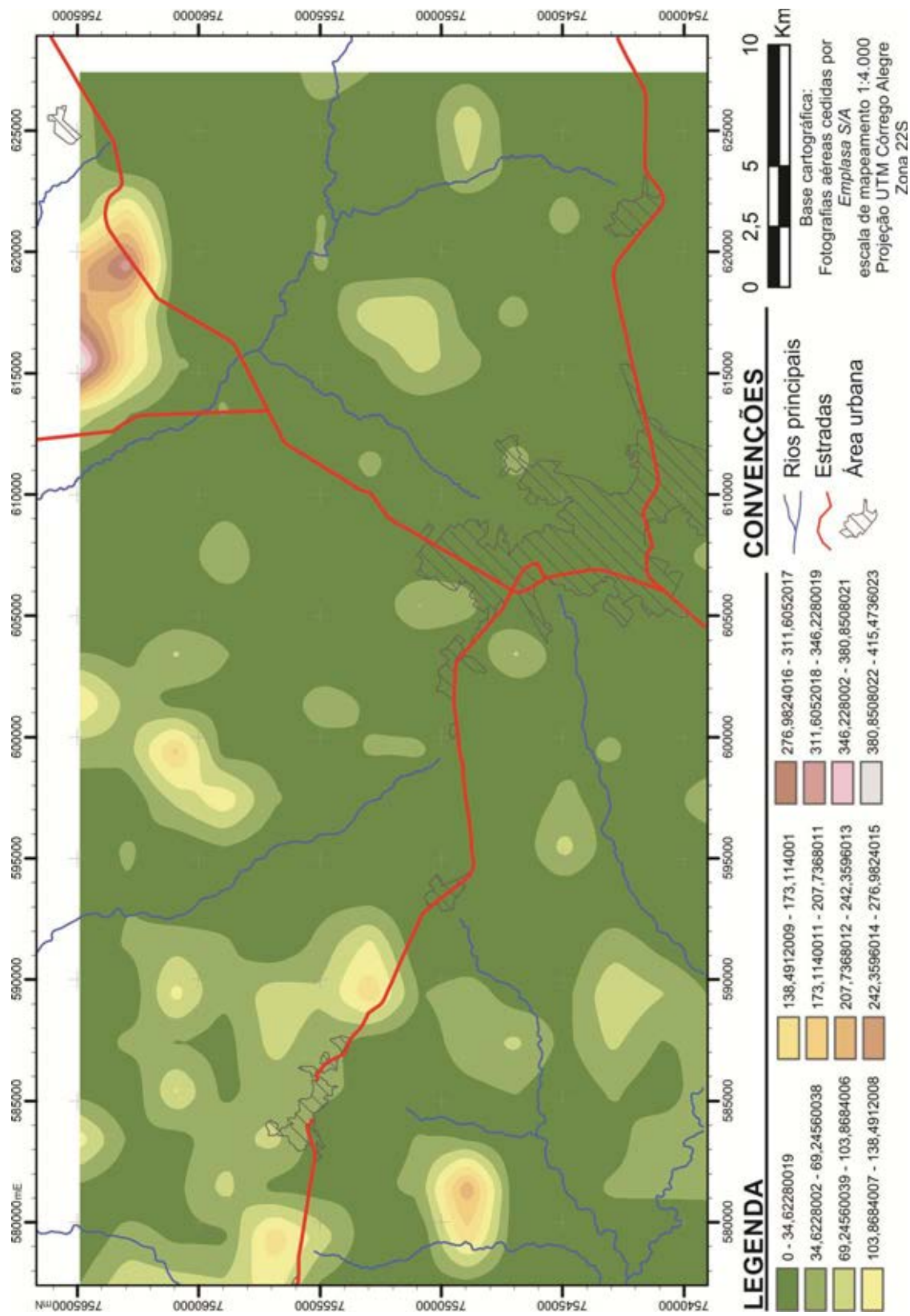
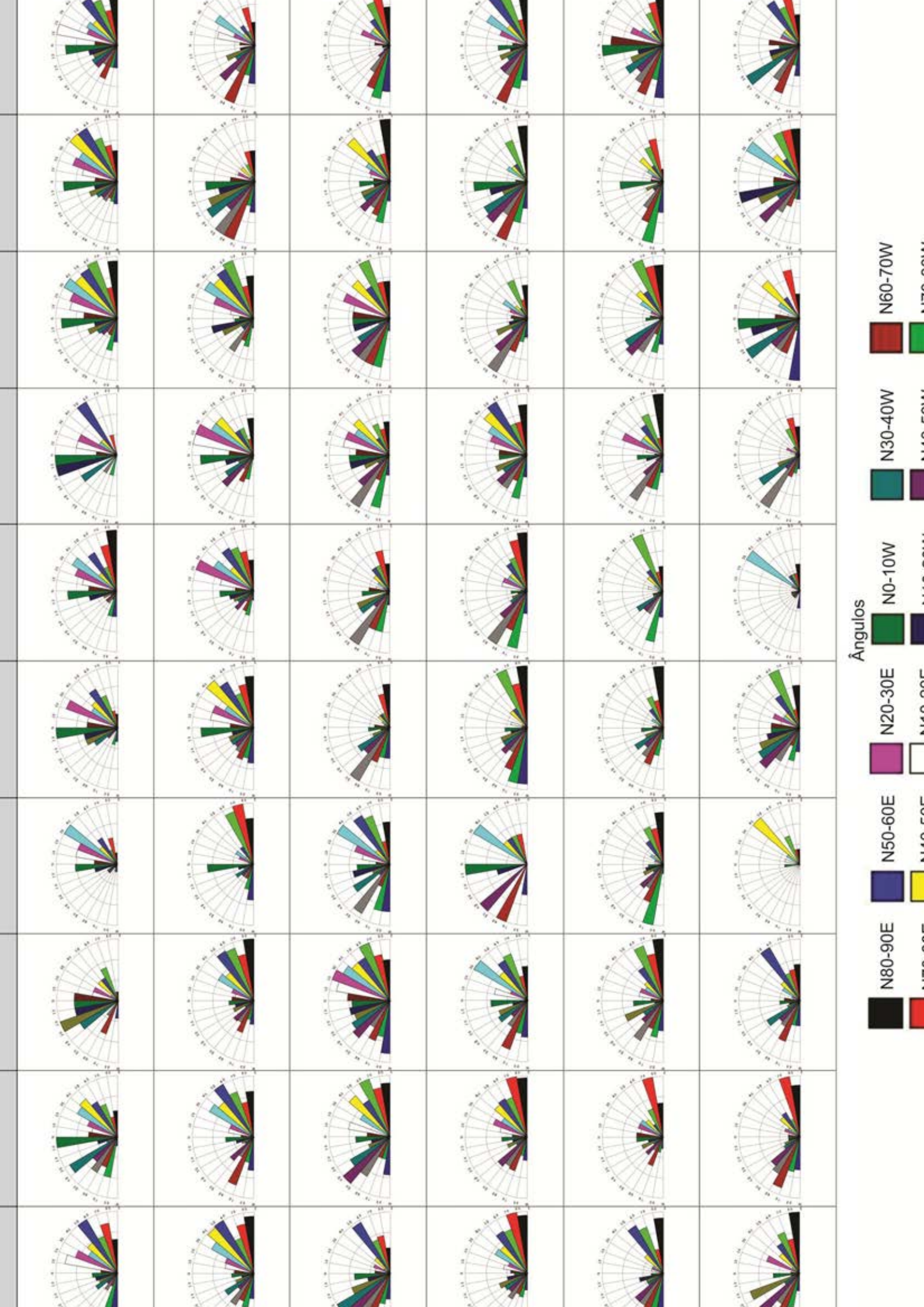


Figura 30: Isovalores de frequência de feições erosivas lineares por interpolação Vizinho Natural da região de Marília (SP).



4.1.2. Análise de deformação rúptil

4.1.2.1. Traços de junta

Os traços de junta cartografados a partir da interpretação de elementos de drenagem fortemente estruturados apresentam-se na Figura 32.

Sua frequência de acordo com a grade de unidades amostrais de 2km x 2km foi interpolada para melhor visualização (Figura 33).

As direções dos traços de junta em células amostrais de 5 km x 5km, coincidentes com a malha adotada para as feições erosivas lineares, podem ser observadas nos diagramas de rosáceas da Figura 34.

As duas direções preferenciais dos traços de junta, sendo o Máximo 1 a principal direção e o Máximo 2 a segunda principal direção, são ilustradas na Figura 35. As zonas de variação de direção destes máximos encontram-se na Figura 36.

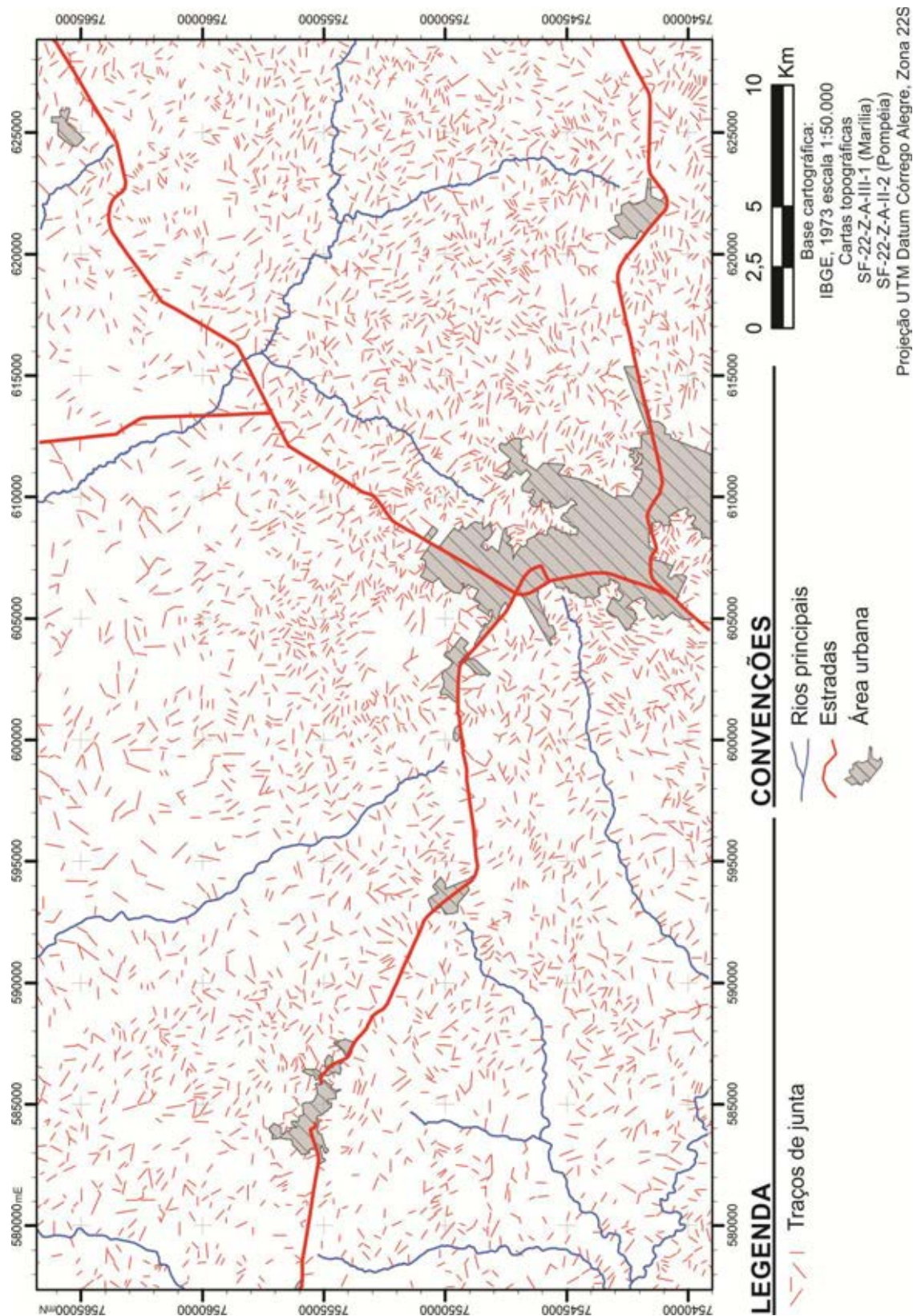


Figura 32: Mapa de ocorrência de traços de junta na região de Marília (SP).

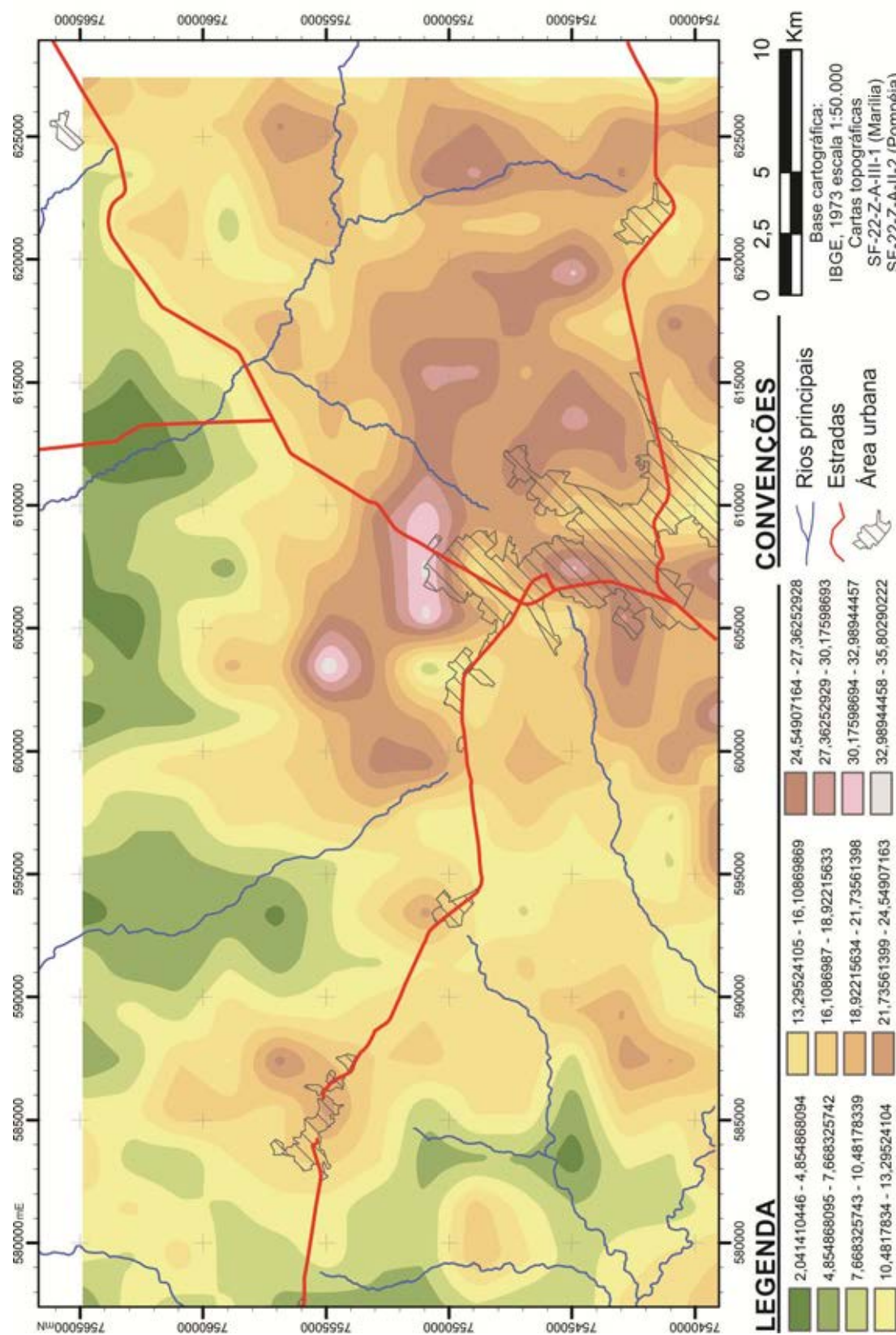


Figura 33: Isovalores de frequência de traços de junta por interpolação Vizinho Natural da região de Marília (SP).



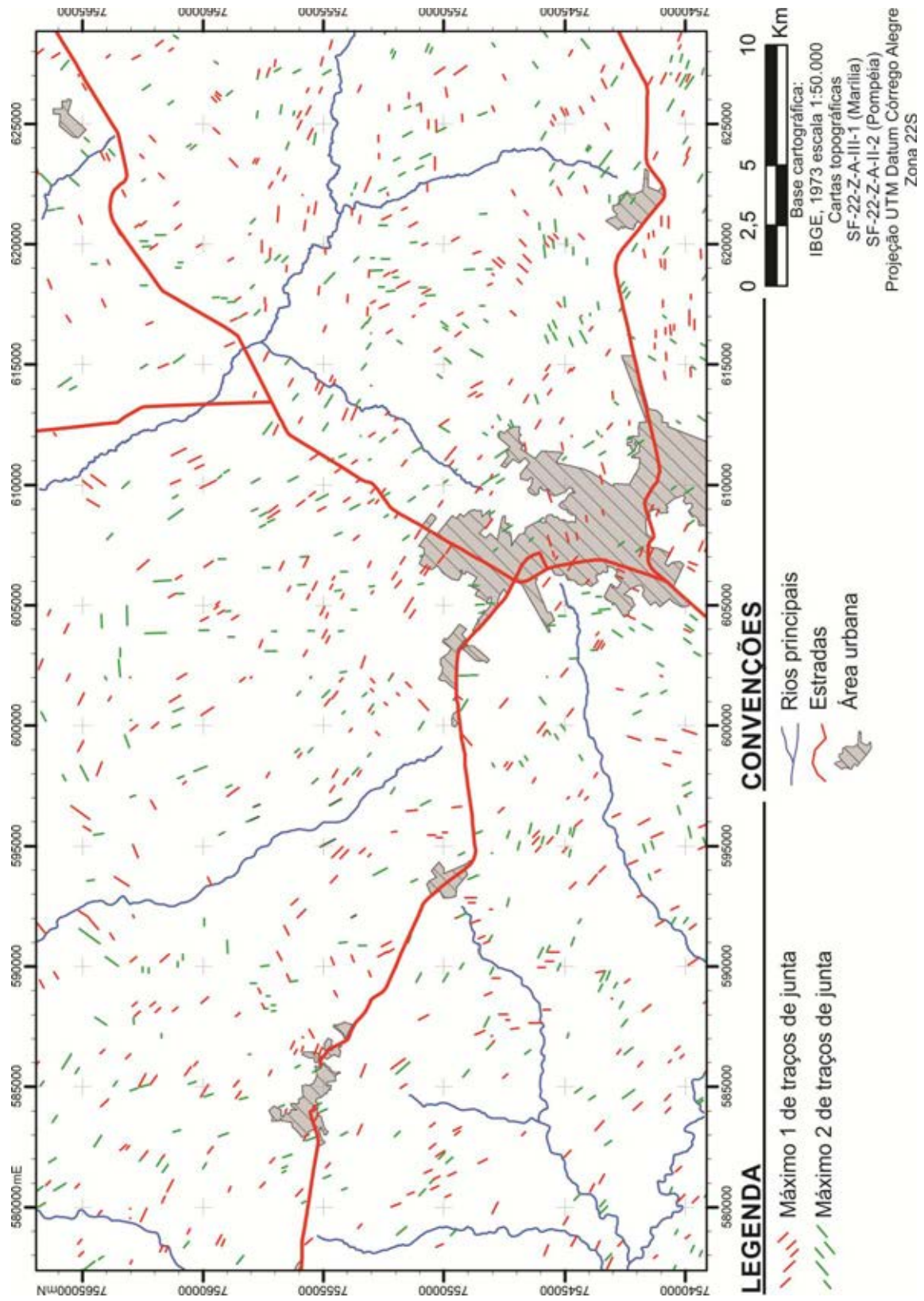


Figura 35: Mapa de Máximo 1 e Máximo 2 de traços de junta da região de Marília (SP).

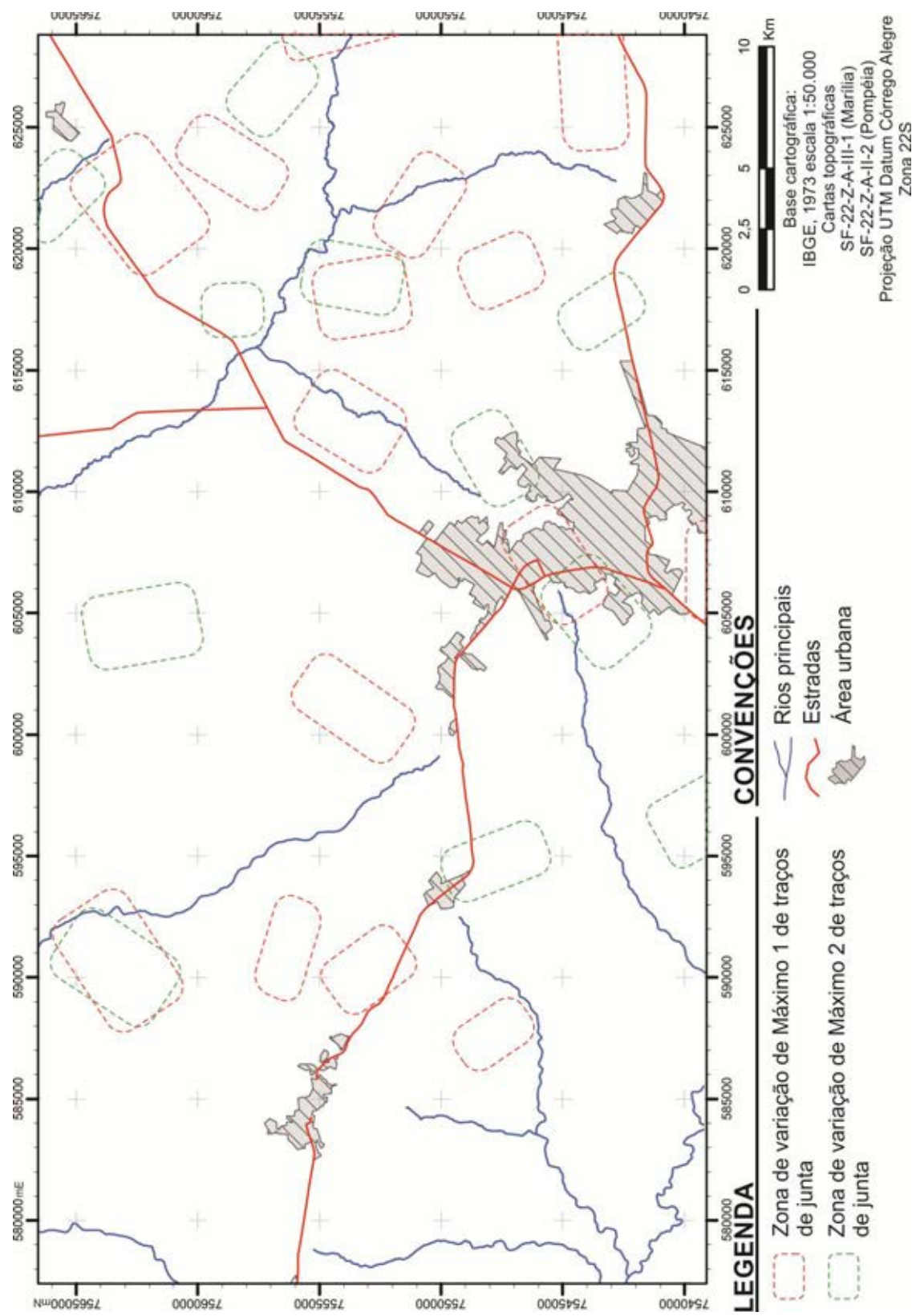


Figura 36: Mapa de zona de variação de direção de Máximo 1 e Máximo 2 de traços de junta da região de Marília (SP).

4.1.2.2. Lineamentos estruturais

Os lineamentos estruturais cartografados a partir de drenagens fortemente estruturados, a partir da drenagem complementada e imagem de satélite, apresentam-se na Figura 37.

Os isovalores da frequência interpolados por Vizinho Natural podem ser observados na Figura 38.

As frequências de direções dos lineamentos estruturais, obtidos a partir da amostragem em uma grade de 10km x 10km e representados por diagrama de rosáceas encontram-se na Figura 39.

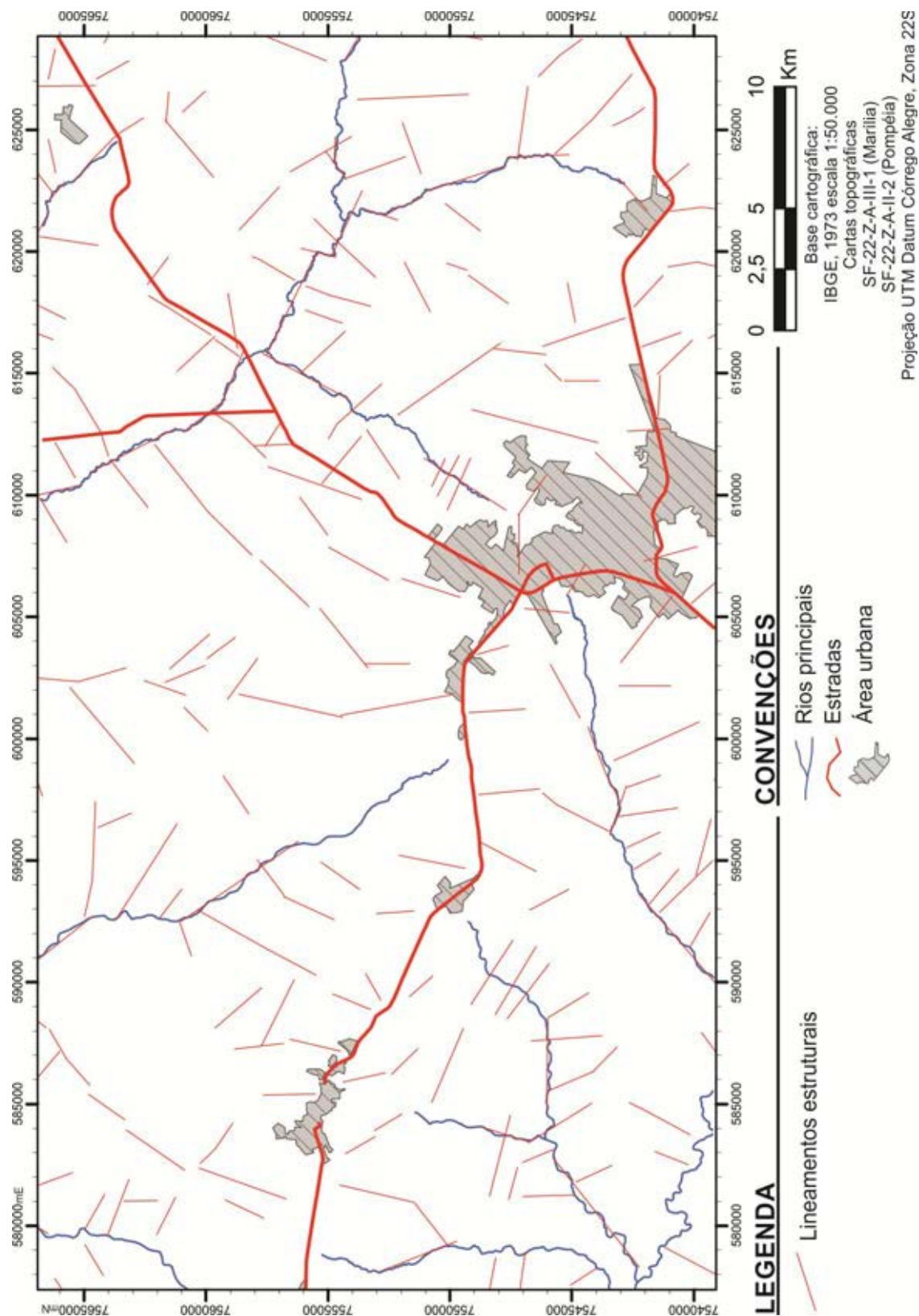


Figura 37: Mapa de ocorrência de lineamentos estruturais na região de Marília.

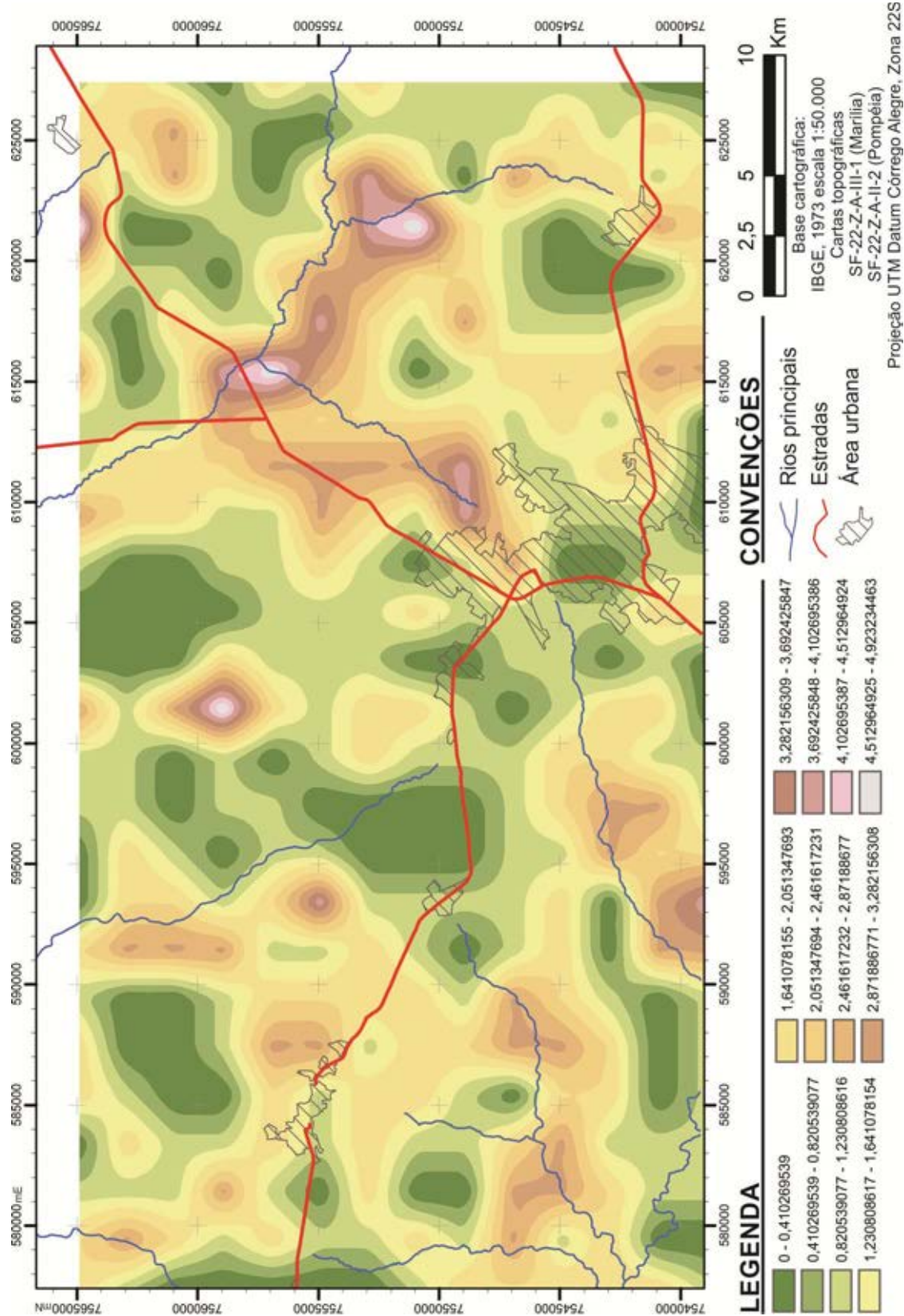
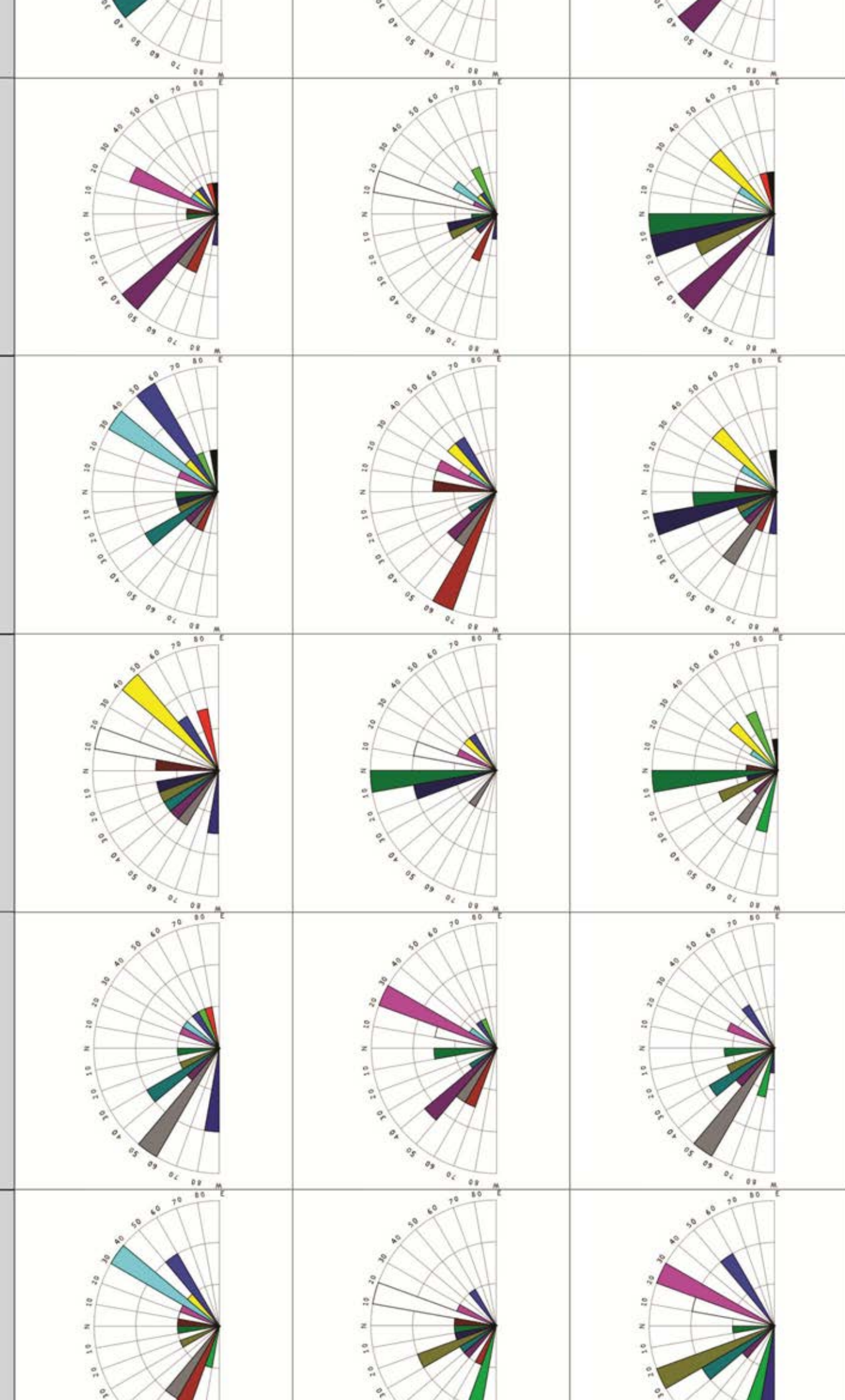
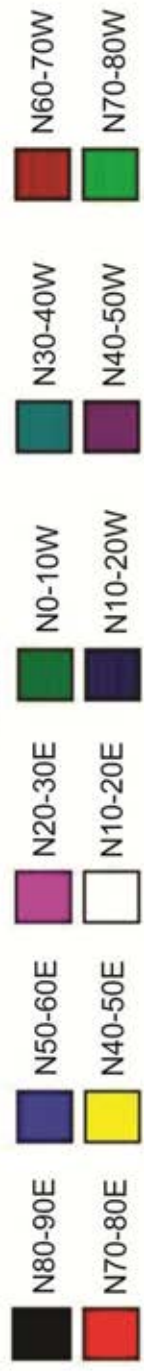


Figura 38: Isovalores de lineamentos estruturais por interpolação Vizinho Natural da região de Marília (SP).



Ângulos



4.1.3. Análise Morfoestrutural

A drenagem complementada a partir de cartas topográficas é a fonte para a identificação de algumas formas anômalas de drenagem na região de Marília.

Drenagens que se organizam em duas direções podem ser interpretadas como reflexo de rejeito de falhamento profundo, reproduzindo na superfície o resultado da movimentação de blocos (SOARES et al., 1981b).

Na área do presente estudo, foi observada uma região com ocorrência deste padrão (Figura 40), com predominância das direções NW e NE. A área de ocorrência deste padrão foi delimitada, formando um feixe (*trend*).

Observa-se que no entorno da área delimitada como *trend* estrutural há a permanência de drenagens com as mesmas direções preferenciais da área interna do feixe. No entanto, o feixe é delimitado somente na área de maior confiabilidade dos dados cuja repetição de direções é mais marcante.

A combinação da ocorrência das formas anelares, radiais e a análise das formas assimétricas da rede de drenagem permite inferir o comportamento de alto e baixo estrutural. Tais anomalias de drenagem foram cartografadas e apresentam-se na Figura 41.

A interpretação destas formas anômalas resultou na análise morfoestrutural apresentada na Figura 42.

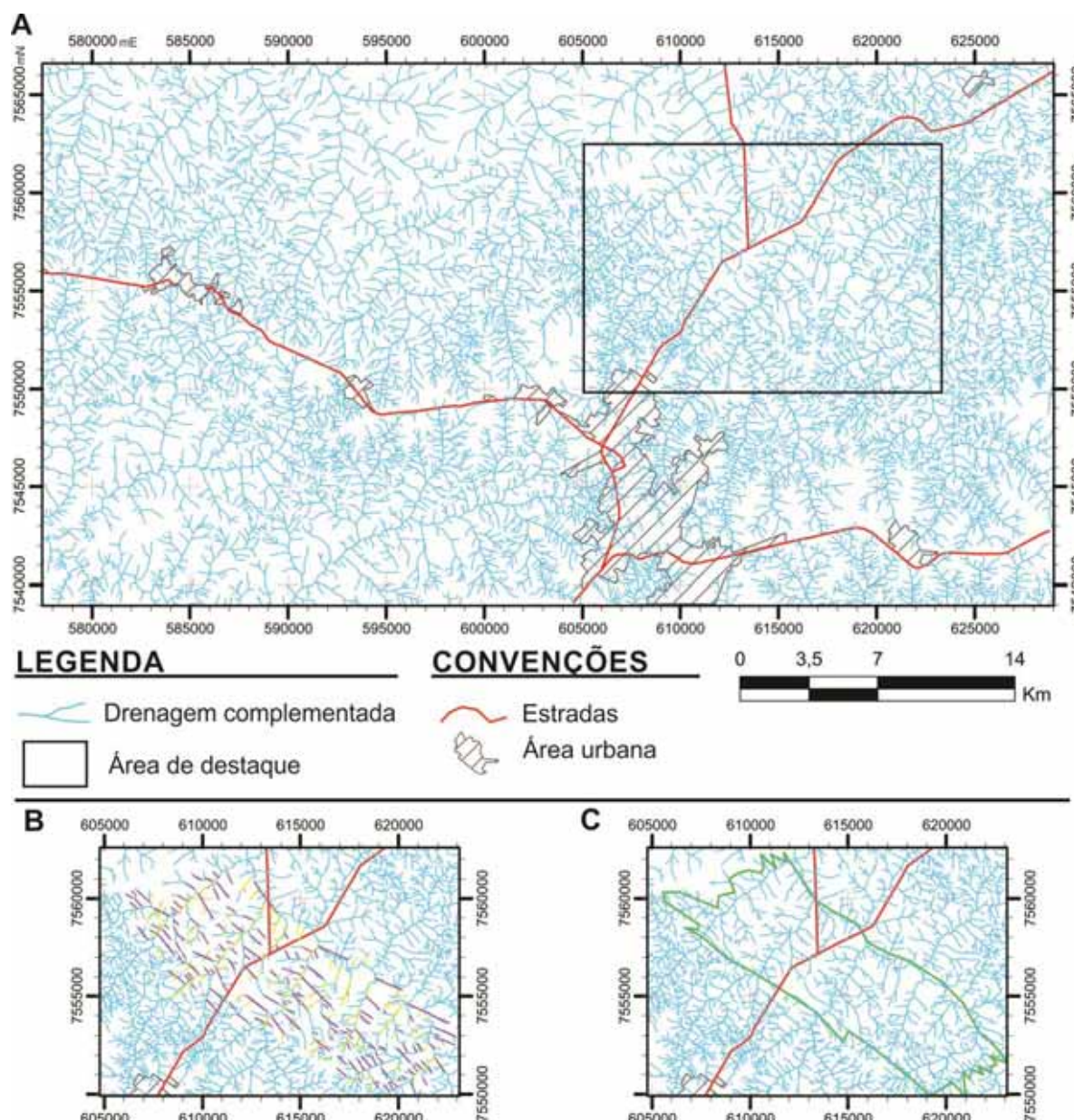


Figura 40: Identificação e delimitação do Trend estrutural na área de estudo. Em A) visão geral do padrão de drenagem com a identificação da região com predominância de duas direções no retângulo destacado; em B) identificação das direções preferenciais; em C) delimitação do trend estrutural.

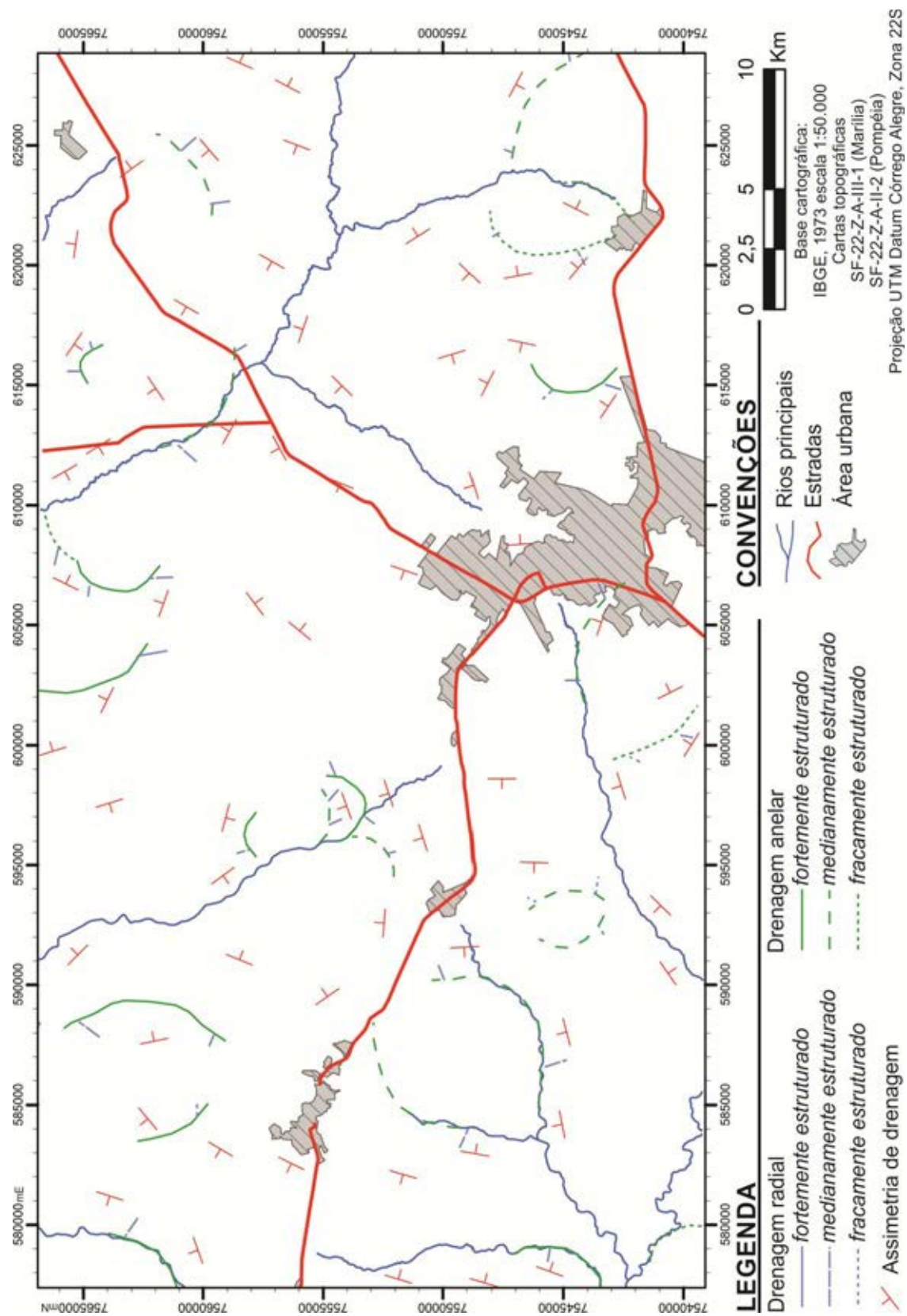


Figura 41: Formas anômalas de drenagem identificadas na região de Marília (SP).

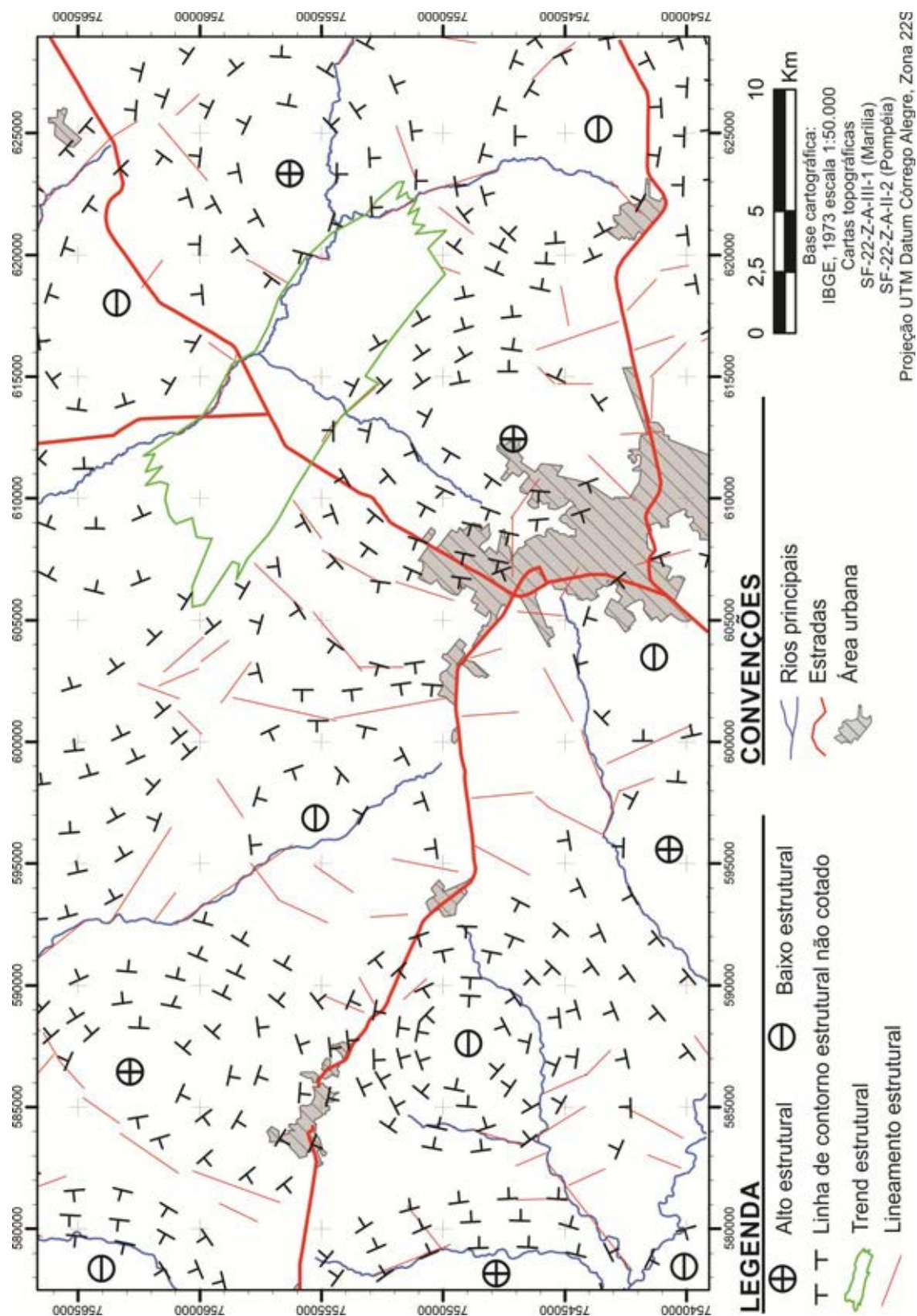
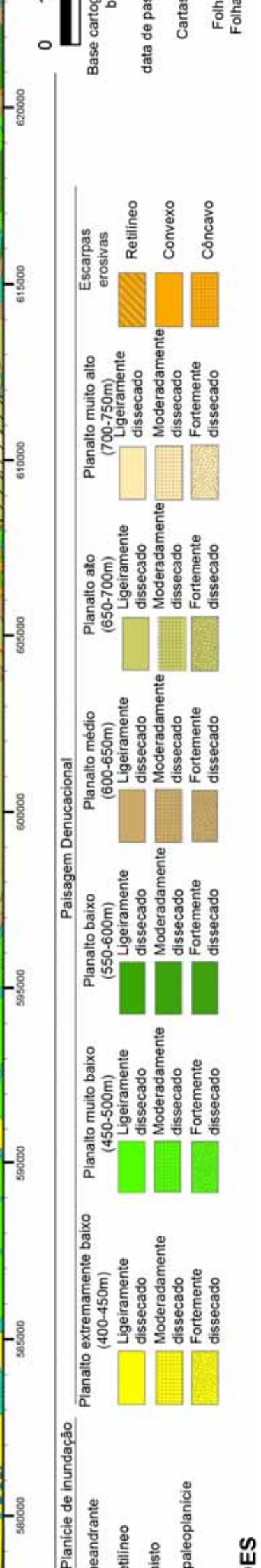
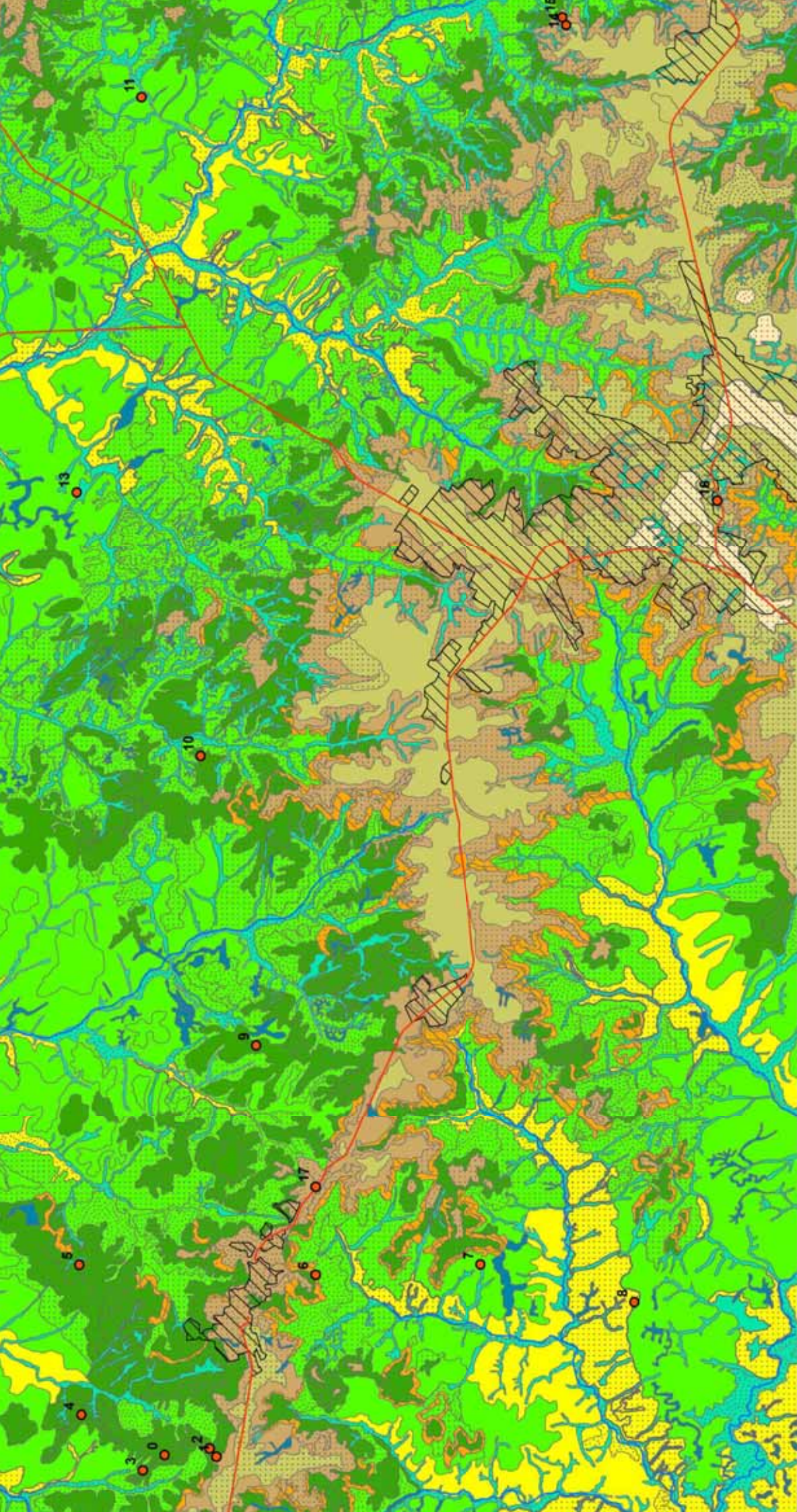


Figura 42: Análise morfoestrutural da região de Marília (SP).

4.1.4. Coberturas de Alteração Intempérica (CAI's)

A análise fisiográfica da região de Marília compreendida pelo presente trabalho apresenta-se na Figura 43. Devido à relação solo-paisagem, esta análise mostra-se importante para o levantamento das Coberturas de Alteração Intempéricas.

Optou-se pela representação das subpaisagens por escala de cores e hachuras, e não pelas siglas utilizadas na interpretação, por observar-se o comprometimento da qualidade visual do material.



Dados obtidos em campo fornecem um panorama geral das CAI's da região. Os pontos com coleta de informações apresentam-se na Figura 44.

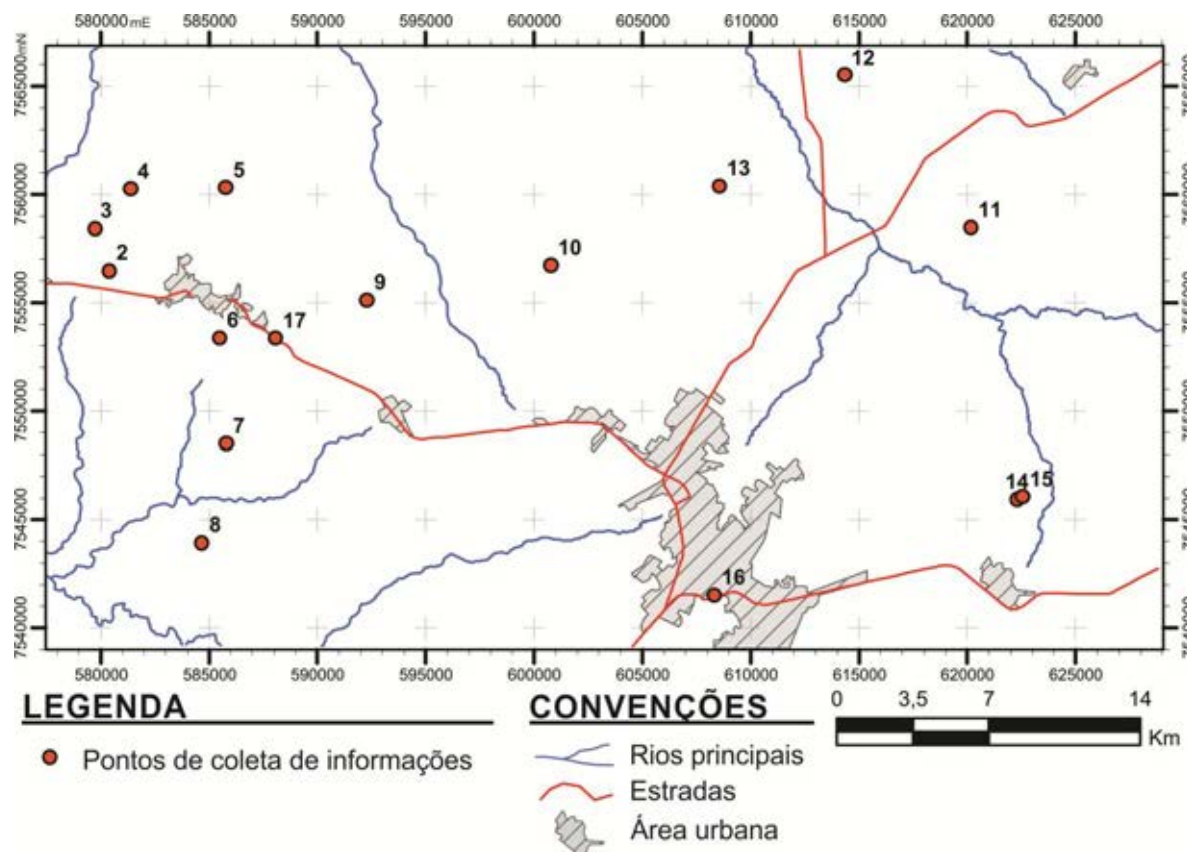


Figura 44: Localização dos pontos com coleta de informações em campo.

Em praticamente toda a região, excluindo-se a porção nordeste da área de estudo, foi observada a ocorrência de uma cobertura arenosa, de cor parda indicando presença de matéria orgânica, com diferentes espessuras (pontos 3, 4, 7, 9, 11, 16).

Sob esta deposição arenosa ocorrem horizontes argilosos (ponto 4, 7, 9), ou material intemperizado *in situ* da rocha (ponto 3, 11, 16). No ponto 9 ainda é possível observar um depósito latossolizado na base do perfil sustentando horizonte argiloso e a camada arenosa na superfície.

A região nordeste da área de estudo predomina material espesso vermelho latossolizado (pontos 12 e 13).

Nos pontos 2, 5, 6, 10, 15 e 17 observam-se rochas sãs, cobertas por material intemperizado, ou por depósito (Ponto 17).

O detalhamento das observações é apresentado, a seguir:

4.1.4.1. Áreas de material latossolizado

Ponto 13

Este ponto localiza-se a uma altitude de 486 metros, na subpaisagem de planalto muito baixo ligeiramente dissecado.

A base do perfil corresponde à rocha alterada (horizonte Cr) com estratificação plano-paralela, de cor vermelha (2,5YR 4/6) cujo material cimentante vermelho-amarelada (5YR 4/6), apresentando nódulos incipientes e friáveis de carbonato e manganês. A textura é franco-arenoargilosa. Aproximadamente 40% dos grãos de quartzo estão ferruginizados, com cor vermelha escura (2,5YR 3/6); podendo observar presença de grãos de magnetitas arredondadas e lateritas angulares (com corrosão). As estruturas deposicionais do arenito e os nódulos característicos do arenito da Formação Marília são observados neste horizonte, ainda que bastante friável e alterado.

Sobre este material de alteração, foram observados dois depósitos intraformacionais de movimento de massa lentos também paleolatosolizados que continuaram sob processos de latossolização após a deposição (horizontes Bw₁–superior; e Bw₂ – inferior).

O horizonte sobre a rocha alterada (Bw₂) ocorre por contato abrupto e plano, e apresenta três tipos de estruturação: em blocos subarredondados de dimensões aproximadas de 5 cm na parte mais profunda; colunar de 10 cm, na porção intermediária e a prismática de 20 a 30 cm na parte superior. No entanto, ao romper com o martelo pedológico, todo o material mostra-se friável de forma homogênea ao longo da profundidade, rompendo em estrutura granular. Na base deste depósito podem ser observados seixos de material diverso (quartzo piramidal, quartzo fumê), distribuindo-se de maneira esparsa no material, apresentados na Figura 45.



Figura 45: Seixos da base do horizonte Bw2 do Ponto 13.

A variação dentro deste horizonte ocorre somente quanto à estruturação, sendo as outras propriedades comuns do topo à base. Assim, a cor é vermelha (2,5YR 4/6), com material cimentante amarelo-avermelhada (7,5YR 6/8); a textura é franco-argiloarenosa; o material é plástico e não pegajoso. Predominam grãos de areia finos com mais de 50% deles ferruginizados com coloração vermelha (2,5YR 4,5/8), magnetitas arredondadas e muito pequenas.

Este material latossólico apresenta certo grau de argilização e grãos de areia ligeiramente mais finos se comparado ao horizonte superior provenientes da fácies lamítica da Formação Marília.

O horizonte superior (Bw₁) estrutura-se em blocos subangulares de 5 cm com consistência dura, entretanto rompe-se sem estruturação. A cor é vermelho-amarelada (5YR 5/6) com material cimentante de mesma cor (5YR 5/8), a textura é franco-argiloarenosa, a plasticidade é muito alta e não pegajosa. Predominam areia fina com mais de 50% dos grãos de quartzo ferruginizados (vermelhos – 10R 4/6).

Este horizonte também fortemente latossolizado, possui maior influência do arenito da Formação Marília, configurando atualmente com cor vermelho-amarelada.

O perfil esquemático do material encontrado no Ponto 13 apresenta-se na Figura 46 e a foto do perfil na Figura 47.

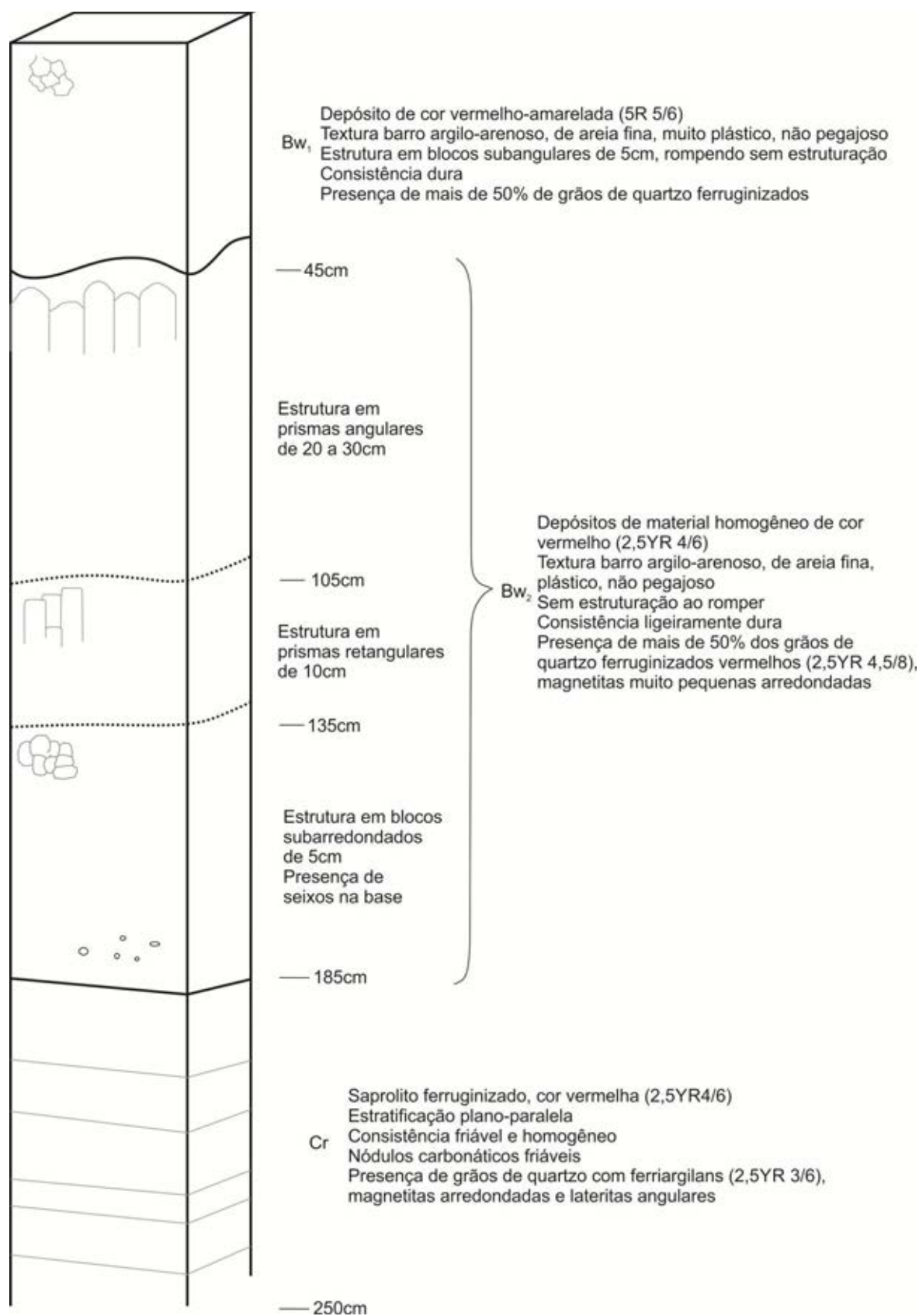


Figura 46: Perfil esquemático do material encontrado no Ponto 13.

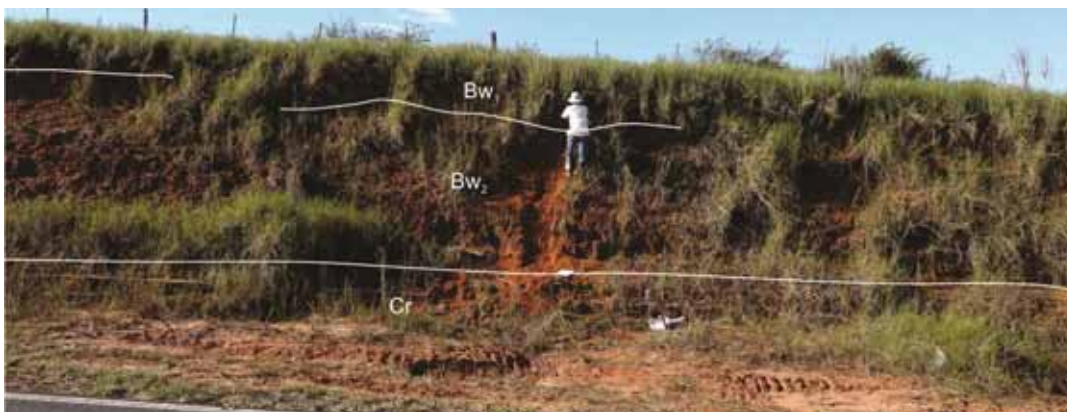


Figura 47: Foto do perfil de solo do Ponto 13.

Ponto 12

Este ponto localiza-se a altitude de 463 metros, próximo a um córrego, nas primeiras quebras de relevo relacionadas à esta drenagem. Predomina neste ponto a subpaisagem de planalto muito baixo moderadamente dissecado.

Neste ponto, o solo foi fortemente influenciado pelas dinâmicas fluviais sobre o material intemperizado das rochas (tanto a fácies lamítica quanto arenito da Formação Marília) e dos depósitos paleolatossólicos do entorno. Localiza-se a aproximadamente 20 metros do córrego Santa Helena ou Mandioca, sendo que o perfil apresenta afloramento de água a pouca profundidade, mantendo úmida a molhada a parte mais profunda do solo.

A base do perfil é constituída pelo arenito da Formação Marília (horizonte 4Cr_f/R_{rf}), cujos nódulos carbonáticos apresentam-se dissolvidos e substituídos por caolinita, podendo observar também processos coprecipitação de óxidos de ferro com predomínio de cor vermelha (10R 5/6), e redução de manganês com cor vermelho pálido (10R 6/4).

Sobre a rocha alterada, observa-se alternância entre depósitos arenosos e argilosos em contatos claros, planos e suavemente ondulados. Esta alternância demonstra clima sazonal de período chuvoso (de maior energia da água para o transporte de materiais caracterizado pela predominância de areia) e seco ou menos pluviométrico (de menor energia para transporte, permitindo a deposição de argilas). Assim, o material alterna entre horizontes 3Ct₁ (argiloso), Cq₂ (arenoso), Ct₃ (argiloso) e Cq₄ (arenoso).

Esta sequência foi interrompida por um período sem energia com sistema lacustre ou fluvial de leito abandonado, resultando em acumulação de material rico em matéria orgânica (horizonte Ab).

Sobre este material arenoso rico em matéria orgânica, há uma deposição dominada por textura arenosa arcossiana onde se observa transformação e remoção de argila a pequena profundidade e de forma irregular, por translocação e melanização, formando bandamentos caóticos de acúmulo (horizontes Bt com cores pardo-avermelhada e rósea) e remoção de argila (horizontes E, com cores pardo-avermelhada clara e rósea).

Na superfície, pode ser observado um depósito de pouca espessura de material vermelho discordante em contato abrupto e planar, característico de transporte gravitacional (horizonte A/C).

A foto do perfil de solo, com os respectivos horizontes na Figura 48 e o perfil esquemático do material encontrado no Ponto 12 apresenta-se na Figura 49.

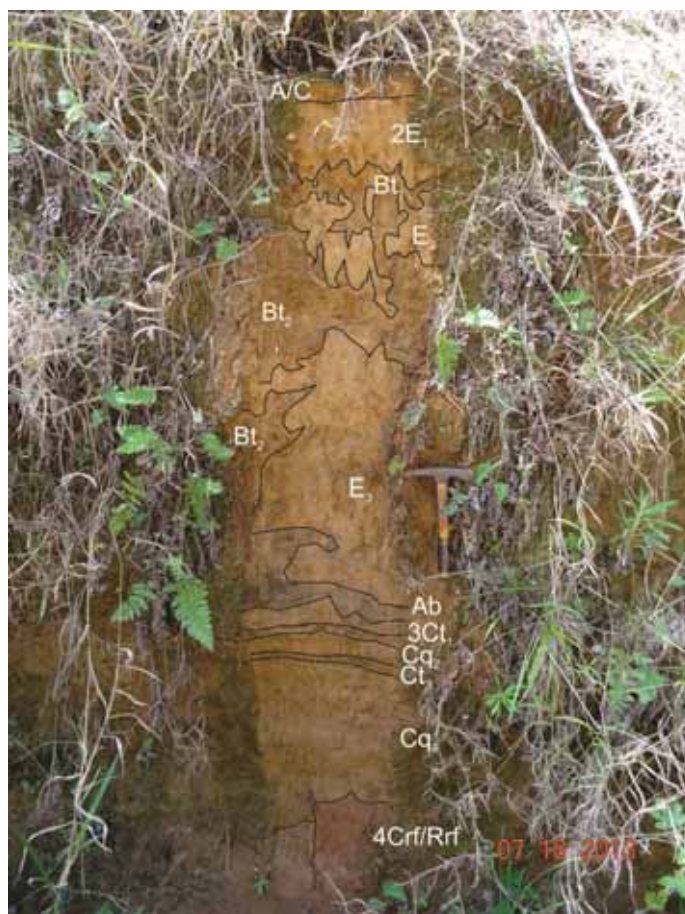


Figura 48: Foto do perfil de solo do Ponto 12.

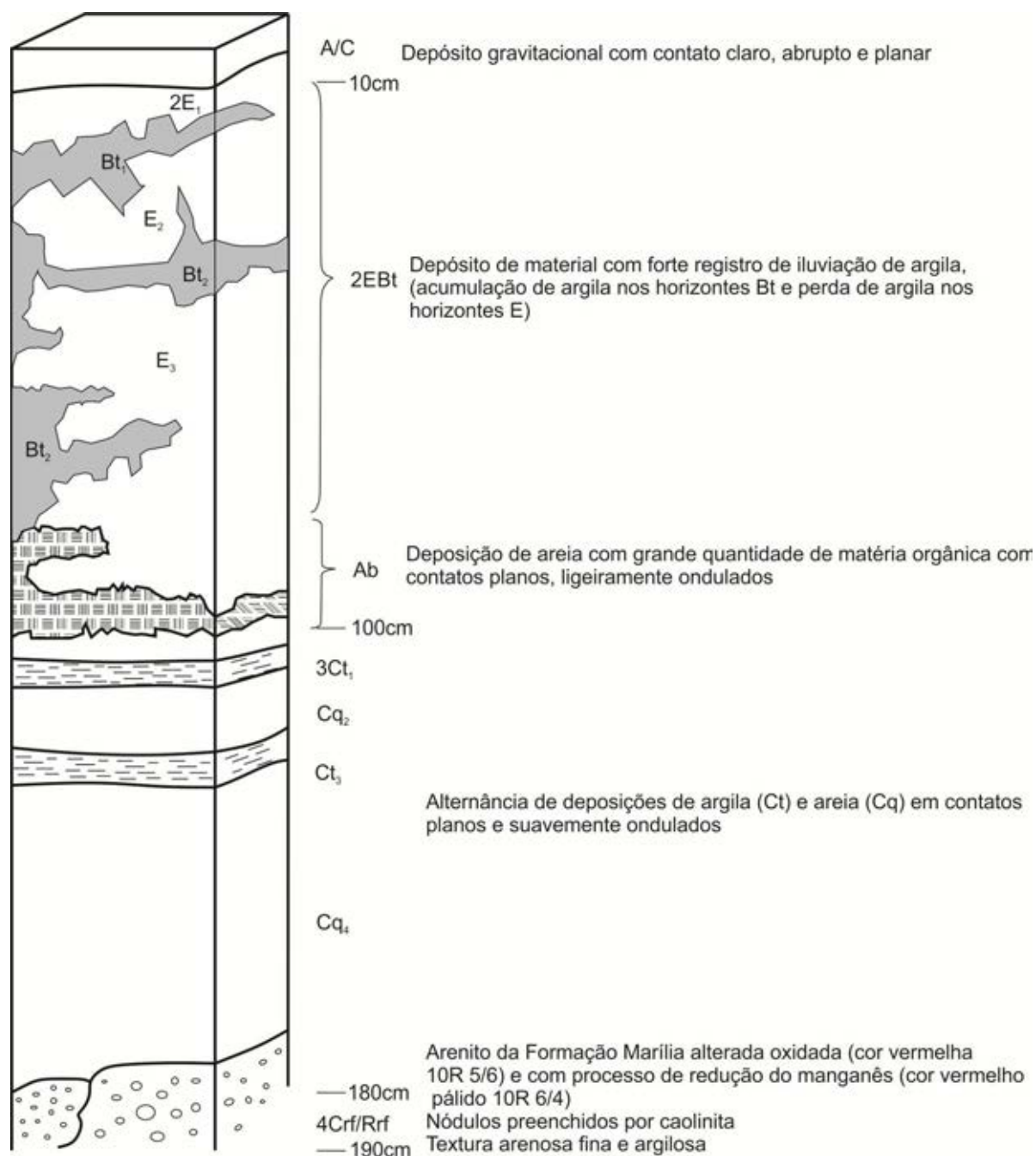


Figura 49: Perfil esquemático do material encontrado no Ponto 12.

4.1.4.2. Áreas de depósito arenoso sobre material argiloso

Ponto 4

Localizada a noroeste da área urbana de Pompeia, o Ponto 4 encontra-se a uma altitude de 523 metros, sendo as subpaisagens predominantes os planaltos baixos moderadamente dissecados.

A base do perfil (2Bt) é composta por material de retrabalhamento do arenito e lamito da Formação Marília, predominando material argiloso. É composto por grãos de quartzo translúcidos, sendo que mais de 2% deles possuem fraturas preenchidas por ferriargilans, magnetitas bem arredondadas de tamanho variável. A cor do material varia entre vermelha a vermelho-clara (2,5YR 5,5/8). Estrutura-se em blocos subarredondados de aproximadamente 10 cm e possui espessura de 90 cm. Este horizonte apresentou-se seco.

Sobre este material há um depósito discordante (horizonte Bi), com contato irregular ondulado, de material arenoso, com cores vermelho-escura a vermelha (2,5YR 3,5/6) e pardo-avermelhada (2,5YR 5/3). A parte basal vermelha, evidenciando relação com o horizonte subjacente, apresentava-se molhado, diminuindo a umidade até a parte superior, de predominância arenosa, que permaneceu seca. A variação textural brusca entre o horizonte Bi e 2Bt oferece resistência à penetração da água de um horizonte ao outro.

O horizonte Bi é composto por grãos de quartzo arredondados e subangulares - alguns apresentando cutans de argiloferrans e organs; concreções hematíticas e nódulos de matéria orgânica. Não apresenta estruturação e é friável ao romper.

No topo do perfil, há uma camada orgânico-mineral de areia solta de cor parda (7,5YR 4/3), classificado como horizonte A/C, resultante de deposição fluvial.

O perfil esquemático do solo encontrado no Ponto 4 apresenta-se na Figura 50, e a foto na Figura 51.

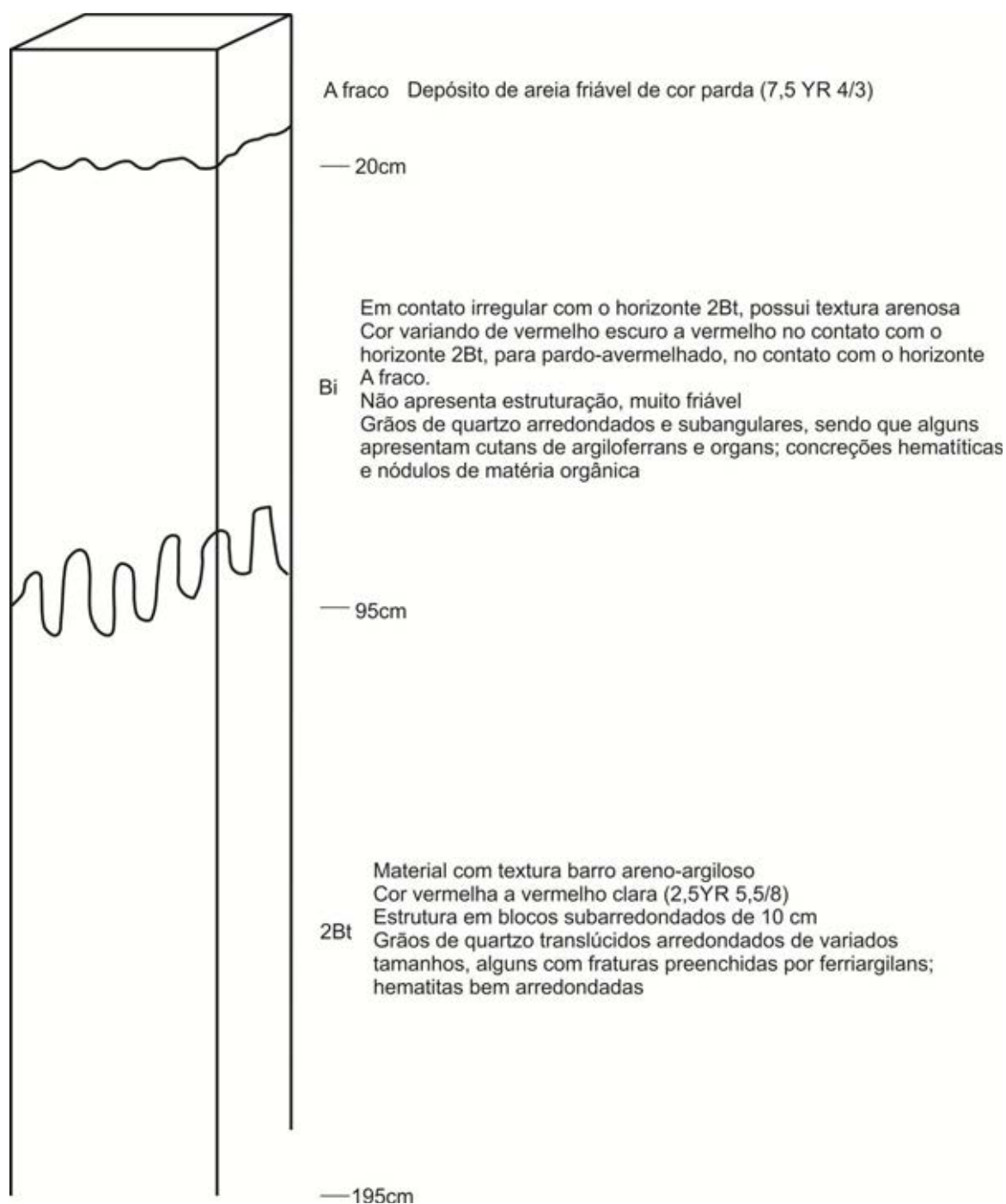


Figura 50: Perfil esquemático do material encontrado no Ponto 4.

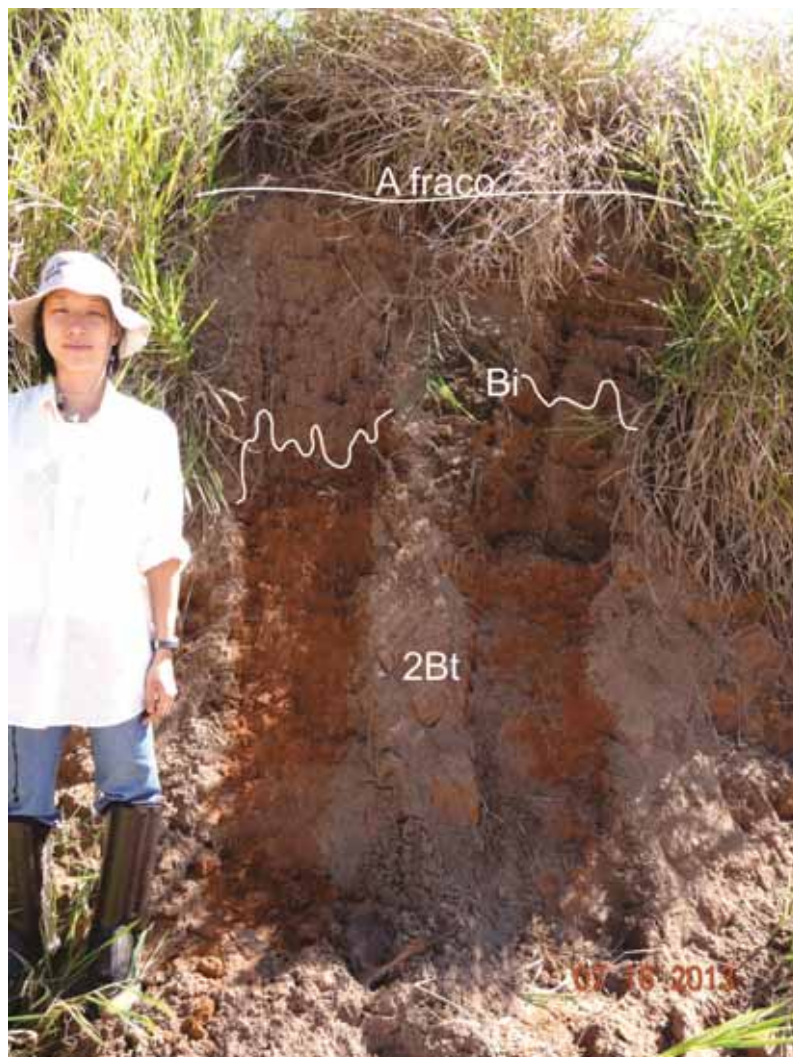


Figura 51: Foto do perfil de solo do Ponto 4.

Pontos 7 e 8

Localizado ao sul da área urbana de Pompeia, na região sudoeste da área de estudo, o Ponto 7 encontra-se a uma altitude de 477 metros, em planalto muito baixo ligeiramente dissecado.

A base do perfil é composta por material alterado do arenito da Formação Marília, fortemente ferruginizado, de cor vermelho-amarelada (5YR 4/6) com vestígios do arenito mais claro em blocos de diferentes tamanhos esparsos no material, sendo os maiores na parte basal e os menores na parte superior (horizonte Cr/Rr). A estruturação é em blocos subarredondados de 15 a 20 cm na parte superior e em blocos de 10 cm na base. O material tem textura areno-argilosa, é pouco plástico e pouco pegajoso.

Em contato ondulado ao horizonte Cr/Rr, sobrepõe-se um material argiloso, de cor pardo-avermelhado (5YR 4/4), com aparente migração de argila que se subtrai do horizonte E, com cor rósea (5YR 7/3), e acumula-se no horizonte B textural. A estruturação ocorre em colunas de 10 cm de largura e 20 cm de altura. A textura é franco-argiloarenosa, plástico e pegajoso. Os grãos de quartzo de diferentes tamanhos apresentam-se levemente ferruginizados subarredondados e subangulares, e os translúcidos arredondados, e hematitas subangulares.

Em contato irregular, ocorre na parte mais superficial um depósito de profundidade de 30 cm de material arenoso friável sem estruturação, de cor parda (7,5YR 4/4), denominado horizonte Ap.

Estes materiais mantêm certa umidade, sem grande variação ao longo do perfil. As fotos do perfil encontra-se Figura 52, com o destaque para o horizonte Cr/Rr e os blocos de arenito pouco intemperizados, e o esquema representativo dos solos observados encontra-se na Figura 53.

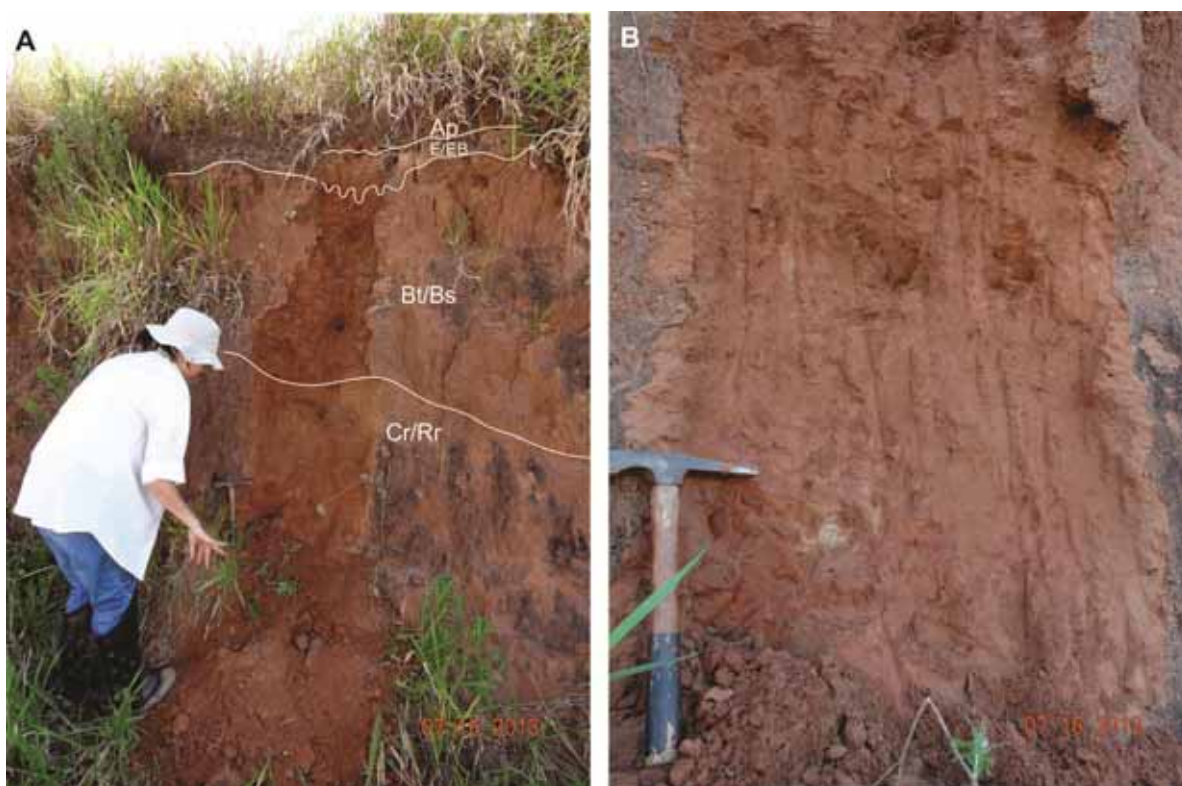


Figura 52: Foto do perfil de solos do Ponto 7. Em A) o perfil completo; em B) destaque para o horizonte Cr/Rr com porções pouco intemperizadas do arenito.

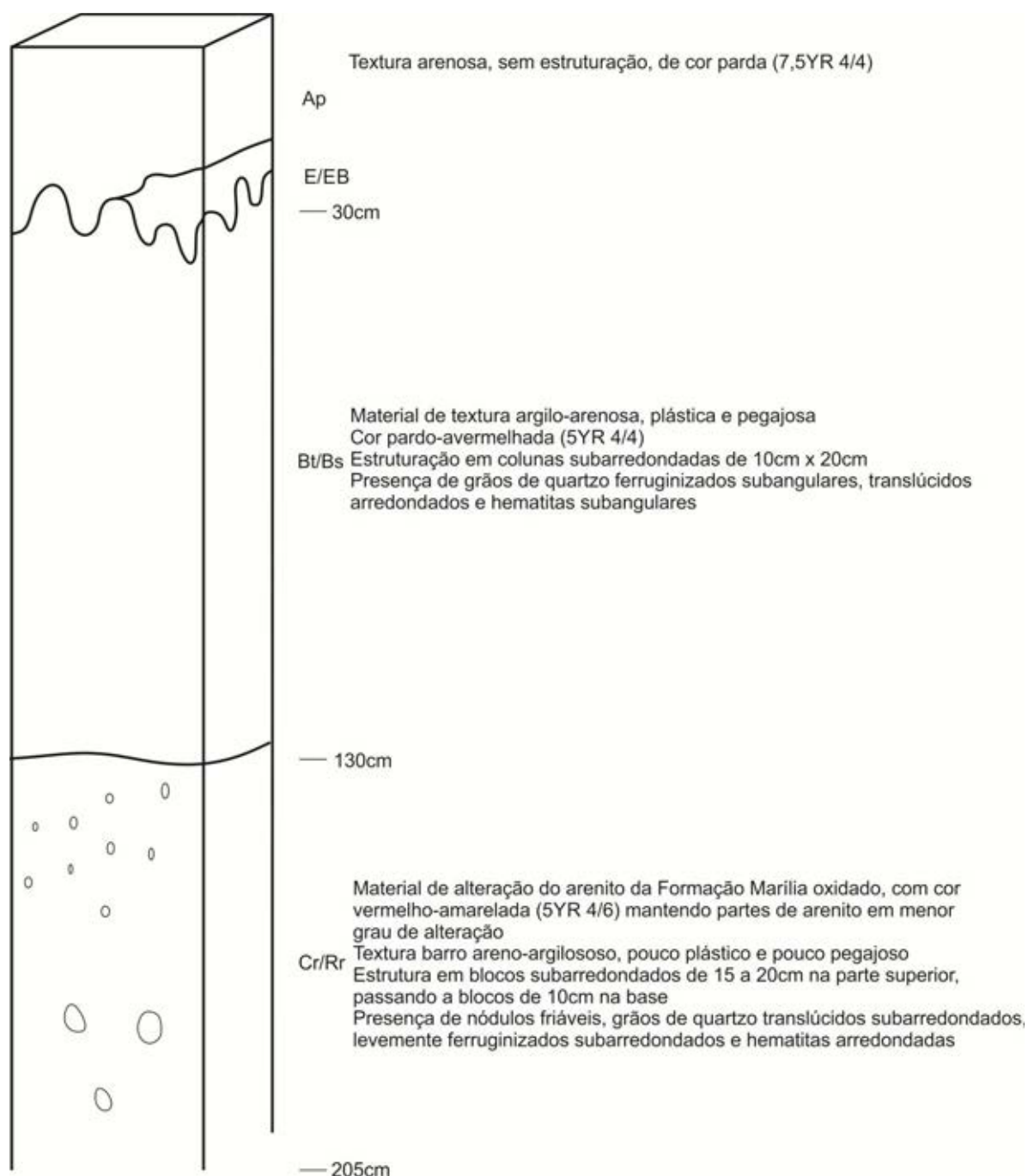


Figura 53: Perfil esquemático do material encontrado no Ponto 7.

O Ponto 8 apresenta variação na espessura dos horizontes descritos anteriormente.

O material arenoso e argiloso na porção superior do perfil encontra-se mais delgadas, principalmente o último, que diminui para aproximadamente 15 cm sob o material arenoso com 40 cm. A alteração da rocha é profunda, sendo que neste ponto pôde ser observado mais de 4 m deste pacote, bastante homogêneo (Figura 54).



Figura 54: Foto do perfil do Ponto 8.

Ponto 9

Localizado a norte da área urbana de Oriente, o Ponto 9 encontra-se a uma altitude de 499 metros, dentro da subpaisagem planalto baixo ligeiramente dissecado.

A base do perfil é composta por material espesso (135 cm) latossolizado, de cor vermelha fraca (10R 4/4), que se estrutura em blocos, mas perde a estruturação ao romper, tornando-se friável. Os grãos de areia são finos, compostos por quartzo que em mais de 50% deles apresentam-se ferruginizados (ferrans/ferriargilans), o que denota um horizonte B latossólico (Bw_2).

Em contato irregular/quebrado e difuso, o horizonte superior (Bwt_1) também apresenta mais de 50% de seus grãos de quartzo com ferruginização, conferindo coloração vermelho fraco (10R 4/4). A textura é arenosa e a estrutura é colunar, rompendo-se sem estruturação. No entanto, há maior quantidade de argila, proveniente do horizonte sobrejacente, mantendo certa umidade neste horizonte.

Sobre estes horizontes latossólicos, ocorre por limite irregular e difuso um horizonte B textural, fonte da argila presente no horizonte Bwt_1 . A textura é barro-argilo-arenosa fina, o que impõe consistência dura, plasticidade alta e baixa

pegajosidade. A estruturação ocorre em blocos subarredondados de 10 cm que se rompe em blocos retangulares de 10 cm. Apresenta grãos de quartzo com cutans de argila pouco ferruginizados. A cor do material é pardo-avermelhada (2,5 YR 4/4).

Em contato difuso, este horizonte argiloso é soterrado por um depósito constituído por material muito friável composto de areia fina a média e sem estruturação. A cor é pardo-avermelhada (2,5YR 4/3). Os grãos de quartzo apresentam cutans de matéria orgânica, e ocorrem também pedorelictos de material gleizado e quartzos ferruginizados. Estas características convergem para uma deposição oriunda de paleoplanície de inundação.

A foto do perfil interpretado no Ponto 9 apresenta-se na Figura 55 e o seu perfil esquemático do solo na Figura 56.

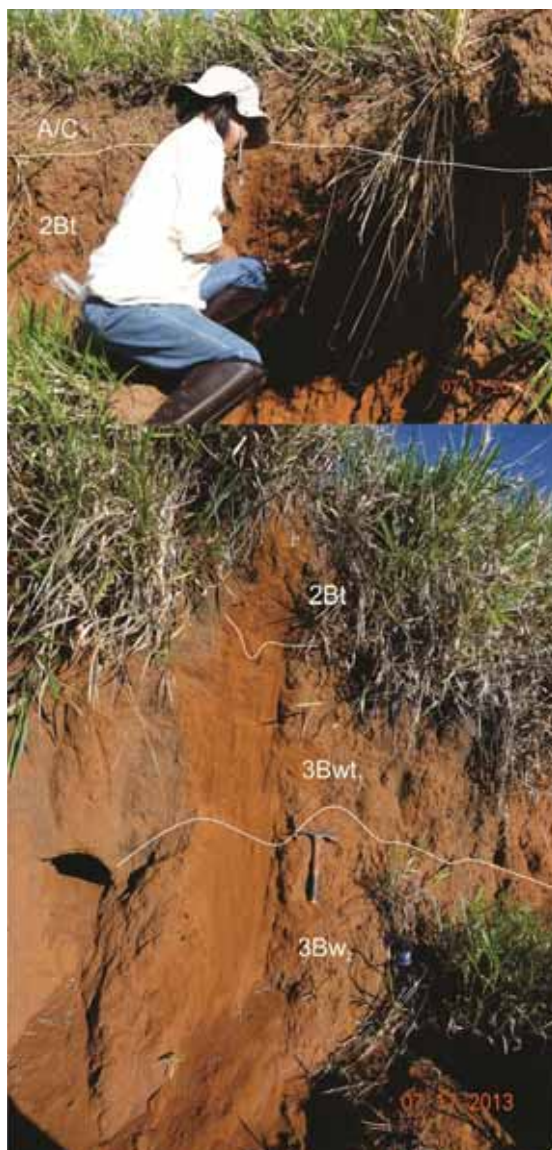


Figura 55: Foto do perfil de solo encontrado no Ponto 9.

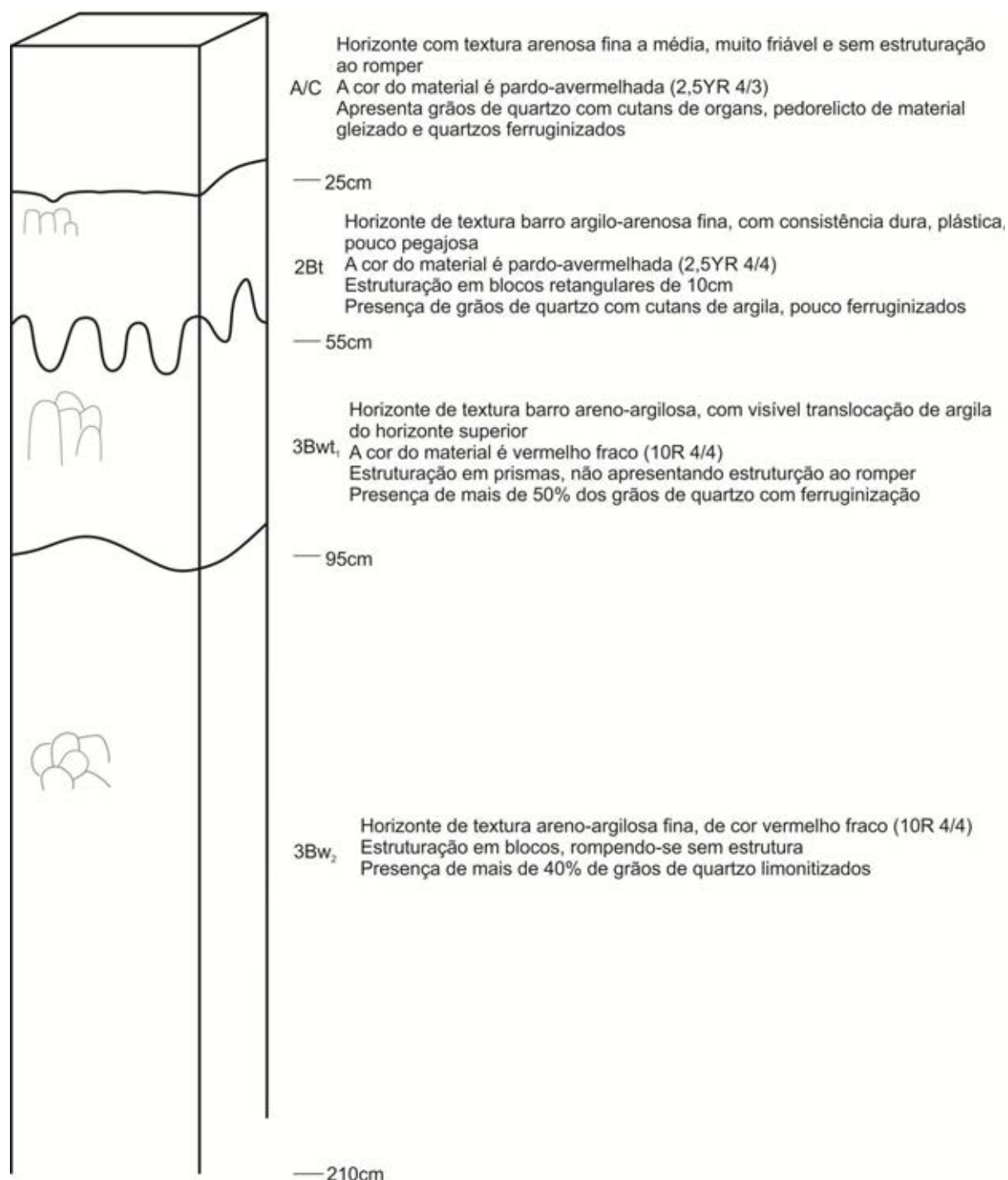


Figura 56: Perfil esquemático do material encontrado no Ponto 9.

Barros et al. (1983) apresenta uma topo-sequência semelhante aos materiais encontrados no Ponto 9 na proximidade da área urbana de Marília, no distrito de Padre Nóbrega, com material de retrabalhamento na parte superior, com um horizonte A arenoso sobre Bw no topo do platô de Marília; horizonte A sobre Bt que se sobrepõe a Bw na média encosta e a sequência horizontes A-Bt-Cr, com horizontes gleizados no vale do córrego Invernada.

4.1.4.3. Áreas de depósito de areia sobre saprolito

Ponto 3

O Ponto 3, localizado a noroeste da área urbana de Pompeia, encontra-se a uma altitude de 490 metros, em planalto baixo moderadamente dissecado.

A base do perfil de solos neste ponto é o saprolito da Formação Marília (3Cr), em sua fácies lamítica, com sinais de latossolização incompleta, pois se nota a ocorrência de ferruginização, mas com preservação dos nódulos carbonáticos (Figura 57). Da latossolização ocorrida, toda a superfície de alteração intempérica foi erodida, restando atualmente a rocha com evidências da ferruginização.



Figura 57: Saprolito da fácies lamítica da Formação Marília (horizonte 3Cr).

A parte superior o saprolito apresenta registros de ambiente redutor, com material gleizado entre as suas fraturas (cinza-avermelhado, 2,5YR 6/1). Esta condição não se manteve por um período muito prolongado, pois o lamito não apresenta redução em sua matriz. Provavelmente a superfície de alteração intempérica gerada pela latossolização, que, como descrito anteriormente estava sofrendo gleização, foi erodido a tal ponto de não deixar preservado o perfil gleizado.

A notação adotada para este horizonte foi 3Crcgh, sendo os sufixos descritivos dos processos registrados no material: r- saprolito; c-nodular; g-gleizado; h- acumulação iluvial de matéria orgânica.

Sobrepondo-se ao horizonte 3Crcgh, observa-se deposição de materiais de decomposição das rochas presentes na região, evidenciado pela argilização (horizonte 2Bict). Este horizonte apresenta consistência dura e estrutura em blocos angulares de 10 a 15 cm, que se rompe em blocos menores de 2cm, aproximadamente (Figura 58). É possível observar a presença de cutans de organo-ferrans e ferri-argilans nos planos dos blocos.

A uma profundidade intermediária deste horizonte, pode ser observada uma linha de nódulos ferralíticos botroidais (Figura 59). A sua superfície externa apresenta-se ferruginizada, com aparente perda de ferro por apresentar coloração mais clara em relação a parte interna (amarelo avermelhado na superfície externa; vermelho muito escuro na superfície interna ao nódulo; vermelho a vermelho claro no centro do nódulo). O formato destes nódulos indica ser uma formação especial *in situ*, provavelmente de nódulos carbonáticos substituídos por ferro. A presença destes nódulos caracteriza o sufixo c na denominação do horizonte 2Bict.

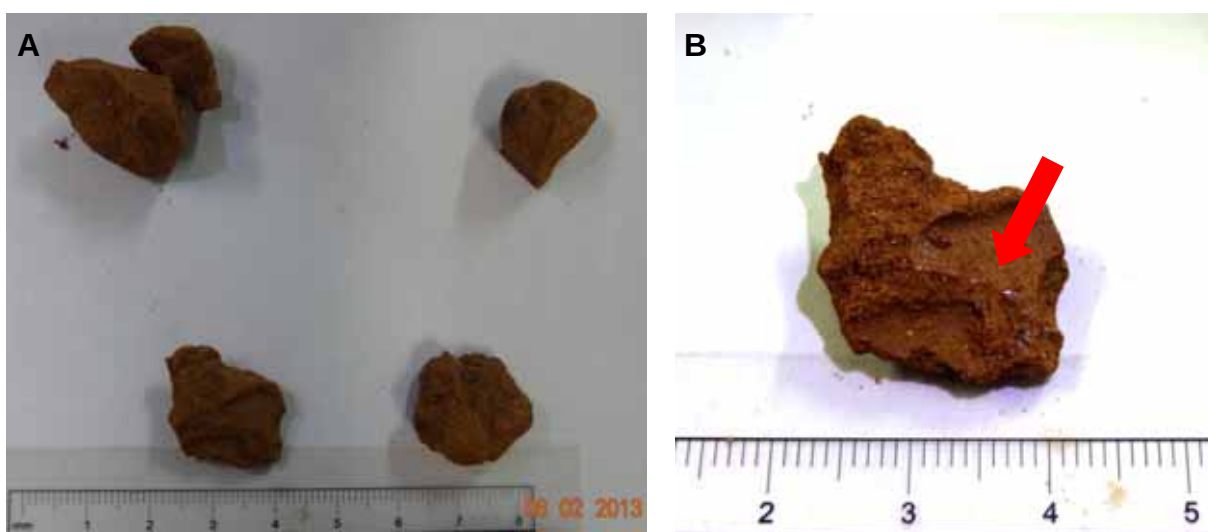


Figura 58: Material do horizonte 2Bict. Em A) estruturação blocos angulares; em B) destaque para organo-ferriargilan na parte brilhante indicada pela seta.



Figura 59: Nódulos ferralíticos presentes no horizonte 2Bict.

O material sobreposto ao horizonte 2Bict apresenta grande quantidade de matéria orgânica que pode ser a substância quelante promovendo ferrólise dos nódulos e a formação de cutans do horizonte 2Bict. Este material orgânico foi classificado como horizonte Ab, com consistência macia e textura é de areia barrenta, pouco plástica e não pegajosa, contendo grãos de quartzo translúcidos arredondados, róseo e leitoso subarredondados.

Ocorrem ainda sobre o horizonte 2Bict, deposições de retrabalhamento do arenito da Formação Marília (horizonte AC) e de predominância arenítica (Ap).

A foto do perfil analisado no Ponto 3 apresenta-se na Figura 60 e o seu perfil esquemático com a organização dos horizontes e seus constituintes na Figura 61.



Figura 60: Foto do perfil de solo encontrado no Ponto 3.

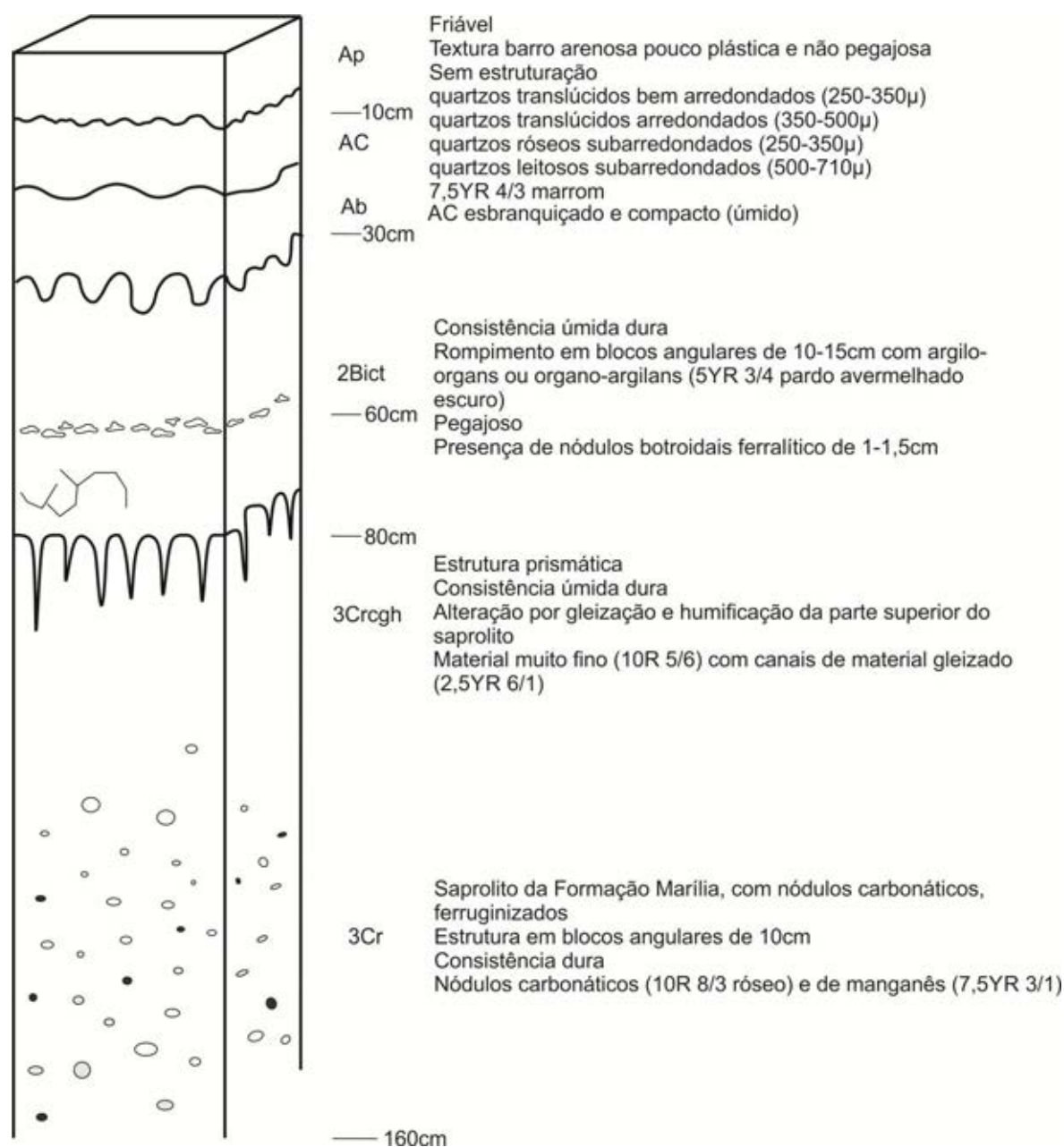


Figura 61: Perfil esquemático do solo encontrado no Ponto 3.

Ponto 11

Localizada na parte nordeste da área de estudo, entre as áreas urbanas de Júlio de Mesquita e Marília, o Ponto 11 está a uma altitude de 432 metros, na subpaisagem planalto muito baixo ligeiramente dissecado, próximo à planície de inundação de canal retilíneo.

Na base do perfil, encontra-se o arenito da Formação Marília nodular carbonática, com nódulos friáveis compostos por clastos angulares de alteração de

feldspato e silito muito pequenos (horizonte Rrt). A matriz do material possui cor pardo amarelada (10YR 5/4), cujos nódulos apresentam bordas externas de cor pardo forte (7,5YR 5/6) e, em sua parte interna, vermelho amarelada (5YR 4/6). É possível observar canálculos dentro do nódulo, com dissolução de carbonato, depositando-se nos poros.

O saprolito desfaz-se em blocos alterados. A porção interna destes blocos apresenta nódulos de hematita formando bonecas de coloração vermelha (2,5YR 5/7), e 25% do volume considerado apresenta manchas de ferruginização vermelha (2,5YR 4,5/6) com cimentação de cor amarelo avermelhado (7,5YR 6/8). A superfície externa dos blocos apresenta coloração pardo-amarelada (10YR 5/4), e o material de cimentação com cor vermelho (2,5YR 5/6). Os grãos de quartzo são arredondados (ferruginizados); subangulares; angulares e com mamilos, provavelmente resultantes da neoformação em vacúolos, semelhantemente ao que ocorre nos basaltos, ou resultante de processos deformacionais. A superfície externa dos blocos alterados de rocha acumulam ferriargilans de cor vermelha (2,5YR 5/6), argilização esta que provém do material sobrejacente.

Este material argiloso sobre o saprolito corresponde à fácies lamítica alterada da Formação Marília. O material possui cor pardo-avermelhada (2,5YR 5/4), o que denota latossolização, com presença de grãos de micronódulos hematíticos e grãos de quartzo sem ferruginização marcante.

Entre o lamito e o material sobrejacente, ocorre uma linha de cascalho, resultante de transporte aluvial, composta por quartzo, gnaisse/migmatito e sílex (Figura 62). Esta linha de cascalhos caracteriza o sufixo c que denomina este horizonte como 2Crc.

Sobre a fácies lamítica, então, ocorre um depósito de textura arenosa rica em matéria orgânica, estruturando-se em colunas arredondadas, mas sem estruturação ao romper o material. Os grãos de areia são médios e há lateritas angulares pardo a pardo-amareladas (10YR 5/3,5). É possível observar o processo de melanização no perfil por efeito da mineralização de matéria orgânica, que resulta numa humificação. Tais características aparenta ser um depósito de várzea, sendo o horizonte classificado como A/C.



Figura 62: Seixos encontrados na parte superior do horizonte 2Crc.

O perfil esquemático do solo descrito encontra-se na Figura 63 e sua respectiva foto, na Figura 64.

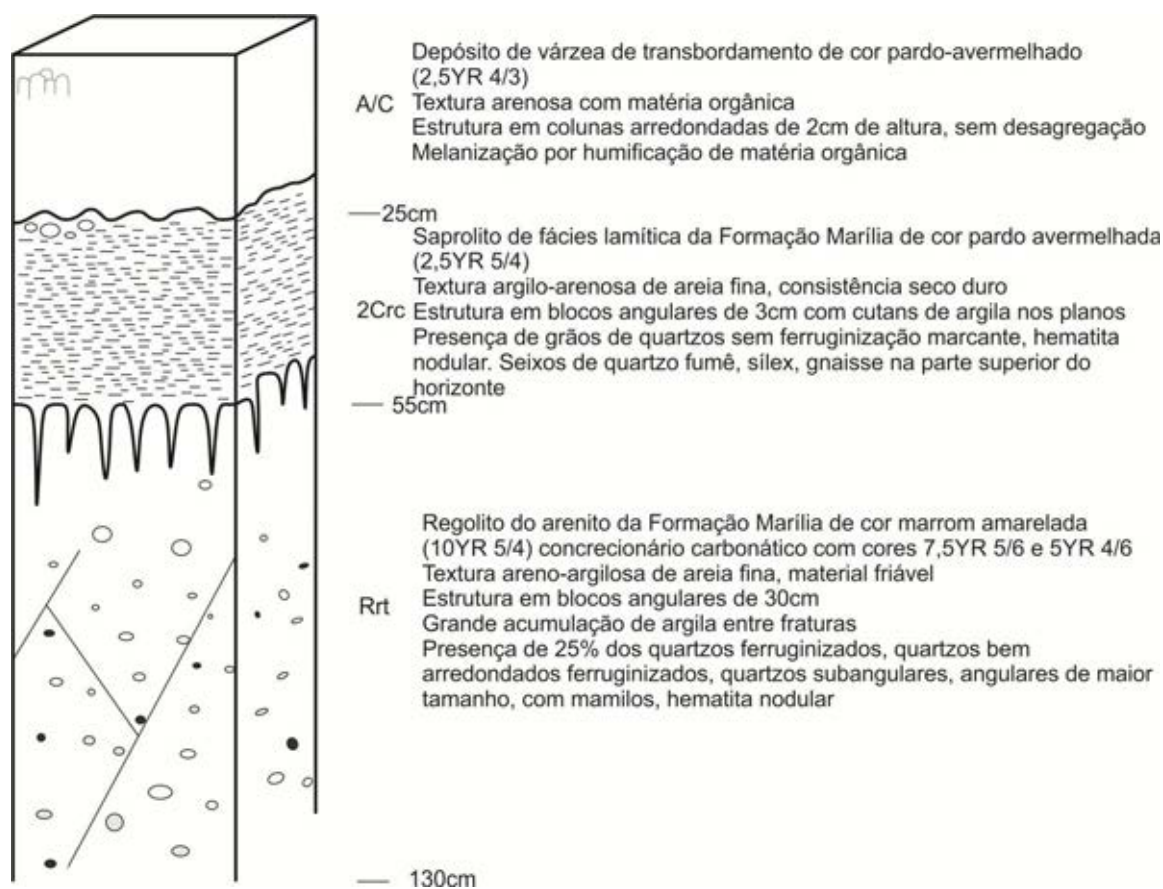


Figura 63: Perfil esquemático do solo encontrado no Ponto 11.



Figura 64: Foto do perfil de solo encontrado no Ponto 11.

Ponto 16

Localizada na área urbana de Marília, no talude de alça de acesso da rodovia SP-294, o Ponto 16 está a uma altitude de 611 metros, ocorrendo as subpaisagens de Planalto alto moderadamente dissecado, planalto médio moderadamente dissecado e paisagem fluvial de drenagem retilínea.

A base do perfil é composta por arenito alterado da Formação Marília, com coloração vermelha amarelada (5YR 5/6), estruturação em macroblocos arredondados a paralelepípedica (horizonte Crg/Rrg).

Em transição gradual, ocorre sobre o arenito alterado um horizonte B textural e gleico (Btg₂), que passa de vermelho-amarelado na parte basal para vermelho (2,5YR 5/6), resultado da redução de manganês, na parte superior. É possível observar material gleizado cinza (10YR 5/1) entre as fraturas presentes no horizonte.

De forma transicional, sobrepõe-se o horizonte B textural (2Bt₁) com coloração vermelha (10R 4,5/6) e vermelho fraco (5R 5/2,5) também resultante da redução de manganês. Encontram-se seixos e concreções de forma esparsa dentro desta massa.

Sobre o horizonte Bt ocorre uma linha de seixos de materiais metamórficas e quartzo de tamanhos variados, chegando no máximo a 5 cm, com um arredondamento relativamente bom. Juntamente com os seixos, há material mineral vermelho (2,5YR 4/6) e pardo escuro (7,5YR 5/6), que passa a predominar sobre a linha de seixos, compondo, assim, o horizonte C concrecionário cascalhento (Cc).

Na porção mais superficial do perfil, ocorre uma deposição de material mineral arenoso lavado de cor pardo-avermelhada escura (5YR 4/2) e cinza-avermelhada (2,5YR 5/1), com grande quantidade de matéria orgânica humificada. Este depósito foi classificado como horizonte A gleico (Ag), na porção com registro de gleização, e A/C, na parte mais superficial, com horizonte arenoso pardo.

O solo descrito pode ser compreendido observando-se o perfil esquemático apresentado na Figura 65, e sua fotografia, na Figura 66.

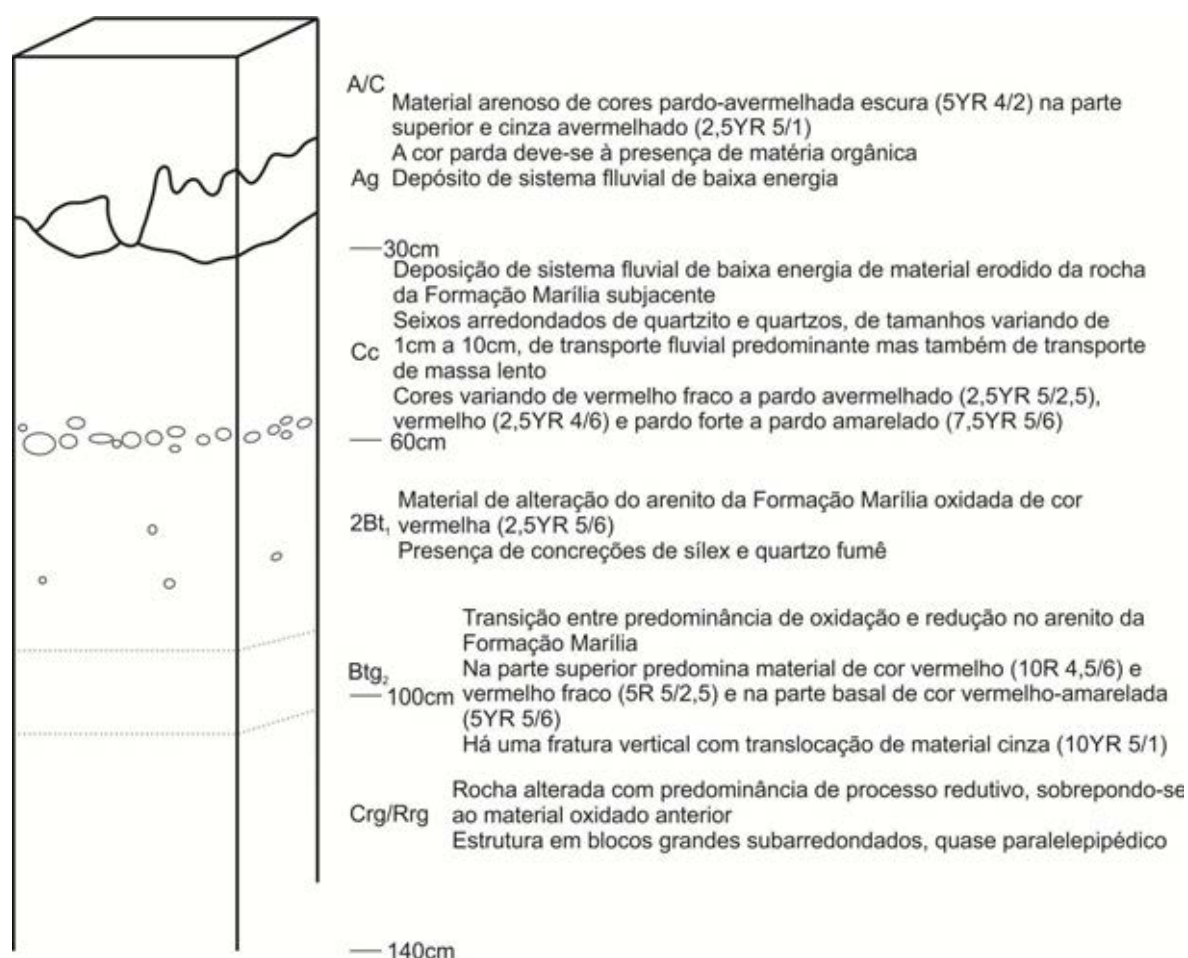


Figura 65: Perfil esquemático do solo encontrado no Ponto 16.



Figura 66: Foto do perfil de solo encontrado no Ponto 16.

A poucos metros do ponto analisado, observou-se uma variação no solo descrito anteriormente. Neste caso, não há ocorrência de linha de seixos e a transição entre os horizontes dá-se por mosqueados.

Assim, da mesma forma, a base do perfil é composta por material alterado do arenito da Formação Marília nodular carbonática com seixos, apresentando gleização e argilização (horizonte Crg/Rrg). Na parte superior, o arenito encontra-se fortemente alterado, mas mantendo estruturas da rocha, com predominante processo redutivo (horizonte CBtg).

O material mineral sobre a rocha alterada não fornece um limite nítido entre eles, ocorrendo uma transição por mosqueamento e argilização entre estes horizontes. Este mosqueado apresenta cores variando em vermelho (10R 4/8) e cinza-esverdeado (GLEY1 7/10GY) e argilo-organs cinza-avermelhados (2,5YR 5/1 e 2,5YR 6/1).

Na porção mais superficial do perfil, observam-se materiais arenosos com grande quantidade de matéria orgânica já decomposta e fortemente gleizado. O horizonte com areia e resquícios de material mineral avermelhado foi denominado A/Bg, e o que possui maior quantidade de matéria orgânica, de Ab/Bg.

O perfil esquemático deste perfil encontra-se na Figura 67, e sua respectiva fotografia na Figura 68.

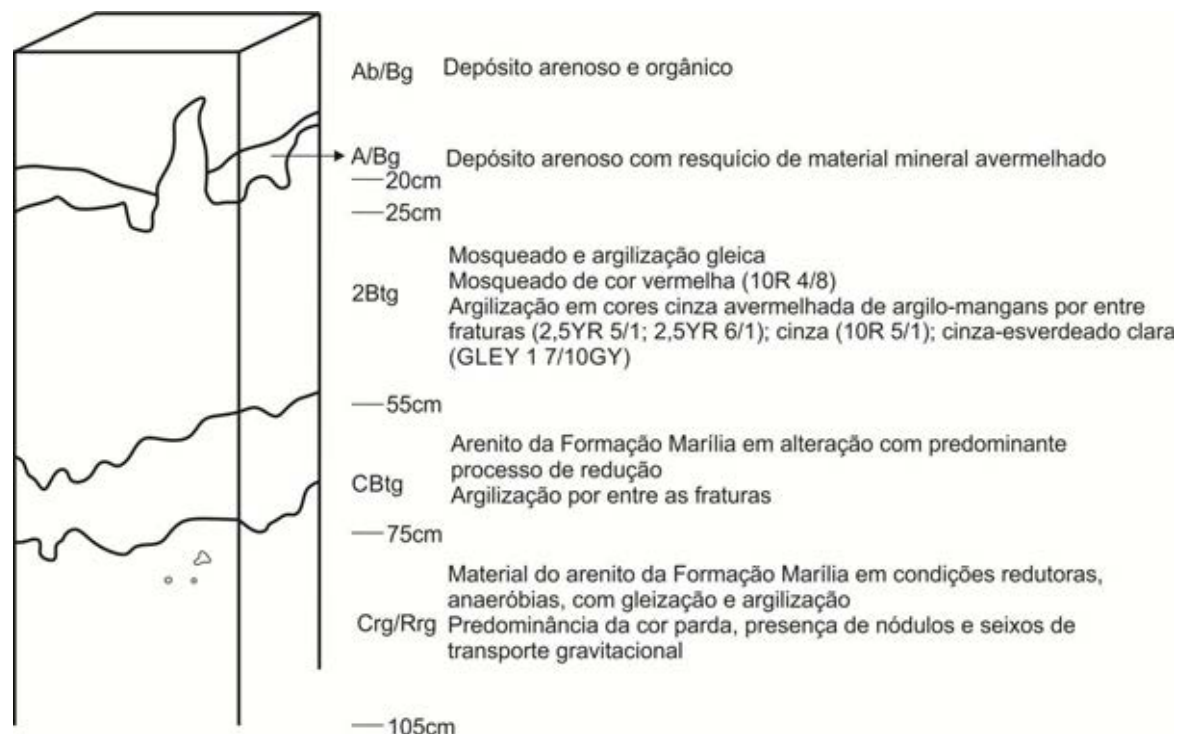


Figura 67: Perfil esquemático da variação de solo encontrado próximo ao Ponto 16.



Figura 68: Foto do perfil de solo próximo ao Ponto 16.

4.2. Discussões

4.2.1. *Frequências de lineamentos estruturais e erosões lineares*

As frequências de lineamentos estruturais e erosões lineares podem ser observadas conjuntamente para fins de comparação na Figura 69.

As maiores frequências de lineamentos estruturais são observadas no quadrante nordeste da área de estudo, mas a sua ocorrência distribui-se por toda a área de estudo.

Já as erosões lineares concentraram-se na região nordeste da área de estudo, na proximidade da área urbana de Júlio de Mesquita. Ocorrem também, em menor quantidade, mas de forma expressiva, a oeste da área do presente estudo, mais especificamente ao sul e a norte da área urbana de Pompeia.

Não é possível afirmar uma correlação única e direta entre as frequências de lineamentos e feições erosivas lineares. Estatisticamente, os índices de correlação de Spearman não demonstram correlação entre elas ($r=0,008$; $p=0,86$). Ainda que exista uma área em que ocorre coincidência de alta frequência entre estas duas feições lineares (no extremo nordeste da área de estudo, nas proximidades da área urbana de Júlio Mesquita) pode-se afirmar que estas variáveis não possuem relação direta.

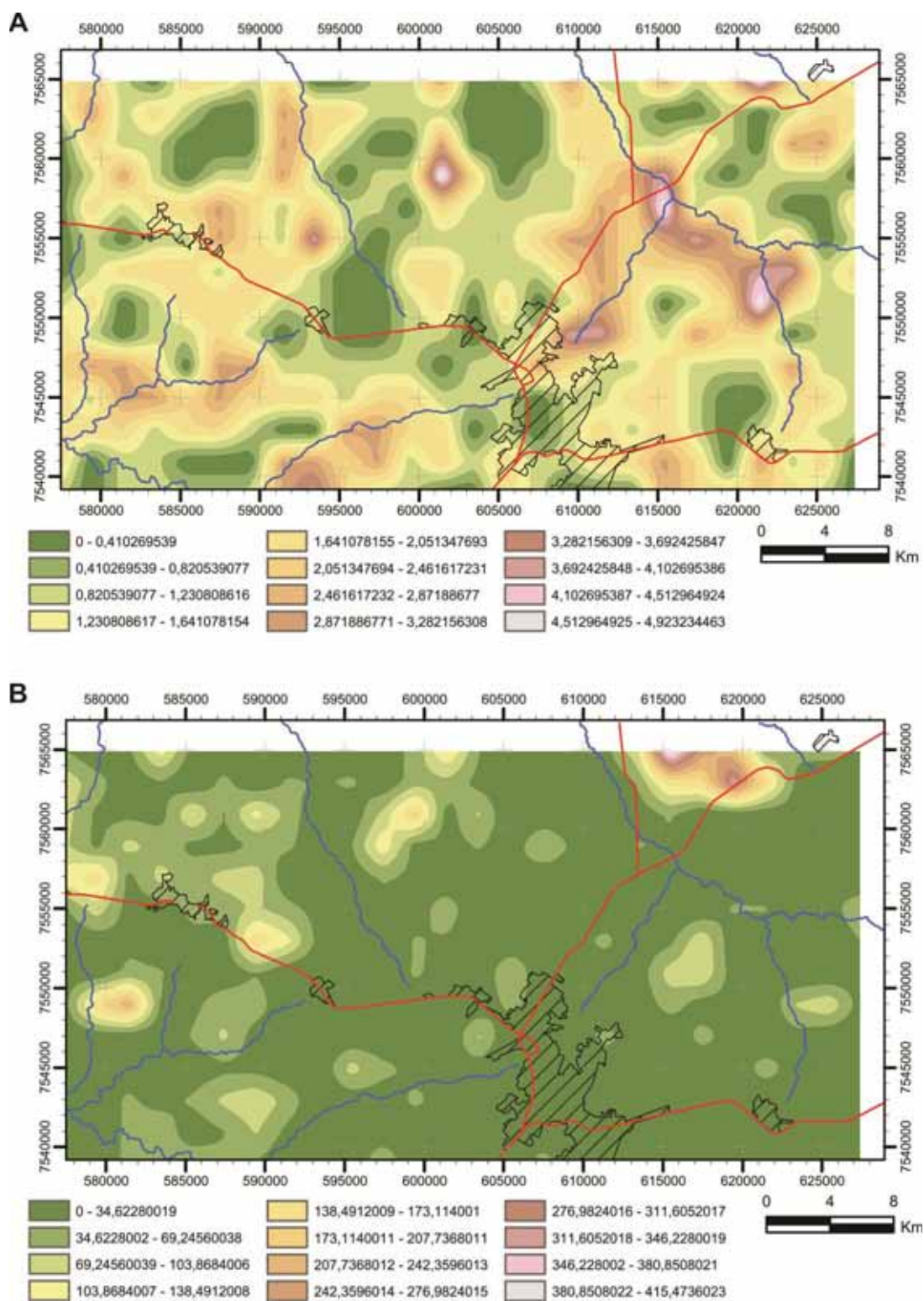


Figura 69: Representação gráfica de frequência. Em (A) frequência de lineamentos estruturais; em (B) frequência de erosões lineares.

4.2.2. Frequências de traços de junta e erosões lineares

As frequências de traços de junta e erosões lineares apresentados nos resultados podem ser observadas conjuntamente na Figura 70.

Visualmente é possível dizer que existe pouca relação entre estas variáveis. Os traços de junta apresentam maior frequência no topo do Planalto de Marília, em especial em sua borda setentrional, a norte da área urbana de Marília, ocorrendo também em morros residuais da Formação Marília.

Em uma análise estatística de correlação de Spearman entre os valores de quantidade de traços de junta e erosões, não foi verificada correlação significativa entre estas variáveis ($r=0,02$; $p=0,69$).

Em teoria, áreas de maior concentração de traços de junta estão sujeitas a maior alteração de rochas, e o volume de alteração intempérico é maior. No entanto, para a região de Marília, isto não se aplicou de forma direta. O arenito da Formação Marília mantém-se muito resistente, apesar de intensamente fraturada devido à intensa cimentação carbonática. Já abaixo do planalto, onde predominam as colinas, o volume de alteração intempérico é muito espesso, favorecendo o processo erosivo.

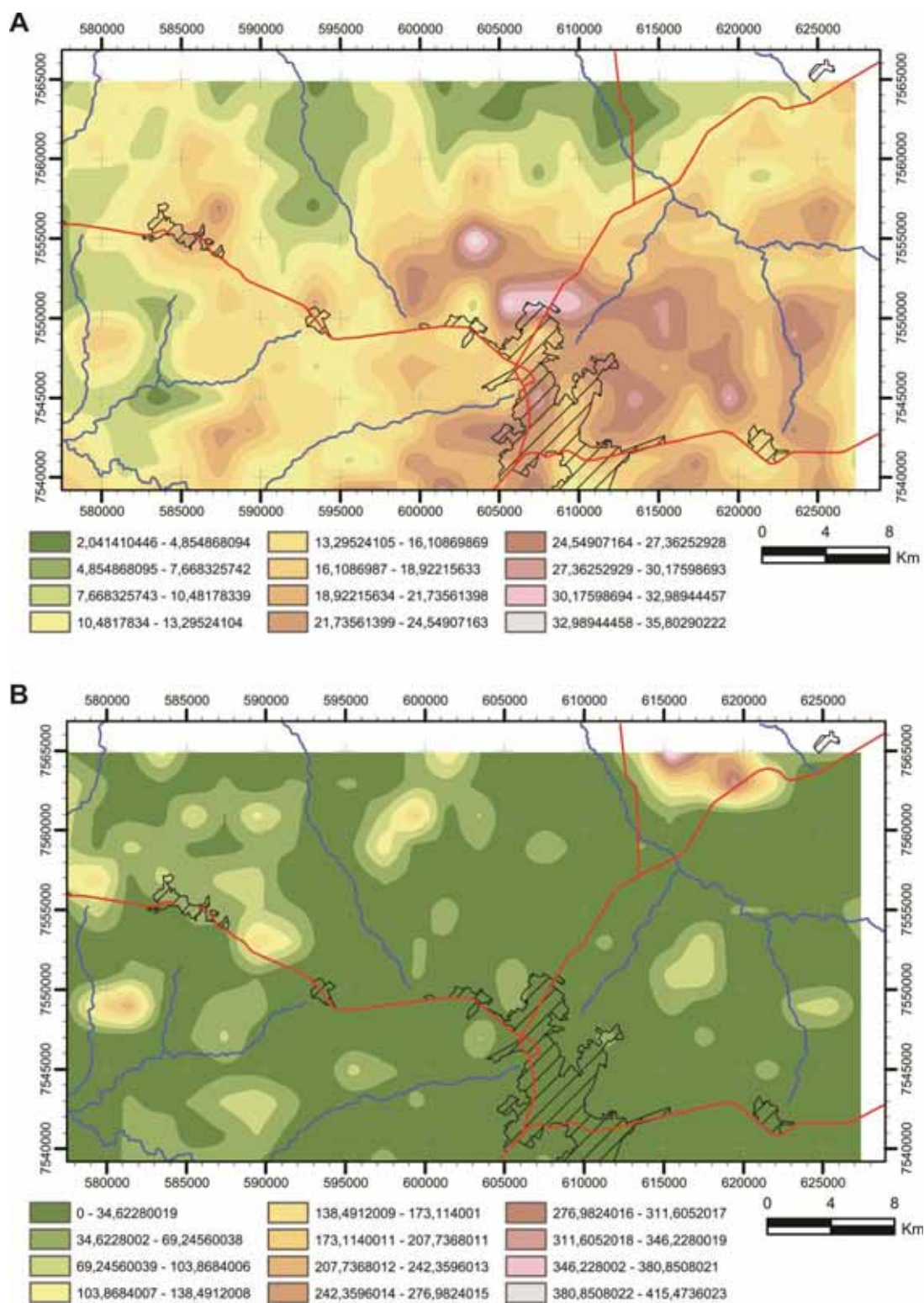


Figura 70: Representação gráfica de frequência. Em (A) frequência de traços de junta; em (B) frequência de erosões lineares.

4.2.3. Direções de lineamentos estruturais, traços de junta e erosões lineares

As direções de lineamentos estruturais observados na área do presente estudo ocorrem sobre os quadrantes NW, NS e NE, sendo a primeira a mais predominante na área de estudo.

É válido destacar que a ocorrência de lineamentos estruturais predominantemente na direção NS na região central da área de estudo (células C1, C2 e C3 da malha de análise de direções de lineamentos estruturais), alinhando topos isolados e o as colinas suaves nesta direção.

Os traços de juntas são fortemente direcionadas para NW, ocorrendo em praticamente toda a área de estudo. Há, em menor proporção, a direção NE.

As erosões lineares ocorrem em todas as direções, com uma variabilidade de frequência muito grande de uma região a outra. De forma geral, a direção predominante foi a NE, ocorrendo também a EW.

Uma observação mais detalhada nas áreas de maior frequência de erosão linear indica predominância de direções NE. É o caso da região com maior desenvolvimento das erosões lineares, como no extremo nordeste da área de estudo, nas proximidades da cidade de Júlio Mesquita (células H1 e I1 da malha de análise de direções de erosões lineares); no extremo oeste da área (células A3, A4), as direções variaram em NW e NE; e na região entre as áreas urbanas de Oriente e Pompeia, na porção centro-oeste (célula C3) e a região norte da área de estudo (células E1 e E2).

Observa-se, então, que estruturas de fraturamento seguem preferencialmente direção paralela ao Alinhamento Estrutural de Guapiara de direção NW. Foi descrita por Etchebehere (2005) como a direção em que os elementos de drenagem se encaixam com maior facilidade, refletindo provavelmente a direção distensional mais importante da região.

Estruturas com direção NE representa o resultado reativações das zonas de fraqueza da antiga faixa de dobramentos sul-sudeste do embasamento, por advento do levantamento da região costeira no início da formação do Oceano Atlântico, na Bacia do Paraná (FÚLFARO et al., 1982). Ferreira (1982) constatou a presença de anomalia aeromagnética de direção NE entre as cidades de Vera Cruz e Júlio Mesquita, interpretando-a como uma falha ou fratura preenchida ou não por dique.

4.2.4. Zonas de variação de máximo 1 e máximo 2 de direção de traços de junta

Para um melhor entendimento da relação entre a frequência de feições erosivas lineares e as zonas de variação de direção de máximo 1 e máximo 2 de traços de junta, a Figura 71 apresenta os resultados obtidos conjuntamente.

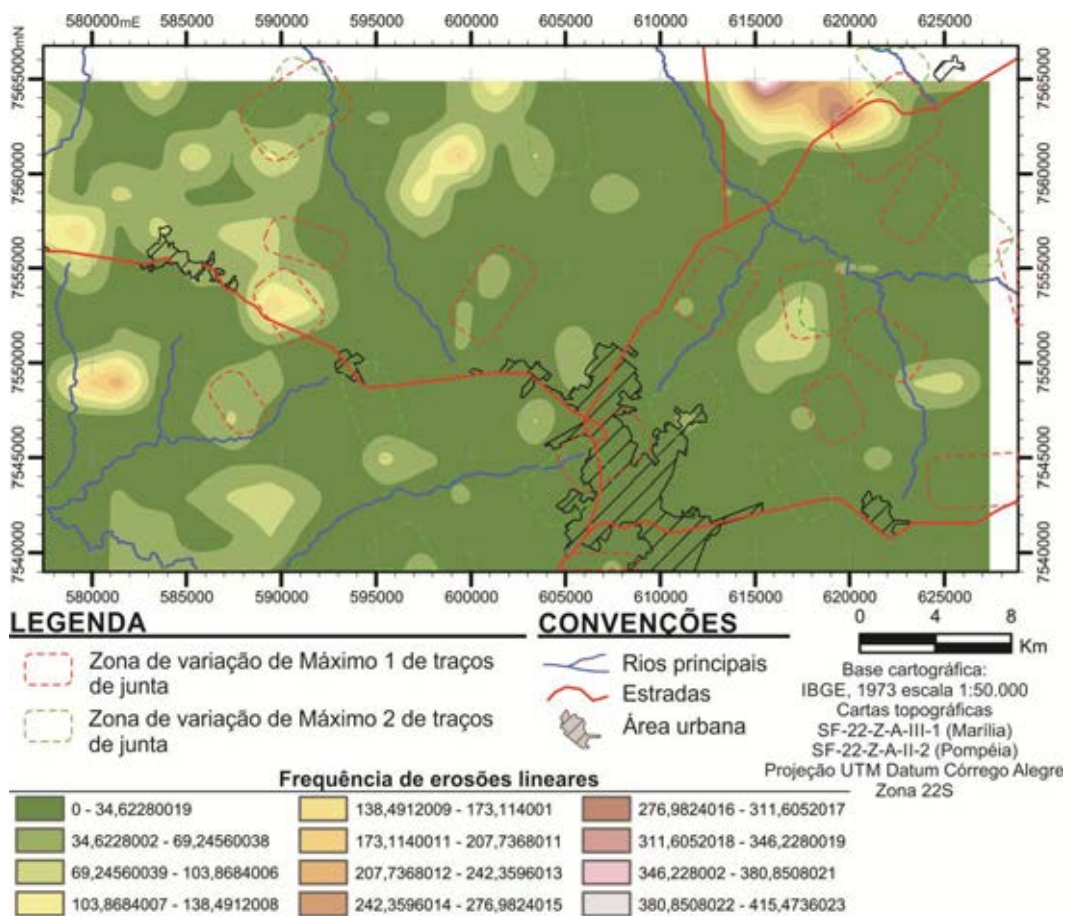


Figura 71: Apresentação conjunta dos resultados obtidos para a frequência de erosões lineares e as zonas de variação de direções máximo 1 e máximo 2 de traços de junta.

Entende-se que as zonas de variação de direção de máximos são áreas de tendência sem um limite definido, e que representam regiões com variação no campo de tensão de deformação, o que a torna um local potencialmente frágil a mudanças nas condições em que todo o sistema se insere. Isso significa que os fenômenos que caracterizam essa fragilidade (como erosões profundas e deslizamentos, por exemplo) não necessariamente estão instalados, pois existe a dependência das condições iniciais (como o material componente das rochas, os solos, o clima, a vegetação original) e o manejo empregado no uso desta área.

Toda zona de variação de direção de máximos é caracterizada pela sua suscetibilidade à erosão, e as áreas de sobreposição destas zonas potencializa esta característica.

Na área do presente estudo, podem ser observadas sobreposições de zonas de variação de direção, que apresentam processos erosivos já manifestados. Destaque para a área urbana de Marília, no centro-sul da área de estudo que apesar de mostrar sobreposição de eventos distintos de variação de regime de tensão, mostra baixa frequência de feições erosivas. Isso pode ser explicado muito provavelmente pelo manejo no processo de ocupação ou ações de contenção destes fenômenos.

O extremo oeste da área de estudo há uma homogeneidade no direcionamento de máximos para NW. No entanto, há desenvolvimento considerável de feições erosivas lineares. Outros fatores que não a variação no campo de tensão devem influenciar esta região.

4.2.5. Análise morfoestrutural e erosões lineares

A frequência de erosão linear e a análise morfoestrutural encontram-se integrados para melhor visualização dos resultados na Figura 72.

A região de Júlio Mesquita, no extremo nordeste da área de estudo, que apresentou as maiores frequências de erosão linear, encontra-se em um baixo estrutural. As altitudes variam entre 430 e 570 metros, que em um contexto geral da área de estudo, pode considerar um alto topográfico. Isso lhe confere, segundo Shimbo (2006), um caráter exorréico, com circulação de água baixa e direcionada que torna a região muito suscetível à erosão.

Dentro deste sistema, é possível observar uma variação topográfica considerável. Localmente pode-se dizer que este baixo estrutural apresenta variação entre baixo topográfico, dentro das cotas 430 e 510 metros, e alto topográfico, de 510 a 570 metros. Esta diferença é capaz de refletir na variação da intensidade do processo erosivo, sendo as cotas mais elevadas com menor quantidade de feições erosivas e nas cotas mais baixas, mais erosões instaladas.

Ao norte da cidade de Pompeia, na região noroeste da área do presente estudo, há também um desenvolvimento de erosão linear considerável. Ocorre aí um sistema de alto estrutural e baixo topográfico (410 a 510m de altitude) de caráter exorréico, com suscetibilidade a erosão moderada a forte. Da mesma forma que a região descrita anteriormente, é possível fazer uma análise local, sendo que as áreas de colinas suaves até o sopé do platô do Planalto de Marília comportam-se como alto estrutural baixo topográfico, concentrando maiores frequências de erosão linear. Já na região de escarpa e topo do planalto, topograficamente mais elevados, a erosão diminui.

Na transição deste alto para o baixo estrutural logo ao sul, observa-se uma região com acréscimo de feições erosivas, no topo do Planalto de Marília. Neste ponto, o caráter exorreico se acentua, por caracterizar um baixo estrutural em alto topográfico.

Observa-se a nordeste da área urbana de Marília, um alto estrutural e alto topográfico, que se mantém com pouca feição erosiva, coincidindo com a relação observada em Shimbo (2006).

Já na parte sudoeste da área urbana de Marília, observa-se um baixo estrutural em um alto topográfico, que lhe confere uma alta suscetibilidade a erosão, mas que não há feições instaladas atualmente. Da mesma maneira que a sobreposição de zonas de variação de máximos presente nesta área, a não observação de erosão pode ser consequência das ações mitigadoras para possibilitar a ocupação desta área.

Diante do observado, pode-se dizer que as áreas com alta frequência de erosão instalada correspondem a áreas naturalmente suscetíveis que já se apresentam em estágio avançado de desenvolvimento dessas feições, em resposta aos processos de mudança no equilíbrio do sistema causados pelo uso e manejo inadequado.

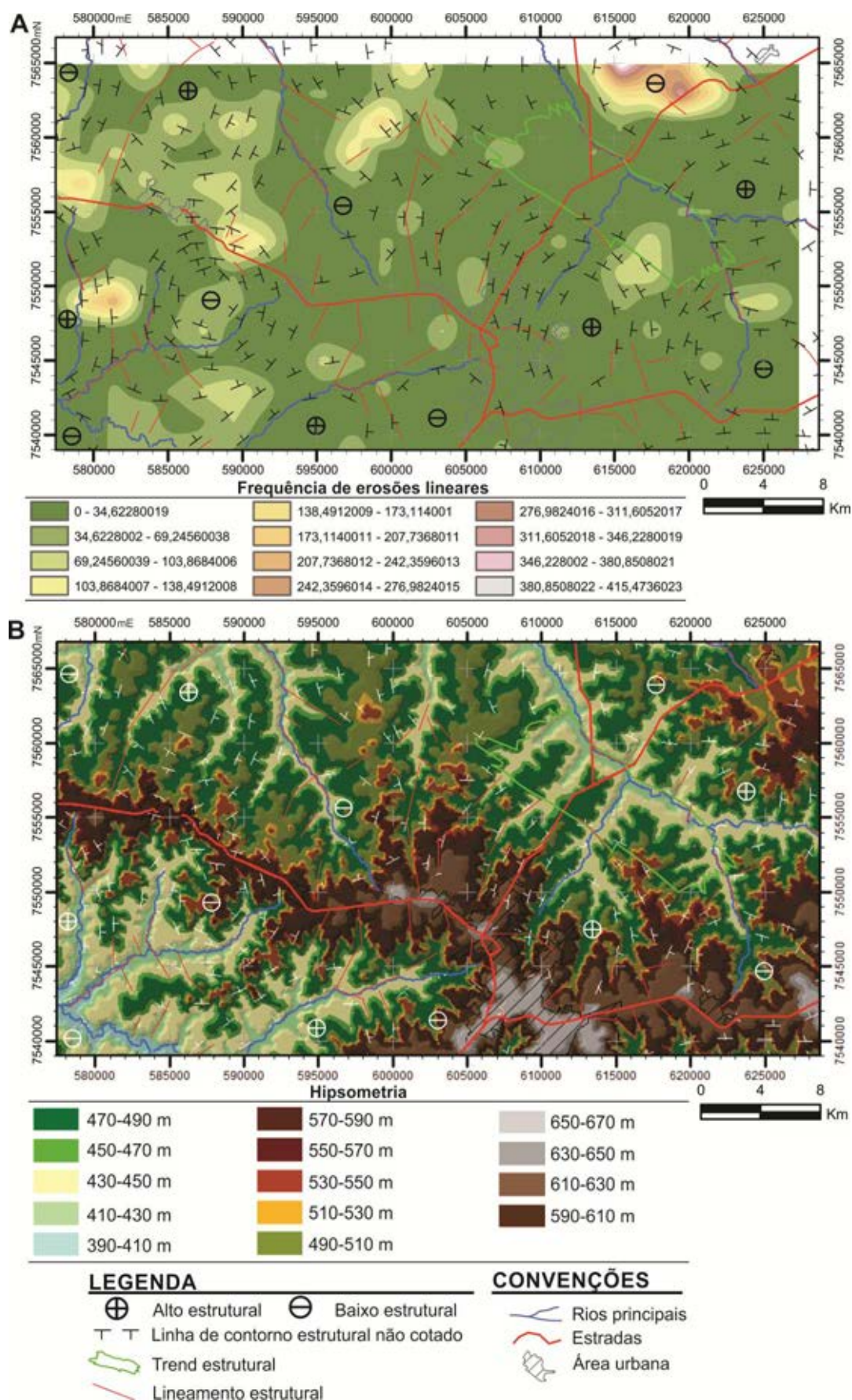


Figura 72: Mapa morfoestrutural e a frequência de erosão linear na região de Marília (SP). Em (A) morfoestruturas e frequência de erosões lineares. Em (B) morfoestruturas e hipsometria.

4.2.6. Coberturas de Alteração Intempérica e erosões lineares

Através dos perfis analisados em campo, e os dados levantados pelo levantamento de solos de Bertolani et al. (2000), as coberturas de alteração intempérica observadas encontram-se organizados e distribuídos na área do presente estudo de acordo com a Figura 73.

De uma maneira geral, a área do presente estudo é caracterizada pela forte influência de condições pretéritas de latossolização e mudanças climáticas e/ou topográficas que modificaram dinâmicas fluviais. As rochas da Formação Marília são as fontes dos solos presentes na região, cujas fácies areníticas e lamíticas intemperizadas conferem às Coberturas de Alteração Intempéricas maior ou menor predominância de areia/argila.

As rochas da Formação Marília, apresentam registros de latossolização, processo de prolongado intemperismo que resultou na formação de solos latossólicos. Nesta região, tais solos são classificados como Latossolos Vermelhos ou Vermelho-Amarelos (Bertolani et al., 2000), que podem ser encontrados como relictos funcionais ou truncados, exumando os substratos latossolizados de fácies lamítica (que dão origem aos Latossolos Vermelhos) e arenítica (que originam os Latossolos Vermelho-Amarelos). A rocha alterada apresenta coloração avermelhada, consequência da oxidação parcial do ferro que se apresenta como óxidos/hidróxidos, caracterizando os Neossolos Litólicos ou Neossolos Regolíticos.

A litofácies lamito, ao sofrer intenso intemperismo, pode originar microagregação das partículas residuais por sesquióxidos de ferro e/ou alumínio, através da transformação total dos componentes primários. Esta estruturação mínima caracteriza os horizontes Bw/Bo, que caracterizam os Latossolos, predominantes na região nordeste da área de estudo.

Em condições de clima subtropical subúmido ou subseco, a fácies lamítica alterada dá origem ao horizonte diagnóstico argílico, ou B textural, que permitem a denominação dos solos em Argissolos, encontrados na área do presente trabalho.

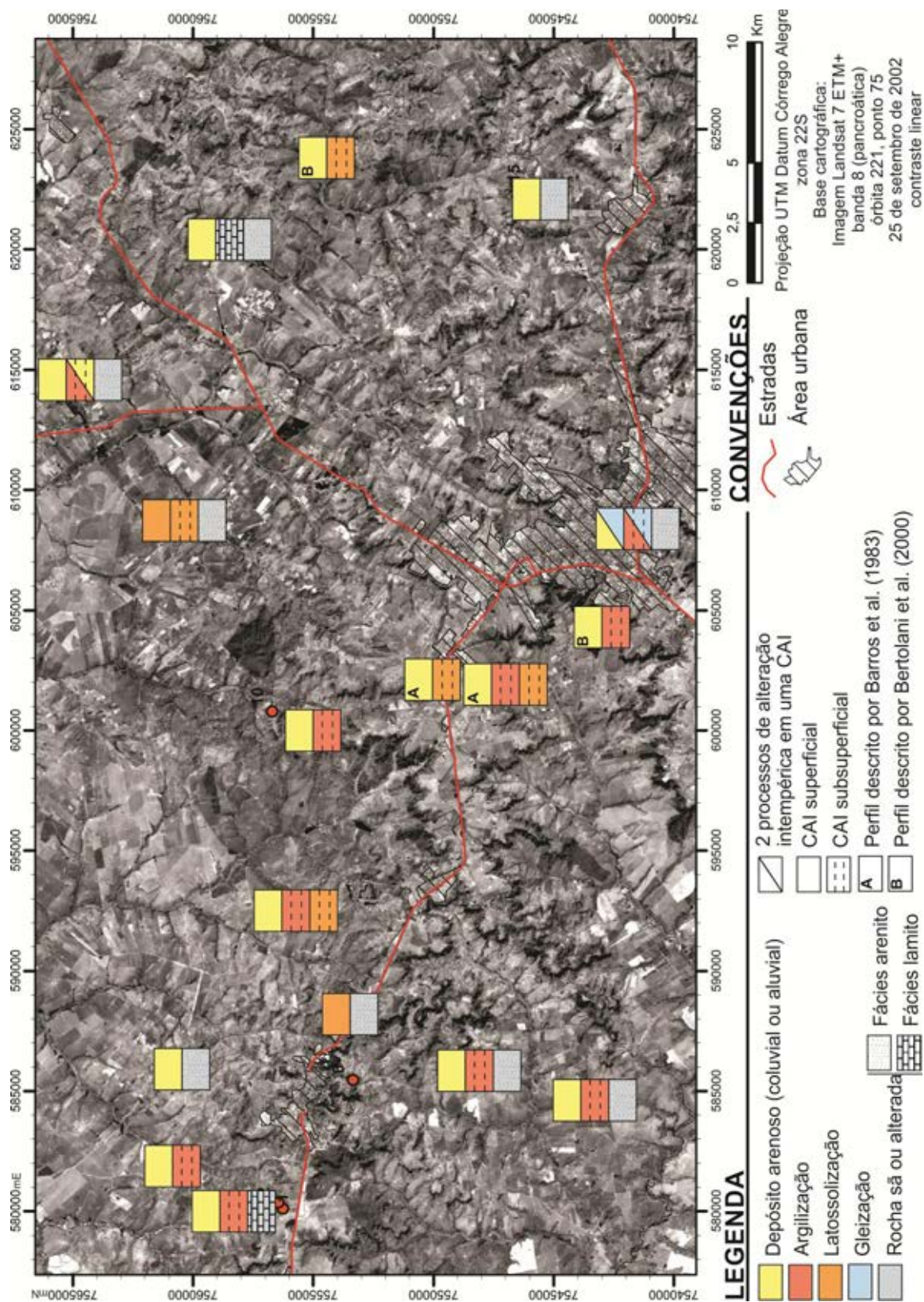


Figura 73: Coberturas de Alteração Intempérica (CAI's) da região de Marília (SP).

Os horizontes Bt, com contato e variação textural abruptos podem ser indícios de alteração destas litofácies *in situ* (ponto 11). Mas nos casos em que não se apresentam fortemente estruturados, com evidente mistura de materiais, pode-se considerar como colúvios, resultante de truncamento e deposição concomitantes em eventos de mudanças morfoclimáticas, caracterizando alteração policíclica destas litofácies (pontos 4 e 9).

Localmente são observados processos de gleização, que conferem aos materiais coloração cinza a verde. Estão sempre associados a algum sistema de drenagem, nas proximidades de cabeceiras ou terraços, ou canais abandonados e várzeas.

Sallun e Suguio (2006), em estudo da região que compreende os municípios de Marília a Presidente Prudente determinaram que os materiais inconsolidados são de idade pleistocênica, considerados como depósitos colúvio-eluviais e aluviais (este último somente nos terraços altos dos principais rios como o Peixe, Aguapeí, Paranapanema e Santo Anastácio).

Em datação por termoluminescência, os autores determinaram idades destes depósitos, merecendo destaque alguns pontos coincidentes com a área do presente estudo (Figura 74). Sobre o Planalto de Marília ao sul da área urbana da cidade homônima, a uma altitude de aproximadamente 650m, observa-se que o depósito sobrejacente ao arenito da Formação Marília fortemente intemperizado, apresentou uma idade 92.000 ± 10.000 A.P. Isso permite a sua relação com os efeitos do clima tropical que predominou durante grande parte do Pleistoceno Médio, condições estas que permitiram a origem dos Latossolos Vermelho-Escuros e Vermelho-Amarelos com dominância de caolinita, observados por Bertolani et al. (2000).

Na região entre as áreas urbanas de Pompeia e Oriente, ainda sobre o Planalto de Marília, a uma altitude de aproximadamente 615 metros, o depósito possui espessura de 9 metros e apresentou idade de 920.000 ± 74.000 A.P., deposição está entre o Plioceno Superior e Pleistoceno Inferior.

Próximo ao ponto 13 do presente trabalho, entre as áreas urbanas de Marília e Júlio Mesquita, a datação do material colúvio-eluvial registrou idade de 138.000 ± 15.000 A.P. Este material está a uma altitude aproximadamente de 480 metros e possivelmente corresponde à deposição policíclica do material

latossolizado no Pleistoceno Médio, como aquele no ponto ao sul da área urbana de Marília, resultante do abatimento sucessivo do bloco, que soterrou o manto previamente latossolizado, o mesmo daquele encontrado entre Pompeia e Oriente.

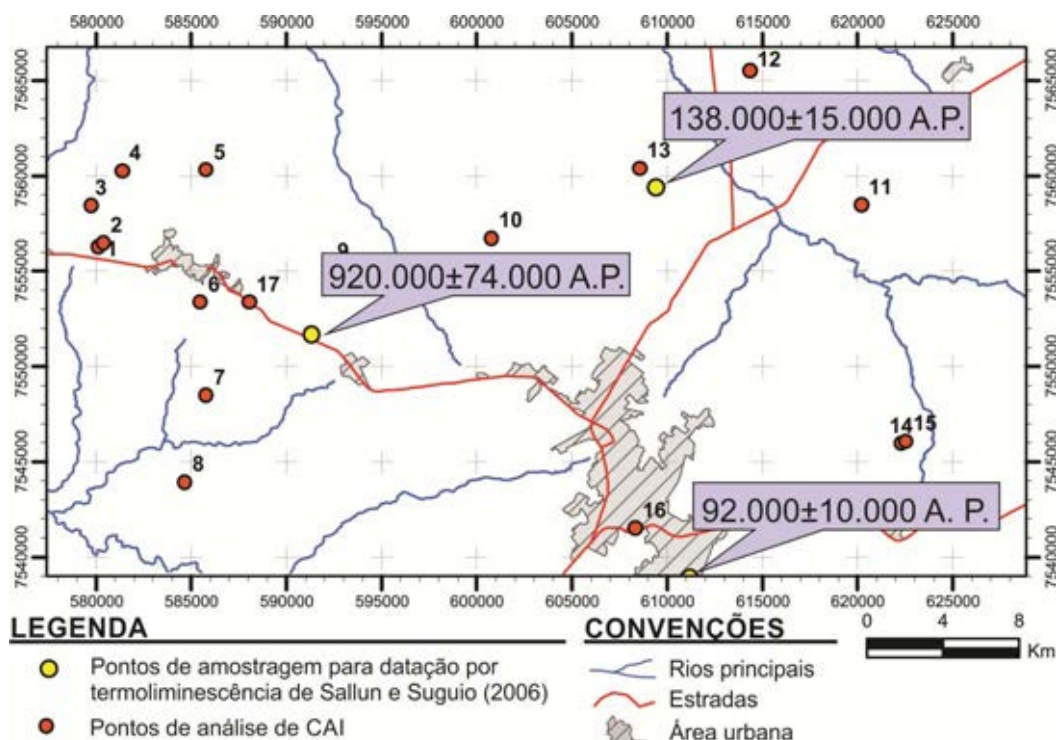


Figura 74: Datação por termoluminescência realizada por Sallun e Suguio (2006) na área do presente estudo.

Segundo Etchebehere et al. (2005), o vale do rio do Peixe na região de Marília apresenta um comportamento tectônico ascensional, relativamente recente, caracterizada pela presença de vales suspensos e terraços altos. Não é possível dizer a idade do início deste processo. Movimentos ascensionais de blocos modificam a condição de aplainamento, alteram o nível de base e consequentemente a dissecação do relevo, e cria ciclos de erosão/deposição.

Na região oeste da área do presente estudo, observa-se uma variação textural abrupta entre horizonte arenoso friável sobrepondo-se ao argiloso, nos pontos 3, 4, 7, 9 e 11, que caracterizam solos suscetíveis à erosão linear como já se observam instalados. Esta mudança textural denota variação na dinâmica fluvial com mudança no traçado da drenagem e da força de transbordamento.

5. CONCLUSÕES

As Coberturas de Alteração Intempéricas observadas na região de Marília, com os seus registros dos eventos deposicionais e de processos intempéricos, condizem com o grande potencial da área na formação de frentes erosivas lineares de grande magnitude.

Os Latossolos, principalmente na região nordeste da área do presente estudo, caracterizam-se pela sua maior espessura, textura arenosa e estrutura friável às tentativas de rompimento do material. Estas propriedades favorecem a desagregação da estruturação incipiente natural do solo e conseqüentemente a formação de frentes erosivas lineares.

Os Argissolos caracterizam-se na região de Marília pela diferença textural abrupta entre os horizontes A e Bt, sendo o mais superficial arenoso, não estruturado e muito friável. Estas propriedades facilitam a percolação de água provinda da superfície. No entanto, a presença do horizonte Bt, mais argilosa, que mantém maior impermeabilidade da água, satura o horizonte A e facilita o movimento de massa em forma de erosões profundas.

Através do presente trabalho, pode-se dizer que a dinâmica de escoamento subsuperficial, endorreica e exorreica, coordenada pelos altos e baixos estruturais e a altitude permite correlacionar as potencialidades e suscetibilidades, mostrando-se um importante método para o planejamento de uso e ocupação. A região de Marília,

que remonta um século de exploração de suas terras sem cuidados para prevenção de erosão, apresenta as respostas esperadas pela análise morfoestrutural.

Áreas no topo do Planalto de Marília com solos pouco profundos nas regiões da área urbana de Marília, Vera Cruz e Pompeia, apresentam os reflexos das estruturas rúpteis em sua superfície de maneira mais evidente que as áreas com cobertura de alteração mais espessa. A resistência à alteração oferecida pelo arenito carbonático marca a presença dessas estruturas e mantém baixa a erosão dos solos.

A variação no campo de tensão, representados pela variação na direção preferencial de traços de junta, também permitem prever a potencialidade do meio à degradação por erosão.

Um estudo detalhado da origem das direções de estruturas de deformação rúptil pode esclarecer a sua relação com a formação e desenvolvimento das erosões lineares.

A área urbana de Marília merece destaque, na sua porção sudoeste, que apresenta uma sobreposição de sistemas de mudança no regime de tensões e de uma configuração de baixo estrutural em alto topográfico, que indica ser uma localidade de difícil estabilização, que requer intervenções para manutenção de infraestrutura.

A análise morfoestrutural apresentou-se como um método eficiente para predição de processos erosivos. As regiões recentemente ocupadas na frente agrícola da região norte do País merecem este tipo de estudo para prevenir degradações ambientais e potencializar a produtividade diante da nova dinâmica de agroecossistema implantadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, v. 41, p. 169 – 263, 1964.
- ALMEIDA FILHO, G. S.; SANTORO, J. GOMES, L. A. Estudo da dinâmica evolutiva da boçoroca São Dimas no município de São Pedro, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, n. 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.73-86 (CD-ROM).
- AMARAL, G. Padrões fotogeológicos dos litofácies da Formação Bauru no Estado de São Paulo, como observados em imagens Landsat. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, n.1, São Paulo. **Atas do...** São Paulo: SBG, 1977. p. 439 – 449.
- ARAÚJO FILHO, J. R. de; AB'SABER, A. N. A região de Marília: notas geomorfológicas. **Geomorfologia**, São Paulo, v.14, p. 2-6, 1969.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.
- BALDASSARINI, J. de S.; HESPANHOL, R. A. de M. A importância do município de Marília no cenário do Centro-Oeste Paulista. In: ENCONTRO DE GRUPOS DE PESQUISA AGRICULTURA, DESENVOLVIMENTO RURAL E TRANSFORMAÇÕES SOCIOESPACIAIS, n.5, Presidente Prudente. **Textos...** Presidente Prudente: UNESP/GEDRA, 2011. p.1-17.
- BARROS, W. D. de. **Problemas da erosão do solo no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1961.54p.
- BARROS, O. N. F.; CASTRO, S. S.; MANFREDINI, S.; PELLERIN, J.; TOLEDO, G. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Caracterização e representação de volumes pedológicos em Marília – São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia USP/FFLCH**, São Paulo, n.2, p. 73-80, 1983.
- BEAVIS, S. G. Structural controls on the orientation of erosion gullies in mid-western New South Wales, Australia. **Geomorphology**, v.33, p.59 - 72, 2000.
- BERTOLANI, F. C.; COELHO, M. R.; ROSSI, M.; MENK, J. R. F.; PRADO, H. do. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Folha de Marília. Memorial descritivo. **Série Pesquisa APTA/Boletim Científico**, Campinas: Instituto Agrônomo, n.1, 142p., 2000.
- BEZERRA, M. A; ETCHEBEHERE, M. L. de C.; SAAD, A. R.; CASADO, F. da C. Análise geoambiental da região de Marília, SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. **Geociência**, São Paulo, v.28, n.4, p. 425-440, 2009.

- BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, n.3, Maringá. **Livro guia**. Maringá: ABGE/ADEA, 1985. 329p.
- BOTERO, J. P. **Fisiografía y estudios de suelos**. Bogotá: Centro Interamericano de Fotointerpretacion (CIAF), Ministerio de Obras Publicas, 1978. Serie docencia, 1.
- BRYAN, R. B. Knickpoint evolution in rillwash. **Catena Supplement**, v.17, p.111-132, 1990.
- CAETANO, N. R. **Procedimentos metodológicos para o planejamento de obras e usos: uma abordagem geotécnica e geoambiental**. 2006. 182f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- CEPAGRI – CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em 27 mai 2013.
- COELHO, J. O. M. **Identificação e caracterização de zonas de captura e concentração de águas subterrâneas a partir de produtos de sensoriamento remoto**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- COIMBRA, A. M.; FERNANDES, L. A.; HACHIRO, J. Sismitos do Grupo Caiuá (Bacia Bauru, Ks) no Pontal do Paranapanema (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n.37, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo: SBG, v.2, p.503-504.
- DIETRICH, W. E.; WILSON, C. J.; MONTGOMERY, D. R.; MCKEAN, J. Analysis of erosion thresholds, channel networks, and landscape morphology using a digital terrain model. **The Journal of Geology**, v.101, p. 259-278, 1993.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SAITO, M.; BAITELLO, J. B. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, n.4, p.371-383, 2000.
- EGBOKA, B.; NWANKWOR, G.; ORAJAKA, I. Implications of Paleo- and Neotectonics in Gully Erosion - Prone Areas of Southeastern Nigeria. **Natural Hazards**, Netherlands, v.3, p. 219-231, 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Brasil em Relevo**. Disponível em <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/sp/sf-22-z-a.htm>>. Acessado em 14 mai 2013.

- ETCHEBEHERE, M. L. de C.; SAAD, A. R.; CASADO, F. da C. Análise morfoestrutural aplicada no vale do rio do Peixe (SP): uma contribuição ao estudo da neotectônica e da morfogênese do Planalto Ocidental Paulista. **Revista Universidade de Guarulhos – Geociências**, v.10, n.6, p.45-62, 2005.
- FACINCANI, E. M. **Influência da estrutura e tectônica no desenvolvimento de boçorocas na região de São Pedro (SP): proposta de reabilitação e aspectos jurídico-insitucionais correlatos**. 1995. 124f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.
- FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1992. 129f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216f. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 3, p. 164-176, 1994.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.68, n.2, p.196-205, 1996.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v.30, n.4, p. 717-728, 2000.
- FERREIRA, F. J. F. **Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa**. 1982. 186f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.12, n.4, p.590-611, 1982.
- FRANCISCO, A. B. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. **Revista GEOMAE**, v.2, n.2, p. 57-68, 2011.
- GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos. **Boletín sobre suelos**, Roma, n.6, p. 0-58.
- GOOSEN, D. **Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia**. Amsterdam: International Institute for Aerial Survey and Earth Science. 1971. 198p.

- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 149-209.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1983. 196 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acessado em 28 mai 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Downloads**. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acessado em 16 mai 2012.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A – IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981a. v.2. 126p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - IPT. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981b. v. 2. 94p.
- IWASA, O. Y.; FENDRICH, R. Controle da Erosão Urbana. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 587p.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; NUNES, E.; MATTOS, J. T. de. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da Folha São José de Mipibu – RN. **Geociências**, São Paulo, v.12, n.2, p. 481-491, 1993.
- KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. **Revista Instituto Geográfico**, São Paulo, v. esp., p. 31-36, 1995
- LANDIM, P. M. B. e SOARES, P. C. Estratigrafia da Formação Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 29, Ouro Preto. **Anais do...** Ouro Preto: SBG, 1976. p. 195 – 206.
- LOCZY, L. de; LADEIRA, E. A. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- LOMBARDI, F.; BERTONI, J. Erodibilidade dos solos paulista. **Boletim técnico IAC**, Campinas, v. 27, 1975.

- MATTOS, J. T. de; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; OHARA, T.; MENDES, M. L. de B.; SANTANA, M. A. Critérios para mapeamento de classes de risco a erosão de solos em imagem TM-Landsat. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, n.9, Cochabamba. **Anais do...** Cochabamba: SELPER, 2002.
- MILANI, E. J.; MELO, J. H. G. de; SOUZA, P. A. de; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p.265-287, 2007.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS – COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. **Boletim do serviço nacional de pesquisas agronômicas**, Rio de Janeiro, n.12, 634p., 1960.
- MORAES, F. T. **Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica**. 2007. 173f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3 ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2005. 304p
- MOURÃO, P. F. C. **A industrialização do Oeste Paulista: o caso de Marília**. 1994. 257f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1994.
- OHARA, T. **Zoneamento Geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto**. 1995. 195f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.
- OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In : GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.
- OLIVEIRA, J. B. de. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. **Boletim Científico**, Campinas, n. 45, p. 1-108, 1999.
- OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa/IAC, 1999. Legenda expandida. 64p.
- QUEIROZ NETO, J. P.; JOURNAUX, A. Carta geomorfológica do vale do rio do Peixe em Marília – SP. **Sedimentologia e Pedologia**, São Paulo, v.10, p. 1-11, 1978.

- RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1965. 226p.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP, 1997. v.1. 64p.
- SALLUN, A. **Depósitos cenozoicos da região entre Marília e Presidente Prudente (SP)**. 2003. 171f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SALLUN, A.; SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.36, n.3, p. 385-395, 2006.
- SANTORO, J. Erosão continental. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 2ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. p.53-70.
- SÃO PAULO. Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas**. São 18ª ed. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92 p.
- SÃO PAULO. Decreto nº 56.615, de 28 de dezembro de 2010. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 29 de dezembro de 2010. P. 9-11.
- SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. **Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_home_colegiado.exe?TEMA=APRESENTACAO&COLEGIADO=CRH/CBH-AP&lwgactw=268592>. Acessado em 30 set 2013.
- SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão interestadual da Bacia Paraná-Uruguai. 1966. 61p.
- SHIMBO, J. Z. **Zoneamento geoambiental como subsídio aos projetos de reforma agrária. Estudo de caso: Assentamento Rural Pirituba II (SP)**. 2006. 171f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.16, n. 32, p.71-104, 1976.
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J. Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n.28, 1974, Porto Alegre. **Anais do...** São Paulo: SBG, 1974. v.4. p. 61-83.

- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 10, p.177-185, 1980.
- SOARES, P. C.; BARRETO, M. de L. K.; REDAELLI, R. Aplicação de análise morfoestrutural em semi-detálhe com fotos aéreas na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n.3, 1981a, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBG, 1981a.
- SOARES, P. C.; MATTOS, J. T. de; BALIEIRO, M. G.; BARCELLOS, P. E.; MENESES, P. R.; GUERRA, S. M. S.; CSORDAS, S. M. Análise morfoestrutural regional com imagens de Radar e Landsat na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n.3, 1981b, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBG, 1981b.
- SOARES, P. C.; BARCELLOS, P. E.; CSORDAS, S. M.; MATTOS, J. T. de; BALLIEIRO, M. G.; MENESES, P. R. Lineamentos em imagens de Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, n.2, 1982a, Brasília. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1982a, p.143-156.
- SOARES, P. C.; LUZ, M. E. R.; REDAELLI, R.; GUERRA, S. M. S. Análise morfoestrutural em fotos aéreas: aplicação na prospecção de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, n.2, 1982b, Brasília. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1982b.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. Ambiente Fluvial. In: BIGARELLA, J. J.; SUGUIO, K.; BECKER, R. D. (Eds.) **Ambientes de sedimentação** – sua interpretação e importância. 1ª ed. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979. 183p.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado+presente=futuro?)**. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999. 366p.
- TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Orgs.). **Desastre naturais: conhecer para prevenir**. 2ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. p. 12 - 23.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **USGS Global Visualization Viewer**. Disponível em <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acessado em 25 mar 2013.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1991. 124p.
- VIEIRA, N. M. **Estudo morfogeológico das boçorocas de Franca - SP**. 1978. 226f. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca, Universidade Estadual Paulista, Franca, 1978.

- VILLOTA, H. El sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno. **Revista CIAF**, Bogotá, v.13, n.1, PP.55-70, 1992.
- VOLKMER, S. **Caracterização mineralógica das Coberturas de Alteração Intempérica da quadrícula de São Carlos (QSC), São Paulo – escala 1:100.000**. 1993. 157f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. de J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Coord.) **Origem e evolução de Bacias Sedimentares**. 1ª ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990. 415p.
- ZINCK, A. **Aplicacion de la geomorfologia al levantamiento de suelos en zonas aluviales y deformacion del ambiente geomorfologico con fines de descripcion de suelos**. Bogotá: Instituto Geográfico Augustín Codazzi, Subdireccion Agrologia. 1987. 176p.