

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro (SP)

**DIAGNÓSTICO DA SUSCETIBILIDADE À
EROSÃO LINEAR, FLUVIAL E
ASSOREAMENTO EM TRECHO DA BACIA DO
RIO PASSA CINCO, IPEÚNA-SP.**

GISELE CRISTINA ZORATTO

Orientador: Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro – SP
2009

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro (SP)

**DIAGNÓSTICO DA SUSCETIBILIDADE À
EROSÃO LINEAR, FLUVIAL E
ASSOREAMENTO EM TRECHO DA BACIA DO
RIO PASSA CINCO, IPEÚNA-SP.**

GISELE CRISTINA ZORATTO

Orientador: Dr. José Eduardo Zaine

*Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - apresentado
à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de
Geologia do Instituto de Geociências e Ciências
Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte
das exigências para o cumprimento da disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de
2009”*

Rio Claro – SP

2009

551.302 Zoratto, Gisele Cristina

Z88d Diagnóstico da suscetibilidade á erosão linear, fluvial e
assoreamento em trecho da Bacia do Rio Passa Cinco,
Ipeúna-SP. / Gisele Cristina Zoratto. - Rio Claro: [s.n.], 2009
53 f. : il., figs., quadros, mapas + 1 mapa

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia)
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: José Eduardo Zaine

1. Erosão. 2. Mapeamento geológico-geotécnico. 3.
Geologia ambiental. 4. Sensoriamento remoto. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

FOLHA DE APROVAÇÃO

GISELE CRISTINA ZORATTO

**DIAGNÓSTICO DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO
LINEAR, FLUVIAL E ASSOREAMENTO EM TRECHO
DA BACIA DO RIO PASSA CINCO, IPEÚNA-SP.**

*Trabalho de Conclusão de Curso – TCC -
apresentado à Comissão do Trabalho de
Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus
de Rio Claro, como parte das exigências para o
cumprimento da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso no ano letivo de 2009”*

COMISSÃO EXAMINADORA

PROF. DR. JOSÉ EDUARDO ZAINE

PROF. DRA. PAULINA SETTI RIEDEL

DRA. MARLI CARINA SIQUEIRA RIBEIRO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar minha família, que com toda força, amor, e dedicação fez possível mais esta fase da minha vida: à minha mãe Helena, meu pai Helvio, minha irmã Deise, meu irmão Eduardo e minha sobrinha Viviane.

Ao meu orientador e amigo, Zaine, meus sinceros agradecimentos à paciência, compreensão e dedicação em passar seu conhecimento e me dar as coordenadas neste trabalho e na vida. À Anelise, companheira deste trabalho.

À minha amigona Nani, pela força no dia-a-dia e companheirismo de sempre. Sabrina, Felipe, Ana e tantos outros amigos que essa cidade me trouxe: obrigada por vocês existirem. Bom dia com alegria sempre!

Aos meus amigos de faculdade, José Guilherme, Felipe, Juliano, Patrícia, Guilherme, e tantos outros que me deram força e alegria nos dias mais fáceis e difíceis nessa jornada longa que foi a nossa graduação. Consequimos, amigos!

Queria agradecer também ao professor e amigo Luiz Simões, pela amizade e conhecimento transmitidos. À professora Paulina pela inspiração como pessoa, me lembrando que arte está onde a gente quer ver. Aos professores Eberhard e Hanz pela paixão à geologia transmitida. Ao professor Elias por me fazer ver o mundo diferente. E a todos os outros que com dedicação e amor me transmitiram seus conhecimentos. Obrigada!

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
3. BASE TEÓRICA	14
3.1 EROSÃO LINEAR	14
3.1.1. SULCOS	15
3.1.2 RAVINAS	15
3.1.3. VOÇOROCA OU BOÇOROCA	16
3.2. EROSÃO FLUVIAL	17
3.3. ASSOREAMENTO	17
3.4. FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS E DE ASSOREAMENTO	18
3.4.1. CLIMA	18
3.4.2. SOLO (SUBSTRATO)	18
3.4.3. RELEVO	18
3.4.4. COBERTURAL VEGETAL	18
3.4.5. AÇÃO ANTRÓPICA	19
4. MATERIAIS, MÉTODOS E ETAPAS DO TRABALHO	20
4.1. MATERIAIS	20
4.2. ETAPAS E MÉTODOS DO TRABALHO	20
5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA	27
5.1. GEOLOGIA	27
5.1.1. FORMAÇÕES PALEOZÓICAS	27
5.1.2. GRUPO SÃO BENTO, FORMAÇÃO PIRAMBÓIA	27
5.1.3. GRUPO SÃO BENTO, FORMAÇÃO BOTUCATU	27
5.1.4. GRUPO SÃO BENTO, FORMAÇÃO SERRA GERAL	29
5.1.5. FORMAÇÃO ITAQUERI	29
5.1.6. FORMAÇÃO RIO CLARO	29
5.2. RELEVO	29
5.3. PEDOLOGIA	32
5.4. CLIMA	33
6. PRODUTOS OBTIDOS E CONCLUSÕES	34
6.1. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES	34

6.1.1. UNIDADES NA DEPRESSÃO PERIFÉRICA	34
6.1.1.1. UNIDADE 1-PLANÍCIES FLUVIAL RIO PASSA CINCO	34
6.1.1.2. UNIDADE 3-DEPÓSITOS COLUVIONARES CENOZÓICOS	36
6.1.1.3. UNIDADE 6-DIABÁSIO EM MORROTES LONGOS	37
6.1.1.4. UNIDADE 8-PIRAMBÓIA PODZÓLICO EM MEIA ENCOSTA	39
6.1.1.5. UNIDADE 9-PIRAMBÓIA EM MORROTES E ESPIGÕES	40
6.1.1.6. UNIDADE 10-CORUMBATAÍ EM COLINAS MÉDIAS	42
6.1.2. UNIDADES NO RELEVO ESCARPADO	45
6.1.2.1. UNIDADE 2- DEPÓSITOS DE TÁLUS	45
6.1.2.2. UNIDADE 4-ITAQUERI NO REVERSO DA CUESTA	46
6.1.2.3. UNIDADE 5-BASALTOS EM RELEVO ESCARPADO	47
6.1.2.4. UNIDADE 7-ARENITO EM RELEVO ESCARPADO	47
6.2. CONCLUSÕES	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

RESUMO

Este trabalho teve como tema principal o mapeamento geológico-geotécnico de determinado trecho da Bacia do rio Passa Cinco, e sua suscetibilidade a processos erosivos lineares, fluviais e de assoreamento. A área tem 129km² e está situada principalmente no município de Ipeúna, estado de SP. O estudo foi desenvolvido a partir de análise por sensoriamento remoto (*land systems*) de fotos aéreas e associação a mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos e perfis de alteração. Esta análise integrada permitiu a divisão da área em dez Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), com base na metodologia apresentada por VEDOVELLO em diversos trabalhos. Foram obtidas dez Unidades Básicas de Compartimentação, apresentadas na ordem de ocorrência na Depressão Periférica (6 Unidades) e no relevo escarpado (4 Unidades). A partir desta compartimentação, verificações em campo e imagens de satélite foram adotados parâmetros para a análise quanto a suscetibilidade a aos processos erosivos lineares, fluviais e de assoreamento, obtendo-se três Unidades com alta suscetibilidades a processos erosivos lineares, e uma Unidade com alta suscetibilidade a processos erosivos fluviais e assoreamento. Como produto foi gerado um Mapa geológico-geotécnico em escala 1:50.000, com perfil representativo da área e uma tabela-síntese com as principais características e análise de suscetibilidade aos processos analisados.

PALAVRAS-CHAVE: mapeamento geológico-geotécnico, geologia ambiental, sensoriamento remoto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo (Zaine et al, 1996)	12
Figura 2: Desprendimento de partículas do solo por impacto de águas pluviais. (Fonte: ALMEIDA & JUNIOR, 2001)	14
Figura 3: Esquema representativo de sulcos. (Fonte: RIDENTE JR., 2000)	15
Figura 4: Esquema representativo de ravina. (Fonte: RIDENTE JR., 2000)	16
Figura 5: Esquema representativo de voçoroca. (Fonte: RIDENTE JR, 2000)	16
Figura 6: Esquema representativo de solapamento de margem fluvial e assoreamento. (Fonte: RIDENTE JR., 2000)	17
Figura 7: Seção esquemática com diversos tipo de solo e litologias presentes na região com escarpa de serra no interior paulista (Fonte: PASTORE & FONTES, 1998)	22
Figura 8: Fluxograma de classificação genética dos solos.	22
Figura 9: Perfil de alteração de rocha arenítica em relevo suave (Fonte: PASTORE & FONTES, 1998)	23
Figura 10: Mapa geológico regional, com destaque para a área de estudo. (Zaine et al, 1996).	28
Figura 11: Mapa geomorfológico regional, com destaque para a área de estudo. (Zaine et al, 1996)	30
Figura 12: Mosaico da morfologia da área, com destaque para as principais referências topográficas e a cidade de Ipeúna.	31
Figura 13: Mapa de solos da Bacia do Rio Passa Cinco, com destaque para a área de estudo. (CORVALÁN, 2005)	32
Figura 14: Representação da Unidade 1 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	35
Figura 15: Assoreamento no Rio Passa Cinco (Foto: Spot Image)	35
Figura 16: Assoreamento e solapamento de margem fluvial no Rio Passa Cinco.	35
Figura 17: Representação da Unidade 2 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	36
Figuras 18 a,b,c,d: Ravinas presentes na Unidade 3.	37
Figura 19: Representação da Unidade 6 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	38
Figura 20: Ravinas na Unidade 6	38

Figura 21: Representação da Unidade 8 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	39
Figuras 22 a,b: Voçoroca presente na Unidade 8.	40
Figuras 22 c,d: Sulcos em área de pastagem na Unidade 8.	40
Figura 23: Representação da Unidade 9 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	41
Figuras 24 a,b: Sulcos causados por trilhas de gado	41
Figuras 24 c,d: Sulcos e voçorocas em beira de estrada na Unidade 9.	42
Figura 25: Representação da Unidade 10 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	43
Figura 26 – Ravinas no contato entre as unidades 3 e 10 (Imagem Google Earth)	43
Figura 27: Imagem de satélite com indicações das Unidades correspondentes e processos observados. Destaque para a ocorrência de eventos no contato entre as Unidades	44
Figura 28 e 29: Ravina e voçoroca presentes na Unidade 10.	44
Figura 30: Representação da Unidade 2 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	45
Figura 31: Sulcos na Unidade 2. Observar a presença de blocos e matacões na encosta.	45
Figura 32: Representação da Unidade 4 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	46
Figuras 33 a,b: Relevo típico da Unidade 4.	46
Figura 34: Representação da Unidade 5 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	47
Figura 35: Representação da Unidade 7 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quadro síntese das etapas e produtos obtidos.	21
Quadro 2: Critérios utilizados na classificação das formas e características do relevo.	24
Quadro 3: Tabela síntese dos critérios adotados na compartimentação do relevo e suas propriedades analisadas	25
Quadro 4: Processos, classes de suscetibilidade e eventos associados	26
Quadro 5: Unidades e suas suscetibilidades aos processos analisados.	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
3. BASE TEÓRICA	14
4. MATERIAIS, MÉTODOS E ETAPAS DO TRABALHO	20
5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA	27
6. PRODUTOS OBTIDOS E CONCLUSÕES	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

APÊNDICE 1- MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

APÊNDICE 2- MAPA DE DECLIVIDADE

APÊNDICE 3- MODELO DE FICHA DE CAMPO

1. INTRODUÇÃO

A erosão é um processo natural inerente ao meio físico. Porém é um dos problemas mais sérios que o homem vem sofrendo atualmente pelo aumento da ocorrência desse processo. Esse problema se verifica seja pela deficiência de um sistema de drenagem, conservação do solo ou pela suscetibilidade natural dos solos envolvidos no processo (ALMEIDA & JUNIOR, 2001).

No estado de São Paulo, estima-se que 80% das terras cultivadas estejam sofrendo processos erosivos além do limite de recuperação natural dos solos (DAEE/IPT, 1989). Este fato gera grandes prejuízos para a sociedade, em decorrência da perda de solos agricultáveis e pelos investimentos públicos em obras de infra-estrutura.

Entre os tipos de erosão, a hídrica, causada pelo impacto das águas pluviais e concentração das mesmas, tem destaque em áreas de clima tropical ou subtropical úmido, como observado no território paulista.

Inicialmente a erosão remobiliza grandes quantidades de materiais que são levados, geralmente, pela águas pluviais e posteriormente fluviais. Com a expansão urbana, a remoção da cobertura vegetal e outras intervenções antrópicas, o processo erosivo pode ser acelerado. A erosão das camadas mais superficiais dos solos reduz a capacidade de infiltração, proporcionando um aumento no escoamento superficial.

Um dos principais impactos dos processos erosivos é o assoreamento de rios e reservatórios de água, trazendo como principais conseqüências enchentes mais freqüentes e intensas, a perda de capacidade de armazenamento nos reservatórios de água, redução da profundidade da calha dos rios e perda de eficiência de obras hidráulicas.

O trabalho visa o mapeamento geológico-geotécnico e suscetibilidade a processos de erosão linear, fluvial e assoreamento de determinado trecho da Bacia do Rio Passa Cinco (Figura 1), que inclui principalmente no município de Ipeúna – SP e uma pequena região do município de Itirapina - SP. Ao norte da cidade de Ipeúna - SP encontra-se o rio Passa Cinco, importante afluente do rio Corumbataí, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba, de grande importância econômica para a região.

Para tal mapeamento e classificação de suscetibilidade, serão descritos no trabalho métodos, etapas e embasamento teórico utilizados, assim como os produtos obtidos e conclusões.

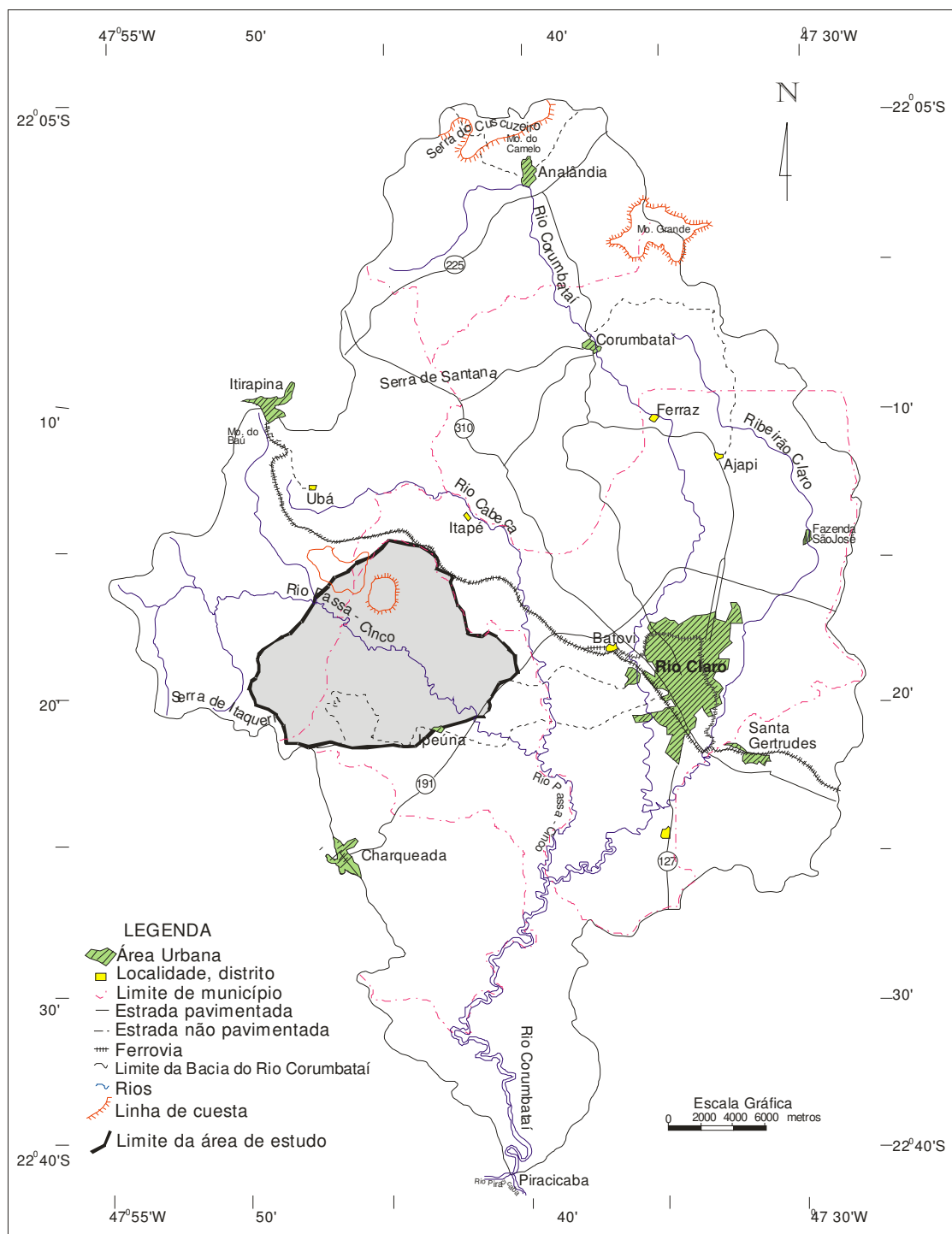


Figura 1: Localização da área de estudo (Zaine et al, 1996).

2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo o mapeamento geológico-geotécnico, e a classificação quanto a suscetibilidade a processos de erosão linear, fluvial e assoreamento em um trecho da bacia do rio Passa Cinco, na região do município de Ipeúna-SP, com área de aproximadamente 129 Km².

3. BASE TEÓRICA

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo que pode ser causado pela água ou pelo vento (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990) ou desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo ou organismos (IPT, 1986).

Levando-se em consideração como principal agente a água, principalmente de origem pluvial, o processo de erosão se desenvolve inicialmente pelo desprendimento das partículas do solo onde se dá o seu impacto e posterior transporte das partículas removidas, onde a água imprime maior energia, em forma de turbulência, à superfície (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

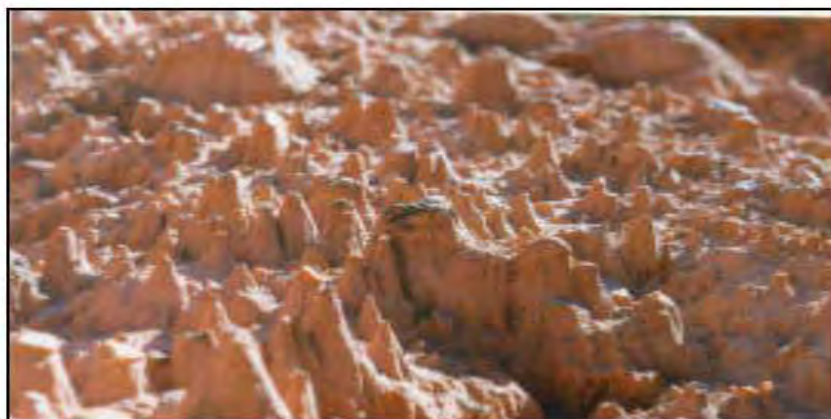


Figura 2: Desprendimento de partículas do solo por impacto de águas pluviais. (Fonte: ALMEIDA & JUNIOR, 2001)

A grande quantidade de sedimentos que é remobilizada nesses processos traz danos como a redução da profundidade da calha do rio (assoreamento), degradação do solo, enchentes e inundações, interfere na qualidade da água, além promoverem escorregamento, corridas de massa e quedas de blocos.

Algumas das consequências da aceleração dos processos erosivos são: o comprometimento de áreas agricultáveis, assoreamento de rios, lagos, represas e barragens e o comprometimento da infra-estrutura em áreas urbanas.

3.1. Erosão linear

Dentre as diferentes formas de erosão hídrica linear (RIDENTE JR, 2000), podemos citar as feições erosivas de pequeno porte (sulcos e calhas), ravinas, boçorocas e solapamento

de margens fluviais. Esses eventos foram escolhidos devido à magnitude de seus impactos e ocorrência no local estudado. São eventos causadas pelo escoamento superficial concentrado, onde são geradas feições como:

3.1.1. Sulcos

Apresentam em geral profundidade e largura inferiores a 50 cm, onde suas bordas possuem uma pequena ruptura na superfície do terreno.



Figura 3: Esquema representativo de sulcos. (Fonte: RIDENTE JR., 2000)

3.1.2. Ravinas

Se apresenta mais profunda que o sulco, podendo chegar a ter vários metros de largura e profundidade, mas não atinge o nível do lençol freático.

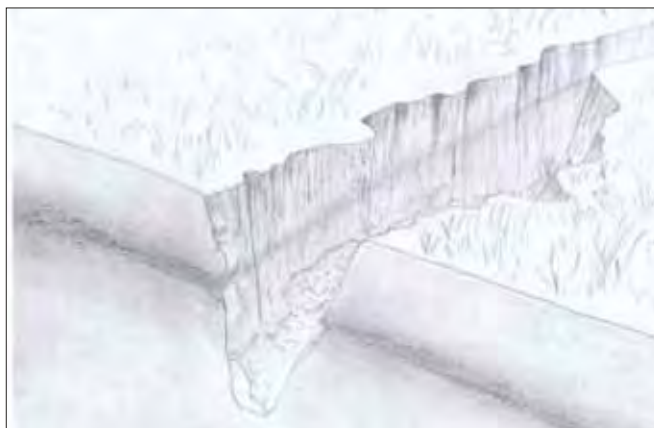


Figura 4: Esquema representativo de ravina. (Fonte: RIDENTE JR., 2000)

3.1.3. Voçoroca ou Boçoroca

São formadas a partir do aprofundamento das ravinas e interceptação do lençol freático (RIDENTEE JR., 2000). Neste estágio evolutivo da erosão vários processos atuam além do escoamento superficial, como escorregamentos laterais, *piping* (erosão interna que provoca a remoção de partículas do interior do solo, com a geração de “tubos” que provocam colapsos e escorregamentos laterais no terreno) e liquefação da areia, devidos à ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais;

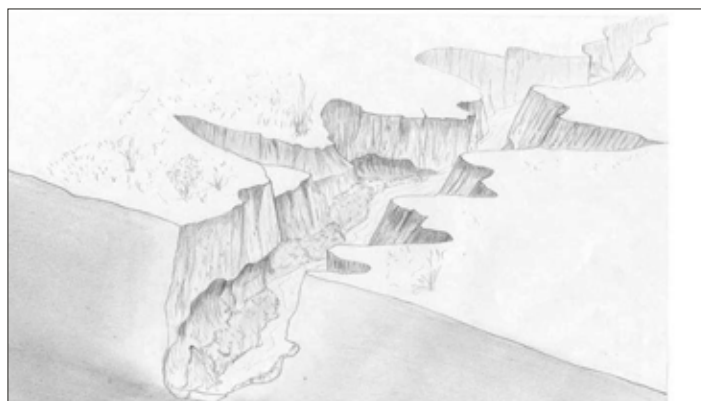


Figura 5: Esquema representativo de voçoroca. (Fonte: RIDENTE JR, 2000)

3.2. Erosão fluvial

A erosão fluvial está ligada à dinâmica das águas nos leitos dos rios , em suas margens ou nas cabeceiras (SILVA et al, 2007). Quando o processo ocorre no leito do corpo d'água é chamada de erosão vertical, e quando ocorre nas laterais é chamado de erosão marginal. Neste processo ocorre a desagregação do material das margens e leitos, incorporando-os à carga do rio.

Os fatores condicionantes da erosão marginal nos rios são diversos, estando entre eles a granulometria dos sedimentos, a geometria e estrutura das margens, as propriedades mecânicas do material, características hidrodinâmicas do fluxo nas proximidades das margens e condições climáticas regionais (Thorney e Tovey, 1981 *op cit.* SILVA et al, 2007).



Figura 6: Esquema representativo de solapamento de margem fluvial e assoreamento.

(Fonte: RIDENTE JR., 2000)

3.3. Assoreamento

Como consequência da erosão e transporte dos sedimentos ocorre o processo de assoreamento. O depósito deste material se dá quando não há mais energia para seu transporte (GUERRA, 1995). A forma que esse depósito irá obter está relacionada com a anatomia do corpo fluvial em que ele se instala. Sendo assim, em um canal retilíneo os bancos se formarão alternadamente de um lado e outro do corpo d'água. Em canais meandrantess, as barras de meandro constituem bancos de sedimento geralmente grosseiros do lado interno do canal (ABDON, 2004). A formação de barras de meandro, barras de canais e ilhas aluviais resultam dos processos de acreção lateral da carga do leito do corpo d'água. As formações de diques marginais e bacias de inundação resultam na acreção vertical, onde os sedimentos têm

origem na carga suspensas durante as cheias, quando as águas transbordam as margens do corpo d'água.

3.4. Fatores condicionantes dos processos erosivos e de assoreamento

Como principais fatores condicionantes dos processos erosivos podemos destacar (BERLINAZZI JR, et al, 1981) :

3.4.1. Clima:

Seu destaque se dá pelo regime pluviométrico, cujas águas irão proporcionar a desagregação das partículas do solo, podendo causar grandes fluxos de água e sedimentos (como as enxurradas, por exemplo). Quando há ocorrência de chuvas torrenciais, o impacto das gotas de água constituem uma forma mais agressiva de interferência no meio.

3.4.2. Solo (substrato)

Sua espessura, estrutura, textura, permeabilidade, densidade e características químicas, mineralógicas e biológicas constituem as principais propriedades que conferem ao solo uma maior ou menor resistência aos processos erosivos, estando diretamente relacionadas às características do substrato geológico

3.4.3. Relevo

Características como amplitude local, declividade, forma e extensão dos topos, formas de encosta e vales apresentam relação intrínseca com a velocidade de escoamento das águas superficiais e a permeabilidade do meio.

3.4.4. Cobertura Vegetal

Responsável pela proteção do solo, pois impede o impacto direto das gotas de chuva que pode desencadear um processo erosivo. Também diminui a energia de escoamento das águas pluviais e aumenta a permeabilidade do solo por meio da ação das raízes.

3.4.5. *Ação Antrópica*

A forma com que se faz o uso do solo tem grande influência para o desenvolvimento de processos erosivos. Com o acelerado processo de urbanização, atividades de mineração, desmatamento e outras interferências antrópicas, os processos erosivos intrínsecos ao meio físico podem ser acelerados, ou como frequentemente se observa, têm sua intensidade aumentada (ALMEIDA & JUNIOR, 2001).

4. MATERIAIS, MÉTODOS e ETAPAS DO TRABALHO

4.1. Materiais

Para a obtenção de informações do meio físico da área alvo do estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Cartas Topográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), folhas Itirapina SF-23-M-I-3 e Rio Claro SF-23-M-I-4 de escala 1:50.000;
- Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 (IPT, 1981);
- Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (IPT, 1981),
- Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, Quadricula de São Carlos, (Boletim técnico do Instituto Agrônomo-Campinas);
- Fotos aéreas (escala 1:60.000) do ano de 1965 obtidas pela USAF
- Imagens de satélite obtidas pelo site <http://spotmaps.spotimages.fr> e <http://earth.google.com.br>.

Com o mapa das UBCs elaborado e a descrição das unidades, foram identificados os fatores de análise quanto a erosão linear, erosão fluvial e assoreamento.

4.2. Etapas e Métodos do trabalho

O estudo foi dividido em quatro etapas, desenvolvidas segundo metodologia apresentada a seguir, e sintetizadas no Quadro 1.

1º etapa: Levatamento bibliográfico e fotointerpretação

Para tal foi realizado uma análise dos estudos existentes da área com os mapas de escala regional e de semi-detalle assim como a leitura de trabalhos anteriormente realizados nos contextos geológico, geomorfológico, pedológico e de perfis de alteração da região. A partir dos dados obtidos foi preparada a base topográfica na escala de 1:50.000.

Na interpretação da disposição das Unidades no relevo da área foi utilizada como base a descrição feita em PASTORE & FONTES, 1998, que destaca os solos coluvionares, residual e aluvionais encontrados no relevo da região (Figura 7)

Quadro 1: Quadro síntese das etapas e produtos obtidos.

Etapa	Método e Produto		
1º ETAPA Levantamento bibliográfico e fotointerpretação	Análise dos estudos existentes	Mapas geológico, geomorfológico e pedológico ; Descrição dos perfis de alteração;	Detalhamento do método a ser aplicado; Síntese da área de estudo (bacia do rio Passa Cinco)
	Preparação da Base topográfica e fotos aéreas	Digitalização e vetorização da Base 1:50.000; Organização e preparação das fotos aéreas 1:60.000; Geração de mapas orientativos;	Base Topográfica 1:50.000 Mapa 3D Mapa de declividade preliminar
	Fotointerpretação e elaboração do mapa preliminar	Definição de Províncias e Compartimentos regionais do relevo(Escala Regional) e unidades de relevo em maior detalhe com registro e descrição de elementos e feições observadas.	Overlays das fotos aéreas interpretados Mapa de compartimentação de relevo Tabela com as características fotogeológicas das UBC's
2º ETAPA Campo	Planejamento de campo	Definição dos principais elementos que devem ser analisados e registrados no levantamento de campo	Fichas de campo
	Levantamento de campo	Descrição das características geológicas, geomorfológicas e dos perfis de alteração associados às UBC's; Verificação e registro dos principais pontos de ocorrência de eventos e processos erosivos e de assoreamento; Registro fotográfico;	Descrição e localização dos pontos levantados; Documentação fotográfica;
3º ETAPA Definição das Unidades e geração do mapa geológico-geotécnico	Definição das UBC's	Associação das informações prévias e de campo com as UBC's	Tabela síntese das UBC's
	Elaboração do Mapa geológico-geotécnico 1:50.000	Digitalização final integrando as informações e mapas preliminares e tabela-síntese com as características geológicas, geomorfológicas e de perfis de alteração;	
4º ETAPA Avaliação de Suscetibilidade	Avaliação de suscetibilidade a erosão linear, fluvial e assoreamento.		
5º ETAPA Relatório final	Elaboração do Relatório final		

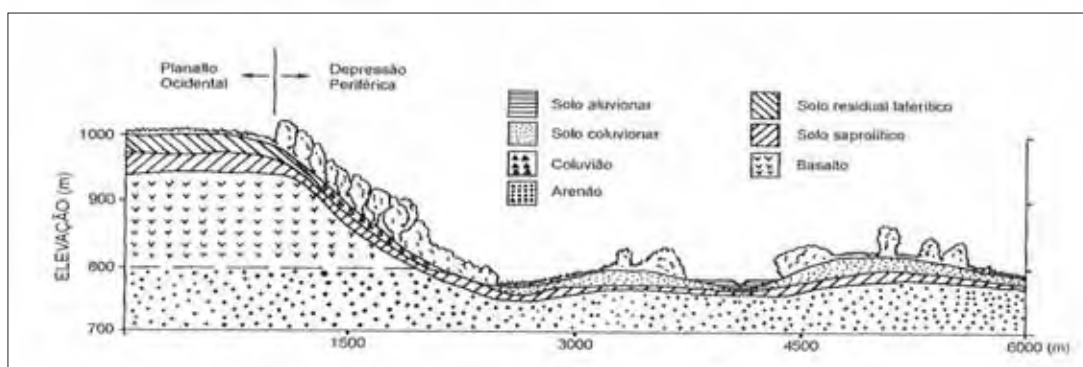


Figura 7: Seção esquemática com diversos tipos de solo e litologias presentes na região com escarpa de serra no interior paulista (Fonte: PASTORE & FONTES, 1998)

Os tipos de solos quanto a sua gênese foram analisados segundo PASTORE & FONTES, 1998, que os diferencia como solos residuais ou *in situ*, e solos transportados. Dentre os transportados, são encontrados os aluviões, terraços fluviais, coluviões, tálus, sedimentos marinhos e solos eólicos (Figura 8)

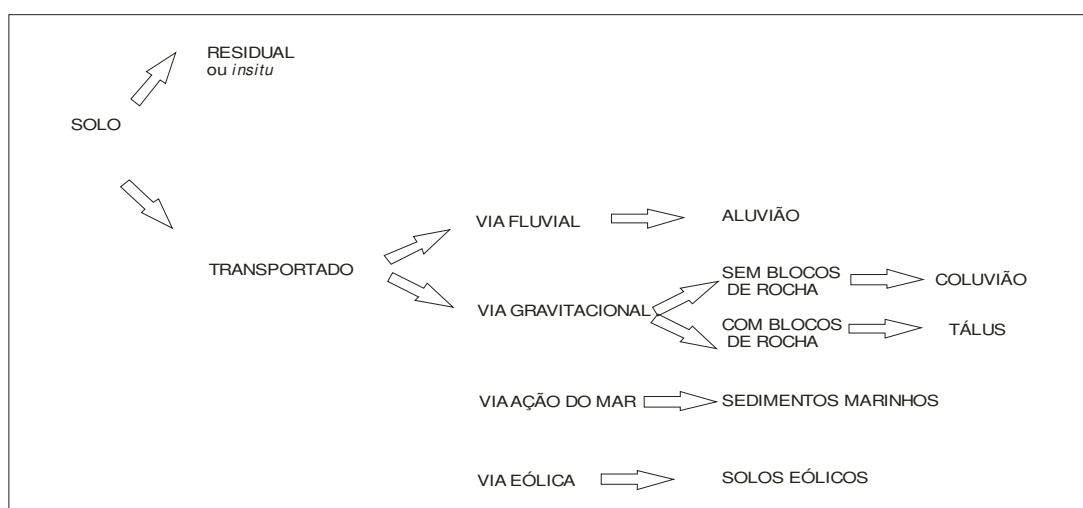


Figura 8: Fluxograma de classificação genética dos solos.

Quanto à classificação dos perfis de alteração, estes são diferenciados em horizonte de solo orgânico, laterítico, solo saprolítico, saprolito, e de rocha muito alterada, de rocha alterada e de rocha sã. Para a área foram utilizados modelos de perfis de alteração como os apresentados a seguir (Figura 9)_

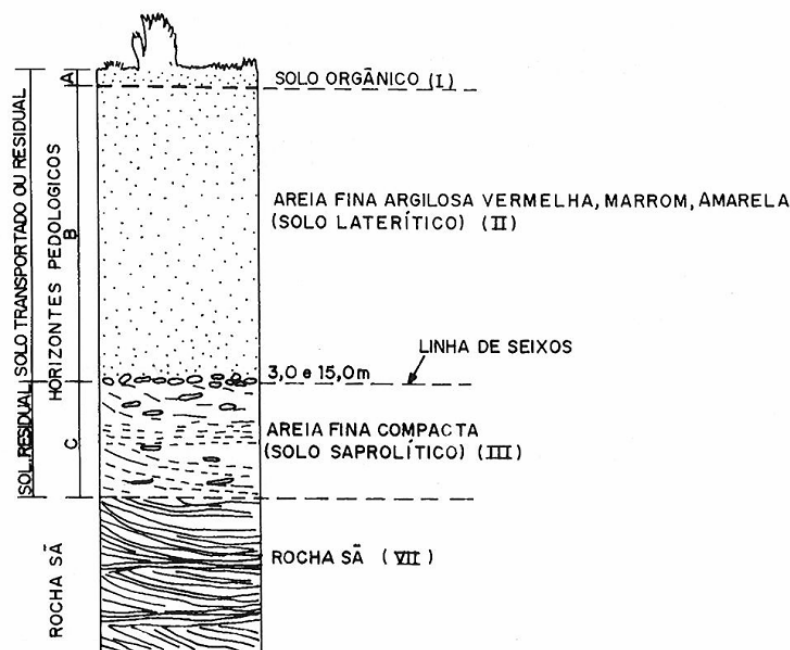


Figura 9: Perfil de alteração de rocha arenítica em relevo suave

(Fonte: PASTORE & FONTES, 1998)

Foram selecionadas as fotos aéreas, definidos os critérios fotogeológicos e feita a interpretação por sensoriamento remoto, com a definição das unidades de relevo, UBCs iniciais. O método utilizado para a interpretação consiste numa abordagem integrada (*Land systems*) destas características do meio físico e ocupação da área com o uso de sensoriamento remoto (VEDOVELLO, 1998), onde é utilizada como referencial para o estudo a análise dos padrões fisiográficos da área observadas em fotos aéreas e de satélite (sensoriamento remoto).

A compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das áreas adjacentes (VEDOVELLO, 1998). A metodologia utilizada para a compartimentação do terreno, baseada em produtos de sensoriamento remoto, permite a definição de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), que estão relacionadas a fisiografia do terreno.

Como princípio para a compartimentação do terreno em UBCs, foi feita a interpretação sistemática de produtos de sensoriamento remoto (no caso, fotos aéreas

1:60.000). A identificação de zonas homogêneas em imagens fotográficas foi realizada a partir das diferenças de homogeneidade, tropia e assimetria dos elementos texturais e estruturais observados nas imagens.

A homogeneidade diz respeito a propriedades texturais constantes (homogêneas) ou não (heterogêneas); a tropia quanto à existência ou não de feições estruturais orientadas (anisotropia ou isotropia, respectivamente). Quanto aos elementos texturais são observadas feições distinguíveis e repetidas na imagem analisada, como um arranjo, o que confere uma determinada “textura” o terreno. A estrutura é considerada com a organização espacial ordenada dos elementos texturais; sendo assim, aspectos como alinhamentos, por exemplo, constitui uma estrutura do relevo analisado.

Na análise de densidade textural (SOARES E FIORI, 1976) são adotados critérios de análise como densidade da rede de drenagem e dos elementos de relevo, proporcionando a análise da permeabilidade do terreno (relação entre escoamento superficial e infiltração). As informações interpretadas por esta análise são as características dos materiais (argiloso-arenoso) e espessura do solo.

Na análise das formas e características do relevo, são usados critérios como amplitude local, declividade, forma da encosta, topos (forma e extensão), forma dos vales e algumas feições particulares de relevo, proporcionando a análise quanto à resistência à erosão (Quadro 2).

Quadro 2: Critérios utilizados na classificação das formas e características do relevo.(baseado em SOARES & FIORI, 1976)

Amplitude local	Declividade	Densidade da rede de drenagem	Extensão dos topos	Forma dos topos	Forma das encostas	Forma dos vales
Pequena (0-100m)	Baixa (0-15%)	baixa	Extensos	Aplainados	Convexo	Abertos
Média (100-300m)	Média (15-30%)	média	Restritos	Arredondados	Retilíneo	Fechados
Alta (maior300m)	Alta (maior30%)	alta		Angulosos	Côncavo	

Na análise das estruturas geológicas, são observadas linhas de ruptura de declive, lineações e alinhamentos de relevo e drenagem (tropia e ruptibilidade), assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas), para a obtenção de padrões conhecidos e anomalias, resultando na análise dos planos de descontinuidades da área.

A partir desta análise do terreno, foram traçados limites entre as unidades observadas, gerando uma compartimentação inicial da área. Esta unidades geradas refletem as UBCs (Quadro 3).

Quadro 3: Tabela síntese dos critérios adotados na compartimentação do relevo e suas propriedades analisadas. (baseado em SOARES & FIORI, 1976)

Análise	Crítérios de análise	Propriedade analisada
da densidade textural	-Densidade da rede de drenagem -Densidade dos elementos de relevo	<u>Permeabilidade</u>
das formas e características do relevo	-Amplitude local -Declividade -Forma da encosta -Forma do vale -Topos(forma e extensão)	<u>Resistência à erosão</u>
das estruturas geológicas	-Linhas de ruptura de declive -Lineações e alinhamentos de relevo e drenagem -Assimetria de relevo e drenagem -Padrões reconhecidos -Anomalias	<u>Planos de descontinuidades</u>

Para a obtenção de valores de declividade de cada Unidade, foram processados valores a partir da digitalização do mapa topográfico utilizado. Foi gerado no programa ArcGIS 9.3 um gráfico com intervalos de valores de declividade, de onde foram extraídos os valores atribuídos a cada unidade na Tabela-síntese que acompanha o APÊNDICE 1. Para observar a distribuição dos valores de declividade de toda a área foi gerado o mapa de declividade (APÊNDICE2), em intervalos de 25%.

2º Etapa: Campo

Para esta fase foi realizado um planejamento de campo e a preparação das fichas para a descrição dos pontos que foram levantados com destaque para as principais características a serem observadas (APÊNDICE 3)

Os procedimentos adotados para o cadastro das feições erosivas e de assoreamento observadas foram: cadastro nas fichas de campo com número do ponto, sua localização na área, geologia, perfil de alteração do solo, uso e ocupação do mesmo, relevo e descrição detalhada das feições observadas. Em cada ponto visitado, assim como a partir de pontos de visada foi realizado o registro fotográfico.

3º Etapa: Definição das Unidades e geração do mapa geológico-geotécnico

A partir das características obtidas através do levantamento bibliográfico, sensoriamento remoto e levantamento de campo foram definidas as Unidades que podem ser observadas no mapa geológico-geotécnico de escala 1:50.000 gerado no programa ArcGis 9.3 e finalizações gráficas com o programa CorelDRAW X3.

As UBCs são, então, relacionadas aos mapas geológico, geomorfológico, pedológico e ao levantamento de perfis de alteração típicos da área, resultando numa compartimentação mais detalhada, considerando diferenças internas nos compartimentos analisados previamente por sensoriamento re

4º Etapa: Avaliação de suscetibilidade a erosão linear, fluvial e assoreamento.

Nesta etapa foram analisadas as características e eventos observados em cada UBC e estabelecidos parâmetros que resultaram na classificação quanto a suscetibilidade aos processos alvos do estudo.

Para a análise quanto a suscetibilidade a processos de erosão linear, fluvial e assoreamento foram considerados parâmetros como declividade, geologia, perfil de alteração, pedologia, ocorrência e forma dos eventos observados, gerando uma tabela de classificação aos processos (Quadro 4)

Quadro 4: Processos, classes de suscetibilidade e eventos associados

Processo	Classes de Suscetibilidade	Evento observados
Erosão Linear	Alta	Sulcos, ravinas e voçorocas
	Média	Sulcos e ravinas
	Baixa	Ausente
Erosão Fluvial	Alta	Solapamento de margem fluvial
	Baixa	Ausente
Assoreamento	Alta	Bancos de assoreamento
	Baixa	Ausente

Para compilação das principais características de cada unidade, como geologia, relevo, perfil de alteração e suscetibilidade aos eventos erosivos lineares, fluviais e de assoreamento, foi gerada uma tabela-síntese que está inserida no mapa geológico-geotécnico (APÊNDICE 1)

5º Etapa: Elaboração do Relatório Final

Foram compilados métodos, características levantadas na bibliografia, trabalho de campo e interpretação dos dados obtidos para a elaboração do relatório final.

5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA

5.1. Geologia

A área, com aproximadamente 129 km², está inserida na Bacia do Paraná, uma unidade de grande extensão que atinge países como a Argentina, Paraguai e Uruguai, presente em mais de 60% no território brasileiro. No estado de São Paulo, encontra-se a parte nordeste da bacia do Paraná, onde aflora parte do registro sedimentar devido a soerguimentos e erosões ocorridos desde o eo-Cretáceo.

Na área de estudo são observadas as seguintes unidades litoestratigráficas (IPT, 1981), expostos na Figura 10.

5.1.1. *Formações Paleozóicas.*

As Formações consideradas são a Fm. Corumbataí, Fm Irati e Fm Tatuí, com maior exposição da primeira citada. As litologias desta unidade representam ambiente continental lacustre misto com planície de maré, constituído por argilitos, folhelhos e siltitos cinzas na base e roxo a avermelhados no topo, com intercalações de camadas de arenito fino a muito fino na parte superior e camadas carbonáticas na base. Apresenta grande diversidade fossilífera.

5.1.2. *Grupo São Bento, Formação Pirambóia (TRIássico)*

Estas unidade formada em ambiente continental pluvial a desértico é constituída por arenitos muito finos a médios de cor ocre, amarelo a vermelho, com grãos de quartzo subarredondados e intercalações de camadas de siltito e argilito na base. Apresenta estratificações cruzadas planares, acanaladas e plano-paralelas.

5.1.3. *Grupo São Bento, Formação Botucatu (TRIássico-Jurássico)*

Pertencente ao ambiente desértico, esta unidade é representada por arenitos amarelo e vermelhos, com intercalações estratificações cruzadas acanaladas no topo e cruzadas tangenciais na base.

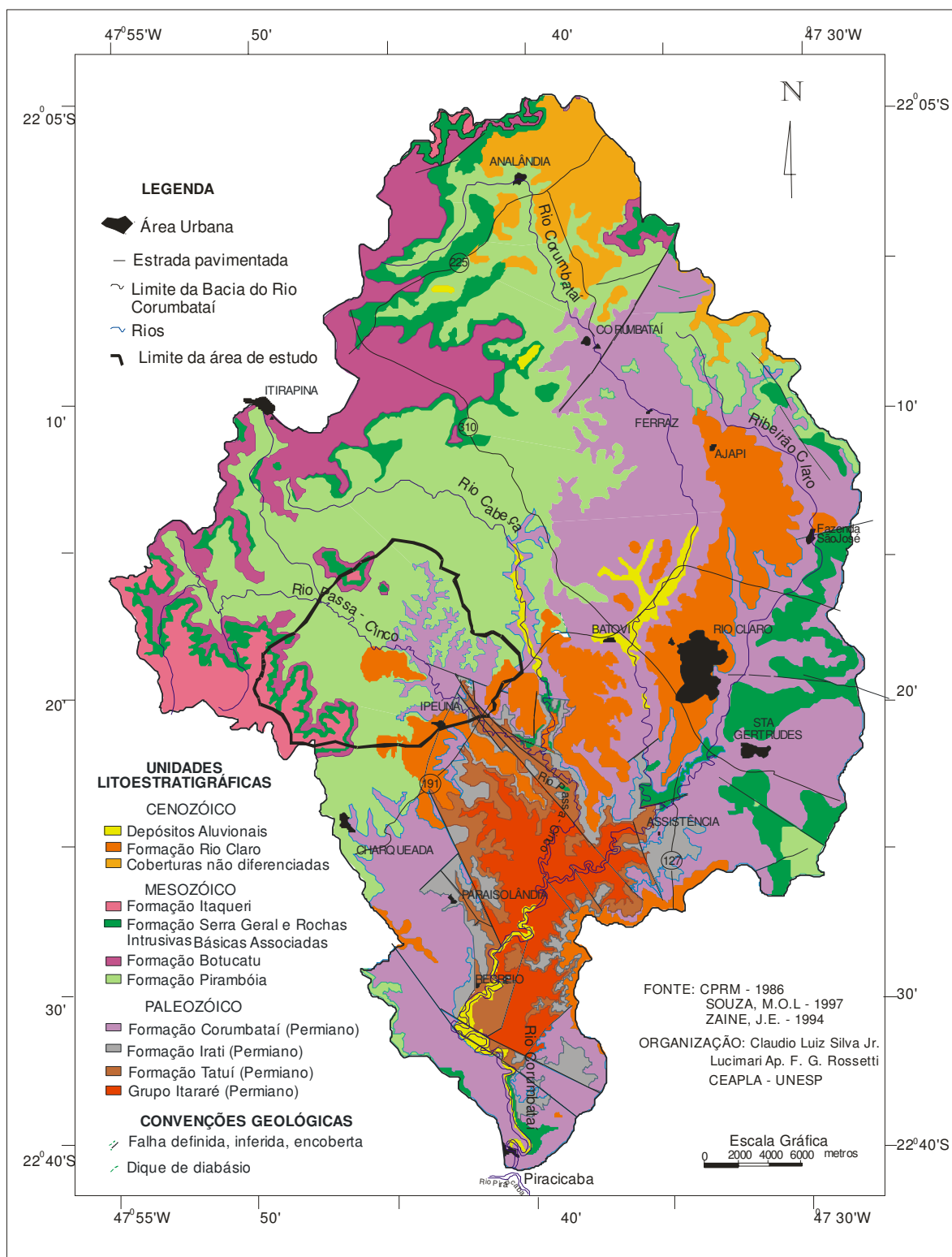


Figura 10: Mapa geológico regional, com destaque para a área de estudo.

(Zaine et al, 1996).

5.1.4. Grupo São Bento, Formação Serra Geral (Cretáceo)

Compreende um conjunto de derrames tabulares de basaltos toleíticos com lentes de arenito na base. Devido ao seu caráter intrusivo, são encontrados diques e soleiras do mesmo material em áreas adjacentes a sua ocorrência. Seu contato com a Formação Botucatu é de difícil distinção devido à interdigitalização em grande escala das unidades. Estão aflorantes no topo e reverso da cuesta basáltica e em morros testemunhos. Geralmente ocupam escarpas estruturais que propiciam os desníveis que dão suporte às serras locais (Serra de Itaqueri e de São Pedro, por exemplo).

5.1.5. Formação Itaqueri (Cretáceo)

Composta por arenitos de granulação variável, folhelhos, conglomerados formados principalmente por seixos de quartzo e quartzito, com cimento argiloso, ocorre em manchas irregulares nas costas mais elevadas das serras. Em seu contato com as intrusivas da Formação Serra Geral ocorrem frequentemente nascentes d'água.

5.1.6. Formação Rio Claro (Terciário-Quaternário)

Corresponde a depósitos formados em ambiente continental como planície aluvial e lacustre. É formada por arenitos arcossianos mal consolidados e mal selecionados, arenitos conglomeráticos e argilitos vermelhos, com estratificação cruzada. Estruturas de corte e preenchimento são características desta unidade.

5.2. Relevo

A geomorfologia do Estado de São Paulo está dividida em cinco grandes províncias (IPT, 1981): Planalto Ocidental, Cuestas Basálticas, Depressão Periférica, Planalto Atlântico e Província Costeira. A área a ser mapeada está localizada na Depressão Periférica (Zona do Médio Tietê) se estendendo pela região de Cuestas Basálticas até o topo da Serra de Itaqueri (Figura 11).

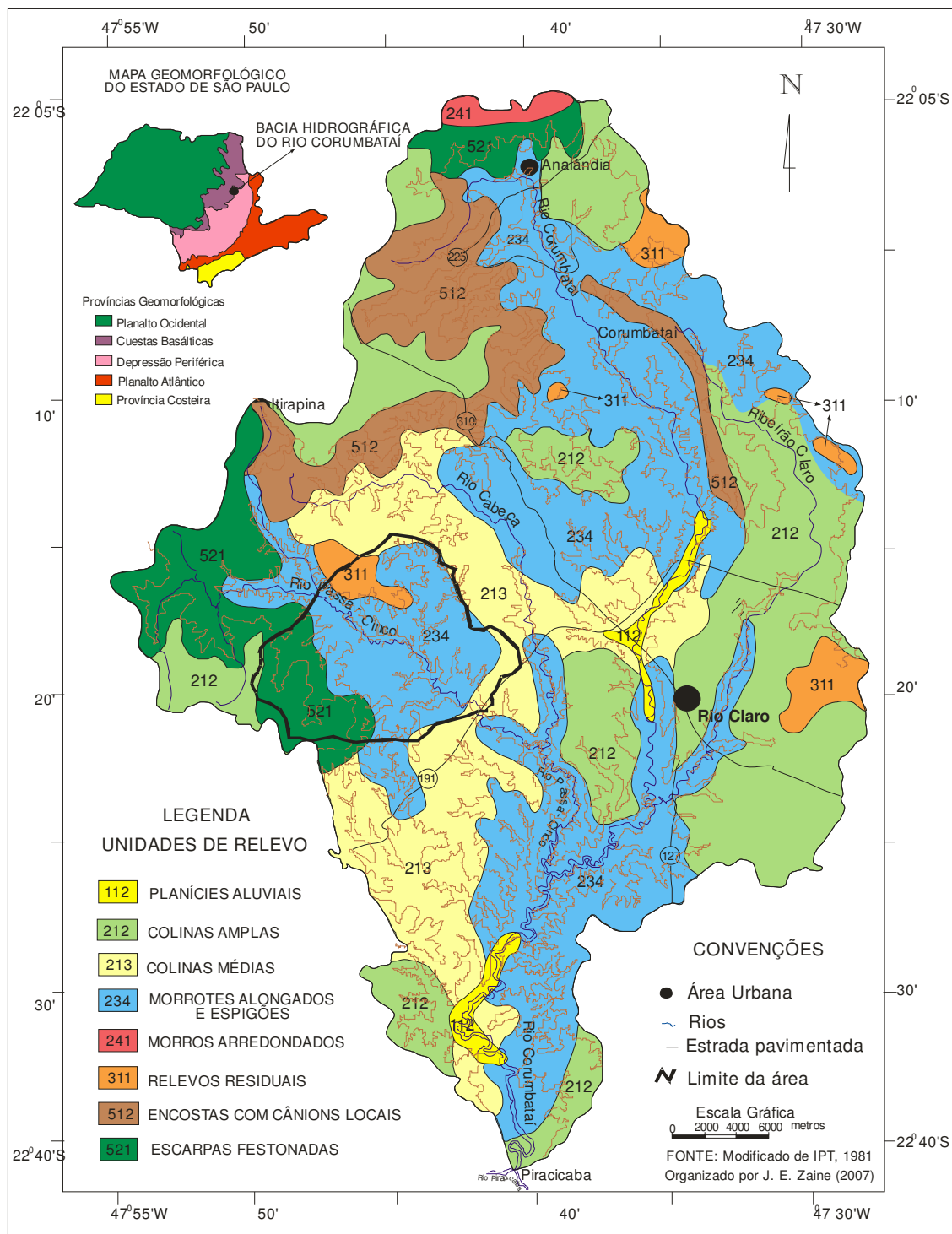


Figura 11: Mapa geomorfológico regional, com destaque para a área de estudo.
(Zaine et al, 1996)

O relevo encontrado na área da Zona do Médio Tietê é predominantemente colinoso e de morrotes, onde os interflúvios se apresentam com topo plano e se prolongam numa superfície contínua e de suave inclinação desde a região de escarpa até o Vale do Rio Piracicaba (CAMPANHA et al, 1992). Na área de estudo predominam colinas amplas, médias e morrotes alongados com espigões. A região de menores altitudes (cotas entre 600 e 700 metros) é constituída por morrotes e espigões predominantemente, com pequenas porções de colinas médias (IPT, 1981).

Na região mais próxima ao relevo de escarpas encontram-se relevos residuais (Morro do Bizigueli e Morro da Guarita), de grande destaque pela sua elevação topográfica em meio às colinas e morrotes. Estes são considerados Morros Testemunhos de efusivas básicas, formando as Mesas Basálticas, como o Morro do Bizigueli, com maiores extensões que o Morro da Guarita.

O relevo da Província das Cuestas Basálticas na área é de escarpas festonadas, com altitudes que variam entre 700 e 950 metros, que se estende desde o reservatório de Barra Bonita até a Serra de Itaqueri (CAMPANHA et al, 1992), são sustentados por basaltos recobertos pelo Grupo Bauru. O relevo deste se apresenta com colinas médias nas regiões de maiores cotas na área (superiores a 950 metros).

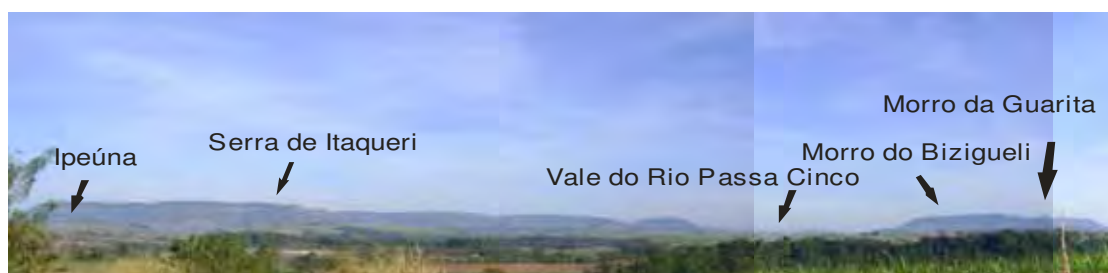


Figura 12: Mosaico da morfologia da área, com destaque para as principais referências topográficas e a cidade de Ipeúna..

5.3. Pedologia

Os solos predominantes na área de estudo são os latossolos, as areias quartzosas, os podzóis, isoladamente ou em associações, seguidos dos litólicos (Figura 13).

Os latossolos podem ser vermelho-escuro, vermelho ou vermelho-amarelo. Os vermelhos e vermelho-amarelos estão presentes em áreas de declividade intermediária e baixa, geralmente em área de colinas amplas e morrotes e espigões como no alto da Serra de Itaqueri e arredores da cidade de Ipeúna. Os vermelho-escuros estão restritos a uma pequena porção a sul da área, no topo da Serra mais próxima à cidade de Ipeúna.

As areias quartzosas estão presentes nas adjacências da linha de cuesta a sudoeste da área e topos da Formação Pirambóia. Geralmente formam solos profundos com horizonte A pouco desenvolvido.

Os solos podzólicos vermelho-amarelo e vermelho em associação são encontrados em toda a porção nordeste da área. Apresentam a fração areia dominante.

Os litólicos geralmente estão associados a solos podzólicos, caracterizando-se pela pouca espessura de solo (<40cm), geralmente associados a relevos muito acidentados.

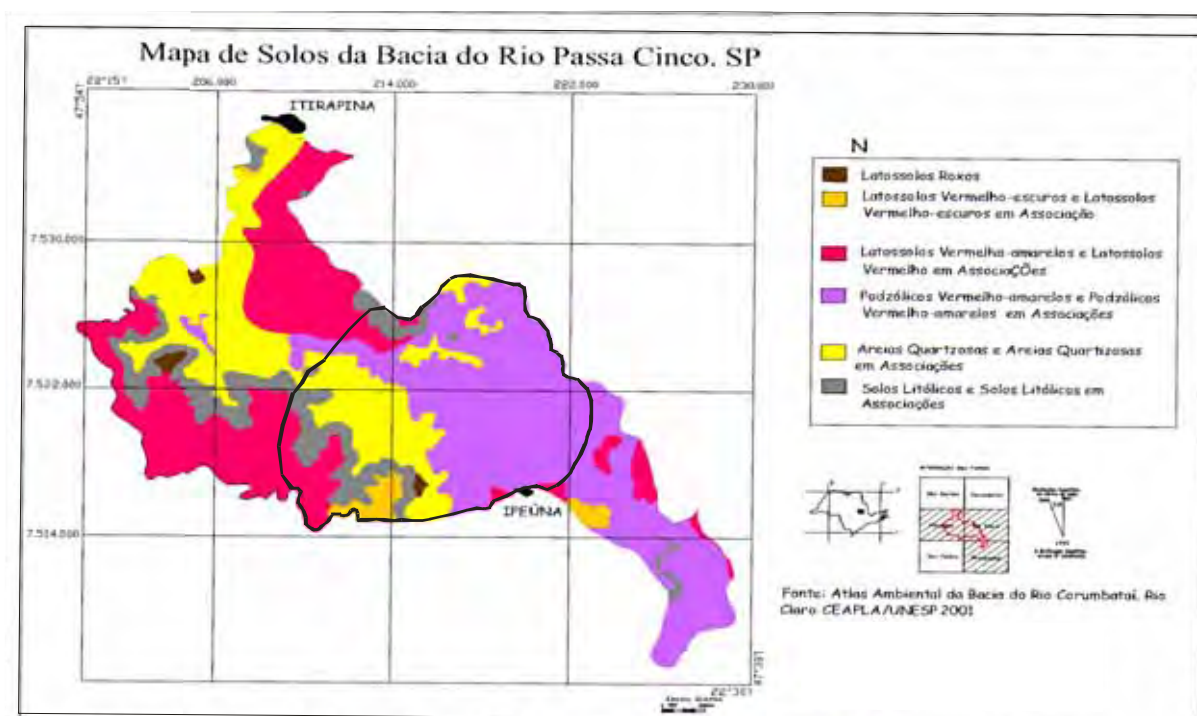


Figura 13: Mapa de solos da Bacia do Rio Passa Cinco, com destaque para a área de estudo.

(CORVALÁN, 2005)

5.4. Clima

O clima, segundo Köppen (1940), é temperado úmido com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (C**W**b) nos altos das serras e superior a 22°C (C**W**a) nas cotas mais baixas. A distribuição das chuvas ocorre numa sucessão de período chuvoso, que se estende de outubro a março, e outro seco, de abril a setembro. A passagem de um período para o outro se dá abruptamente. Segundo OLIVEIRA, 1981, a região da serra de Itaqueri atinge uma média anual de 18°C enquanto nas regiões de menores cotas atinge média de aproximadamente 19,5°C.

6. PRODUTOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

Como produtos obtidos têm-se a descrição das Unidades obtidas na compartimentação e sua associação com os processos de erosão linear, fluvial e assoreamento, apresentados a seguir.

6.1 Descrição das Unidades

Este item apresenta a descrição das 10 Unidades geológico-geotécnicas, descritas na seqüência de ocorrência com distinção entre o relevo da Depressão Periférica e Relevo de Escarpa, e suas respectivas suscetibilidades aos processos de erosão linear, erosão fluvial e assoreamento.

6.1.1. Unidades na Depressão Periférica

6.1.1.1. Unidade 1 – Planície Fluvial Rio Passa Cinco

Esta unidade se apresenta mapeada em escala 1:50.000 como duas faixas estreitas alongadas segundo direção do rio que nela se encontra. No contexto geomorfológico local está inserida na planície fluvial mais desenvolvida na área.

É formada por depósitos recentes, constituídos por areia grossa e cascalho, em matriz areno-argilosa, com a presença de blocos e matacões de composição arenítica ou basáltica de diversas formas.

Esta unidade é encontrada entre as cotas 580 e 540 metros, e apresenta declividade de 0 a 5%, com poucas porções chegando a 10% nas áreas marginais da mesma. Uma representação esquemática da unidade encontra-se na Figura 14.

A sua suscetibilidade a processos erosivos lineares é baixa. Para erosão fluvial e assoreamento é alta, sendo que para esses processos, esta Unidade é a que mais se destaca (Figuras 15 e 16). Devido a escala de mapeamento utilizada, somente o rio Passa Cinco apresenta esses processos, porém estes são observados em outros corpos d'água da área, como o Córrego Cantagalo, da Lapa, Monjolo Grande e Ribeirão João Pinto. Pontos em que esses processos foram observados são informados no mapa geológico-geotécnico com legenda apropriada.

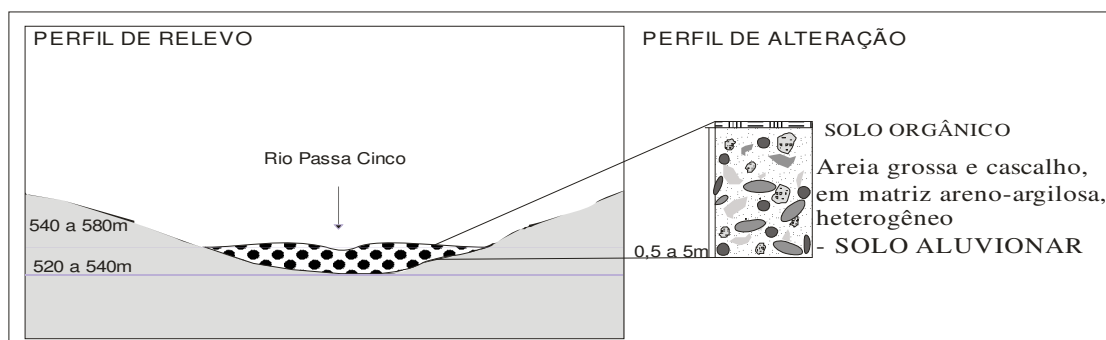


Figura 14: Representação da Unidade 1 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.



Figura 15: Assoreamento no Rio Passa Cinco (Foto: Spot Image)



Figura 16: Assoreamento e solapamento de margem fluvial no Rio Passa Cinco.

6.1.1.2. Unidade 3 – Depósitos coluvionares Cenozóicos

Esta unidade está distribuída em formas de manchas nas regiões de morrotes alongados, espigões e colinas médias e sua representação esquemática está ilustrada na Figura 17.

O substrato geológico é formado pela Fm Rio Claro e unidades correlatas, de mesma idade e ambiente deposicional, constituído por arenitos arcossianos, conglomeráticos e folhelhos, com a presença linhas de seixos e lateritas. Sua alteração gerou latossolos vermelho-amarelos, com a espessura de até 15 metros.

As cotas mínimas e máximas de sua ocorrência na área de estudo são 640 e 690 metros, respectivamente. A declividade predominante está entre 0 e 10%, podendo atingir valores de até 30% nas bordas de cada delimitação da Unidade.

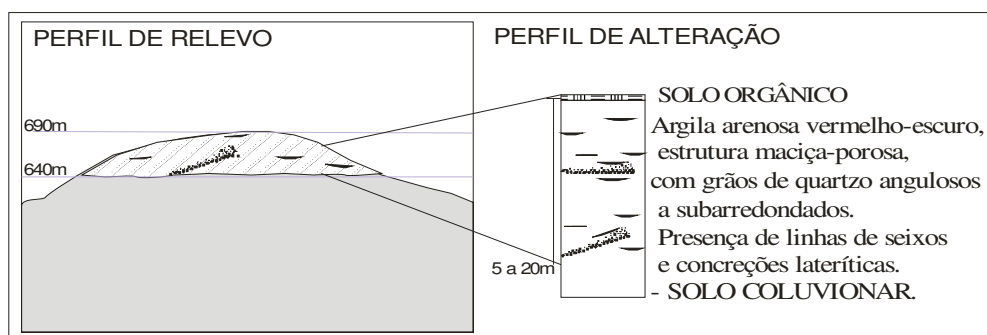


Figura 17: Representação da Unidade 2 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Os eventos de erosão linear observados na unidade são sulcos que podem chegar a evoluir para ravinas, principalmente nas beiras de estrada não asfaltada, causada pelo acúmulo de água pluviais em área sem ou com pouca cobertura vegetal (Figuras 18^a, 18b, 18c e 18d).

Sua suscetibilidade a eventos erosivos lineares é média, e quanto a processos fluviais e de assoreamento é baixa.



Figura 18a



Figura 18b



Figura 18c



Figura 18d

Figuras 18 a,b,c,d: Ravinas presentes na Unidade 3.

6.1.1.3. Unidade 6 - Diabásio em morrotes alongados

Esta Unidade se distribui em três pequenas áreas a S da área, em corpos alongados sentido NE, formados por diabásio correlatos à Fm Serra Geral, em relevo de morrotes alongados e espigões. A representação esquemática está apresentada na Figura 19

O solo desenvolvido é latossólico vermelho, de espessura até 15 metros, com a presença de linha de seixos de 8 a 10 metros e abaixo disso, blocos de rocha em meio a matriz silto-argilosa.

A cota mínima na ocorrência desta Unidade é de 660 metros, com os topos chegando a 720 metros. A declividade é de 5 a 15%, podendo atingir 30% em áreas que bordeiam os corpos.

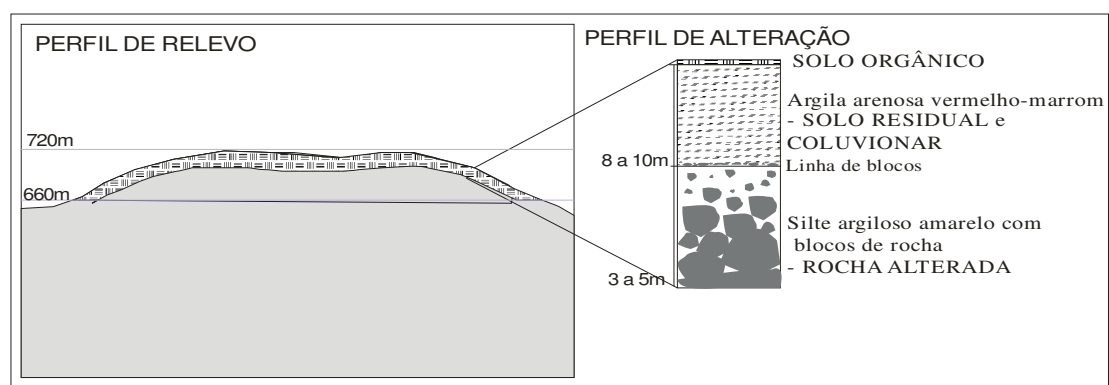


Figura 19: Representação da Unidade 6 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Foram observadas ravinas com profundidade de até 3 metros, em áreas de pastagem. Sua suscetibilidade a erosão linear é média, enquanto a processos de erosão fluvial e assoreamento é baixa (Figura 20).



Figura 20: Ravinas na Unidade 6

6.1.1.4. Unidade 8 – Pirambóia podzólico em meia encosta

Esta Unidade é a de maior extensão na área, estando presente principalmente nas áreas de colinas médias, nas áreas N da área, se estendendo a S além do Rio Passa Cinco.

Seu substrato rochoso é composto por arenitos muito finos a médios, de coloração amarelo-branco-ocre-vermelho. Seu perfil de alteração é de no máximo 6 metros, com o limite para o solo saprolítico até 1,2 metros (Figura 21)

As cotas mínima e máxima para ocorrência desta unidade são de 540 e 620 metros respectivamente. A declividade predominante é de 20 a 40% nas porções mais planas, enquanto nas áreas de encosta são encontrados valores em média de 50%.

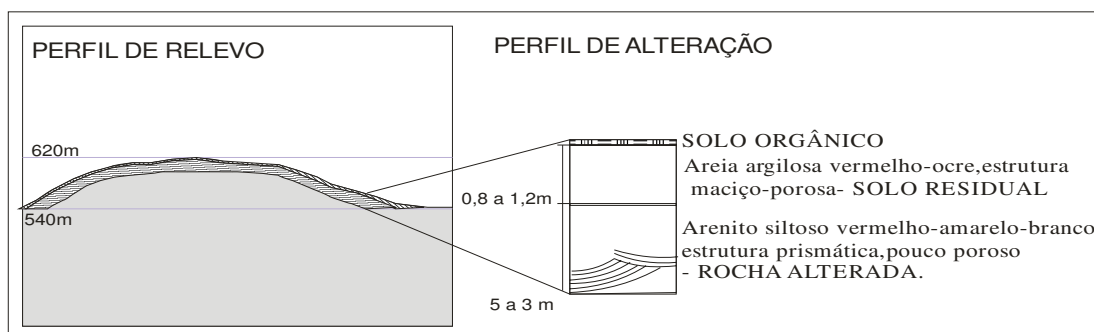


Figura 21: Representação da Unidade 8 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Foram observados eventos de ravinamento e sulcos causados principalmente por trilha de gado. Nos contatos com as Unidades 3 e 10, foram observados vários eventos erosivos lineares, principalmente sulcos e ravinas, que se desenvolvem encosta abaixo, geralmente potencializados pelas trilhas de gado (Figuras 22 a, b, c e d).

Sua suscetibilidade a eventos erosivos lineares é alta, enquanto que para erosivos fluviais e assoreamento é baixa.



Figura 22a



Figura 22b

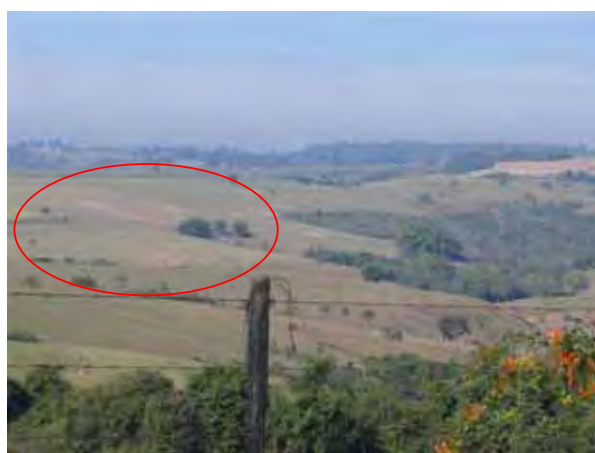


Figura 22c



Figura 22d

Figuras 22 a,b: Voçorocas presentes na Unidade 8.

Figuras 22 c, d: Sulcos em área de pastagem na Unidade 8.

6.1.1.5. Unidade 9 – Pirambóia em morrotes e espigões

Esta Unidade está localizada a S da área, em áreas de morrotes e espigões, no pé da Serra de Itaqueri. É a segunda maior Unidade em extensão da área (Figura 23).

Seu substrato geológico é composto por litologias da Fm Pirambóia, arenitos muito finos a médios, de coloração variada. O solo desenvolvido nesta área é areia quartzosas de profundidade máxima de 10 metros, com estrutura maciça.

As cotas mínima e máxima de ocorrência desta Unidade são 600 e 720 metros, respectivamente. A declividade predominante é de 5 a 15%, onde nas áreas de encosta podem chegar a 30% e nos vales 8%.

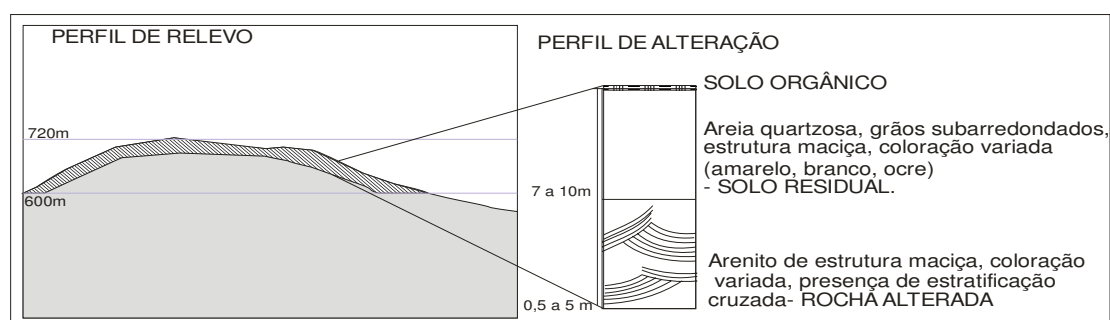


Figura 23: Representação da Unidade 9 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Foram observadas feições erosivas lineares como sulcos e ravinamento em algumas áreas da Unidade (Figura 24 a,b,c e d). Sua suscetibilidade a processos erosivos lineares é alta, enquanto que para fluviais e de assoreamento é baixa.



Figura 24a



Figura 24b



Figura 24c



Figura 24d

Figuras 24 a,b: Sulcos causados por trilhas de gado.

Figuras 24 c, d: Sulcos e voçorocas em beira de estrada na Unidade 9.

6.1.1.6. Unidade 10 - Corumbataí em colinas médias

Esta Unidade está distribuída na porção leste da área, principalmente no vale do Rio Passa Cinco e afluentes na região E. O perfil representativo desta unidade é apresentado na Figura 25.

Seu substrato geológico é composto por litologias da Fm Corumbataí, formada por siltitos, argilitos e folhelhos com intercalações areníticas finas a médias. Seu perfil de alteração é constituído por solo podzólico, de espessura máxima de 2 metros, com limite de solo saprolítico-laterítico a no máximo 1 metro de profundidade. Nas encostas foi verificada a presença de solo coluvionar, conglomerático.

A cota máxima de ocorrência desta unidade é de 610 metros de altitude. Sua declividade predominante é de 0 a 15%, podendo atingir 30% nas áreas de encosta mais íngremes.

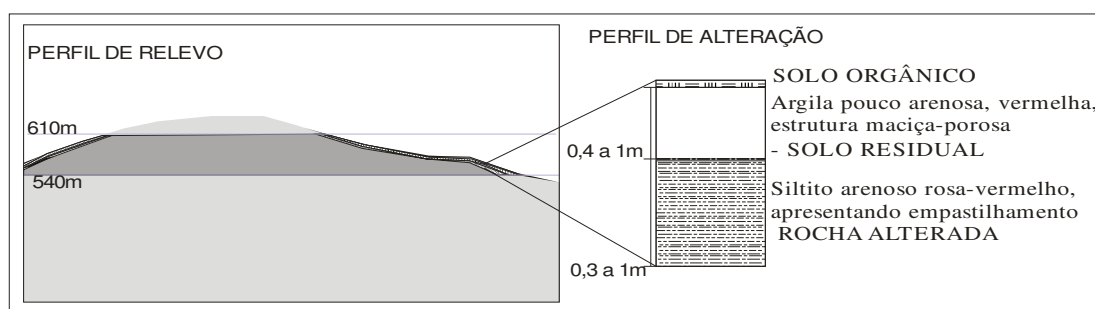


Figura 25: Representação da Unidade 10 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Foram observados eventos erosivos lineares como sulcos e ravinas em áreas de declive mais acentuado, geralmente associados ao contato de materiais mais arenosos da Unidade 3 e mais argilosos da Unidade 10 (Figuras 26 e 27).



Figura 26 – Ravinas no contato entre as unidades 3 e 10 (Imagem Google Earth)



Figura 27

Figura 27: Imagem de satélite com indicações das Unidades correspondentes e processos observados. Destaque para a ocorrência de eventos no contato entre as Unidades. (Imagem Google Earth)

Sua suscetibilidade a processos erosivos lineares é alta, enquanto que para fluviais e assoreamento é baixa. Foram observados sulcos, ravinas e voçorocas, com profundidade de até 3 metros (Figuras 28 e 29).



Figura 28



Figura 29

Figura 28 e 29: Ravina e voçoroca presentes na Unidade 10.

6.1.2. Unidades no Relevo Escarpado

6.1.2.1. Unidade 2 – Depósitos de tálus

Esta unidade ocorre nas cotas mais baixas do relevo de escarpa, constituído por materiais transportados das porções superiores a sua ocorrência (coluvionar). É composto por blocos de rochas areníticas e basálticas (Fm Botucatu e Fm Serra Geral) de diversas formas, em matriz areno-argilosa. Um perfil esquemática desta unidade é apresentado na Figura 30

As cotas variam de 700 a 820 metros e a espessura do seu perfil de alteração chega a 10 metros. Sua declividade varia de 15 a 35% nas porções mais inferiores, enquanto nas mais superiores os valores variam de 35 a 50%. A sua suscetibilidade a eventos erosivos lineares é média, apresentando sulcos e algumas ravinas, em toda sua extensão (Figura 31).

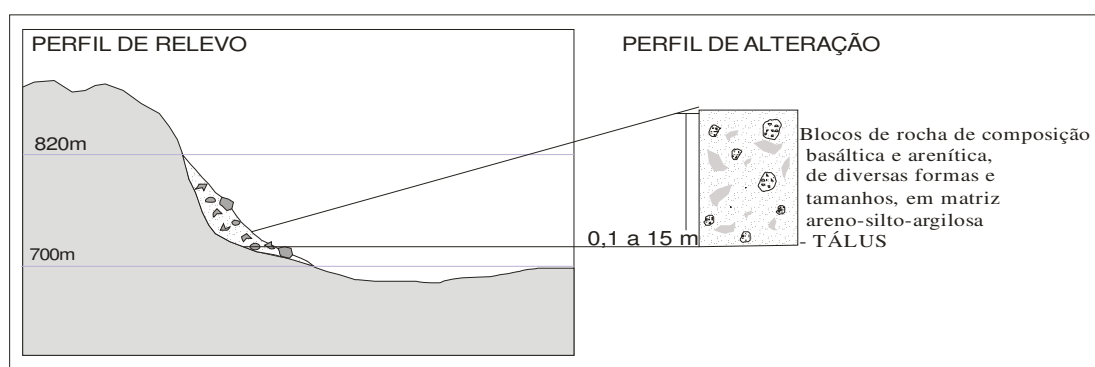


Figura 30: Representação da Unidade 2 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.



Figura 31: Sulcos na Unidade 2. Observar a presença de blocos e matacões na encosta.

6.1.2.2. Unidade 4 – Itaqueri no reverso da cuesta

Esta Unidade recobre uma pequena porção SW da área, na região do alto da Serra de Itaqueri. A representação esquemática desta unidade está apresentada na Figura 32

Seu substrato rochoso (Fm Itaqueri) é composto por arenitos, folhelhos e conglomerados com cimentação argilosa. Os solos encontrados são podzólicos amarelo-cinza, e a espessura do perfil de alteração é de até 15 metros

As cotas em que está inserida estão acima de 1.000 metros de altitude. A declividade predominante é de 5 a 15 %, com poucas áreas chegando a 30%.

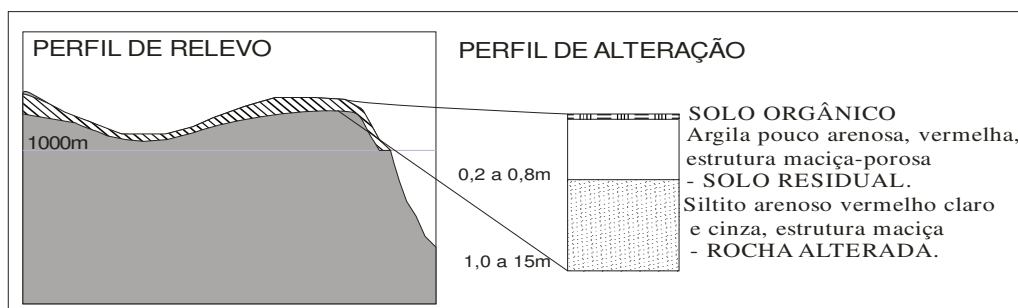


Figura 32: Representação da Unidade 4 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Os eventos erosivos lineares observados nesta unidade foram poucos, sendo registrados apenas alguns sulcos (Figuras 33 a e b)

Sua suscetibilidade a eventos erosivos lineares é média, contudo a forma de ocupação observada na área é de cana-de-açúcar, onde as curvas de nível utilizadas dão controle ao desenvolvimento desses processos.



Figura 33a



Figura 33b

Figuras 33 a,b:Relevo típico da Unidade 4.

6.1.2.3. Unidade 5 – Basaltos em relevo escarpado

A Unidade 5 está distribuída de forma uniforme na área de estudo e se apresenta em uma estreita camada que dá sustentação aos altos de Serra de Itaqueri, formando a linha de cuesta e morros testemunhos.

A litologia presente é composta por basaltos da Formação Serra Geral, com disjunção colunar. O perfil de alteração é bastante raso, com solo litólico.

As cotas mínimas e máximas onde há esta unidade são de 920 e 1000 metros, respectivamente. A declividade predominante é de 30 a 60%, podendo chegar a 95% nas áreas mais escarpadas (Figura 34)

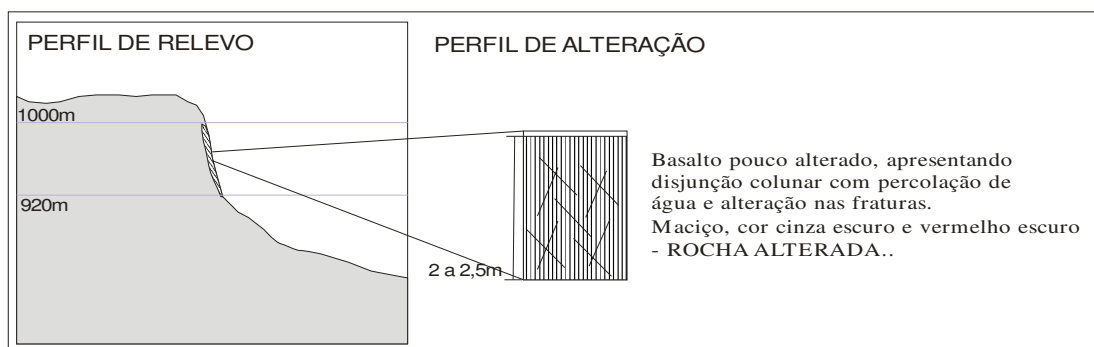


Figura 34: Representação da Unidade 5 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

Na presença da disjunção colunar, há percolação de água pelas fraturas da rocha semi-alterada, o que facilita a ocorrência de eventos de movimento de massa como queda de blocos.

Sua suscetibilidade aos eventos de erosão linear, fluvial e assoreamento é baixa.

6.1.2.4. Unidade 7 – Arenito em relevo escarpado

Esta Unidade se encontra distribuída uniformemente pelo relevo escarpado e residual, em uma fina e contínua faixa, que acompanha a topografia.

A esta Unidade estão associadas litologias da Fm. Botucatu, composta por arenitos de granulação média a grossa, de coloração brça, amarela, ocre. O solo desenvolvido é areia quartzosa, com estrutura maciça. Com a exposição das camadas mais inferiores do perfil de

alteração e até mesmo da litologia, mais compactas, são observados movimentos de massa como queda de blocos.

As cotas máximas e mínimas onde esta se encontra é de 920 e 800 metros. As declividades predominantes desta unidade são de 30 a 60%, com valores máximos de 104% (Figura 35).

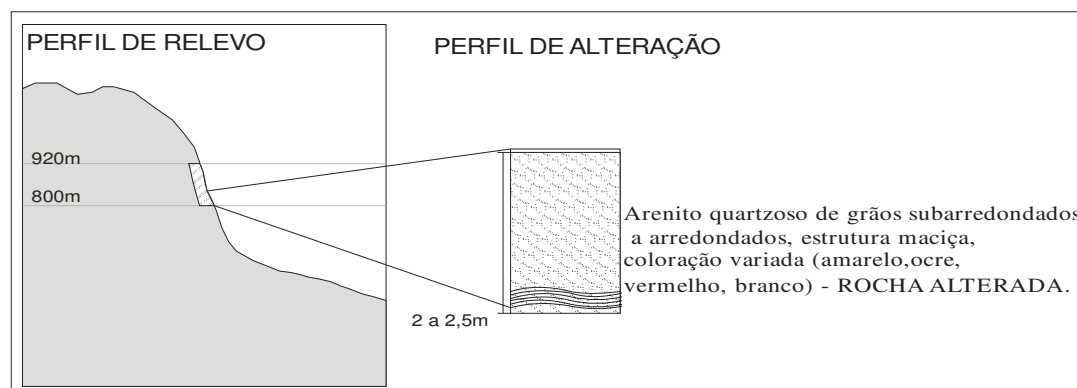


Figura 35: Representação da Unidade 7 em seção, com a caracterização geomorfológica e perfil de alteração típico.

6.2. Conclusões

De acordo com a metodologia utilizada, o terreno foi dividido em dez unidades geológico-geotécnicas relativamente homogêneas, de acordo com a escala de 1:50.000 proposta, cujas características principais para o estudo estão informadas na tabela-síntese que segue no APÊNDICE 1.

A área foi dividida em dois grandes compartimentos de relevos, ou Províncias Geomorfológicas do Estado de São Paulo, correspondentes ao relevo escarpado das Cuestas Arenito-Basálticas (Unidades 2, 4, 5 e 7) e à Depressão Periférica Paulista (unidades 1, 3, 6, 8, 9 e 10).

As Unidades localizadas no relevo da Depressão Periférica apresentaram maior suscetibilidade aos processos de erosão linear e assoreamento analisados. Dentre estas, pode ser destacada a Unidade 9 (Pirambóia em morrotes alongados) que apresenta maior suscetibilidade devido à associação ocorrência de solos pouco coesos (areias quartzosas) com declividades entre 5 e 15%.

As unidades 8 (Pirambóia podzólico em meia encosta) e a zona de contato entre as unidades 3 (Depósitos Coluvionares Cenozóicos) e 10 (Corumbataí em colinas médias) também apresentam alta suscetibilidade aos processos analisados, porém a ocorrência está relacionada à presença de colúvios, com destaque para as áreas no entorno da área urbana de Ipeúna e também nas faixas marginais das estradas vicinais de terra. Em áreas de pastagens, as trilhas de gado constituem um fator potencializador para a concentração de águas pluviais e desencadeamento dos eventos erosivos.

As unidades 3 (Depósitos Coluvionares Cenozóicos) e 4 (Itaqueri no reverso da cuesta) foram cadastradas com média suscetibilidade aos eventos erosivos lineares devido ao manejo do uso do solo em áreas como de cana-de-açúcar que procuram disciplinar as águas pluviais. Porém em regiões de ocupação urbana deve-se aplicar medidas que não favoreçam o início de processos erosivos já que os eventos observados nestas Unidades atingiram grandes proporções devido às formas de canalização das águas pluviais.

As áreas com declividades entre 10 e 50% apresentaram maior suscetibilidade à erosão linear que as outras com declividades superiores ou inferiores a esse intervalo.

As unidades localizadas no relevo escarpado apresentaram baixa suscetibilidade aos processos analisados devido a seus solos mais compactos e alta declividade, com exceção da unidade 2 (Depósitos de tálus) que possui pouca coesão entre as partículas que constituem seu substrato e declividade entre 15 e 35%, onde foram observados sulcos e algumas ravinas, principalmente causados por trilhas de gado.

Quanto a suscetibilidade a processos erosivos fluviais e assoreamento, somente a Unidade 1 (Planície fluvial do Passa Cinco) se apresentou suscetível a esses processos, lembrando que a escala utilizada não permitiu mapear outras áreas suscetíveis. Porém áreas de planície fluvial, como do Córrego do Cantagalo, Monjolo Grande, da Lapa e Ribeirão João Pinto apresentam algumas regiões em que se pode verificar a existência de tais processos.

Segue um quadro síntese de classificação de suscetibilidade aos três processos analisados no trabalho par cada Unidade.

Quadro 5: Unidades e suas suscetibilidades aos processos analisados.

Unidade	Erosão Linear	Erosão Fluvial	Assoreamento
1-Planície Fluvial Passa Cinco	Baixa	Alta	Alta
2-Depósitos de Tálus	<i>Média</i>	Baixa	Baixa
3-Depósitos coluvionares Cenozóicos	<i>Média</i>	Baixa	Baixa
4-Itaqueri no reverso da cuesta	<i>Média</i>	Baixa	Baixa
5-Basaltos em relevo escarpado	Baixa	Baixa	Baixa
6-Diabásio em morrotes alongados	<i>Média</i>	Baixa	Baixa
7-Arenito em relevo escarpado	Baixa	Baixa	Baixa
8-Pirambóia podzólico em meia encosta	Alta	Baixa	Baixa
9-Pirambóia em morrotes alongados	Alta	Baixa	Baixa
10-Corumbataí em colinas médias	Alta	Baixa	Baixa

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDÓN, M.de M. *Os impactos ambientais no meio físico – erosão e assoreamento na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária*. 2004. Tese de doutorado apresentada na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 302 p.

ALMEIDA, G.S., RIDENTE JR, J.L. *Diagnóstico, prognóstico e controle de erosão*. 2001. Minicurso oferecido em VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ABGE. Goiânia-GO. 730p.

BELLINAZZI Jr, R.; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. *A ocorrência de erosão urbana no Estado de São Paulo*. 1981. In: Simpósio sobre o controle de erosão, 2, São Paulo, Anais...São Paulo: ABGE. p. 117-137.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Ed São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

CAMPANHA, V.A.; BISTRICHI, C.A.; SANTOS, M.C.S.R; BOTTURA, J.A.; PRESSINOTTI, P.C. *Caracterização do meio físico como subsídio ao planejamento territorial aplicado às bacias dos rios Piracicaba e Capivari, SP*. 1992. São Paulo-SP. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. (IPT, publicação 2020)

CARVALHO, C.S., OGURA, A.T., MACEDO, E.S. *Mapeamento em Encostas e Margens de Rios* 2007.. Brasília-DF. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT.

CORVALÁN, S .B. *Levantamento e caracterização dos atrativos naturais da bacia do rio Passa Cinco, através de geoprocessamento*.2005. Dissertação de mestrado-UNESP, Campus Rio Claro,SP .105p.

DAAE, IPT. *Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas*. 1989. São Paulo, SP. 92p.

FARAH, F. *Habitação e encostas*. Coleção habitare. São Paulo-SP. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. (publicação IPT; 2795). 312p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO –*Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*- escala 1:1.000.000. 1981 2v. (IPT. Séries Monografias). São Paulo : IPT..

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – *Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema*. 1986. V.6.Relatório 24. São Paulo: IPT.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – Mapa Geológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000. 1981, São Paulo: IPT.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Caracterização geológico-geotécnica do entorno da área afetada pelo processo de instabilização no Jardim Paulista, município de Monte Alto, SP*. 2007. (IPT,Parecer técnico 12728-301).São Paulo:IPT.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da; BOTELHO, R.G.M. *Erosão e conservação dos solos*.1995. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 340p.

OLIVEIRA, J. B. . Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos. 1981

PASTORE, E.L. ; FONTES, R.M. *Caracterização e Classificação dos solos*. IN OLIVEIRA,A.M.S.; BRITO, S.N.A de. Geologia de Engenharia, 1998,\ABGE, São Paulo, SP. p.197 - 210.

PENTEADO, M.M.– Geomorfologia do Setor Ocidental da Depressão Periférica Paulista. 1976. Instituto de Geografia – USP. Série Teses e Monografias nº 22. São Paulo-SP.

RIDENTE JR, J.L.; Prevenção e Controle da Erosão Urbana: Bacia do Córrego do Limoeiro e Bacia do Córrego do Cedro, Municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP. 2000. Rio Claro. Dissertação de Mestrado pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.

SILVA, A.;SOUZA,C.A.; ZANI,H.;FREITAS,D.R. *Avaliação da erosão na margem direita do Rio Paraguai a jusante da praia do Julião, município de Cáceres-MT*. 2007 Rev. Geogr. Acadêmica v.1 n.1. p 5-19.

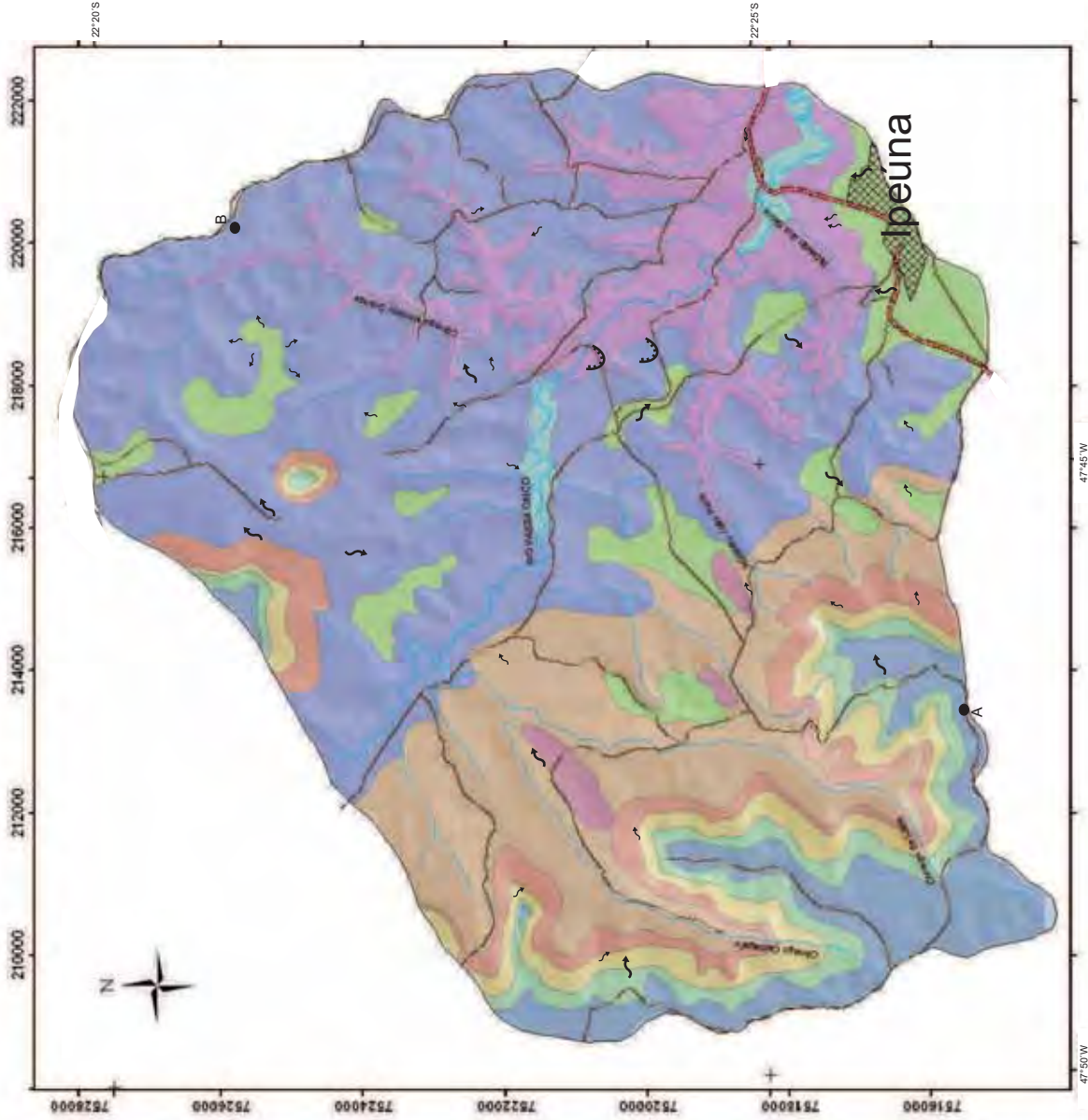
SOARES, P.C.; FIORI, A.P. *Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia*. 1976. Notícias Geomorfológicas, Campinas, v.6, n.32, p.71-104.

VEDOVELLO, R. . *Análise comparativa da técnica de compartimentação fisiográfica de terrenos, por sensoriamento remoto e com a obtenção de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), em três diferentes regiões do Estado de São Paulo*. , 2008. In: 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2008, Porto de Galinhas, PE. Anais. Recife, PE : ABGE - UFPE. p. 1-12.

VEDOVELLO, R. , MATTOS, J.T. de. *A utilização de Unidade Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a Denifção de Unidades Geotécnicas. Uma abordagem a partir de Sensoriamento Remoto*. 1998. In: 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis,-SC.

VEDOVELLO, R.. *Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação - UBCs*. 2000. Rio Claro (SP); 2000. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP. 154p.

ZAINE, M.F., PERINOTTO, J.A.J.. *Patrimônios Naturais e Historia Geológica da Região de Rio Claro - SP*. 1996.Câmara Municipal de Rio Claro e Arquivo Público e Histórico do município de Rio Claro, 91 p.



Legenda



Unidades

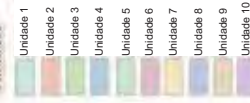
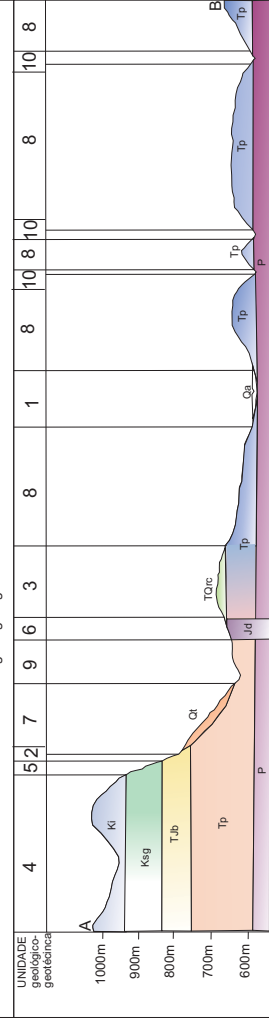


Tabela-síntese das Unidades

Unidade	Nome da Unidade	Unidade Litológica	Geomorfotectônica	Pedologia	Amplitude Local	Inclividade	Densidade da rede de Drenagem	Extensão dos Topos	Forma dos Topos	Forma das Encostas	Forma dos Vales	Suscetibilidade a erosão linear	Suscetibilidade a erosão fluvial
1	1-Planície Fluvial Passa Cinco	Aventio grosso conglomerático, matriz arenosa argilosa	planície fluvial	aluvionar	pequena	0 a 5%	média	extensos	aplanados	convexas	abertos	baixa	alta
2	2-Depósitos de Talus	Blocos de rocha em matriz arenosa argilosa	escarpas festonadas e residual	coluvionar	pequena	15 a 35%	média	restritos	angulosos	convexas	fechados	média	baixa
3	3-Depósitos coluvionares Cenozóicos	Aventio arenosos e conglomeráticos argilosos	colinas médias	Podzólico vermelho-amarelo-b-cinza	pequena	0 a 10%	baixa	extensos	arredondados	convexas	abertos	média	baixa
4	4-Itaquari no reverso da cuesta	Aventio, folhelhos e conglomerados cinzentos argilosos	colinas amplas	Podzólico amarelo-b-cinza	pequena	5 a 15%	média	extensos	aplanados	convexas/retlineas	abertos	média	baixa
5	5-Basaltos em relevo escarpado	Basalto e diabásio	escarpas festonadas e residual	Residual, Libólico	alta	30 a 60%	alta	restritos	angulosos	retlineo	fechados	baixa	baixa
6	6-Diabásio em morrotes alongados	Diabásio	morrotes alongados e espigões	Residual, Latossolo vermelho	pequena	5 a 15%	baixa	extensos	arredondados	côncavas	abertos	média	baixa
7	7-Aventio em relevo escarpado	Aventio médio a grosso	escarpas festonadas	Residual, Arenas quartzosas	alta	30 a 60%	alta	restritos	angulosos	retlineo	fechados	baixa	baixa
8	8-Parabóia podzólica em área encosta	Aventio muito fino a médio	colinas médias	Podzólico vermelho-amarelo-b-cinza	média	20 a 40%	média	restritos	aplanados	convexas	fechados/abertos	alta	baixa
9	9-Parabóia em morrotes alongados	Aventio muito fino a médio	morrotes alongados e espigões	Residual, Podzólico vermelho-amarelo-b-cinza	média	20 a 40%	média	restritos	aplanados	convexas	fechados/abertos	alta	baixa
10	10-Cranubai em colinas médias	Siltitos argilosos e folhelhos com intercalações arenáceas finas	colinas médias	Residual, Podzólico vermelho-amarelo-b-cinza	média	0 a 15%	média	restritos	arredondados	convexa	fechados	alta	baixa

Perfil característico da área com Unidades geológica-geotécnicas



Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Genduripe em Geologia

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

DIAGNÓSTICO DA SUSCETIBILIDADE À
EROSÃO LINEAR, FLUVIAL E ASSOREAMENTO
EM TRECHO DA BACIA DO RIO PASSA CINCO, IPEÚNA-SP.

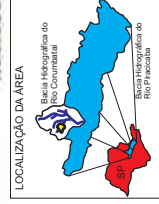
Aluna: Gisele Cristina Zoratto
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zahe

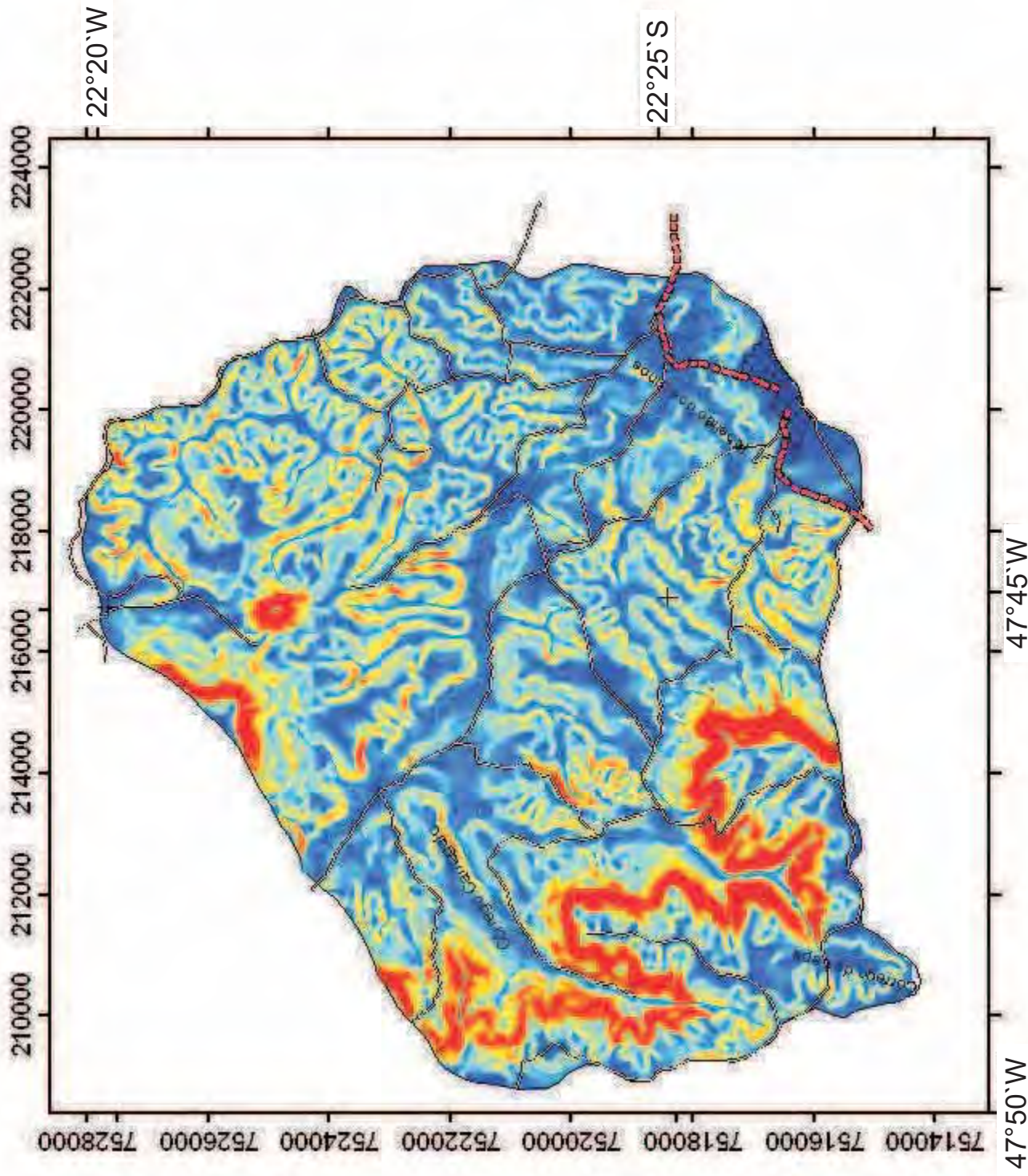
APÊNDICE 1
MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
Escala 1:50.000

Rio Claro
2009



1:50.000





APÊNDICE 3

Modelo deFicha de campo

Nº do Ponto:	
Data	Localização
UTM X	UTM Y
Tipo de Afloramento:	
Foto (nº/legenda)	

Perfil geral, compartimentação do relevo	Perfil de Alteração	Perfil de Alteração
		Material Alterado:
		Espessura:
		Horizontes/composição:

	Solo
() Residual	Espessura: _____m
() Aluvionar	Cor: _____
() Coluvionar	Granulometria: _____
() Tálus	
() Latossolo roxo	Coesão/Consistência: _____
() Latossolo vermelho-escuro	_____
() Latossolo vermelho-amarelo	Composição: _____
() Podzólico vermelho-amarelo	_____
() Areias quartzosas	
() Solos litólicos	

Relevo		Ocupação
() Morrotes alongados e espigões	Declividade:	() Pastagem
() Escarpas Festonadas	_____ %.	() Cana-de-açúcar
() Relevo Residual	Amplitude: () < 100 m	() Floresta nativa
() Colinas amplas	() 100 - 300	() Floresta plantada
() Colinas médias	m	() Floricultura
() Planície aluvionar	() > 300 m	() Mineração
		() Área urbana

		Material Rochoso		Drenagem	
Litologia:	() Aflorante	() Sã cor:_____	() Assoreamento		
Textura:	() Sub-aflorante	() Alterada cor:_____	() Encaixada		
Granulação: () Grossa () Média () Fina	() <i>in situ</i>	Grau Alteração: () alto () médio () baixo	Largura: () <1m () 1–5m () >5 m		
	() Bloco/matacão				
	Dimensão:_____m				

Feições de Instabilidade	Feições Tectogênicas
☐ Sulco ☐ Ravina ☐ Voçoroca ☐ Escorregamento ☐ Solo ☐ Rocha ☐ Queda de blocos ☐ Rastejo	☐ Aterro ☐ c/ blocos ☐ Depósito de assoreamento ☐ Caixa empréstimo ☐ Bota-fora ☐ Outro: _____ _____
Obs:	