

ANA ELISA SILVA DE ABREU

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em geotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho

V. 1

São Carlos
2007

Ao meu marido, com amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Oswaldo Augusto Filho pela paciente orientação.

Ao meu marido, pelo incentivo e companheirismo constantes.

Aos colegas do Departamento de Geotecnia, pelos bons momentos que passamos juntos e que, espero, ainda passaremos.

Aos funcionários do Departamento de Geotecnia, especialmente ao Álvaro, à Maristela, ao Herivelton, ao Oscar, ao José Luiz, ao Benedito, ao Décio e ao Sr. Antonio, por toda a atenção dispensada – realmente imprescindível.

Ao professor Reinaldo Lorandi, pelos dados que forneceu para o desenvolvimento da pesquisa e ao geólogo Guilherme Denzin por ter possibilitado a visita à cava da Mineração Jundu.

Ao Prefeito de Analândia, José Roberto Perin, e aos funcionários da prefeitura municipal, José Batista Marinho, Paulo Ricardo Monti Pinheiro, Wladimir Schalch Junior e Leandro Eduardo Santarpio, por terem fornecido dados necessários para a realização da pesquisa.

Ao Johnny, pela sua dedicação no desenvolvimento da pesquisa de iniciação científica e tratamento dos dados sobre as erosões lineares.

Finalmente, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento à pesquisa.

1. SUMÁRIO

VOLUME 1

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NO BRASIL	22
3.2 MÉTODOS NACIONAIS	24
3.2.1 MÉTODO DA EESC/USP	25
3.2.2 MÉTODO DO IPT	34
3.2.3 MÉTODO DO DETALHAMENTO PROGRESSIVO – UNESP – RIO CLARO	38
3.3 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO APLICADO AOS PLANOS DIRETORES...	42
4. MÉTODO UTILIZADO NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	49
4.1 ETAPA 1: LEVANTAMENTO DOS DADOS EXISTENTES	50
4.2 ETAPA 2: ELABORAÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS	52
4.3 ETAPAS 3 E 4: AQUISIÇÃO DE DADOS SOBRE O MEIO FÍSICO	53
4.3.1 ETAPA 3: DIAGNÓSTICO DOS PROCESSOS E RESTRIÇÕES GEOTÉCNICAS NA ÁREA	53
4.3.2 ETAPA 4: DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS DE INTERESSE	55
4.3.2.1 MAPAS DO SUBSTRATO ROCHOSO E DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS	55
4.3.2.2 MAPA DE DECLIVIDADES	59
4.3.2.3 MAPA DE USO DO SOLO	60
4.4 ETAPA 5: ENSAIOS – ESCALA REGIONAL	61
4.5 ETAPA 6: ELABORAÇÃO DOS MAPAS FINAIS – ESCALA REGIONAL ...	62
4.6 ETAPA 7: COMPLEMENTAÇÃO DAS ETAPAS 3 E 4 – ESCALA DE DETALHE	62
4.7 ETAPA 8: ENSAIOS – ESCALA DE DETALHE	65
4.8 ETAPA 9: ELABORAÇÃO DOS MAPAS FINAIS – ESCALA DE DETALHE	66

4.9 ETAPA 10: ELABORAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS – ESCALAS REGIONAL E DE DETALHE	66
4.10 ETAPA 11: DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO	67
5. MATERIAIS UTILIZADOS NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	69
6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	71
6.1 TRABALHOS ANTERIORES	72
6.2 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APAs)	76
6.3 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	78
7. RESULTADOS	80
7.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	80
7.2 BASES CARTOGRÁFICAS	80
7.3 DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DAS CLASSES DE ATRIBUTOS E OBTENÇÃO DE DADOS QUANTITATIVOS	81
7.3.1 MAPA DO SUBSTRATO ROCHOSO	81
7.3.1.1 FORMAÇÃO PIRAMBÓIA	84
7.3.1.2. FORMAÇÃO BOTUCATU	86
7.3.1.3. FORMAÇÃO SERRA GERAL	87
7.3.1.4 FORMAÇÃO ITAQUERI	90
7.3.2 MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS	92
7.3.2.1 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO PIRAMBÓIA	93
7.3.2.2 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU	96
7.3.2.3 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL	98
7.3.2.4 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO ITAQUERI	99
7.3.2.5 FORMAÇÃO SANTA RITA DO PASSA QUATRO – MATERIAIS INCONSOLIDADOS RETRABALHADOS	102
7.3.2.6. TÁLUS RECENTE	109
7.3.2.7 COLÚVIOS RECENTES	110
7.3.2.8 ALUVIÕES RECENTES	112

7.3.3	MAPA DE DECLIVIDADES	112
7.3.4	MAPA DE USO DO SOLO	114
7.4	LEVANTAMENTO DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS INSTALADOS E RESTRIÇÕES GEOTÉCNICAS NA ÁREA	121
7.4.1	PROCESSOS EROSIVOS	122
7.4.1.1	EROSÃO LAMINAR	123
7.4.1.2	EROSÃO LINEAR	125
7.4.1.2.1	EROSÕES LINEARES E DEMAIS FATORES DO MEIO FÍSICO	127
7.4.2	ASSOREAMENTO E INUNDAÇÕES	134
7.4.3	SOLOS COLAPSÍVEIS E RESTRIÇÕES PARA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES	135
7.4.4	MOVIMENTOS DE MASSA	137
7.5	MAPAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS	139
7.5.1	MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	139
7.5.2	MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	145
7.6	DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO	151
7.6.1	ESCALA REGIONAL – DIRETRIZES PARA OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO COMO UM TODO	151
7.6.1.1	ANÁLISE DE CONFLITOS DE USO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS	154
7.6.2	ESCALA LOCAL – DIRETRIZES PARA OCUPAÇÃO DA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	165
8.	CONCLUSÃO	170
	REFERÊNCIAS	176
	ANEXO A – RESULTADOS DOS ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES REALIZADOS POR OUTROS AUTORES.....	188
	APÊNDICE A – COORDENADAS DOS PONTOS E MODELO DA FICHA DE CAMPO.....	195
	APÊNDICE B – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO.....	199

APÊNDICE C – ESTIMATIVA DA COLAPSIBILIDADE DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	203
--	-----

VOLUME 2

APÊNDICE D – DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

APÊNDICE D.1 – MAPA DE DOCUMENTAÇÃO – ESCALA REGIONAL	
APÊNDICE D.2 – MAPA DO SUBSTRATO ROCHOSO – MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	
APÊNDICE D.3 – MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS – MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	
APÊNDICE D.4 – MAPA DE DECLIVIDADES – MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	
APÊNDICE D.5 – MAPA DE USO DO SOLO – MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	
APÊNDICE D.6 – MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	
APÊNDICE D.7 – MAPA DE CONFLITOS DE USO DO SOLO – MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA	
APÊNDICE D.8 – MAPA DE LOCAÇÃO – ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	
APÊNDICE D.9 – MAPA DO SUBSTRATO ROCHOSO – ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	
APÊNDICE D.10 – MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS – ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	
APÊNDICE D.11 – MAPA DE DECLIVIDADES – ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	
APÊNDICE D.12 – MAPA DE USO DO SOLO – ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	
APÊNDICE D.13 – MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Fluxograma do método aplicado.....	51
Figura 4.2 – Encadeamento dos planos de informação (PI) para a elaboração das diretrizes para planejamento na escala regional.....	67
Figura 6.1. Localização da área de trabalho.....	71
Figura 6.2. Localização dos trabalhos anteriores.....	75
Figura 6.3: Localização das Áreas de Proteção Ambiental no Município de Analândia.....	77
Figura 6.4. Lixão implantado em ravina ativa (Ponto 55).....	79
Figura 6.5 - Ravina na área urbana, onde é jogado entulho e, eventualmente, lixo doméstico (Ponto 23).....	79
Figura 7.1. Aspecto das rochas da Formação Pirambóia (estratificações cruzadas decimétricas e intercalação de níveis arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos) (Ponto 59)	85
Figura 7.2. Aspecto das rochas da Formação Botucatu (arenitos silicificados, quartzosos, com grãos bem selecionados e arredondados e estratificações plano-paralelas) (Ponto 20)	87
Figura 7.3. Aspecto das rochas da Formação Serra Geral que ocorrem na escarpa inferior (Ponto 97)	89
Figura 7.4. Aspecto dos conglomerados da Formação Itaqueri que ocorrem no alto da Serra do Cuscuzeiro (Ponto 44)	91
Figura 7.5. Aspecto dos materiais inconsolidados residuais desenvolvidos sobre a Formação Pirambóia (Ponto 06).....	94
Figura 7.6: Curvas granulométricas dos solos residuais desenvolvidos sobre a Formação Pirambóia. Resultados dos ensaios realizados por Gonçalves (1993) e nesta pesquisa.....	96
Figura 7.7. Curvas granulométricas dos solos residuais desenvolvidos sobre os arenitos da Formação Botucatu. Resultados dos ensaios realizados por Mota (1999) e nesta pesquisa.....	97
Figura 7.8. Aspecto dos materiais inconsolidados residuais desenvolvidos sobre as rochas da Formação Serra Geral em áreas de relevo enérgico (Ponto 102).....	99

Figura 7.9. Aspecto dos materiais residuais concrecionários desenvolvidos sobre as rochas da Formação Itaqueri (Ponto 88).....	101
Figura 7.10. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, arenosos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 104).....	103
Figura 7.11. Resultados das análises granulométricas realizadas sobre os solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro.....	105
Figura 7.12. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, areno-argilosos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 03).....	106
Figura 7.13. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, conglomeráticos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 01).....	109
Figura 7.14. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, areno-argilosos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 03).....	121
Figura 7.15. A execução de plantio com terraceamento é prática comum no Município.....	123
Figura 7.16. Evidência de erosão laminar em área de solo exposto (Ponto 100).....	124
Figura 7.17. Erosão laminar e em sulcos nas estradas das áreas plantadas com cana-de-açúcar, por falta de manutenção durante o ano (ponto 56).....	126
Figura 7.18. Ravina causada por deficiência no sistema de drenagem da estrada que liga Analândia a Corumbataí (ponto 12).....	131
Figura 7.19. Densidade de erosões lineares, por classe de materiais inconsolidados, em 1962 e em 1972.....	132
Figura 7.20. Densidade de erosões lineares, por classe de declividade, em 1962 e em 1972.....	132
Figura 7.21. Ravina de grande porte, nas proximidades do Morro do Camelo (Ponto 20).....	133
Figura 7.22. Boçoroca de pequeno porte, em solos residuais da Formação Pirambóia (Ponto 47).....	134
Figura 7.23. Conflitos de uso devidos às aptidões das unidades geológico-geotécnicas.....	155
Figura 7.24. Conflitos de uso devidos às restrições.....	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Trabalhos de mapeamento geotécnico desenvolvidos com o método da EESC/USP na própria instituição.....	28
Tabela 3.2 - Quantidade mínima de pontos a ser considerada na elaboração de mapeamentos geotécnicos para as escalas adotadas na pesquisa.	31
Tabela 3.3 - Trabalhos de mapeamento geotécnico executados pelo IPT.....	35
Tabela 4.1 - Grau de alteração das rochas.....	58
Tabela 4.2 - Grau de coerência das rochas.....	59
Tabela 4.3 - Classes de declividades adotadas para o mapeamento em escala regional.....	60
Tabela 4.4 - Classes de declividades adotadas para o mapeamento em escala de detalhe, inclusive processos e aptidões esperados.....	64
Tabela 4.5 – Sondagens a percussão disponíveis para o mapeamento da área de expansão urbana.....	65
Tabela 6.1 - Trabalhos anteriores realizados no Município de Analândia.....	73
Tabela 7.1 – Distribuição em área das unidades do substrato rochoso no Município de Analândia e na área de expansão urbana.....	83
Tabela 7.2 – Distribuição em área dos materiais inconsolidados no Município de Analândia e na área de expansão urbana.....	92
Tabela 7.3 - Porcentagem em área das classes de declividade no Município de Analândia.....	112
Tabela 7.4 - Distribuição das classes de declividade por unidade de materiais inconsolidados, em porcentagem, no Município de Analândia.....	113
Tabela 7.5 - Porcentagem em área das classes de declividade na área de expansão urbana.....	113
Tabela 7.6 - Distribuição das classes de declividade por unidade de materiais inconsolidados, em porcentagem, na Área de Expansão Urbana.....	114
Tabela 7.7 - Superfície relativa das classes de uso e cobertura do solo no Município de Analândia.....	114
Tabela 7.8 - Frequência das classes de uso do solo por bacia hidrográfica.....	115
Tabela 7.9 - Processos de pesquisa mineral em área do Município de Analândia em tramitação junto ao DNPM em novembro de 2006.....	117

Tabela 7.10 - Distribuição em área, por bem mineral.....	118
Tabela 7.11 - Superfície relativa das classes de uso e cobertura do solo no Município de Analândia.....	120
Tabela 7.12 - Densidade de erosões lineares por bacia hidrográfica, em 1962 e em 1972.....	127
Tabela 7.13 - Comprimento de erosões lineares em área de 97 km ² nos anos de 1962, 1972 e 2006.....	128
Tabela 7.14 – Erosões lineares na Área de Expansão Urbana de Analândia.....	129
Tabela 7.15 - Unidades geológico-geotécnicas definidas no Município de Analândia e ocorrência.....	140
Tabela 7.16: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas do Município de Analândia.....	141
Tabela 7.17 - Unidades geológico-geotécnicas definidas na área de expansão urbana de Analândia e ocorrência.....	146
Tabela 7.18: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas da Área de Expansão Urbana de Analândia....	147
Tabela 7.19 - Classificação das unidades geotécnicas no sistema de classes de uso, adaptando-se a proposta de classificação de Lepsch (1983).....	151
Tabela 7.20 - Matriz de sobreposição de planos de informação para elaboração do plano de informações Conflito de Uso, considerando-se as aptidões das unidades geotécnicas.....	156
Tabela 7.21 – Avaliação da adequação dos usos do solo, por bacia hidrográfica, em função das aptidões à ocupação de cada unidade geotécnica.....	157
Tabela 7.22 – Restrições específicas em cada área de uso restrito.....	158
Tabela 7.23 – Matriz de sobreposição de planos de informação para elaboração do plano de informação “Avaliação dos Usos nas Áreas com Restrições”.....	160
Tabela 7.24 – Adequação dos usos do solo, por bacia hidrográfica, em função das restrições ao uso.....	161
Tabela 7.25 – Matriz de sobreposição para composição do mapa de “Diagnóstico do Uso do Solo”.....	162

Tabela 7.26 – Diagnóstico da adequação dos usos do solo, por bacia hidrográfica, em função das aptidões à ocupação de cada unidade geotécnica e das restrições ao uso.....	162
Tabela 7.27 - Aptidões das unidades geotécnicas à ocupação urbana.....	165
Tabela 7.28 - Superfície relativa das classes de uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente da área de expansão urbana de Analândia.....	167

RELAÇÃO DE SIGLAS

APA = área de proteção ambiental

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CC = coeficiente de curvatura

CCGG = Comissão de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

CETEC = Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação.

CNU = coeficiente de não uniformidade

PCJ = Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

CONAMA = Conselho nacional de meio ambiente

DADE = Departamento de Apoio ao Desenvolvimento das Estâncias (DADE)

DNPM = Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM),

EESC/USP = Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo

ETA = estação de tratamento de água

GPS = Global Positioning System

IPT = Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

NBR = Norma Brasileira, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

RAD = Rocha medianamente alterada

RAM = Rocha muito alterada

REA = Rocha extremamente alterada

RS = rocha sã ou praticamente sã

SIG = Sistema de Informação Geográfica

SMA/IG = Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo / Instituto Geológico de São Paulo

SRJ = solo residual jovem

SRM = solo residual maduro

SRPQ = Formação Santa Rita do Passa Quatro

UFRJ = Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRGS = Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UGRHI = Unidade de gerenciamento de recursos hídricos

UNESP = Universidade Estadual Paulista

RESUMO

ABREU, A. E. S. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal – abordagem combinando três métodos distintos e sua aplicação em Analândia – SP**. 2006. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. 202p. 2 volumes.

Este trabalho apresenta um método de mapeamento geológico-geotécnico baseado no método da Escola de Engenharia de São Carlos / USP, porém modificado para incorporação dos aspectos considerados positivos do método utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e do Detalhamento Progressivo, utilizado pela UNESP-Rio Claro. O método proposto é adequado para trabalhos de diagnóstico das características geológico-geotécnicas de interesse para o gerenciamento do uso do solo, principalmente para o planejamento municipal e elaboração de Planos Diretores. O método foi aplicado ao Município de Analândia – SP e permitiu a proposição de diretrizes para o gerenciamento do uso do solo no município como um todo, que foi mapeado na escala 1:50.000, e na Área de Expansão Urbana, mapeada na escala 1:10.000, por ter sido identificada como a região do município onde os processos geológicos, notadamente erosão acelerada, apresentam maior tendência de crescimento.

Palavras-chave: mapeamento geotécnico, planejamento municipal, uso do solo, Analândia.

ABSTRACT

ABREU, A. E. S. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal – abordagem combinando três métodos distintos e sua aplicação em Analândia – SP**. 2006. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

This essay presents an engineering geological mapping method based on the method used by the Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) of the São Paulo University (USP), which also incorporates the positive aspects of two other methods currently used in São Paulo State: the one used by Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) and the so called Progressive Detailing Method, used by the UNESP-Rio Claro. This method aims at composing a diagnosis of the geological and geotechnical aspects of the natural environment and providing the information on it in a way that planners find of value for planning land use in urban and rural areas. It has been used in the municipality of Analândia-SP and it allowed the formulation of the directions for land use in the whole municipality, which has been mapped in a regional scale (1:50.000), and in the urban area, which has been mapped in a more detailed scale (1:10.000), once it has been identified as the area where geological processes, remarkably soil erosion, have increased most in recent years.

Keywords: engineering geological mapping, municipal planning, land use, Analândia.

1. INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988 e o Estatuto da Cidade (BRASIL, LEI n° 10.257) ampliaram as atribuições dos municípios com relação ao planejamento do uso do solo em geral.

O Plano Diretor é um dos instrumentos básicos do planejamento municipal, e dele partem as definições dos objetivos para a ocupação do município como um todo e a escolha das estratégias que possibilitarão a implementação destes objetivos.

A primeira etapa para a elaboração de um Plano Diretor é a realização de um diagnóstico da situação atual, envolvendo a caracterização dos aspectos dos meios físico, biótico e antrópico que compõem o quadro local e regional. O mapeamento geotécnico é uma das ferramentas para a composição deste quadro diagnóstico.

Neste trabalho é aplicado um método de mapeamento geotécnico voltado primordialmente para o levantamento de dados do meio físico de interesse para o planejamento do uso do solo, especialmente os dados necessários à elaboração de Planos Diretores.

O método aplicado baseia-se no método de mapeamento geotécnico desenvolvido pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP), incorporando-se ao mesmo aspectos do método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e do método da Universidade Estadual Paulista (UNESP), de Rio Claro, julgados convenientes.

O Município de Analândia, escolhido para a aplicação do método, caracteriza-se como um município de pequeno porte, classificado no grupo 2, de acordo com Rolnik e Pinheiro (2004): municípios predominantemente rurais, em que o ecossistema é pouco afetado pelas atividades urbanas.

Esse Município foi escolhido por agregar problemas típicos de áreas urbanas e de áreas rurais e por já se dispor de informações sobre o meio físico da região, tais como as bases topográficas nas escalas escolhidas para o trabalho e mapa das formações superficiais na escala 1:50.000.

Em Analândia estão situadas as nascentes de contribuintes para as bacias dos rios Corumbataí, Mogi-Guaçu e Jacaré-Guaçu, ou seja, o manejo das águas nessa região tem interesse para o abastecimento público de cidades como Rio Claro, Piracicaba, Descalvado e São Carlos, compreendendo os divisores de águas de três Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs).

Ou seja, o planejamento do uso do solo no Município influi na disponibilidade e na qualidade das águas superficiais dos municípios situados a jusante, além do próprio Município.

Outrossim entre 1980 e 2000 a população urbana do Município mais do que dobrou, e o avanço da área urbana desencadeou conflitos de uso do solo e erosão acelerada.

Além disso, no Município de Analândia está sediada uma das maiores minerações de areia industrial do país, sendo necessário o planejamento do uso do solo municipal para garantir a exploração deste bem mineral em condições sustentáveis.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é contribuir para o aprimoramento dos métodos de mapeamento geotécnico de uso corrente principalmente no Estado de São Paulo e ampliar o conhecimento dos aspectos geológico-geotécnicos e do meio físico na porção centro-leste do Estado, de modo a fornecer mais subsídios para o planejamento e gestão do uso do solo na região.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- realizar o mapeamento geotécnico do Município de Analândia empregando duas escalas: 1:50.000 (município) e 1:10.000 (área de expansão urbana);
- aplicar o método de mapeamento geotécnico desenvolvido pela EESC/USP, incorporando-se ao mesmo os aspectos das metodologias do IPT e da UNESP, julgados convenientes para otimização da técnica de mapeamento;
- realizar um diagnóstico das características geológico-geotécnicas do meio físico no Município de Analândia, reunindo e organizando em um só trabalho os dados referentes ao meio físico dispersos em trabalhos que abrangem apenas parcialmente a área do Município e que foram desenvolvidos em diferentes escalas e com diferentes métodos; realizar a síntese e a complementação destes dados, para que se possa dispor de um documento completo e integrado para o Município como um todo; e
- fornecer subsídios para o planejamento da ocupação territorial e gestão do uso do solo do Município, nas suas áreas rural e urbana.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica realizada teve como objetivo fornecer os subsídios teóricos para o trabalho de pesquisa em desenvolvimento e para tal ela se concentrou no levantamento dos métodos de mapeamento geotécnico mais utilizados no exterior, no Brasil e, com maior ênfase, no Estado de São Paulo.

A realização da revisão bibliográfica e a análise crítica dos trabalhos reunidos permitiu a estruturação do método utilizado no mapeamento geotécnico do Município de Analândia, que é apresentado nos capítulos seguintes.

A IAEG (1976, apud ZUQUETTE, 1987) define mapa geotécnico como sendo um mapa geológico que fornece uma representação generalizada de todos os componentes do meio físico de significado no planejamento e uso da terra, construção e manutenção e que possam ser aplicados em obras civis e mineiras.

Segundo Pejon (1987), para o planejamento, o mapeamento geotécnico pode fornecer dados que subsidiarão decisões relativas à utilização racional do espaço e proteção de recursos naturais, à segurança das construções, previsão e prevenção de riscos naturais e incidência de condições geotécnicas sobre o custo das obras

Em outras ocasiões, o mapeamento é empregado como parte das ações para solução de um problema instalado. Nestes casos, o mapeamento fornece um quadro geral da situação atual dos fatores do meio físico que levaram à instalação do processo de degradação, permitindo a previsão de sua evolução e o planejamento de sua contenção.

Nesses casos, a função do mapeamento geotécnico é melhor explicada por Prandini et al. (1995). Segundo estes autores, o mapeamento geotécnico procura dar acesso, para além do universo dos especialistas, à possibilidade de:

- prever o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, bem como os próprios conflitos entre as diversas formas de uso territorial;
- orientar medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar deseconomias e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

Todas as publicações e propostas de métodos para execução do mapeamento geotécnico enfatizam que ele fornece dados que orientam o planejamento da ocupação do espaço, sem, entretanto, substituir as investigações locais, que devem ser executadas para qualquer obra de engenharia.

Diversas metodologias foram desenvolvidas para a execução de trabalhos de mapeamento geotécnico. Os métodos internacionais mais citados em trabalhos divulgados no Brasil, segundo Nishiyama (1991) e Zaine (2000), são o Método da International Association of Engineering Geology (IAEG), o Método Francês, o Método ZERMOS, o Método P.U.C.E. (Padrão, Unidade, Componente, Avaliação), o Método Espanhol e o Método de Mathewson e Font – Estados Unidos. Zuquette e Gandolfi (2004) apresentam uma descrição sucinta destas metodologias.

No presente trabalho, serão enfatizados os métodos mais utilizados no Brasil, que agregam aspectos das metodologias internacionais à prática e às necessidades brasileiras.

3.1 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NO BRASIL

Na presente revisão bibliográfica, serão enfocados os trabalhos de zoneamento geotécnico propriamente ditos, tendo como produtos cartas de zoneamento geotécnico geral ou específico, conforme definição de Zuquette (1987):

- Mapa de zoneamento geotécnico geral: o documento retrata o ambiente através do zoneamento de áreas similares segundo os atributos considerados, mas não indica potencialidade; neste caso, cabe ao usuário verificar as condições do local de interesse;
- Mapa de zoneamento geotécnico específico ou cartas de aptidão: a região é parcelada segundo os atributos que afetam um único uso ou processo natural; são claramente expostas as potencialidades ou limitações do meio àquele uso ou processo, as quais podem ser expressas em termos qualitativos (bom, médio, inadequado), em termos de custos ou em termos de técnicas a serem empregadas em cada unidade definida. De acordo com o autor, o mapa de zoneamento geotécnico específico é um documento útil, pois traduz as condições do meio físico de forma sintética e permite a sua utilização por profissionais das mais variadas formações.

Não serão abordados os trabalhos de cartografia voltados para a elaboração de cartas de risco geológico, como definido por Bitar, Cerri e Nakazawa (1992) e por Freitas (2000), ou trabalhos voltados a zoneamentos geoambientais, como definido por Nishiyama (1991).

O mapeamento realizado no Município de Analândia teve como objetivo a gestão regional e urbana, enquadrando-se, dentro da classificação proposta por Freitas (2000) como uma carta geotécnica de capacidade do uso da terra, associada a uma carta geotécnica de planejamento e gestão territorial, como definido a seguir:

- Cartas geotécnicas de capacidade do uso da terra: têm, como objetivo específico, apresentar as potencialidades e limitações do uso da terra para fins rurais (agricultura, pecuária, silvicultura e infra-estruturas como estradas, barragens de terra para represas de abastecimento ou irrigação e edificações), considerando atributos do meio físico (tais como unidades pedológicas, classes de declividade dos terrenos e os processos naturais e decorrentes de atividades rurais), e estabelecendo um zoneamento com base no grau de limitação do uso rural e na natureza desta limitação.
- Cartas geotécnicas de planejamento e gestão territorial: aquelas que apresentam elementos do meio físico e dos modos de ocupação do solo, que participam dos dados de percepção e avaliação para o estabelecimento de metas e ações de desenvolvimento do território e para sua implementação e seu monitoramento. Assim, devem oferecer condições de avaliação que dote o planejador de capacidade para intervenções que constituam cenários de desenvolvimento viável.

Destaca-se ainda que, para efeito desta pesquisa, optou-se pela utilização dos termos “mapa” em todos os documentos cartográficos elaborados.

3.2 MÉTODOS NACIONAIS

Zuquette e Gandolfi (2004) reconhecem as seguintes correntes metodológicas de mapeamento geotécnico como principais no Brasil: Departamento de Geologia da UFRJ, IPT, EESC/USP, Grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto Geológico de São Paulo (IG/SMA) e UNESP - Rio Claro.

Os trabalhos desenvolvidos pelo Departamento de Geologia da UFRJ abrangem escalas de 1:50.000 até maiores que 1:10.000, no Município do Rio de Janeiro. O objetivo principal são os movimentos de massa gravitacionais e os processos de uso e ocupação do solo. Como destacado em Barroso, Barroso e Cabral (1998), este método apóia-se no entendimento da gênese e das características do perfil de alteração como base para a avaliação e possível previsão qualitativa e quantitativa do comportamento geotécnico dos materiais constituintes do meio físico.

O método do Grupo de Geotecnia da UFRGS (segundo SANTOS; DIAS; MACCARINI, 1996, DIAS et al., 1996; DIAS; SANTOS; LIMA JR., 1996) consiste na estimativa de unidades geotécnicas baseada em levantamentos pedológicos, geológicos e geomorfológicos, complementada por trabalhos de campo específicos. Em campo também são identificados os problemas de degradação do meio físico já instalados em cada unidade geotécnica. Entendem que, uma vez conhecido o comportamento geotécnico típico de uma unidade através de seus horizontes pedológicos, é possível estimar o desempenho do solo em qualquer aplicação onde este é solicitado.

No método utilizado pelo IG/SMA as unidades são separadas com base no conceito de Tipos de Terrenos, avaliando-se o relevo, o substrato rochoso e os solos, somados à vulnerabilidade do aquífero e aos processos morfogenéticos superficiais predominantes. Nele, propõe-se a elaboração de estudos regionais em uma primeira etapa (escalas 1:100.000 e 1:250.000) e estudos de detalhe (escalas 1:25.000 ou maiores) em seguida, como exposto por Pires Neto e Yoshinaga (1995).

A seguir, são apresentados com maior detalhe os métodos de mapeamento geotécnico adotados pela EESC/USP, pelo IPT e pela UNESP – Rio Claro, por estarem mais diretamente associadas à pesquisa desenvolvida.

3.2.1 MÉTODO DA EESC/USP

Este método tem suas origens nas proposições de Zuquette (1987) e Zuquette (1993), e foi consolidado através de trabalhos posteriores desenvolvidos pela instituição. É o método que tem sido mais largamente utilizado no âmbito nacional (CERRI et al., 1996 e CCGG, 2004). Considera-se que o trabalho de Almeida (2000) é o melhor exemplo de aplicação do método de mapeamento geotécnico da EESC/USP de forma consolidada.

Um dos conceitos fundamentais para esta metodologia é o de atributo. Segundo Zuquette (1987), atributo é o elemento básico, a ser colocado e operado sobre um documento cartográfico como informação que representa parte dos componentes do meio, por exemplo litologia, escoamento superficial, declividade, uso do solo, insolação, distribuição de vegetação ou fauna, textura de materiais

inconsolidados, entre outros. Um atributo isolado é a informação que pode ser identificada, caracterizada e classificada (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

As informações do meio físico, traduzidas na forma de atributos, devem ser obtidas segundo o seguinte seqüencial (ZUQUETTE, 1993):

- geomorfologia;
- substrato rochoso;
- materiais inconsolidados;
- definição preliminar dos arranjos tridimensionais;
- águas superficiais;
- águas subterrâneas;
- definição final dos arranjos tridimensionais;
- amostragem
- ensaios;
- definição das unidades geológico-geotécnicas

O meio físico deve ser analisado com base nos "landforms", entendidos como os elementos do meio que possuem composição litológica e variações das características visuais e físicas definidas, tais como: forma topográfica, modelo de drenagem e morfologia (BELCHER, 1946, apud ZUQUETTE, 1993). Além disso, os "landforms" devem refletir as mesmas condições de evolução (gênese). A consolidação da aplicação do conceito de "landforms" ao método foi realizada por Lollo (1996).

O método de mapeamento geotécnico da EESC/USP foi proposto inicialmente para trabalhos em escalas entre 1:100.000 e 1:250.000, com a finalidade de planejamento regional, para áreas maiores que 1.500 km², e foi sendo progressivamente adaptado para utilização em outras escalas, de maior detalhe. Ele se caracteriza como uma ferramenta para o planejamento em nível geral (escalas menores que 1:100.000), regional (1:100.000 a 1:50.000) ou local (1:25.000 a 1:10.000), a depender da escala de trabalho adotada.

Os trabalhos desenvolvidos segundo esta metodologia são elaborados normalmente em uma única escala, como se pode ver na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Trabalhos de mapeamento geotécnico desenvolvidos com o método da EESC/USP na própria instituição.

Trabalho	Região	Objetivo	Escala
Zuquette (1987)	Quadrícula Campinas (SP)	Geral	1:50.000
Aguiar (1989)	São Carlos (SP)	Geral	1:25.000
Lollo (1991) (*)	Quadrícula Leme (SP)	Geral	1:50.000
Nishiyama (1991)	Quadrícula São Carlos (SP)	Geral	1:100.000
Brollo (1991)	Quadrícula Araras (SP)	Geral	1:50.000
Albrecht (1992)	Quadrícula Águas de Lindóia (SP)	Geral	1:50.000
De Mio (1992) (*)	Quadrícula Mogi-Guaçu (SP)	Geral	1:50.000
Pejon (1992)	Quadrícula Piracicaba (SP)	Geral	1:100.000
Souza (1992)	Quadrícula Aguai (SP)	Geral	1:50.000
Gruber (1993) (*)	Quadrícula Cosmópolis (SP)	Geral	1:50.000
Vecchiato (1993)	Cuiabá (MT)	Geral	1:25.000
Cardoso (1993) (*)	Limeira (SP)	Geral	1:50.000
Collares (1994) (*)	Quadrícula Bragança Paulista (SP)	Geral	1:50.000
Liporaci (1994)	Poços de Caldas (MG)	Geral	1:25.000
Saraiva (1995)	Quadrícula Socorro (SP)	Geral	1:50.000
Barison (1995) (*)	Quadrícula Amparo (SP)	Geral	1:50.000
Aguiar (1995)	Quadrícula Conchal (SP)	Geral	1:50.000
Macari (1996)	Quadrícula Campinas (SP)	Geral	1:25.000
Costa (1996)	Quadrícula Campinas (SP)	Geral	1:25.000
Gomes (1997)	Quadrícula Campinas (SP)	Geral	1:25.000
Bachion (1997)	Quadrícula Campinas (SP)	Geral	1:25.000
Aguiar (1997)	Distrito Federal	Geral	1:100.000
Nishiyama (1998)	Uberlândia (MG)	Geral	1:100.000
Fontes (1999)	Ouro Preto (MG)	Específico (erosão)	1:5.000
Bonucelli (1999)	Ouro Preto (MG)	Específico (movimentos de massas)	1:10.000
Lima (2000)	Bacia do Rio Capivari (SP)	Geral	1:50.000
Almeida (2000)	Quadrícula Casa Branca (SP)	Geral	1:50.000

(continua)

Tabela 3.1 - Trabalhos de mapeamento geotécnico desenvolvidos com o método da EESC/USP na própria instituição.

Trabalho	Região	Objetivo	Escala
Zenóbio (2000)	Ouro Preto (MG)	Específico (taludes rochosos)	1:5.000
Laespiga (2001)	Montevidéu (Uruguai)	Específico (expansibilidade)	1:10.000
Lima (2001)	Antonina (PR)	Específico (movimentos de massa, inundação, erosão)	1:10.000
Silveira (2002)	Bacias dos Rios Araraquara e Cubatão (SP)	Específico (erosão)	1:50.000
Marques (2002)	Araraquara (SP)	Específico (aterros sanitários)	1:50.000
Gomes (2002)	Bacia do Córrego Ribeirão Do Meio (SP)	Específico (erosão)	1:20.000
Borges (2003)	Quadricula Americana (SP)	Geral	1:50.000
Silva (2003)	Bacia do Córrego do Tucum (SP)	Específico (erosão)	1:10.000
Miranda (2005)	Bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT)	Específico (erosão)	1:100.000

(*) Apud Rodrigues (1996)
(conclusão)

Os estudos não estão voltados para a solução de problemas já instalados, mas para a identificação de condições do meio físico que possam desencadear processos de desequilíbrio na sua utilização. Visam primordialmente preencher lacunas do conhecimento em áreas onde as informações sobre o meio físico não estão disponíveis. Ou seja, atendem à situação de prevenção e gerenciamento, citada por Zuquette (1993), e podem estar direcionados a um vetor específico (estradas, erosão, etc) ou estar direcionados a se obter uma visão geral da região investigada.

As definições apresentadas por Zuquette (1993) para este tipo de mapeamento (mapeamento para a prevenção e gerenciamento) expressam a filosofia do método, a saber: a elaboração do mapeamento geotécnico para esta condição atinge melhor seus objetivos quando se considera um grupo abrangente de atributos que retratem as características e variações do meio físico de acordo com o detalhe exigido pela escala e componentes em análise.

O objetivo do mapeamento (específico ou múltiplo) e a escala são definidos no início dos trabalhos.

Como está explícito nestas definições, os atributos do meio físico de interesse para o mapeamento também são definidos a priori, em função do objetivo do trabalho de mapeamento. Zuquette (1987, 1993) e Zuquette e Gandolfi (2004) apresentam tabelas com os atributos que interessam para a geração de cada carta.

O método de mapeamento geotécnico da EESC/USP prevê a quantificação destes atributos em todas as escalas de trabalho, e propõe a densidade de amostragem para a investigação dos atributos constante da Tabela 3.2.

Pejon (1992) e Aguiar (1997) questionam esta densidade, esclarecendo que o número de amostras pode ser reduzido quando se faz uma divisão preliminar dos materiais inconsolidados com base em seus atributos fundamentais e argumentando que o número de observações qualitativas, quantitativas e de amostras está na realidade relacionado ao número de dados de interesse produzidos em outros trabalhos, ao número de unidades de terreno fotointerpretadas, ao tamanho destas unidades (e não da área do projeto) e, principalmente, à variabilidade (vertical e horizontal) dos perfis de alteração de cada uma delas.

Tabela 3.2 - Quantidade mínima de pontos a ser considerada na elaboração de mapeamentos geotécnicos para as escalas adotadas na pesquisa.

Finalidade do mapeamento geotécnico	Escala	Número mínimo de pontos Observados por km ²		
		Atributos		
		Qualitativos		Quantitativos
		Metamórficas e Ígneas	Sedimentares	Geral
Regional	1:50.000	6/5	1/1	3/10
Detalhe	1:10.000	15/1	15/1	10/1

Modificado a partir de Zuquette (1993).

A amostragem, segundo Zuquette (1993) deve ter as seguintes funções:

- investigar o perfil vertical, quando não foi possível defini-lo através dos trabalhos de campo e levantamento de dados pré-existentes. Nesta situação, as amostras devem ser retiradas em locais pré-definidos (áreas-chave), utilizando equipamentos para investigação subsuperficial, como os trados, equipamentos de sondagens e cortes no terreno;
- na caracterização geral ou específica (função da escala) dos materiais constituintes de cada arranjo tridimensional. Neste caso, as amostras podem ser retiradas em cortes, cisternas ou barrancos visitados e selecionados na fase de campo, assim como em áreas-chave.

Com o desenvolvimento dos vários trabalhos de mapeamento pela instituição, consolidou-se o critério de amostragem por perfis típicos de alteração (RODRIGUES, 1996), proposto inicialmente por Souza (1992), em que se retiram amostras para caracterização de cada horizonte dos perfis de alteração típicos da área em estudo.

A realização de amostragem e de ensaios geotécnicos é uma das características que mais distingue este método daquele utilizado pelo IPT. A densidade de amostragem e de ensaios o diferencia do método do detalhamento progressivo, utilizado na UNESP – Rio Claro.

Os ensaios realizados são normalmente de caracterização (granulometria conjunta, massa específica dos sólidos, massa específica seca de campo, limites de Atterberg, mini-MCV, perda de massa por imersão, erodibilidade, adsorção do azul de metileno, compactação proctor normal e infiltração). Propriedades cuja determinação envolve ensaios mais elaborados, por exemplo permeabilidade e colapsividade, são normalmente estimadas através de correlações, como proposto por Zuquette (1987).

Os trabalhos de mapeamento geotécnico desenvolvidos segundo este método caracterizam-se por apresentar vários documentos cartográficos, classificados conforme proposto por Zuquette (1993), em mapas básicos fundamentais, mapas básicos opcionais, mapas auxiliares e cartas derivadas ou interpretativas.

Analisando-se os vários trabalhos de mapeamento geotécnico realizados na EESC/USP com este método, verifica-se que as formas de sobreposição de dados foram as mais variadas.

A título de exemplo, pode-se citar que os trabalhos iniciais, por exemplo aqueles desenvolvidos por Aguiar (1989) e Brollo (1991), realizaram a sobreposição subjetiva dos atributos que participaram da análise e fixaram pesos, também de forma subjetiva, para cada atributo, em função do maior ou menor grau de favorecimento do atributo para o objetivo do documento. Fontes (1999) procedeu de

forma semelhante, porém para a fixação dos pesos dos atributos foi realizada análise estatística da frequência de ocorrência de erosões para cada atributo.

Silveira (2002) utilizou procedimentos matemáticos mais sofisticados (ordenação paritária hierárquica e análise multicriterial) para a atribuição de pesos a cada atributo, estabelecendo assim a importância relativa de cada elemento analisado. Borges (2003) elaborou a carta de zoneamento geotécnico geral por operações de soma (superposição) e generalização dos atributos que apresentavam maior correlação entre si.

Deve-se dizer que este é um aspecto do método que ainda não está consolidado, ou seja, em cada trabalho de mapeamento desenvolvido tem sido adotado um procedimento diferente para a sobreposição dos dados. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem facilitado muito a manipulação dos dados para a realização destas operações sobre mapas.

Quanto à representação cartográfica das unidades geotécnicas, são normalmente utilizados códigos ou tabelas e o número de unidades em um mesmo mapa é bastante variado, podendo atingir várias centenas. Apesar de Zuquette (1987) propor uma padronização das formas de representação das informações nos documentos cartográficos, verifica-se que esta padronização não é rigorosamente seguida, havendo diversas modalidades de legenda e de formas de representação das informações nos documentos cartográficos.

Por outro lado, a afirmação de Borges (2003) resume uma concepção comum a todas as formas de representação das unidades constantes nos documentos cartográficos gerados por este método:

“o mapeamento geotécnico apresenta uma linguagem comum aos profissionais de planejamento urbano e de áreas afins. Por isso, é necessário desvincular o mito de que sua linguagem tem de ser acessível a pessoas de outras áreas que não sejam vinculadas ao mapeamento, embora exista a necessidade de profissionais qualificados que possam utilizar todas as informações pertinentes à geração de um mapeamento geotécnico”.

3.2.2 MÉTODO DO IPT

Este método caracteriza-se como uma ferramenta para o planejamento em nível regional ou local, a depender da escala de trabalho adotada, e tem como pressuposto a aplicação das cartas (NAKAZAWA et al., 1991), ou seja, visa gerar produtos que possam ser utilizados pelo público em geral e de forma imediata.

A maioria dos estudos está voltada para a solução de problemas específicos, por exemplo, incidência elevada de erosões lineares de grande porte ou movimentos de massa, havendo, entretanto, trabalhos de cunho geral, voltados ao planejamento de forma mais ampla. A Tabela 3.3 apresenta alguns dos trabalhos de mapeamento geotécnico executados com este método.

Seus produtos têm um caráter preditivo para regiões próximas às áreas já afetadas por processos geológicos de degradação do meio antrópico e visam, por um lado, fornecer subsídios para evitar o avanço destes processos e, por outro lado, entender o mecanismo que promoveu sua instalação, visando a solução dos problemas.

Na classificação de Zuquette (1993) para os diferentes métodos de mapeamento geotécnico, o método adotado pelo IPT se caracteriza como um mapeamento geotécnico aplicado a problemas existentes (vetor específico). Segundo

este autor, nestes casos, os procedimentos são decorrentes dos tipos de problemas e do inventário dos locais com feições surgidas devido à ocorrência dos fenômenos. Normalmente os trabalhos desenvolvidos sob esta modalidade de mapeamento são realizados em tempo relativamente curto e com pequenas taxas de amostragem e ensaios laboratoriais.

Tabela 3.3 - Trabalhos de mapeamento geotécnico executados pelo IPT

Título	Escala	Ano
Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente, SP	1:5.000	1979
Carta Geotécnica da Grande São Paulo	1:50.000	1985
Carta Geotécnica do Município de São Paulo	1:25.000 / 1:10.000	1985
Carta Geotécnica do Guarujá, SP	1:20.000	1989
Carta Geotécnica de Ubatuba, SP	1:25.000	1990
Carta Geotécnica de Campo Grande, MS	1:25.000	1990
Carta Geotécnica de Cuiabá, MT	1:25.000	1991
Prevenção da Erosão Urbana e Conservação dos Recursos Hídricos, Bauru, SP	1:20.000	1991
Carta Geotécnica de Petrópolis, RJ	1:50.000 / 1:20.000 / 1:10.000	1992
Carta Geotécnica do Estado de São Paulo	1:500.000	1994
Carta Geotécnica de Itapeperica da Serra, SP	1:25.000	1995
Mapa de Erosão do Estado de São Paulo	1:1.000.000	1995
Carta Geotécnica de São José dos Campos, SP	1:50.000 / 1:25.000	1996
Carta Geotécnica de Mococa, SP	1:50.000	1997
Carta Geotécnica de Mogi Mirim, SP	1:25.000	1998

Fontes: Prandini et al. (1995) e Zaine (2000).

Esta afirmação é corroborada por Nakazawa, Freitas e Diniz (1994), que colocam como conceitos e premissas básicas do método:

- partir dos problemas significativos presentes no território e daí para suas condicionantes mapeáveis;

- estabelecer uma fisiografia do desempenho, que integre os processos do meio físico e as formas usuais de ocupação;
- concentrar esforços na coleta objetiva e orientada de dados, voltados para definir unidades de terreno de mesmo comportamento, de modo que correspondam, diretamente, a distintas práticas de prevenção e correção;
- superar o determinismo “ingênuo” da maior parte das “aptidões”, valendo-se do arsenal de técnicas disponíveis para maximização de opções plausíveis de usos do solo.

Como indicam estas premissas, os atributos do meio físico de interesse para o mapeamento não estão definidos a priori. Eles são determinados nas primeiras etapas dos trabalhos, através da análise e entendimento dos processos já instalados. De acordo com Freitas (CCGG, 2004), o levantamento de dados é feito direcionado à busca de informações realmente necessárias para responder às questões de caracterização e análise dos processos estabelecidos.

O método só prevê a quantificação destes atributos, através de ensaios de campo ou laboratório, em casos eventuais, em que o fenômeno deflagrador da degradação não esteja totalmente compreendido.

Conforme Prandini et al. (1995), o método adotado pelo IPT caracteriza-se pelos seguintes passos: prévio estabelecimento de um modelo que expresse o conjunto de recursos e problemas; o conhecimento das causas e condicionantes das características e dos fenômenos; a investigação dirigida através das evidências acessíveis e, ainda, o uso intensivo de todo o universo de dados disponíveis.

Uma característica marcante dos trabalhos de mapeamento geotécnico realizados pelo IPT é a análise do uso e ocupação do solo, tanto atuais quanto passados, como um dos fatores para a divisão da área em unidades homogêneas.

Com relação a este aspecto, é interessante citar a argumentação de Prandini, Freitas e Dantas (1989), com relação à elaboração da Carta Geotécnica do Município de Guarujá:

“... estabelecendo-se como objetivo o bom desempenho da cidade, são fundamentais algumas ações, como a identificação das solicitações e modificações temporárias e permanentes impostas ao meio físico pelo processo de urbanização, enquanto componente básico e indissociável da cidade. A identificação dessas solicitações é a ação que permite definir, entre os inúmeros atributos do meio físico, quais aqueles que podem condicionar as respostas às solicitações impostas pela urbanização.

Áreas já em processo de ocupação e com problemas relativos ao meio físico já manifestos, por vezes até crônicos, são um inestimável laboratório que permite uma definição mais rápida e objetiva dessas características.”

De acordo com Nakazawa et al. (1991), a determinação dos compartimentos homogêneos no método do IPT pode ser realizada segundo a maior probabilidade (ou expectativa) de ocorrência de problemas, ou, mais restritamente, quanto às características de interesse (atributos e parâmetros), ou, ainda, mais interpretativamente, unidades homogêneas quanto à aptidão a determinada forma de uso e ocupação.

As cartas produzidas apresentam normalmente um número reduzido de unidades (até 20 unidades). Além disso, as unidades são nomeadas e têm suas aptidões apresentadas no próprio mapa. A apresentação das aptidões se faz comumente através dos quadros-síntese, onde são descritas as características geológico-geotécnicas de cada unidade, os aspectos legais pertinentes, os problemas

existentes e/ou esperados e as recomendações e/ou restrições quanto ao uso do solo (PAULA; CERRI, 2004).

Os quadros-síntese facilitam a comunicação das informações ao público não-especialista. Segundo Nakazawa, Freitas e Diniz (1994), o enfoque dado a tais recomendações corresponde à superação de análises correntes que classificam terrenos, definitivamente, como impróprios ou inaptos a um ou outro tipo de uso.

Segundo o autor, estas formas restritivas de análise quase sempre desconsideram o emprego de técnicas de enfrentamento existentes e, principalmente, sua evolução, além de ignorar variáveis socioeconômicas determinantes como, por exemplo, a preexistência de infra-estrutura regional e local. Estas variáveis podem tornar terrenos tidos originalmente como impróprios (especialmente se considerados apenas os aspectos do meio físico), em terrenos viáveis para ocupação com o emprego de recursos tecnológicos disponíveis.

3.2.3 MÉTODO DO DETALHAMENTO PROGRESSIVO – UNESP – RIO CLARO

Esta metodologia foi proposta inicialmente por Cerri et al. (1996) para utilização em áreas urbana e de expansão urbana. Os autores reconhecem que a realização de trabalhos de cartografia geotécnica com abordagem em diferentes escalas não era novidade, quando da proposição do método, porém os autores foram os primeiros a apresentar esta técnica organizada como uma sistemática de mapeamento e com ênfase para áreas urbanas.

A filosofia seguida pelo Método do Detalhamento Progressivo é a de que as avaliações mais genéricas devem apontar as necessidades seguintes, de modo a obter as avaliações mais precisas, onde necessário, sem perder uma consideração de contorno regional e sem desperdiçar esforços. Cerri et al. (1996) argumentam que este método permite uma melhor relação entre os resultados obtidos com a realização de ensaios e o comportamento geotécnico das diferentes unidades individualizadas.

Assim sendo, o método do detalhamento progressivo caracteriza-se como uma ferramenta para o planejamento em nível regional (1:50.000 ou 1:25.000), que avança para o nível local (1:25.000 ou 1:10.000) e evolui para o nível de detalhe (1:5.000 ou maior), conforme se identificam na área de estudo os problemas que devem ser objeto de detalhamento.

Os estudos inicialmente não estão voltados para a solução de problemas específicos, mas para uma análise ampla das condições que podem desencadear os processos de degradação do meio físico (escalas 1:50.000 ou 1:25.000 – 1ª etapa).

Na 2ª etapa ou etapa intermediária (escalas 1:25.000 ou 1:10.000), os estudos evoluem para a caracterização de problemas específicos detectados na área objeto dos estudos regionais.

Na 3ª etapa, ou etapa de detalhe, os estudos evoluem para uma caracterização detalhada do meio físico, visando levantar os dados necessários para a implantação de um novo empreendimento, sanar problemas instalados ou elaborar projetos de engenharia.

Como exemplo das possíveis aplicações para a etapa de detalhe, Cerri et al. (1996) citam estudos de:

- alternativas para a redução de conflitos do uso urbano do solo;
- estabelecimento de medidas e ações para a redução de riscos geológicos identificados;
- diretrizes para a recuperação ou reabilitação de áreas degradadas por ocupação inadequada;
- alternativas para eliminar a ação de agentes poluidores dos recursos hídricos;
- seleção de áreas mais adequadas para a disposição de resíduos urbanos e industriais;
- caracterização de áreas de exploração de minerais não metálicos para uso na indústria e na construção civil
- alternativas para o adequado aproveitamento das águas superficiais e subterrâneas para uso urbano e industrial;
- diretrizes técnicas para o abastecimento e expansão da ocupação urbana ao nível local.

Este método tem um caráter de previsão e diagnóstico em nível regional, e de levantamento de mecanismos desencadeadores e obtenção dos demais parâmetros do meio físico necessários à solução de problemas específicos em nível local. O processo do meio físico que será objeto do mapeamento na 2ª e 3ª etapas não está definido a priori.

Segundo Cerri et al. (1996), os dados básicos do meio físico (atributos) que devem ser utilizados para o mapeamento pelo Método do Detalhamento Progressivo são os mesmos contemplados nas metodologias mais usuais, a saber: EESC/USP e IPT. Deve-se somar a estes dados aqueles referentes ao uso do solo, aos processos geológicos naturais e induzidos registrados na área e, ainda, aqueles particulares a cada estudo temático específico associado à etapa de detalhe.

A metodologia prevê apenas a qualificação dos atributos, sem quantificação, para a escala regional, com densidade de 1 amostragem por km² na escala 1:25.000. Nos níveis de abordagem local e de detalhe, a qualificação e a quantificação dos atributos tornam-se progressivamente mais presentes e determinantes.

As cartas produzidas apresentam um número reduzido de unidades, cerca de uma dezena. As unidades são nomeadas e têm suas aptidões apresentadas na própria carta, através de quadros-síntese.

A título de exemplo pode-se citar o trabalho de Zaine (2000), aplicado à área urbana de Rio Claro- SP que, na fase de detalhe, estudou a implantação de um posto de combustíveis na área urbana, na escala 1:500, o trabalho desenvolvido por Candido (2004), em Estiva Gerbi-SP, que na etapa de semi-detalhe, identificou os rejeitos de mineração como unidades geotécnicas, na escala 1:10.000 e o trabalho desenvolvido por Pereira (2006), na bacia do Rio Bacanga (área urbana de São Luiz – MA) que, na etapa de semi-detalhe, estudou a contaminação das águas na bacia de contribuição para o reservatório que abastece a cidade, na escala 1:10.000.

No trabalho de Abreu, Augusto Filho e Hirai (2006), é realizada uma comparação entre estes três métodos de mapeamento, que resultou na definição do

método de mapeamento aplicado neste trabalho de pesquisa e apresentado no Capítulo 4.

3.3 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO APLICADO AOS PLANOS DIRETORES

A Constituição Federal de 1988 coloca em seu artigo 182 que a política de desenvolvimento urbano deve ser executada pelo poder Público Municipal, tendo como objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (BOTTARI, 2005).

O Estatuto da Cidade (BRASIL, LEI nº 10.257) vem regulamentar os artigos.182 e 183 da Constituição Federal de 1988, que norteiam o capítulo relativo à Política Urbana, e fixa como princípio fundamental a função social da cidade e da propriedade urbana (INSTITUTO CIDADE, 2006a).

Outrossim, Rolnik (2003, apud LEONELLI, 2003), afirma que a gestão da qualidade do ambiente em áreas urbanas fica fortemente dependente da capacidade de iniciativa e de intervenção da administração em nível local, sendo o município o grande regulador da ocupação urbana. De acordo com este autor, a flexibilização de parâmetros urbanísticos exigidos no parcelamento do solo urbano com as alterações na Lei Federal 6766/79 pela Lei Federal 9785/99 acentuam a autonomia dos municípios para a execução de sua política urbana própria. Segundo Bottari (2005), o Plano Diretor é um dos instrumentos básicos do planejamento municipal e dele partem as definições dos objetivos para a ocupação do município como um todo e a escolha das estratégias que possibilitarão a implementação destes objetivos.

O Estatuto da Cidade (BRASIL, LEI nº 10.257) estabelece em seu artigo 40, parágrafo 2º, que o Plano Diretor deve abranger a totalidade do território do município – áreas urbanas e rurais.

Esta situação justifica a aplicação do mapeamento geotécnico dentro dos limites territoriais de um município e a ênfase ao fornecimento de embasamento técnico para a elaboração do Plano Diretor, como proposto neste trabalho de pesquisa.

A obrigatoriedade de elaboração ou revisão do Plano Diretor fica estabelecida, no artigo 41 do Estatuto das Cidades (INSTITUTO CIDADE, 2006a), para os municípios:

- com mais de vinte mil habitantes;
- integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas;
- onde o Poder Público municipal pretenda utilizar os instrumentos previstos no § 4º do art. 182 da Constituição Federal;
- integrantes de áreas de especial interesse turístico;
- inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.

De acordo com Rolnik e Pinheiro (2004), embora possam não sofrer na mesma escala os problemas urbanos dos grandes centros e não sejam obrigados por força de lei a elaborar seus planos diretores, os pequenos municípios seguramente sofrem com a falta de definição de diretrizes e instrumentos para orientar seu desenvolvimento e, portanto, não devem abrir mão de construir seu referencial para

cuidar do seu território e orientar o desenvolvimento urbano. Mais que isso, todos os municípios têm por atribuição constitucional a responsabilidade de exercer o controle sobre o uso e ocupação do solo e criar condições para o desenvolvimento sustentável e mais justo do seu território.

Segundo os mesmos autores, o Estatuto da Cidade prevê um conjunto mínimo de diretrizes, comuns a todos os planos diretores, independente do porte do município. O plano diretor deve contemplar, pelo menos, a delimitação da zona urbana e rural; estabelecer em que áreas o município pode crescer em termos construtivos e também populacionais (adensamento construído e populacional); identificar áreas de risco ou muito vulneráveis (como encostas íngremes, áreas inundadas ou áreas de mangue); reservar espaços de preservação ambiental e de desenvolvimento das potencialidades municipais; valorizar o patrimônio cultural, reservar terrenos para produzir moradia digna para a população de baixa renda e prever instrumentos para regularizar as moradias e a economia informal.

O Instituto Cidade (2006 b,c,d,e) propõe as seguintes etapas para a elaboração de um plano diretor:

- 1) Compreensão da realidade local: levantamento e ordenação de dados primários e secundários, através da espacialização de todos os elementos existentes, tais como: a) caracterização físico-territorial - aspectos geográficos, fundiários, de preservação ambiental, de organização territorial, de uso do solo, lazer e de serviços públicos; b) caracterização sócio-econômica - aspectos demográficos, habitacionais, de equipamentos públicos, empregos e setores de atividades econômicas; c) caracterização

Institucional - divisão política-administrativa, legislação, interferências institucionais.;

- 2) Composição do quadro diagnóstico: análise e interpretação das informações de demografia, recursos naturais, sistema viário, transporte coletivo e equipamentos públicos; gerar mapas temáticos de uso do solo, evolução ocupacional, geomorfologia, recursos naturais, estrutura viária, centralidades.
- 3) Montagem do quadro propositivo: elaboração do plano diretor, o que exige o completo conhecimento da realidade, assim como familiaridade com as expectativas da população. Esta proposta servirá de elemento base para discussão nas oficinas propositivas. Das negociações decorrentes e após elaboração técnica, são gerados os produtos preliminares, que incluem as plantas do Plano Diretor e o texto inicial do anteprojeto de Lei.
- 4) Apresentação à população: os produtos da etapa anterior são apresentados e discutidos com a população, a partir do que são incorporadas eventuais revisões. Em seguida, são efetuados os trabalhos de detalhamento e descrições de perímetros, operações urbanas e instrumentos do Estatuto da Cidade. Seu resultado final é um conjunto consistente de peças gráficas e escritas, em condição de encaminhamento à Câmara de Vereadores para análise e aprovação.
- 5) Legitimação dos trabalhos: esta etapa corresponde à discussão do projeto de lei com os representantes da sociedade civil e do poder legislativo, através de audiências públicas e debates na Câmara de Vereadores, aos

procedimentos de ajustes dos produtos gráficos e escritos, à confecção dos elementos analíticos e à redação final do texto destinado à aprovação.

A aprovação do Projeto de Lei do Plano Diretor coroará o desenvolvimento dos trabalhos.

A execução de um trabalho de mapeamento geotécnico, como o que é objeto da presente dissertação, se insere na primeira e na segunda etapas deste processo.

Dentre os mapas temáticos cuja elaboração é sugerida por Rolnik e Pinheiro (2004) para estas duas fases do processo de desenvolvimento do Plano Diretor, destaca-se aqueles para os quais o mapeamento geotécnico pode trazer contribuições. Para áreas urbanas podem ser citados:

- a) mapas temáticos sobre o território, para visualizar os fatores condicionantes e as potencialidades físico-ambientais (geomorfologia, clima, hidrografia, vegetação, solos, dentre outros), visando:
 - a.1) identificar as áreas mais expressivas para a preservação ambiental, a começar pelas unidades de conservação ambiental, já estabelecidas pelo Município, Estado e União, para atividades rurais do município e para proteção de mananciais;
 - a.2) mapear riscos para ocupação urbana – Identificar as áreas de risco de escorregamento, erosão, inundação, contaminação do subsolo ou outros fenômenos desse tipo e as áreas degradadas que exijam ações especiais de recuperação;
- b) mapas de uso do solo, indicando a ocupação atual do território: atividades e formas de uso e ocupação do solo já existentes, formais e informais,

regulares ou não, vazios urbanos e zona rural, áreas habitacionais, indicando diferentes padrões existentes na cidade, áreas com edificações de maior altura, densidades habitacionais, morfologias.

Com relação às áreas rurais, destacamos:

- a) as áreas com importantes recursos naturais preservados;
- b) as áreas com importantes recursos naturais preservados e com capacidade de recuperação;
- c) o passivo ambiental;
- d) o perfil do solo do ponto de vista geotécnico e da produção agrícola;
- e) os loteamentos clandestinos classificados segundo sua estrutura fundiária, condições urbanísticas e perfil sócio-econômico;
- f) os condomínios residenciais fechados, formais e clandestinos;
- g) a presença ou não de indústrias poluidoras;

Além disso, segundo os autores, no macrozoneamento rural é importante identificar áreas com solos, topografia, acessibilidades e infra-estruturas adequadas para as diversas formas de produção agropecuária, extração vegetal, exploração mineral, usos não agrícolas como turismo, chácaras de veraneio, moradias permanentes, dentre outras.

Os trabalhos de mapeamento geotécnico desenvolvidos com o método proposto nesta dissertação podem gerar informações sobre estes aspectos e fornecer o embasamento técnico para a elaboração de planos diretores.

4. MÉTODO UTILIZADO NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Dentre os princípios apresentados por Descartes (de acordo com MAGALHÃES, 2005) para a resolução de problemas, dois são de especial interesse para a realização desta pesquisa:

- dividir um problema em partes, ou o que se pode chamar de análise do problema; e
- começar a resolução do problema pela parte mais simples e ir aos poucos até os assuntos mais complexos, o que se pode assimilar à síntese.

Como exposto em Abreu, Augusto Filho e Hirai (2006), pode-se dizer, de forma geral, que há duas grandes linhas de abordagem para a realização do mapeamento geotécnico: a abordagem sintética e a abordagem analítica. Na abordagem analítica, o meio físico é subdividido em suas partes componentes (atributos). Estas partes são mapeadas e entendidas e, posteriormente, reagrupadas para compor o todo. Na abordagem sintética, o meio físico é entendido como um conjunto indissociável de fatores e sua dinâmica e inter-relação é analisada de forma integrada, sendo as causas dos fenômenos identificadas à medida em que se entende o conjunto de processos instalados na área de estudo.

A revisão bibliográfica permitiu o estabelecimento das diferenças e semelhanças existentes entre os métodos de mapeamento geotécnico mais utilizados no Estado de São Paulo, a saber: o Método da EESC/USP e o Método do IPT, bem como as características do Detalhamento Progressivo. Estas diferenças e semelhanças foram expostas em Abreu, Augusto Filho e Hirai (2006). Constatou-se

que o método de mapeamento geotécnico adotado pela EESC/USP caracteriza-se como uma abordagem analítica, enquanto que o método do IPT caracteriza-se como de síntese. Quanto ao método do Detalhamento Progressivo, adotado principalmente pela UNESP - Rio Claro, a análise dos trabalhos de mapeamento que já foram desenvolvidos mostra que ele guarda mais afinidades com o método do IPT.

Com base nestas observações e buscando reunir os aspectos considerados positivos dos três métodos, foi aplicado um método misto de mapeamento geotécnico, cujo fluxograma é apresentado na Figura 4.1.

4.1 ETAPA 1: LEVANTAMENTO DOS DADOS EXISTENTES

A revisão bibliográfica realizada teve como objetivo o levantamento dos dados do meio físico já disponíveis para a área, inclusive trabalhos de cartografia geotécnica realizados anteriormente na região, em escala regional ou abrangendo apenas parte do Município.

Nesta etapa foram também levantadas as restrições legais que recaem sobre a área municipal, tais como Áreas de Proteção Permanente (APPs), Áreas de Proteção Ambiental (APAs), delimitação de Áreas de Expansão Urbana, etc.

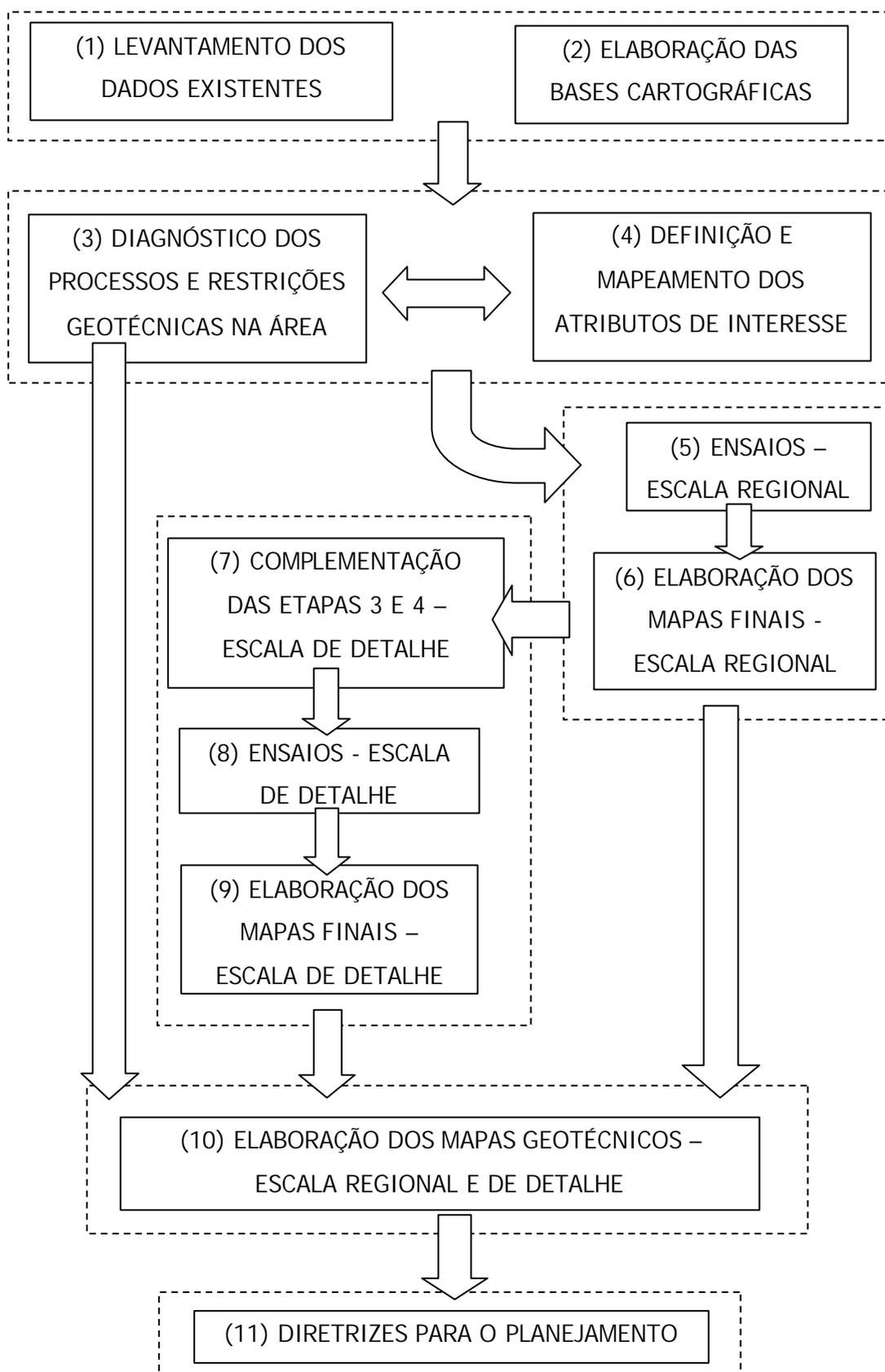


Figura 4.1. Fluxograma do método aplicado.

4.2 ETAPA 2: ELABORAÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS

O método aplicado utiliza diferentes escalas de trabalho, permitindo otimizar recursos na medida do necessário, conforme o quadro diagnóstico da área vai se formando.

A Etapa 2 envolveu a preparação da base cartográfica do trabalho para a escala regional, que no caso estudado foi 1:50.000. Para preparação desta base cartográfica foram utilizadas as folhas topográficas SF-23-Y-A-I-2, Corumbataí e SF-23-Y-A-I-1, São Carlos, ambas na escala 1:50.000 e elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1971.

Para o traçado das estradas secundárias, foram tomados pontos com equipamento do sistema Global Positioning System (GPS) durante a realização dos trabalhos de campo.

Na Etapa 7 dos trabalhos de mapeamento foi elaborada a base topográfica na escala de detalhe, utilizando-se para tal as folhas topográficas SF-23-Y-A-I-2-NO-F, Analândia I, e SF-23-Y-A-I-2-SO-B, Analândia II, ambas na escala 1:10.000 e elaboradas pela Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo em 1979, que foram escaneadas, georeferenciadas e vetorizadas.

Para complementação e atualização da malha urbana foi utilizado o levantamento aerofotogramétrico realizado pela empresa Base Aerofotogrametria e Projetos Ltda, na escala 1:30.000, de julho de 2006. Para georreferenciamento destas imagens foram tomados pontos em campo com GPS.

Os limites da Área de Expansão Urbana foram traçados com base nas leis municipais número 743, de 1979 e número 1.105, de 25 de novembro de 1993.

Os elementos das bases topográficas, geradas no programa Autocad v.2002, foram importados para o programa ArcView v.3.2 e utilizados como base para os mapas elaborados neste trabalho de pesquisa.

4.3 ETAPAS 3 E 4: AQUISIÇÃO DE DADOS SOBRE O MEIO FÍSICO

Estas duas Etapas são conduzidas paralelamente e de forma complementar. A Etapa 3 compreende a aplicação do método sintético, buscando-se diagnosticar os processos instalados na área e quais seus condicionantes e a Etapa 4 compreende a aplicação do método analítico, mapeando-se, de forma isolada, os atributos do meio físico de interesse à geotecnia. Os procedimentos seguidos em cada uma destas Etapas são apresentados a seguir.

4.3.1 ETAPA 3: DIAGNÓSTICO DOS PROCESSOS E RESTRIÇÕES GEOTÉCNICAS NA ÁREA

Foi realizado um primeiro trabalho de fotointerpretação, utilizando-se para tal o levantamento aerofotogramétrico realizado pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, ano de 1962, na escala 1:25.000, Coleção Prospec – Levantamentos, Prospecções e Aerofotogrametria S/A e aquele realizado pelo IBC-GERCA em 1972 na escala 1:25.000, Serviço Aerofotogramétrico da Cruzeiro do Sul S/A.

Esta fotointerpretação inicial visou a identificação preliminar dos processos geológicos que podem ser acompanhados por fotos aéreas nesta escala, para programação do primeiro trabalho de campo.

O primeiro trabalho de campo teve como objetivos a familiarização com os acessos da área e a verificação do estado atual de evolução dos processos identificados nas fotos aéreas. Foram observados os tipos e dimensões dos processos em andamento, as causas prováveis, se encontram-se ativos ou estabilizados, e se houve alteração em relação ao que se observa nas fotos aéreas das décadas de 1960 e 1970.

Com base nas observações colhidas neste primeiro trabalho de campo foi realizada a delimitação dos processos e feições que ocorrem na área, através de nova fotointerpretação.

Para constatação do estado de evolução atual dos processos foi estudada uma área de 97 km², apresentada no Mapa de Documentação (Apêndice D.1), para a qual foram interpretadas as fotografias aéreas na escala 1:30.000, de julho de 2006, da empresa Base Aerofotogrametria e Projetos Ltda.

Nos trabalhos de campo seguintes a ênfase foi no mapeamento dos atributos de interesse, como apresentado no item 4.3.2. A observação dos processos instalados foi realizada ocasionalmente apenas.

As feições novas (inexistentes em 1962/1972) localizadas fora da área de cobertura das fotos aéreas de julho de 2006, que foram identificadas nos trabalhos de campo, também são apresentadas no mapa de documentação.

4.3.2 ETAPA 4: DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS DE INTERESSE

Nesta Etapa, foi definida a distribuição cartográfica dos atributos do meio físico considerados de interesse para a elaboração do Mapa Geológico-geotécnico do Município de Analândia, a saber: substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividades e uso do solo. Os produtos finais desta Etapa são os mapas definitivos dos atributos substrato rochoso, declividades e uso do solo, na escala regional, e o mapa preliminar do atributo materiais inconsolidados, na mesma escala.

4.3.2.1 MAPAS DO SUBSTRATO ROCHOSO E DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Inicialmente foi realizado um trabalho de fotointerpretação, utilizando-se para tal o levantamento aerofotogramétrico realizado pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, ano de 1962, na escala 1:25.000, Coleção Prospec – Levantamentos, Prospecções e Aerofotogrametria S/A e aquele realizado pelo IBC-GERCA em 1972 na escala 1:25.000, Serviço Aerofotogramétrico da Cruzeiro do Sul S/A. Esta fotointerpretação inicial visou a delimitação das unidades de terreno da área (conceito de landforms, como proposto por LOLLO, 1996), para programação dos trabalhos de campo voltados ao mapeamento de atributos.

Nos trabalhos de campo foram realizadas observações em cortes e leitos de estradas e em edificações, pedreiras e extrações minerais ativas e inativas e erosões. Em cada ponto foram verificadas as características dos perfis de materiais

inconsolidados e dos afloramentos de rocha, bem como sua relação com o relevo local, especialmente sua posição na vertente.

Para a delimitação dos atributos em escala regional foram descritos 111 pontos de observação (densidade de 0,34 pontos por quilômetro quadrado ou 1 ponto para cada 3 quilômetros quadrados). No Apêndice A estão relacionadas as coordenadas UTM dos pontos descritos em campo, e sua localização em planta consta do Mapa de Documentação (Apêndice D.1).

No Apêndice A também é apresentado o modelo de ficha de descrição de campo adotado nesta pesquisa. Os materiais inconsolidados foram caracterizados segundo o arranjo dos diversos horizontes nos perfis, a análise táctil-visual, a cor, a espessura, a presença de linhas de seixos e a origem.

O objetivo foi identificar os perfis típicos de materiais inconsolidados da área, considerando-se um perfil típico como a seção vertical ideal, elaborada a partir da generalização das informações obtidas de fontes diversas, que organiza as camadas de materiais inconsolidados e indica intervalos de espessura típicos para aquele material em determinada posição topográfica (ALMEIDA, 2000). Para sua classificação foi utilizada a subdivisão principal proposta por Vaz (1996): materiais retrabalhados e materiais residuais.

Os materiais residuais são aqueles originados pela ação do intemperismo físico e químico sobre as rochas e que permaneceram no local onde foram formados, ou seja, não sofreram nenhum transporte. Para a classificação dos horizontes do perfil de materiais inconsolidados residuais foram utilizados os termos propostos por Vargas (1953, apud VAZ, 1996), que são:

- solo residual maduro (SRM), correspondente à camada de solo mais desenvolvido, onde não se percebem mais estruturas da rocha original; esses solos são caracterizados pela homogeneidade de suas propriedades, por exemplo cor e textura. A porção mais superficial deste horizonte pode se encontrar enriquecida em matéria orgânica, tendo normalmente cor mais escura e sendo denominada horizonte orgânico.
- solo residual jovem (SRJ), que ocorre normalmente sob o SEM; nesse horizonte ainda se distinguem estruturas da rocha mãe, tais como fraturas ou estruturas singenéticas; as propriedades são heterogêneas e a rocha encontra-se bastante alterada física ou quimicamente; em um perfil completo o SRJ estaria localizado sobre a camada de rocha extremamente alterada.

Os materiais inconsolidados retrabalhados são aqueles que sofreram algum tipo de transporte e deposição, não se encontrando atualmente na posição em que atuaram os processos que originaram as partículas que os compõem. Estes materiais foram classificados de acordo com o processo de formação, conforme proposto por Vaz (1996):

- aluviões: constituídos por materiais que foram erodidos, retrabalhados, transportados pelos cursos d'água e depositados em seus leitos e margens ou em lagos e lagoas, sempre associados a ambientes fluviais.
- colúvios: são os depósitos de materiais soltos, usualmente encontrados no sopé de encostas e que foram transportados, principalmente, pela ação da gravidade;

- tálus: são os depósitos de materiais soltos, usualmente encontrados no sopé de encostas íngremes e que foram transportados pela ação da gravidade.

Os afloramentos de rochas foram caracterizados segundo a relação de contato com o material inconsolidado e das litologias entre si, e com a descrição das litologias (textura, estrutura, tipo litológico, grau de coerência e de alteração, conforme Tabelas 4.1 e 4.2).

O traçado das unidades foi realizado com base nas informações colhidas nos trabalhos de campo, na interpretação das fotografias aéreas, na interpretação dos resultados dos ensaios e das compartimentações da área realizadas por outros profissionais, em trabalhos anteriores (principalmente NISHIYAMA, 1991, GONÇALVES, 1993, ZUQUETTE, 1981, VOLKMER, 1993) e no Mapa das Formações Geológicas de Superfície, escala 1:50.000, da folha SF-23-Y-A-I-2 (Corumbataí), publicado pelo Instituto Geológico da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo em 1984.

Tabela 4.1 - Grau de alteração das rochas.

Siglas	Denominações	Características da rocha
RS	Rocha sã ou praticamente sã	Apresenta minerais primários sem vestígios de alterações ou com alterações físicas e químicas incipientes. Neste caso, a rocha é ligeiramente descolorida.
RAD	Rocha medianamente alterada	Apresenta minerais medianamente alterados e a rocha é bastante descolorida.
RAM	Rocha muito alterada	Apresenta minerais muito alterados, por vezes pulverulentos e friáveis.
REA	Rocha extremamente alterada	Apresenta minerais totalmente alterados e a rocha é intensamente descolorida, gradando para cores de solo.

Modificado de IPT (1984, apud SERRA JUNIOR; OJIMA, 1998)

Tabela 4.2 - Grau de coerência das rochas.

Siglas	Denominações	Características da rocha
C1	Rocha coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos de bordas cortantes. Superfície dificilmente riscável por lâmina de aço. Somente escavável a fogo.
C2	Rocha medianamente coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. Superfície riscável por lâmina de aço. Escavável a fogo.
C3	Rocha pouco coerente	Quebra com facilidade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos que podem ser partidos manualmente. Superfície facilmente riscável por lâmina de aço. Escarificável.
C4	Rocha incoerente	Quebra com a pressão dos dedos, desagregando-se. Pode ser cortada com lâmina de aço. Friável e escavável com lâmina.

Extraído de Guidicini et al. (1972, apud SERRA JUNIOR; OJIMA, 1998)

4.3.2.2 MAPA DE DECLIVIDADES

O mapa de declividades regional foi gerado a partir das bases topográficas na escala 1:50.000, utilizando-se as rotinas do programa ArcView versão 3.2. As curvas de nível digitalizadas foram inseridas como um dos planos de informação (PI) vetorial. Este PI foi transformado em informação raster, na forma de um grid com malha de 25 metros, de forma a se obter a rede irregular de triângulos (modelo TIN). A partir desta rede, a rotina "derive slope" calculou a máxima variação (declividade) entre os centros dos triângulos, gerando uma malha contínua de dados de declividade.

Foram adotadas as classes de declividade sugeridas por Klingebiel e Montgomery (1961, apud SALOMÃO; IWASA, 1995), pois estas refletem situações de

interesse para o planejamento de práticas de conservação do solo em área de uso agrícola, como convém para a elaboração do plano diretor do município de Analândia. A classe de declividades superiores a 20 % foi subdividida para refletir os processos de movimentos de massas em que predomina a ação da gravidade.

Na Tabela 4.3 são apresentadas as classes de declividades adotadas e os comportamentos esperados com relação a alguns processos geológicos.

Tabela 4.3 - Classes de declividades adotadas para o mapeamento em escala regional.

Classe de declividade	Comportamento esperado
0 a 3%	Não susceptível à erosão, sem MMG
3 a 6%	Baixa susceptibilidade à erosão, sem MMG
6 a 12%	Moderada susceptibilidade à erosão, sem MMG
12 a 20%	Moderada a alta susceptibilidade à erosão, sem MMG
20 a 30%	Alta susceptibilidade à erosão, com MMG
30 a 60%	Alta susceptibilidade à erosão, com MMG
Maior que 60%	Baixa susceptibilidade à erosão, com MMG

MMG = Movimento de massa gravitacional

Modificado a partir de Klingebiel e Montgomery (1961, apud SALOMÃO; IWASA, 1995).

4.3.2.3 MAPA DE USO DO SOLO

Para a escala regional, foi utilizada a classificação do uso do solo realizada por Ferreira (2005). Esse autor realizou a classificação supervisionada da imagem TM Landsat de 21 de março de 2001, para geração de um mapa de uso do solo do Município de Analândia.

A confrontação deste mapa com os aspectos de uso do solo observados durante a realização dos trabalhos de campo e com a imagem TM Landsat obtida em

27 de abril de 2002 levou-nos à conclusão de que o uso do solo não se alterou significativamente neste período.

Ainda com relação ao uso do solo em escala regional, foi realizado o levantamento junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), através do Cadastro Mineiro, disponível em <https://sistemas.dnpm.gov.br/sicom/resultado.asp>, dos processos relativos à exploração mineral que abrangem áreas do Município de Analândia.

Como exposto adiante, o Mapa de Uso do Solo na escala regional não foi utilizado como plano de informação para a delimitação das unidades geotécnicas. Ele só foi utilizado como plano de informação para a elaboração das diretrizes para o planejamento do uso do solo. Entretanto, a elaboração deste mapa na Etapa de delimitação de atributos (Etapa 4) é essencial para a identificação das áreas de concentração de conflitos de uso e/ou das demandas em relação aos atributos geológico-geotécnicos do meio físico, que são determinantes para a definição das áreas que devem ser mapeadas em escala de detalhe.

4.4 ETAPA 5: ENSAIOS – ESCALA REGIONAL

Foram realizados os seguintes ensaios para caracterização das unidades de materiais inconsolidados: granulometria conjunta (NBR-7181/84), com a utilização do hexametáfosfato de sódio como defloculante, determinação da massa específica dos sólidos (NBR-6508/84), determinação dos limites de consistência (NBR-6459/84 e NBR-7180/84) e o ensaio de determinação da massa específica seca do material

(ZUQUETTE, 1987). Por correlação foram calculados o índice de vazios e o grau de saturação dos materiais ensaiados.

Também foi calculado o índice de atividade das argilas, a partir da seguinte fórmula:

$$IA = IP / \% \text{ arg}$$

Onde,

IA = índice de atividade da argila (adimensional)

IP = índice de plasticidade (%)

% arg = porcentagem de argila, determinada no ensaio de granulometria conjunta.

4.5 ETAPA 6: ELABORAÇÃO DOS MAPAS FINAIS – ESCALA REGIONAL

A distribuição dos diferentes tipos de materiais inconsolidados, proposta no mapa preliminar foi analisada, em função dos resultados dos ensaios de caracterização e foi elaborado o mapa final de materiais inconsolidados na escala 1:50.000.

4.6 ETAPA 7: COMPLEMENTAÇÃO DAS ETAPAS 3 E 4 – ESCALA DE DETALHE

A área abrangida pelo área de expansão urbana foi escolhida como aquela em que a execução do mapeamento geotécnico em escala de detalhe era mais

importante. Em vista disso, os trabalhos de diagnóstico dos processos instalados (Etapa 3) e de mapeamento dos atributos (Etapa 4) foram complementados.

As técnicas utilizadas para o diagnóstico dos processos instalados foram descritas no Item 4.3.1.

Para a delimitação dos atributos substrato rochoso e materiais inconsolidados em escala de detalhe foram utilizados os procedimentos descritos no Itens 4.3.2.1.

Visando o detalhamento necessário ao aumento da escala, no trabalho de fotointerpretação foi realizada a delimitação de elementos de terreno na área de expansão urbana, como proposto por Lollo (1996).

Nos trabalhos de campo foram descritos 47 pontos de observação (densidade de 6,5 pontos por quilômetro quadrado). No Apêndice A estão relacionadas as coordenadas UTM dos pontos descritos em campo, e sua localização em planta consta do Mapa de Documentação (Apêndice D.8).

O mapa de declividades foi gerado a partir das bases topográficas na escala 1:10.000, utilizando-se os procedimentos descritos no Item 4.3.2.2. O grid utilizado para transformação das informações vetoriais em informações raster teve malha de 5 metros.

Para subdivisão das classes de declividades buscou-se considerar o uso urbano, apoiando-se a subdivisão das unidades nas discussões apresentadas por Costa (1996) e por Andrade (1999). O limite para urbanização sem restrições, imposto pela Lei 6766/79 – Lei Lehmann, de 30%, e, para declividades acima de 30% também foi considerado.

Acima desta declividade, foram considerados os intervalos significativos para a ocorrência de processos de movimentos de massa. As classes adotadas são apresentadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Classes de declividades adotadas para o mapeamento em escala de detalhe, inclusive processos e aptidões esperados.

Classe de declividade	Comportamento esperado
0 a 5%	Baixa susceptibilidade à erosão, sem MMG, favorável à implantação de aeroportos locais, rodovias e ferrovias principais
5 a 15%	Moderada susceptibilidade à erosão, sem MMG, limite para implantação de vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível, limite para a implantação de projetos de engenharia pouco complexos.
15 a 20%	Moderada a alta susceptibilidade à erosão, sem MMG, propício para a implantação do sistema viário local, propício à implantação de lotes paralelos às curvas de nível, classe limite para a implantação de residências individuais e estradas.
20 a 30%	Alta susceptibilidade à erosão, com MMG, classe limite máximo para ocupação de encostas sem projetos especiais.
30 a 60%	Alta susceptibilidade à erosão, com MMG
Maior que 60%	Baixa susceptibilidade à erosão, com MMG

MMG = movimentos de massa gravitacionais.

Modificado a partir de Instituto Geológico (1993, apud COSTA, 1996).

Para a elaboração do mapa de uso do solo na escala 1:10.000, abrangendo a área de expansão urbana, foi realizado o georreferenciamento da foto aérea 0742 – FX 141, na escala 1:30.000, obtida em julho de 2006, através do programa ArcView 9.2.

Este mapa não foi utilizado como plano de informação para a delimitação das unidades geotécnicas em escala local, apenas para a elaboração das diretrizes para o planejamento do uso do solo urbano.

4.7 ETAPA 8: ENSAIOS – ESCALA DE DETALHE

Para complementação das informações qualitativas sobre os aspectos geológico-geotécnicos do meio físico, foram reunidos os dados de sondagens a percussão executados na cidade.

Foram utilizados os dados das investigações executadas em quatro obras, cuja localização está indicada no Mapa de Documentação apresentado no Apêndice D.8. Isto implica em uma densidade de 0,6 dados por quilômetro quadrado. Ao todo estavam disponíveis 115 metros de sondagem a percussão, conforme Tabela 4.5 a seguir.

Tabela 4.5 – Sondagens a percussão disponíveis para o mapeamento da área de expansão urbana.

Ref.	Local	Quantid. de furos	Profundidade	Camadas atravessadas
S1	Residência Bairro Alto da Boa Vista	03	19,45 ou 20,45m	0,0 – 12,50m – areia fina siltosa pouco argilosa, fofa a medianamente compacta, marrom 12,50 – 20,45m – areia fina siltosa, medianamente a muito compacta, marrom e amarelada
S2	EMEI Zezé Salles Centro	02	15,45m	0,0 - 8,45m – areia fina marrom claro, compactidade muito fofa 8,45 – 9,45m – areia média marrom claro avermelhado com ocorrência de pedregulho, compactidade fofa 9,45 – 15,45m – areia fina parda, compactidade de média a compacta
S3	EEE – Bairro Nova Analândia	02	3,05m	0,0 - 3,05m – areia fina siltosa variegada compactidade fofa
S4	ETA	02	9,45m	0,0 - 5,45m – areia fina marrom claro, compactidade de muito fofa a fofa 5,45 – 9,45 m – areia fina marrom claro rosada, compactidade de média a compacta

4.8 ETAPA 9: ELABORAÇÃO DOS MAPAS FINAIS – ESCALA DE DETALHE

A distribuição dos atributos proposta no mapa preliminar de materiais inconsolidados foi analisada, em função dos resultados das sondagens de simples reconhecimento, e foi elaborado o mapa final de materiais inconsolidados na escala 1:10.000.

4.9 ETAPA 10: ELABORAÇÃO DOS MAPAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS – ESCALAS REGIONAL E DE DETALHE

Através da avaliação crítica de todos os dados reunidos ao longo da pesquisa, tanto em nível regional, quanto em nível de detalhe, foram elaborados os mapas geológico-geotécnicos definitivos.

Para a elaboração das recomendações que compõem os quadros-síntese dos mapas geológico-geotécnicos foram utilizadas diversas fontes, dentre elas, as recomendações de Klingebiel e Montgomery (1961, apud SALOMÃO; IWASA, 1995) com relação às classes de capacidade de uso das terras, as recomendações para uso do solo constantes da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, elaborada por Nakazawa, Freitas e Diniz (1994), os comportamentos esperados para os materiais inconsolidados, em função de sua classificação nos Sistemas Rodoviário e Unificado, conforme apresentado em Vargas (1977), Cernica (1995) e Lambe e Whitman (1979).

4.10 ETAPA 11: DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO

Considerando-se os aspectos geológico-geotécnicos do meio físico, foi realizada a avaliação das aptidões à ocupação de cada unidade geotécnica e o levantamento dos conflitos de uso no Município.

Isso permitiu a elaboração do Mapa de Diagnóstico de Conflitos de Uso do Município de Analândia, de forma semelhante àquela proposta por Cerri (1990), porém expandindo-se o conceito de Conflito de Uso para a área rural, além da área urbana do município. Com este diagnóstico puderam ser elaboradas as diretrizes para a ocupação da área municipal.

A forma como esta Etapa foi conduzida é apresentada com maiores detalhes no Capítulo 7, juntamente como a apresentação dos resultados, pois depende de prévia apresentação das unidades geotécnicas delimitadas no município.

O fluxograma da Figura 4.2 apresenta o encadeamento entre os planos de informação utilizados nesta Etapa para elaboração do Mapa de Conflitos de Uso.

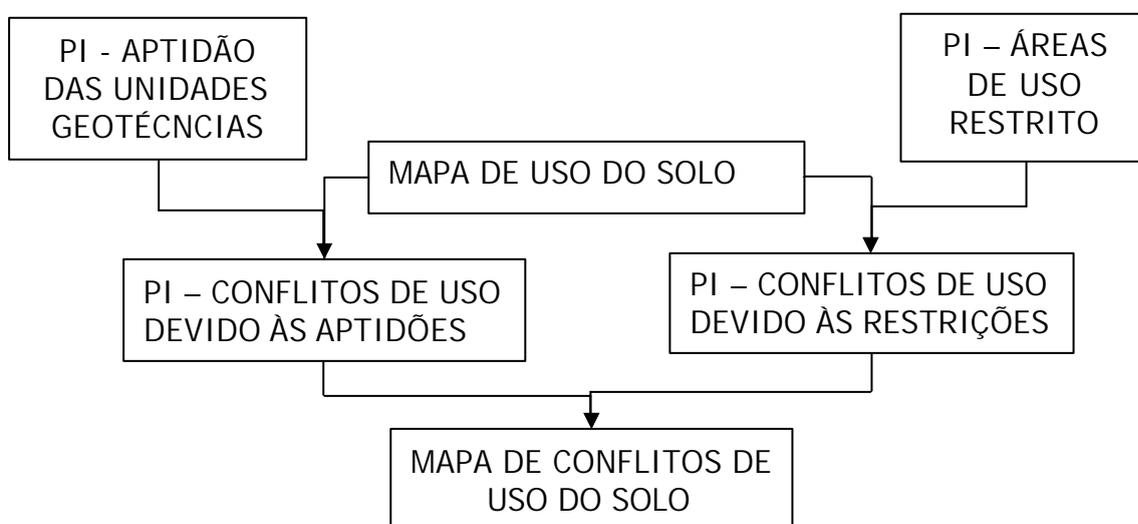


Figura 4.2 – Encadeamento dos planos de informação (PI) para a elaboração das diretrizes para planejamento na escala regional.

Na escala local, o procedimento foi semelhante, porém a preocupação recaiu apenas sobre um tipo de uso: o uso urbano, pois esta é a ocupação recomendada, em termos de planejamento municipal, para a Área de Expansão Urbana.

Foi realizada a avaliação das aptidões das unidades geotécnicas a este e, com esta avaliação, foi possível elaborar as recomendações para a ocupação desta área.

A forma como esta Etapa foi conduzida também é apresentada com maiores detalhes no Capítulo 7, juntamente como a apresentação dos resultados, pois depende de prévia apresentação das unidades geotécnicas delimitadas na área de expansão urbana.

5. MATERIAIS UTILIZADOS NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Para a realização do mapeamento geotécnico do Município de Analândia foram utilizados os seguintes materiais:

- folhas SF-23-Y-A-I-2, Corumbataí e SF-23-Y-A-I-1, São Carlos, ambas na escala 1:50.000 e elaboradas pelo IBGE em 1971
- programa Autocad v.2002, para edição de planos de informação e de bases cartográficas
- programa ArcGis v. 6.0 – para georeferenciamento de imagens e fotos aéreas
- equipamento para localização pelo sistema Global Positioning System (GPS);
- folhas topográficas SF-23-Y-A-I-2-NO-F, Analândia I, e SF-23-Y-A-I-2-SO-B, Analândia II, ambas na escala 1:10.000 e elaboradas pela Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo em 1979;
- Mapa das Formações Geológicas de Superfície, escala 1:50.000, da folha SF-23-Y-A-I-2 (Corumbataí), publicado pelo Instituto Geológico da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo em 1984.
- Fotos aéreas do levantamento realizado pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, ano de 1962, na escala 1:25.000, Coleção Prospec – Levantamentos, Prospecções e Aerofotogrametria S/A, compreendendo toda a área municipal.

- Fotos aéreas do levantamento realizado pelo IBC-GERCA em 1972 na escala 1:25.000, Serviço Aerofotogramétrico da Cruzeiro do Sul S/A, compreendendo toda a área municipal..
- fotos aéreas do levantamento realizado pela empresa Base Aerofotogrametria e Projetos Ltda, na escala 1:30.000, de julho de 2006, recobrando área de 97 km², apresentada no Mapa de Documentação (Apêndice D.1).
- programa ArcView v.3.2, para manipulação dos dados, sobreposição dos planos de informação, geração do modelo digital do terreno, etc.
- martelo geológico, canivete, lupa e outros materiais convencionais para trabalhos de campo.
- bússola modelo brunton.
- materiais necessários à execução dos seguintes ensaios laboratoriais: granulometria conjunta (NBR-7181/84), com a utilização do hexametáfosfato de sódio como defloculante, determinação da massa específica dos sólidos (NBR-6508/84), determinação dos limites de consistência (NBR-6459/84 e NBR-7180/84) e o ensaio de determinação da massa específica seca do material (ZUQUETTE, 1987).

6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Município de Analândia situa-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo, fazendo divisa com os Municípios de Corumbataí, Itirapina, São Carlos, Descalvado, Pirassununga e Santa Cruz da Conceição. Na Figura 6.1 é apresentada sua localização no Estado de São Paulo.

Corresponde a uma área de 327 km², onde o relevo predominante é suave ondulado a ondulado, sendo a frente escarpada das cuestas e alguns morros testemunhos os destaques mais importantes da paisagem regional (GONÇALVES, 1993).

O núcleo urbano está localizado aproximadamente em posição central no Município, em latitude 22°08´S e longitude 47°40´W. A cidade dista 250km da capital e o acesso à mesma é realizado pela rodovia SP-225, que cruza a Rodovia Washington Luis no quilômetro 206

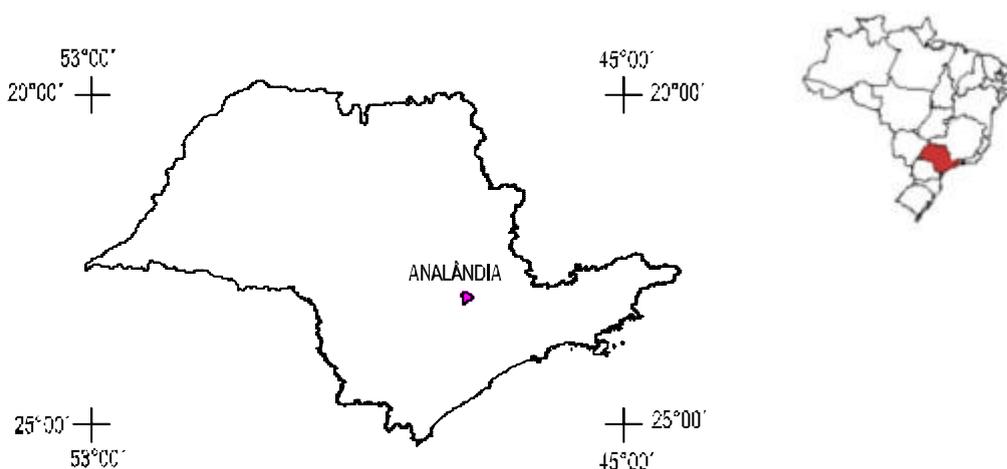


Figura 6.1. Localização da área de trabalho.

A Cidade de Analândia é uma Estância Climática, de acordo com a Lei Municipal n. 183 de 08 de novembro de 1960 e com a Lei Estadual n. 9450 de 14 de junho de 1966. Com isto, a atividade industrial fica restrita a indústrias não poluidoras e o Município tem direito ao repasse de verbas estaduais do Fundo de Melhoria das Estâncias, através do Departamento de Apoio ao Desenvolvimento das Estâncias (DADE).

6.1 TRABALHOS ANTERIORES

A Tabela 6.1 apresenta uma síntese dos trabalhos de cartografia voltada ao planejamento territorial e/ou determinação dos aspectos do meio geológico-geotécnico que já foram executados no Município de Analândia.

A análise destes trabalhos evidencia que, apesar do grande número de estudos que já foram realizados na área, não se dispõe de um documento de síntese, que possa ser utilizado pelo poder municipal para gestão regional e urbana. Isto se deve aos seguintes fatores:

- os poucos trabalhos que abrangem o Município como um todo (e área maior) foram elaborados em escala regional (1:100.000 ou menor), havendo necessidade de detalhamento;
- há uma série de trabalhos desenvolvidos em escala 1:50.000 ou maior abrangendo apenas parte da área do Município, havendo necessidade de complementação das informações nestas escalas;

Tabela 6.1 - Trabalhos anteriores realizados no Município de Analândia.

Referência	Escala	Ênfase	Produziu dados primários ?
Buschinelli; Cestaro; Ligo (1979)	1:25.000	Meio físico Meio antrópico	Sim
Nishiyama (1991)	1:100.000	Meio físico	Sim
Santos (1993)	1:100.000	Meio biótico	Sim
Volkmer (1993)	1:100.000	Meio físico	Sim
Gonçalves (1993)	1:50.000	Meio físico	Sim
Fernandes (1994)	1:10.000	Meio físico	Não
Lollo (1996)	1:100.000	Meio físico	Sim
Schuler (1998)	-	Meio físico	Sim
CETEC (2000)	1:250.000	Meio físico, meio biótico e meio antrópico	Não
IPT (2000)	1:250.000	Meio físico, meio biótico e meio antrópico	Não
Leite (2002)	1:10.000	Meio biótico	Não
Elias (2003)	-	Meio biótico	Não
Moura e Freitas (2004)	1:10.000	Meio biótico	Não
Palma (2004)	1:100.000	Meio físico	Não
Torezan (2005)	1:50.000	Meio biótico	Não

Legenda: CETEC – Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação.

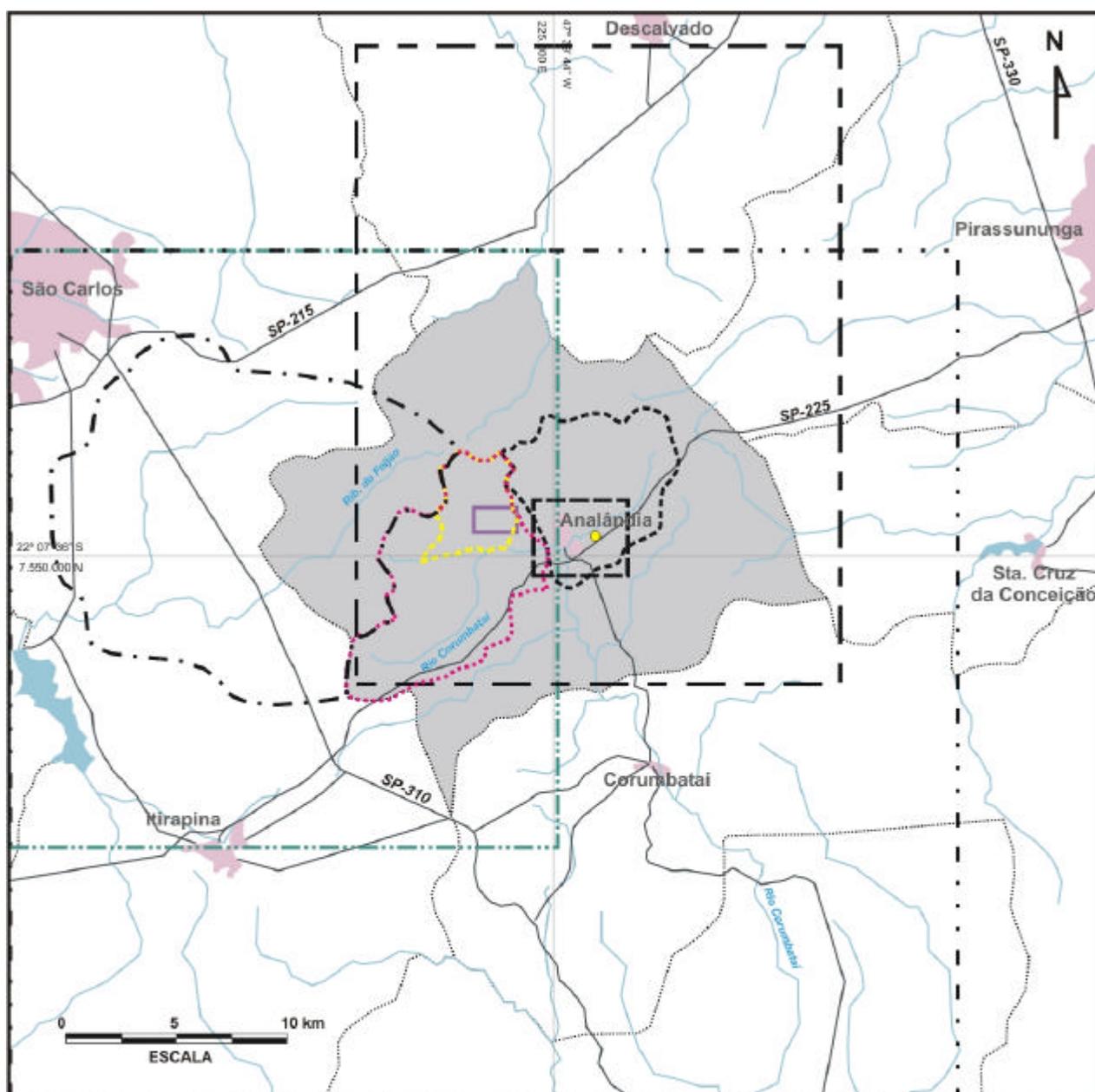
Por dados primários entende-se a realização de trabalhos de campo e de ensaios geológico-geotécnicos.

- parte dos trabalhos não teve como foco a caracterização do meio físico, em particular seus aspectos geológico-geotécnicos, concentrando-se em fatores do meio biológico para planejamento da ocupação territorial;
- muitos deles basearam-se em documentos pré-existentes para a elaboração dos mapas de avaliação do meio geológico-geotécnico, sem o detalhamento proporcionado por trabalhos de campo e ensaios de caracterização;

- os trabalhos foram elaborados com métodos distintos, muitas vezes inéditos ou particulares para aquele trabalho específico, havendo a necessidade de se avaliar os resultados apresentados em cada um deles.

Desta forma, um trabalho de síntese, avaliação e complementação das informações já produzidas, focado no entendimento e na caracterização dos processos do meio físico atuantes na área e na caracterização geotécnica dos materiais naturais, é essencial para a produção de um documento técnico unificado, que servirá como embasamento para o planejamento do uso do solo no Município como um todo.

Na Figura 6.2 é apresentada a abrangência espacial dos trabalhos que já foram desenvolvidos em Analândia. Os trabalhos que não foram incluídos nesta figura abrangem área maior que a do Município, ou não são trabalhos de cartografia propriamente ditos, mas trabalhos de avaliação de aspectos do meio ambiente voltados ao planejamento.



LEGENDA

- Município de Analândia
- Área urbana
- Estrada
- Divisa de município
- Drenagens principais

TRABALHOS ANTERIORES

- BUSCHINELLI et al. (1979) 1:25.000
- NISHIYAMA (1991), VOLKMER (1993), LOLLO (1996) 1:100.000
- SANTOS (1993) 1:100.000
- GONÇALVES (1993) 1:50.000
- FERNANDES (1994) 1:10.000
- SCHULER (1998)
- LEITE (2002) 1:10.000
- ELIAS (2003)
- MOURA & FREITAS (2004) 1:10.000
- TOREZAN (2005) 1:50.000

Figura 6.2. Localização dos trabalhos anteriores.

6.2 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APAs)

O Município de Analândia está inserido parcialmente em duas áreas de proteção ambiental (APA) estaduais, a saber: APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá e APA Piracicaba-Juqueri-Mirim. Na Figura 6.3 é apresentada a abrangência espacial destas duas áreas de proteção.

A APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá foi criada em 1983 pelo Decreto Estadual n. 20.960, com a finalidade de proteger uma região que ainda preservava elementos significativos da flora e da fauna, que abrigava as nascentes de vários rios e fontes hidrotermais e que apresentava um conjunto paisagístico de grande beleza cênica. A criação da APA visava impedir, principalmente:

- a implantação de atividades potencialmente poluidoras para as águas, o solo e o ar;
- a realização de obras de terraplenagem e a abertura de canais que importassem em sensível alteração das condições ecológicas;
- o exercício de atividades capazes de provocar acelerada erosão das terras ou acentuado assoreamento nos corpos d'água;
- o exercício de atividades que pudessem extinguir as espécies raras da flora e da fauna local.

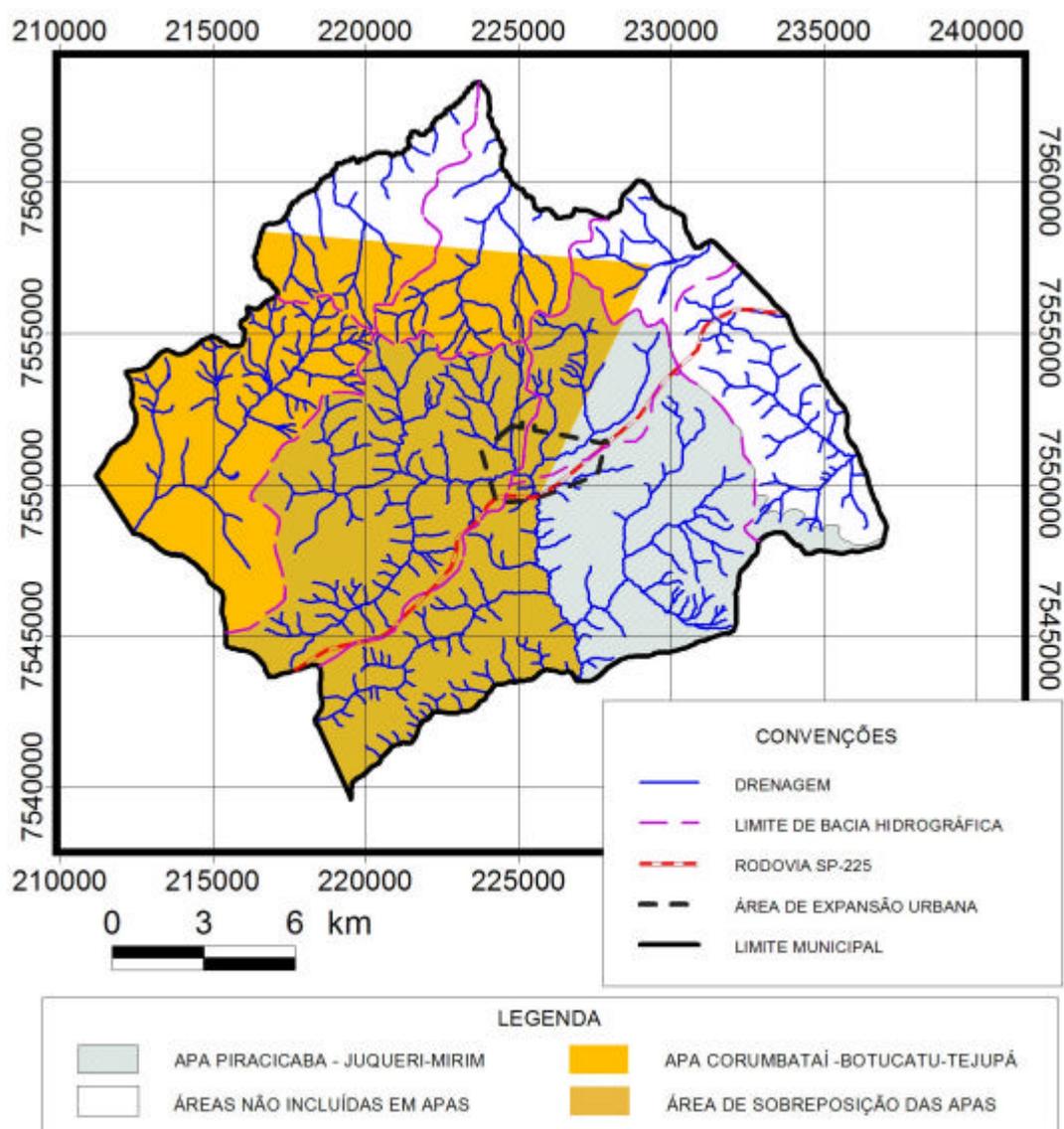


Figura 6.3: Localização das Áreas de Proteção Ambiental no Município de Analândia

A APA Piracicaba/Juqueri-Mirim foi criada em 1987 pelo Decreto Estadual n. 26.882, com a finalidade de criar zona de proteção aos mananciais, tanto superficiais, quanto subterrâneos. A legislação prevê que, nesta área, os órgãos ambientais estaduais disciplinarão, juntamente com os municípios, o uso do solo, principalmente no que diz respeito à autorização para a instalação de indústrias e agronegócios poluidores, à regulamentação da atividade minerária e à autorização para implantação de loteamentos e/ou execução de desmatamentos urbanos.

6.3 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Um dos principais problemas vividos atualmente pelo Município de Analândia diz respeito à disposição dos resíduos urbanos. Os resíduos domésticos têm sido dispostos em um lixão a céu aberto, implantado em uma erosão ativa. O lixo é carregado do lixão e está formando um depósito antropogênico, a jusante do mesmo (Figura 6.4).

A Prefeitura implantou terraceamento a montante do lixão, porém muitas das curvas de nível encontram-se rompidas e as ravinas existentes ao longo de toda a vertente continuam ativas.

Outrossim, o lixão localiza-se na bacia do Córrego do Retiro, 2.300 metros a montante da captação de água para a estação de tratamento de água (ETA) inaugurada em 1997. Elias (2003) estudou a eficiência da ETA implantada, analisando a qualidade das águas antes de entrarem na estação e após sua saída, concluindo que ao deixarem a estação as águas atendem todas as especificações da resolução CONAMA 20/86.

Em breve, os resíduos domésticos devem receber destinação mais adequada, pois um aterro controlado está licenciado ambientalmente e em fase de construção. Ele se localiza a 7 km da cidade, e a 50 metros do Ponto 48, descrito nos trabalhos de campo.

Os resíduos de varrição e entulhos não têm recebido destinação adequada. Algumas das ravinas da área urbana têm recebidos os resíduos de varrição e/ou lixo de maior volume, tais como móveis e similares, bem como eventual lixo doméstico (Figura 6.5).

Os entulhos têm sido utilizados para cascalhar estradas, nos aterros dos encontro de obras de pontes ou para aterrar áreas de várzea na própria região urbana.



Figura 6.4. Lixão implantado em ravina ativa (Ponto 55).



Figura 6.5 - Ravina na área urbana, onde é jogado entulho e, eventualmente, lixo doméstico (Ponto 23).

7. RESULTADOS

Neste Capítulo são apresentados os resultados das várias etapas da pesquisa. A ordem de aquisição dos dados, apresentada no Capítulo 4, não foi adotada neste Capítulo, pois considerou-se que a apresentação dos atributos do meio físico previamente à apresentação dos processos geológicos identificados na área traria maior clareza ao texto.

Da mesma forma, optou-se pela apresentação dos atributos mapeados em ambas escalas (regional e de detalhe) de forma integrada, para que se possa formar um quadro único das características geológico-geotécnicas da área.

7.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os resultados da revisão bibliográfica (Etapa 1) constam do Capítulo 6.

7.2 BASES CARTOGRÁFICAS

As bases cartográficas, elaboradas nas Etapas 2 e 7 do trabalho de mapeamento, foram utilizadas em todos os produtos cartográficos apresentados na dissertação.

No mapa de documentação para o mapeamento em escala regional (Apêndice D.1) é apresentada a localização dos dados utilizados na pesquisa, a saber: afloramentos descritos em campo, poços profundos, sondagens a percussão, depressões fechadas, processos identificados em trabalhos de campo e em

fotografias aéreas, localização de perfis descritos e de ensaios realizados por outros autores.

No mapa de documentação para o trabalho em escala e detalhe (Apêndice D.8) é apresentada a localização dos elementos citados acima, além das sondagens a percussão utilizadas na pesquisa.

7.3 DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DAS CLASSES DE ATRIBUTOS E OBTENÇÃO DE DADOS QUANTITATIVOS

Os trabalhos executados nas Etapas 4, 5, 7 e 8 do mapeamento geotécnico do Município de Analândia permitiram a composição do quadro local com relação aos atributos substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade e uso do solo.

Os procedimentos utilizados para mapeamento desses atributos foram apresentados no Capítulo 4. A seguir são apresentados os resultados deste trabalho de mapeamento.

7.3.1 MAPA DO SUBSTRATO ROCHOSO

No Município de Analândia afloram rochas pertencentes à Bacia do Paraná, a saber, rochas atribuídas às Formações Pirambóia, Serra Geral, Botucatu e Itaqueri.

Durante os trabalhos de fotointerpretação para identificação das unidades de terreno do Município, constatou-se que havia uma estreita correlação entre os níveis de aplainamento delimitados por escarpas e as áreas de afloramento das principais unidades do substrato rochoso.

Verificou-se que as rochas pertencentes à Formação Pirambóia ocupam 71% da área municipal, correspondendo às regiões colinosas de cota entre 560 e 800 metros em relação ao nível do mar. Elas estão recobertas em grandes extensões por materiais inconsolidados transportados mais recentes, aflorando apenas nas porções sul e sudeste do Município, nos vales dos rios Corumbataí e afluentes, e no vale do Córrego do Capim Fino, afluente do Córrego Serrinha.

As rochas intrusivas da Formação Serra Geral sustentam o que se denominou de escarpa inferior, que corresponde ao degrau topográfico entre as cotas 760m e 800m, verificado ao longo dos vales dos rios Riberião do Retiro, Riberião da Barra, rio Corumbataí (à montante da cidade) e Córrego Santa Terezinha.

No topo da Serra do Cuscuzeiro foram identificadas ocorrências de basaltos da Formação Serra Geral, com pequena espessura e pequena distribuição em área de basaltos. Além disso, toda a região é cortada por diques de rochas básicas, também atribuídas à Formação Serra Geral, que sustentam relevos positivos em relação às rochas da Formação Pirambóia, e destacam-se como cristas alinhadas na paisagem.

As rochas atribuídas à Formação Botucatu ocorrem em cotas superiores a 800 metros em relação ao nível do mar. São os arenitos silicificados desta formação que sustentam o que se denominou de escarpa superior, que corresponde ao degrau topográfico existente entre as cotas 800 e 900 metros e que compõe a borda das Serras do Cuscuzeiro, do Atalaia e da Serra Grande.

No topo destas três Serras ocorrem as litologias atribuídas à Formação Itaqueri, de idade mais recente.

Zálan (2004) atribui à Formação Pirambóia idade triásica e às Formações Botucatu e Serra Geral idade juro-cretácea. A Formação Itaqueri depositou-se no Paleógeno, segundo Bartorelli (2004).

A seguir são apresentadas as características geológicas destas unidades no Município de Analândia.

No Apêndice D são apresentados o Mapa do Substrato Rochoso do Município de Analândia (Apêndice D.2) e o Mapa do Substrato Rochoso da Área de expansão urbana (Apêndice D.9).

Na Tabela 7.1 são apresentadas as áreas ocupadas por estas unidades, tanto no Município, quanto na Área de Expansão Urbana.

Tabela 7.1 – Distribuição em área das unidades do substrato rochoso no Município de Analândia e na área de expansão urbana.

Substrato rochoso	Município		Área de Expansão Urbana	
	km ²	%	km ²	%
Formação Itaqueri	29,0	8,9	NO	NO
Formação Serra Geral	16,0	4,9	0,6	8,3
Formação Botucatu	4,4	1,3	NO	NO
Formação Pirambóia	277,6	84,9	6,6	91,7
Totais	327,0	100,0	7,2	100,0

NO = não ocorre

7.3.1.1 FORMAÇÃO PIRAMBÓIA

De acordo com Assine, Piranha e Carneiro (2004), tanto o contato inferior, com as rochas paleozóicas da Bacia do Paraná, quanto o superior, com as rochas da Formação Botucatu, são marcados por discordâncias regionais.

Em Analândia, as rochas da Formação Pirambóia se caracterizam como camadas de arenitos finos a médios, intercaladas a camadas de conglomerados arenosos ou arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo de até 5 centímetros, arredondados a subarredondados, ou intercaladas a camadas de argila arenosa. As camadas têm espessuras que variam de 2 centímetros a 2 metros e apresentam estratificação, que pode ser plano-paralela ou cruzada tabular de pequeno ou médio porte. Os afloramentos apresentam coloração esbranquiçada, amarelo, branca ou rosa claro (Figura 7.1).

Nos locais onde predominam camadas de conglomerados ocorre por vezes a exploração como material para cascalhar estradas (Pontos 70 e 96).

Onde ocorrem camadas argilosas, formam-se níveis d'água suspensos, ocorrendo surgência de água na encosta ou exsudação de água nos taludes de corte artificiais (Pontos 47, 113 e 136). Também verificou-se que comumente ocorre surgência de água no contato colúvio – rocha, quando esta formação está capeada por materiais coluviais recentes (Ponto 142).

O ambiente deposicional destas rochas sedimentares, segundo Assine, Piranha e Carneiro (2004) corresponde a um paleodeserto, com predomínio de sistema eólico úmido. Fácies de canais fluviais, representados por arenitos com seixos dispersos, às

vezes conglomeráticos, evidenciam a ocorrência de intercalação flúvio-eólica durante a deposição destes sedimentos.

Nesta unidade foram mapeadas duas depressões fechadas, apresentadas no Mapa de Documentação (Apêndice D.1). Trata-se de região onde a drenagem não possui exutório, ocorrendo infiltração da água no terreno nos eventos de chuvas.

Também há registros da existência de cavernas nestes arenitos (RIBEIRO et al., 2005).



Figura 7.1. Aspecto das rochas da Formação Pirambóia (estratificações cruzadas decimétricas e intercalação de níveis arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos) – Ponto 59.

7.3.1.2. FORMAÇÃO BOTUCATU

De acordo com Assine, Piranha e Carneiro (2004) o contato da Formação Botucatu com a Formação Serra Geral é concordante, havendo interdigitação entre rochas básicas e arenitos, o que foi verificado em campo (Ponto 90). O contato com a Formação Itaqueri é discordante. Estes autores atribuem a formação destas rochas a um sistema eólico seco.

A fácies basal desta formação, descrita como fácies torrencial, não foi individualizada, pois a separação destes sedimentos, em relação aos sedimentos da Formação Pirambóia, exige afloramentos com exposições da estrutura da rocha e estes são raros na região. Portanto, no mapa do substrato rochoso está representada a área correspondente ao arenito Botucatu em sua fácies eólica, que compõe as escarpas verticais a sub-verticais das serras do Cuscuzeiro, da Atalaia e da Serra Grande. Nestas escarpas aflora rocha sã, silicificada.

Trata-se de um pacote composto por arenitos finos, quartzosos, de cores rosa a branco, com estratificação plano-paralela ou cruzada tangencial na base, de médio e grande porte (figura 7.2).

No Município de Analândia não há pedreiras ativas, porém Hespanhol e Romiti (sem data, apud ZUQUETTE, 1981) descrevem duas pedreiras (hoje abandonadas) e apresentam as características mecânicas do arenito nestas localidades, constantes do Anexo A.



Figura 7.2. Aspecto das rochas da Formação Botucatu (arenitos silicificados, quartzosos, com grãos bem selecionados e arredondados e estratificações plano-paralelas) – Ponto 20.

7.3.1.3. FORMAÇÃO SERRA GERAL

À Formação Serra Geral são atribuídos os magmatitos básicos que ocorrem na região, intercalados ou sobrepostos ao Arenito Botucatu, e outras intrusivas básicas associadas. A atividade magmática iniciou-se no Período Jurássico, sendo concordante com a deposição dos arenitos da Formação Botucatu, e foi mais intensa durante o Cretáceo Inferior (ASSINE; PIRANHA; CARNEIRO, 2004; MARQUES; ERNESTO, 2004).

No Município de Analândia é possível delimitar ao menos três tipos de ocorrências de rochas básicas associadas a este evento magmático: derrames

propriamente ditos, intrusivas colocadas como soleiras, que acompanham grosso modo as camadas sedimentares da região, e intrusões de menor continuidade, em posição claramente discordante em relação à demais unidades.

Os derrames de basalto puderam ser mapeados apenas nas proximidades dos morros do Camelo e Cuscuzeiro, na serra homônima. Trata-se de rocha magmática afanítica, de cor cinza escura a preta. Onde o contato com a Formação Botucatu está visível, verificou-se que ele se faz por uma zona alterada para solo argiloso, marrom, plástico, com espessura de 1 metro e subhorizontal. Este aspecto deve ser observado em estudos de estabilidade de taludes, pois esses contatos representam pontos preferenciais para instabilização do maciço.

As soleiras de diabásio afloram normalmente na base da escarpa da Serra do Cuscuzeiro. Sua área de exposição em superfície não é grande, pois encontram-se normalmente recobertos por sedimentos mais recentes, do tipo tálus ou colúvio, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro. Porém, eles afloram na base das cachoeiras formadas pelos rios que nascem no topo da serra e vencem a escarpa, em direção ao Ribeirão do Feijão, ao rio Corumbataí ou ao Córrego do Pântano. Nestes afloramentos, as rochas encontram-se intensamente fraturadas, por vezes apresentando claramente disjunções colunares.

As soleiras de diabásio também foram mapeados nas escarpas inferiores, nos vales do Ribeirão da Barra, do Ribeirão do Retiro e do Rio Corumbataí, a montante do Córrego Santa Terezinha. Trata-se de rochas básicas faneríticas finas, de cor cinza escura (figura 7.3). Onde o contato com o Arenito Pirambóia estava visível, verificou-se que se tratava de um contato típico de rocha intrusiva, com formação de borda de reação no arenito. No Ponto 57, este contato encontrava-se argilizado (70

centímetros de espessura), enquanto que o diabásio sobrejacente apresentava características de rocha praticamente sã.

As intrusões de formato irregular e menor continuidade em área ocorrem em várias partes do Município, principalmente nas proximidades da Cidade de Analândia. Trata-se de rochas faneríticas finas a médias, variando de ocorrência para ocorrência, com cor cinza escura.

Os diques produzem normalmente relevos positivos, destacados como cristas alinhadas na paisagem. As intrusões de formato irregular afloram principalmente nas drenagens e constituem níveis de base locais que ocasionam a formação de planícies aluviais à montante da rocha básica.



Figura 7.3. Aspecto das rochas da Formação Serra Geral que ocorrem na escarpa inferior – Ponto 97.

No Ponto 90, verifica-se que os derrames de basalto são cortados por diques de diabásio, indicando que o magmatismo certamente se manifestou em mais de uma fase.

As ocorrências de diabásio na base da Serra do Cuscuzeiro já foram localmente exploradas através de pedreiras de pequeno porte, hoje desativadas, para a extração de pedras de calçamento (mosaico português).

7.3.1.4 FORMAÇÃO ITAQUERI

A Formação Itaqueri, de idade Terciária (Eoceno), corresponde a rochas sedimentares de caráter fanglomerático, com área fonte situada no Escudo Atlântico (BARTORELLI, 2004). No Município de Analândia, a Formação Itaqueri assenta-se discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral e sobre os arenitos da Formação Botucatu, aflorando no topo das serras do Cuscuzeiro, da Atalaia e da Serra Grande.

As litologias presentes são predominantemente conglomerados de matriz argilosa ou argilo-arenosa, com seixos milimétricos a decimétricos de quartzo, quartzito, rochas básicas, siltitos, argilitos, arenitos, arenitos com cimentação limonítica e lateritas (figura 7.4). Estes seixos são predominantemente arredondados. Nos afloramentos, verificamos a alternância de camadas com proporções variadas de matriz e seixos (variando, portanto, de argilitos arenosos a conglomerados) e com seixos de tamanhos diversos.



Figura 7.4. Aspecto dos conglomerados da Formação Itaqueri que ocorrem no alto da Serra do Cusuzeiro – Ponto 44.

No Ponto 44, afloram arenitos, argilitos e siltitos de cores ocre e cinza, intercalados aos conglomerados polimíticos, que podem ser entendidos como rochas basais da Formação Itaqueri, acima das quais predominam termos litológicos de ambientes mais energéticos, predominando as rochas conglomeráticas descritas anteriormente.

Não foram observadas, nos afloramentos, rochas sãs (RS) ou rochas medianamente alteradas (RAD). As rochas encontravam-se sempre como rocha muito alterada (RAM) ou gradando para horizontes de solo. Sua coloração era normalmente variegada, com matriz de cores vermelha e branca.

7.3.2 MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Neste item, são apresentadas as unidades de materiais inconsolidados identificadas no Município de Analândia e as características geotécnicas que podem ser atribuídas às mesmas, em função dos resultados de ensaios, investigações e caracterizações disponíveis em trabalhos anteriores realizados na área e dos resultados das caracterizações realizadas no âmbito da presente pesquisa. No Apêndice D são apresentados o Mapa de Materiais Inconsolidados do Município de Analândia (Apêndice D.3) e o Mapa de Materiais Inconsolidados da Área de Expansão Urbana (Apêndice D.10).

A distribuição em área destes materiais no município e na área de expansão urbana está apresentada na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Distribuição em área dos materiais inconsolidados no Município de Analândia e na área de expansão urbana.

Material Inconsolidado	Município		Área de Expansão Urbana	
	km ²	%	km ²	%
Aluvião	7,7	2,3	0,2	2,2
Tálus	6,3	1,9	NO	NO
Solos Transportados arenosos da Fm. Santa Rita do Passa Quatro	164,6	50,5	4,2	58,0
Solos Transportados arenoso-argilosos da Fm. Santa Rita do Passa Quatro	18,4	5,6	0,2	3,1
Solos Transportados areno-conglomeráticos da Fm. Santa Rita do Passa Quatro	0,5	0,2	NO	NO
Solos residuais da Fm. Itaqueri não laterizados	24,1	7,4	NO	NO
Solos residuais da Fm. Itaqueri laterizados	5,1	1,5	NO	NO
Solos residuais da Fm. Serra Geral	14,3	4,3	0,4	6,2
Solos residuais da Fm. Botucatu	23,3	7,1	NO	NO
Solos residuais da Fm. Pirambóia	62,7	19,2	2,2	30,5
Totais	327,0	100,0	7,2	100,0

NO = não ocorre

7.3.2.1 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO PIRAMBÓIA

Os materiais inconsolidados residuais da Formação Pirambóia foram identificados nos Pontos 06, 19, 32, 47, 48, 49, 58, 59, 61, 70, 112, 113, 114, 118, 136, 142 e 147. Um perfil completo de alteração, com rocha alterada mole passando a solo residual jovem e solo residual maduro só pôde ser observado nos Pontos 06, 32, 70 e 136. Nos demais afloramentos verifica-se a presença apenas do SRJ, onde as declividades são mais elevadas (45%) ou apenas do solo residual maduro (SRM), onde as declividades são menos elevadas (10-15%).

Nas regiões com declividade superior a 30%, a RAM passa a SRJ, sendo que o contato entre ambos acompanha a estratificação. Nestas situações não se desenvolve SRM. O SRJ é relativamente mais friável e homogêneo que a RAM, em relação à cor e às estruturas. As estratificações estão apenas parcialmente preservadas no SRJ, que tem normalmente espessura entorno de 70 centímetros.

As sondagens da Estação Elevatória de Esgotos (S3) foram executadas neste perfil típico de alteração e evidenciaram que o SRJ tem compacidade fofa nestas situações.

O perfil típico de alteração destas rochas para declividades da ordem de 10-30% pode ser definido como: camada de RAM com estruturas preservadas e clara alternância de camadas de arenitos, arenitos conglomeráticos, arenitos argilosos, siltitos, argilitos e conglomerados, com cor variegada (branco, marrom claro, vermelho); à esta camada se sobrepõe o SRJ, arenoso, com espessura de um metro, mais friável e de coloração mais homogênea, porém ainda variegada; nessa camada, se identificam as estratificações de forma descontínua e as fraturas não são mais

percebidas; o SRM se sobrepõe ao SRJ, tem cor marrom e não é possível identificar estruturas; sua espessura total é de 60 centímetros, sendo que os 30 centímetros superiores têm coloração marrom escuro e correspondem ao solo orgânico (Figura 7.5). Os horizontes SRM e SRJ têm características semelhantes em termos geotécnicos, caracterizando-se como solos arenosos, onde predominam as frações areia fina e areia média, não plásticos e classificados como A-2-4 no Sistema Rodoviário e SW / SM no Sistema Unificado (ver Apêndice B).



Figura 7.5. Aspecto dos materiais inconsolidados residuais desenvolvidos sobre a Formação Pirambóia (Ponto 06).

As sondagens executadas na residência (S1), na EMEI Zezé Salles (S2) e na Estação de Tratamento de Esgotos (S3) atingiram o solos residuais da Formação Pirambóia após atravessarem alguns metros. Estes solos mostram-se medianamente compactos a muito compactos nestas profundidades, com resultados

do ensaio SPT variando de 7 a 45 e aumentando progressivamente com a profundidade.

Gonçalves (1993) realizou um estudo detalhado de um perfil localizado nesta unidade, próximo ao Morro do Cuscuzeiro (ver Apêndice D.1 e Anexo A – perfil P4), em terreno com 20% de declividade.

Nas regiões de relevo mais suave, o solo residual maduro está mais desenvolvido, com espessura superior a 1,5 metros. A granulometria original da rocha influencia a granulometria do solo, sendo possível distinguir concentrações de conglomerados ou horizontes areno-argilosos, porém não se identificam fraturas ou estratificações. A cor é marrom ou marrom claro. O material predominante é descrito como uma camada de areia fina pouco argilosa, marrom claro, sem estrutura visível, com raros grânulos subangulosos milimétricos de quartzo.

Esta descrição é bastante semelhante àquela apresentada para os materiais predominantes na Formação Santa Rita do Passa Quatro (ver Item 7.3.2.5). Foram mapeados como solos residuais da Formação Pirambóia aqueles em que se identificou herança da alternância granulométrica das camadas da rocha-mãe, ainda que difusa.

O gráfico da Figura 7.6 apresenta as curvas granulométricas características dos horizontes de solo residual desenvolvidos sobre a Formação Pirambóia. Verifica-se que predominam as areias finas, porém podem ocorrer areias grossas, ou seja, há variedade de termos arenosos.

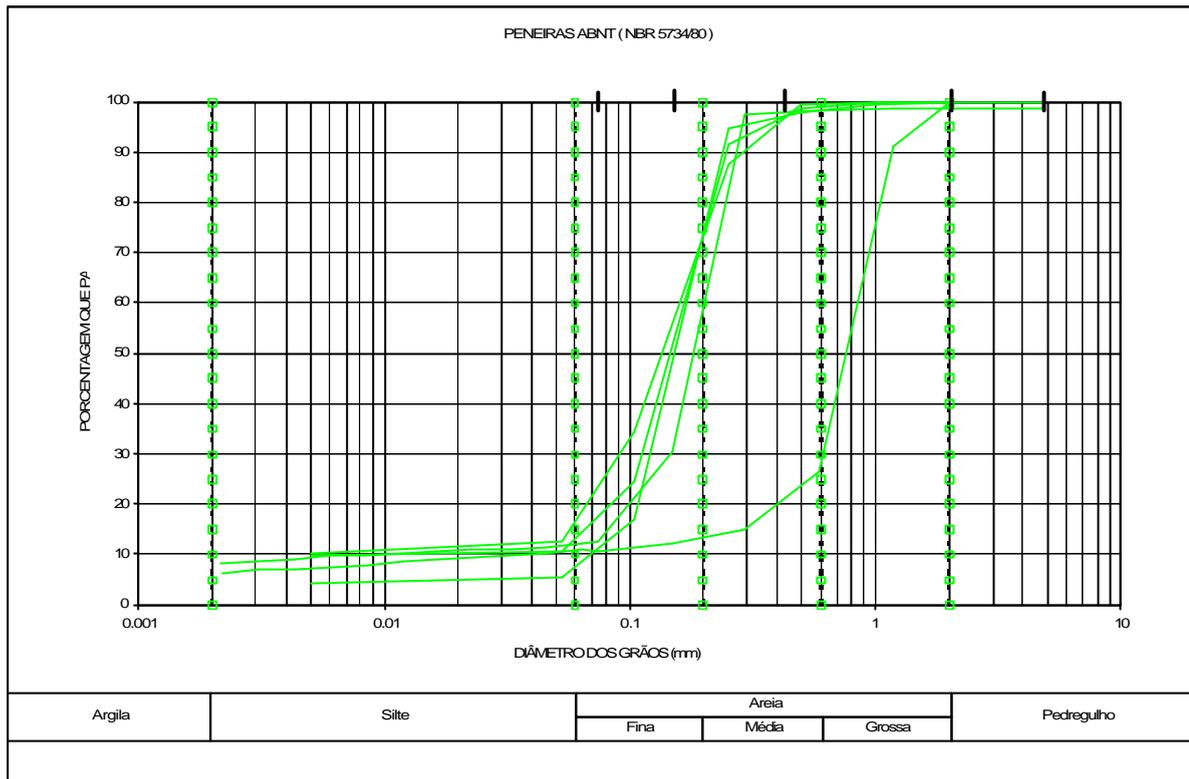


Figura 7.6: Curvas granulométricas dos solos residuais desenvolvidos sobre a Formação Pirambóia. Resultados dos ensaios realizados por Gonçalves (1993) e nesta pesquisa.

7.3.2.2 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU

A separação destes materiais com relação aos materiais inconsolidados da Formação Santa Rita do Passa Quatro não é sempre possível através de características texturais, de cor, estrutura ou friabilidade. Procurou-se enquadrar como materiais resultantes da alteração “in situ” da Formação Botucatu aqueles para os quais o contexto na paisagem indicava não ter ocorrido transporte.

Os materiais inconsolidados residuais da Formação Botucatu caracterizam-se como areias finas quartzosas, com raros grãos de areia grossa, sem estrutura visível, com cor marrom, bastante friáveis e classificados como A-2-4 no Sistema Rodoviário

e como SM no Sistema Unificado (ver Apêndice B). Em todos os afloramentos, observou-se apenas o horizonte de solo residual maduro.

No gráfico da Figura 7.7 é apresentada a curva granulométrica dos solos residuais da Formação Botucatu.

Gonçalves (1993) estudou 4 perfis de alteração na região de Itirapina e São Carlos, em relevo suave, que a autora interpreta como materiais residuais desenvolvidos sobre a Formação Botucatu e que apresentam espessuras de até 20 metros.

Mota (1999) também estudou estes materiais na boçoroca situada no sopé leste do Morro do Camelo. Os resultados dos ensaios realizados pela autora também são apresentados no Anexo A. Todas as amostras ensaiadas se classificam como solos do grupo A-3 ou A-2-4 e SM no Sistema Unificado.

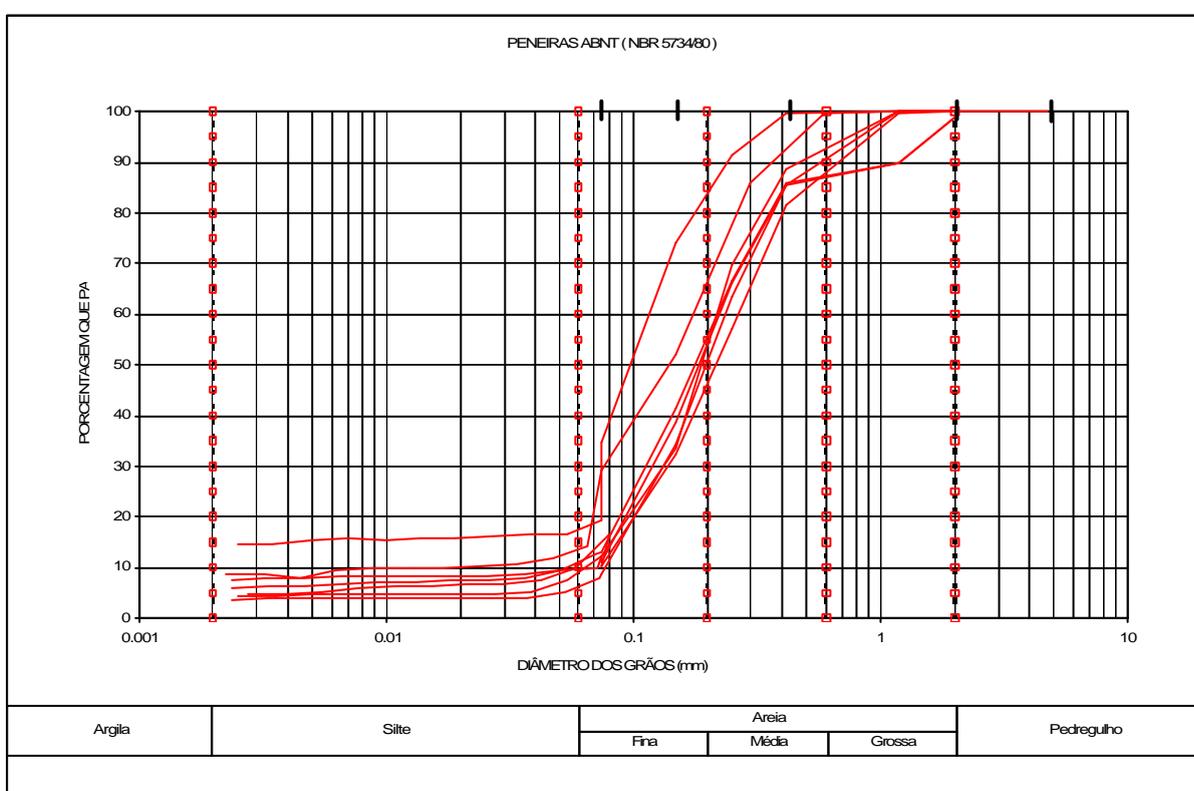


Figura 7.7. Curvas granulométricas dos solos residuais desenvolvidos sobre os arenitos da Formação Botucatu. Resultados dos ensaios realizados por Mota (1999) e nesta pesquisa.

7.3.2.3 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL

Os materiais inconsolidados residuais da Formação Serra Geral têm pequena distribuição geográfica e normalmente pequena espessura, pois os afloramentos destas litologias, no Município de Analândia, estão concentrados em áreas de relevos escarpados ou em morros de cristas pontiagudas, com declividades elevadas nas encostas.

O perfil típico de alteração destas litologias nestas situações topográficas é composto por uma camada mais superficial de solo residual maduro (SRM), argiloso, homogêneo, de cor vinho, com espessura que varia de 50 centímetros (encostas) a 2 metros (topo de morro), classificado como A-7-5 no Sistema Rodoviário e MH no Sistema Unificado (ver Apêndice B). Sob esta camada ocorre o SRJ, composto por blocos de RAD, milimétricos a centimétricos, dispersos em matriz argilosa de cor vinho. Do topo para a base desta camada, aumenta a quantidade de blocos e a matriz torna-se marrom. A alteração é tipicamente esferoidal. O SRJ tem contato ondulado com a camada de RAD.

Esses solos são normalmente solos rasos, ocorrendo à superfície diversos blocos de RAD, arredondados, resultantes da alteração esferoidal (Figura 7.8).

Sobre as soleiras de diabásio que ocorrem abaixo da cota 760 metros, portanto em região colinosa, foram identificados perfis típicos de alteração com solos mais espessos, com alguns metros de espessura. Em função da altura dos afloramento (máximo de 4 metros – Pontos 120, 123 e 124), foi descrito apenas o solo residual maduro (SRM), que é argiloso, de cor avermelhada, não sendo possível determinar a espessura deste horizonte ou como se dá a transição para os demais.



Figura 7.8. Aspecto dos materiais inconsolidados residuais desenvolvidos sobre as rochas da Formação Serra Geral em áreas de relevo enérgico (Ponto 102).

7.3.2.4 MATERIAIS INCONSOLIDADOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO ITAQUERI

Foram identificados três tipos de materiais residuais desenvolvidos sobre os sedimentos da Formação Itaqueri, cujos perfis típicos são:

- 1) Solos desenvolvidos sobre rochas areno-conglomeráticas: horizonte de solo residual jovem, em que a alternância de camadas mais e menos conglomeráticas está nítida, ou seja, a estrutura sedimentar está preservada, apesar de os minerais já terem sofrido alteração. As camadas têm espessura centimétrica (até 60 centímetros) e matriz argilosa ou areno-argilosa, com seixos de dimensões variadas, desde grânulos de quartzo milimétricos até seixos de quartzo e lateritas decimétricos, e sua cor é marrom. Não há solo residual maduro desenvolvido. Nas áreas

preparadas para plantio, são abundantes os seixos de dimensões decimétricas e concreções lateríticas, o que é desfavorável para a agricultura mecanizada. Os afloramentos típicos deste tipo de material inconsolidado são os Pontos 25, 26, 42 e 43. Foram realizados ensaios de caracterização sobre material coletado em uma das camadas menos conglomeráticas, cujos resultados estão expostos no Apêndice B.

- 2) Solos desenvolvidos sobre conglomerados: horizonte de solo residual jovem, de cor vermelha e branca, com espessura superior a 2 metros e com a estrutura dos conglomerados preservada, que passa a solo residual maduro, de cor vermelha, argiloso, maciço, com grânulos de quartzo e seixos de quartzo e laterita. Sobre a camada de solo residual maduro ocorre camada de colúvio recente. Os afloramentos típicos deste tipo de material inconsolidado são os Pontos 28 e 89. Os resultados dos ensaios realizados sobre estes materiais são apresentados no Apêndice B. O horizonte de SRJ apresenta atividade mais elevada que os demais materiais inconsolidados que ocorrem na região (ver Apêndice B). Isto se deve ao fato de o material deste horizonte ser micáceo.
- 3) Couraças ferruginosas: nos topos dos morros ocorre solo residual concrecionário, que pode ter vários metros de espessura. Este horizonte concrecionário caracteriza-se provavelmente como material de 2ª categoria para fins de escavação, como proposto por Vaz (1996). Sobre esta camada está desenvolvido solo residual maduro com espessura aproximada de 50 centímetros, composto por camada de areia argilo-siltosa, com grânulos de quartzo milimétricos e fragmentos de carvão, estrutura maciça e cor

marrom claro ou marrom (Figura 7.9). Os afloramentos típicos deste tipo de material inconsolidado são os Pontos 21, 22, 83, 84, 85, 86 e 88. Os resultados dos ensaios realizados sobre amostra coletada no horizonte de solo residual maduro são apresentados no Apêndice B.



Figura 7.9. Aspecto dos materiais residuais concrecionários desenvolvidos sobre as rochas da Formação Itaqueri (Ponto 88).

De acordo com Melo (1995), as couraças ferruginosas têm sido reconhecidas no reverso das cuestas basálticas há muitos anos e por vários autores. Em Analândia, esta couraça é responsável pela preservação das maiores cotas topográficas, na região da Serra do Cuscuzeiro, e apresenta espessura superior a 3 metros, encontrando-se atualmente exposta à alteração intempérica, que a está destruindo.

Nishiyama (1991) e Zuquette (1981) também realizaram ensaios de caracterização geotécnica em materiais inconsolidados derivados da Formação Itaqueri, porém não é possível saber de qual horizonte foi retirado o material, pois os

autores não apresentaram uma divisão por horizontes de solo e/ou perfil de alteração. Os resultados destes ensaios são apresentados no Anexo A.

7.3.2.5 FORMAÇÃO SANTA RITA DO PASSA QUATRO – MATERIAIS INCONSOLIDADOS RETRABALHADOS

Sob esta denominação estão agrupados todos os sedimentos de idade terciário-quadernária (MELO, 1995) presentes na área do Município, exceto aqueles que se encontram claramente associados às drenagens e escarpas atuais e que são descritos como aluviões e tálus recentes, respectivamente.

Neste trabalho optou-se por manter a denominação Formação Santa Rita do Passa Quatro, que já tem sido utilizada na região, pensando-se que estes sedimentos abrangem um espectro amplo de sedimentos continentais, constituídos por depósitos colúvio-eluviais areno-argilosos em topos e rampas de colinas amplas, como proposto por Melo (1995).

Não foram observados afloramentos de rochas nesta unidade, sendo bastante provável que estes sedimentos não tenham sofrido processo de consolidação e diagênese.

Foram identificados três grandes grupos de materiais inconsolidados atribuídos a esta formação.

O material mais característico da Formação Santa Rita do Passa Quatro, na região do Município de Analândia, são as areias finas a médias com (ou sem) grânulos milimétricos de quartzo subangulares a subarredondados. Trata-se de materiais sem estrutura visível e sem organização em camadas de diferentes

granulometrias. Apresentam colorações diversas, sempre homogêneas em um mesmo afloramento, podendo ser marrons, marrons claros, ou de cor laranja. Normalmente não apresentam diferenciação em horizontes de solos, possuindo apenas os 10 a 30 centímetros mais superficiais com coloração marrom escura ou cinza e com maior concentração de matéria orgânica e restos vegetais (raízes, por exemplo) (Figura 7.10).

No Apêndice B são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização destes materiais, classificados como A-2-4 no Sistema Rodoviário e SP-SM no Sistema Unificado.



Figura 7.10. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, arenosos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 104).

Melo (1995) propõe que se adote como critério para distinção entre os materiais pertencentes à unidade Qce e os materiais pertencentes ao regolito a ocorrência de porcentagens acima de 60% de areia + grânulos + pedregulho (escala Wentworth – grãos maiores que 0,62mm) Todas as amostras ensaiadas no presente

estudo, que foram atribuídas à Formação Santa Rita do Passa Quatro, atendem este critério.

Entretanto, as amostras dos produtos de alteração das rochas fontes (arenitos das formações Pirambóia e Botucatu) também possuem porcentagem de grãos acima de 0,62mm superior a 60%, mesmo em afloramentos em que a sequência de horizontes de alteração "in situ" está clara.

O gráfico da Figura 7.11 apresenta as curvas granulométricas dos solos arenosos atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro. Comparando-se estes resultados com aqueles apresentados nas Figura 7.6 e 7.7, verifica-se que os solos residuais da Formação Pirambóia podem apresentar faixa granulométrica mais ampla, porém os solos residuais desenvolvidos sobre a Formação Botucatu e os solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro apresentam praticamente a mesma granulometria.

Considerando-se que os solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro são colúvios resultantes do recuo das escarpas formadas pelo Arenito Botucatu, de forma semelhante ao modelo proposto por Vaz (1996), esta semelhança de granulometria é justificada.

Por outro lado, o critério proposto por Melo (1995) isolado não é suficiente para distinguir os materiais transportados e os materiais residuais, sendo necessário analisar aspectos relativos à estrutura dos depósitos no campo e sua posição estratigráfica para que os depósitos possam ser classificados.

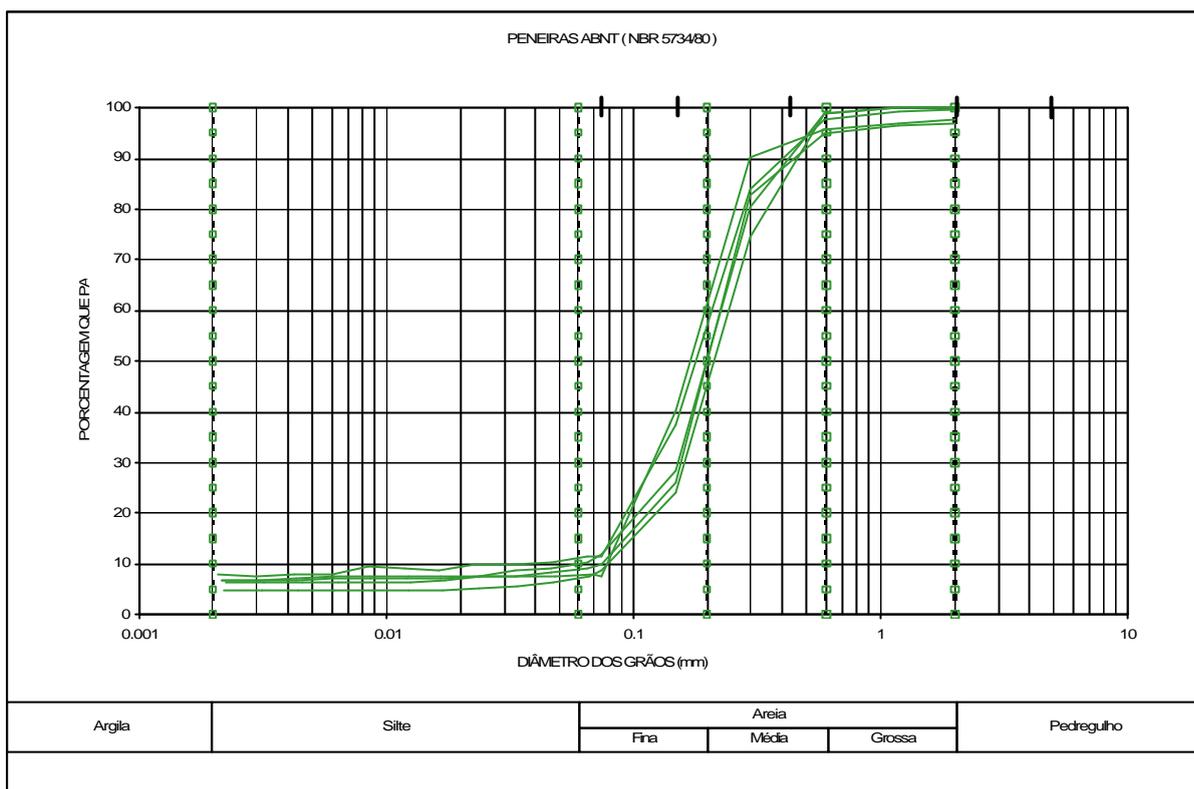


Figura 7.11. Resultados das análises granulométricas realizadas sobre os solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro.

Esses materiais inconsolidados arenosos atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro ocupam normalmente as colinas amplas e interflúvios, e aparecem por vezes próximo às escarpas da Serra do Cuscuzeiro. São explorados pela Mineração Jundu como areia industrial e por outras mineradoras como areia para construção. Os afloramentos mais característicos deste tipo de material são os Pontos 14, 41, 60 e 99.

No Anexo A são apresentados os resultados dos ensaios realizados por Nishiyama (1991) nestes materiais inconsolidados.

As sondagens executadas na Residência (S1), na Escola Zezé Salles (S2) e na Estação de Tratamento de Água (S4) atravessaram estes materiais. Os resultados dos ensaios SPT indicam que estes solos são predominante fofos a pouco compactos, com resultados de SPT variando de 1/51 a 9. Apenas na sondagem da Residência

(S1) foi atingidas camada medianamente compacta (SPT de 10 a 13), entre 11,0 e 13,5 metros de profundidade.

O segundo tipo de material com expressiva distribuição em área e continuidade lateral, atribuído a esta formação, corresponde às areias argilosas com raros grânulos milimétricos subangulosos a subarredondados de quartzo e de rocha básica alterada, que afloram no topo de colinas amplas ou no topo aplainado das escarpas que compõem os divisores de águas dos rios Corumbataí, Ribeirão do Retiro e Ribeirão da Barra. No Ponto 03 foi identificada linha de seixos a 7 metros de profundidade e no Ponto 73 há raros seixos centimétricos arredondados de quartzo (Figura 7.12).



Figura 7.12. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, areno-argilosos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 03).

Sua ocorrência está normalmente associada à proximidade de intrusivas básicas, sendo que os sedimentos ocorrem como capeamento da intrusão (Pontos 15 a 17, 71, 72, 64 e 65) ou lateralmente a ela (Ponto 3). A coloração do material é marrom avermelhado e apenas nos Pontos 64 e 74 é marrom claro. Os resultados dos ensaios realizados sobre estes materiais são apresentados no Apêndice B os classificam como solos A-2-4 no Sistema Rodoviário e SC no Sistema Unificado.

Gonçalves (1993) realizou um estudo detalhado de um perfil localizado nesta unidade (Apêndice A – perfil P3). A autora concluiu tratar-se de cobertura latossólica roxa muito profunda, originada a partir de sedimentos retrabalhados originados de Arenito Botucatu e de rochas básicas atribuídas à Formação Serra Geral. As transições entre os três horizontes identificados pela autora são difusas e irregulares. Os materiais são argilo-arenosos (A-6, A-2-4 e A-5, conforme Anexo A).

As observações de campo com relação à posição das linhas de seixos no pacote sedimentar atribuído à Formação Santa Rita do Passa Quatro, tanto nos termos mais arenosos, quanto nos termos areno-argilosos, leva-nos a refutar a afirmação feita por Giacheti et al. (1993, p.145) de que “a presença da linha de seixos, [...] , é uma indicação segura e útil na identificação do contato entre o sedimento cenozóico e o solo subjacente.”. As relações de campo indicam que a linha de seixos pode estar colocada na base do pacote (Ponto 30), mas pode também estar localizada no meio do pacote sedimentar (Pontos 03 e 99), não havendo sequer diferenças significativas entre os materiais que se situam abaixo e acima dela, e entre estes e o material que compõe a matriz da linha de seixos (ver Apêndice B). Além disso, verificou-se que a linha de seixos pode desaparecer,

gradando lateralmente para uma camada sem seixos (Ponto 03) ou pode ter grande continuidade lateral, como se verifica no Ponto 99.

O terceiro grupo de materiais inconsolidados atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro foi identificado nos Pontos 01, 100 e 101. Material semelhante ocorre no Ponto 07, porém sua distribuição espacial não pôde ser delimitada. Esta ocorrência (Ponto 07) já havia sido identificada anteriormente por Melo (1995), que a classificou na unidade de depósitos rudáceos de tálus e leques aluviais separados da escarpa da cuesta.

Trata-se de um pacote de camadas sedimentares alternadas, com diferentes características granulométricas e espessuras que variam de poucos centímetros a poucos metros. Alternam-se camadas de arenitos com grânulos milimétricos de quartzo, arenitos argilosos com seixos milimétricos, arenitos com seixos milimétricos a decimétricos e conglomerados com quantidades variadas de matriz arenosa. A proporção matriz-seixos varia de camada para camada, assim como o tipo de seixo presente, que pode ser apenas de quartzo, ou pode ser de quartzo, arenito silicificado, arenito com cimentação limonítica e canga laterítica (Figura 7.13). Também são comuns fragmentos de carvão milimétricos a centimétricos nesta unidade.

Melo (1995) interpreta tais depósitos como possíveis remanescentes de ocorrências maiores situadas ao longo do sopé da escarpa de cuesta, quando esta ainda não se encontrava recuada para a posição atual.



Figura 7.13. Aspecto dos materiais inconsolidados retrabalhados, conglomeráticos, atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro (Ponto 01).

7.3.2.6. TÁLUS RECENTE

Os materiais associados a depósitos de tálus recentes (Pontos 78, 81 e 92) caracterizam-se como areias finas argilosas ou areias finas, de cores marrom ou marrom claro, friáveis, maciças, onde podem estar presentes fragmentos de carvão e que estão associadas a blocos de arenito de dimensões métricas. No contato do material inconsolidado (tálus) com a rocha alterada dura, ocorre surgência de água.

Os resultados de Leite (2002), para os ensaios realizados sobre tálus recente localizado ao redor do Morro do Cuscuzeiro, indicaram que se trata de material inconsolidado de textura arenosa, com média de 86% dos grãos classificados na fração areia.

7.3.2.7 COLÚVIOS RECENTES

Nos Pontos 11, 49 e 61 foram identificados corpos de colúvio recentes, próximos aos fundos dos vales atuais e com camadas que acompanham a topografia atual. Nestes afloramentos, o pacote coluvionar tem espessura de 1,7 metros ou mais e apresenta alternância de camadas. Trata-se de camadas de areia pouco argilosa e de areia argilosa, friáveis, porosas, com raros grãos milimétricos de quartzo, de estrutura maciça e cor marrom.

As linhas de seixos acham-se presentes em todos os afloramentos, sendo que nos Pontos 11 e 61 localizavam-se na base do pacote e no Ponto 49 localiza-se intercalada entre duas camadas de areia argilosa. Os seixos tinham dimensões milimétricas a decimétricas, e eram arredondados a angulosos, compostos por quartzo, arenito limonitizado, arenito e canga laterítica. No Ponto 49, esta linha de seixos passa lateralmente para uma camada arenosa, com seixos e fragmentos de carvão milimétricos a centimétricos, de cor cinza.

Estes corpos estão assentados de forma discordante sobre solo residual maduro de rocha básica ou solo residual jovem de arenito (provavelmente Formação Pirambóia).

Apesar da significativa espessura, estas camadas não apresentam distribuição geográfica significativa para as escalas de mapeamento, portanto não foram delimitadas como unidades de materiais geotécnicos. Entretanto, para empreendimentos de pequeno porte elas podem ser de interesse como fontes de material areno-argiloso ou como fontes de cascalho, além de representarem situações de atenção para a estabilidade de taludes.

Nos Pontos 19, 28, 44, 58 e 89, identificam-se camadas de colúvios recentes, com espessura entorno de 50 centímetros, compostas por matriz argilosa ou argilo-arenosa e seixos arredondados centimétricos de quartzo. Este tipo de ocorrência tem pequena espessura (inferior a 1 metro), o que não justifica sua individualização como uma unidade de material inconsolidado.

No Ponto 62, foi identificado colúvio recente com espessura total de 2,3 metros, sobre rochas alteradas moles (RAM) da Formação Pirambóia. Trata-se de camada de areia fina, com grânulos milimétricos de quartzo e laterita, friável, com estrutura maciça, de cor marrom. No contato com a RAM há uma linha de seixos com espessura de 1 metro, ondulada e descontínua, com matriz arenosa e seixos de quartzo e de laterita, centimétricos a decimétricos.

Sobre as rochas da Formação Itaqueri ocorrem camadas espessas de colúvio recente (espessura superior a 2 metros), estratificado, com alternância de camadas mais e menos conglomeráticas, de matriz argilo-arenosa. Um exemplo deste tipo de material inconsolidado foi encontrado no Ponto 87 e outros dois foram estudados por Gonçalves (1993) (ver Anexo A, perfis P5 e P6). Tais ocorrências estão associadas às encostas de declividade superior a 25% que existem no topo da Serra do Cuscuzeiro e se sobrepõem aos materiais inconsolidados residuais desenvolvidos sobre a Formação Itaqueri, exceto sobre o material concrecionário, que ocupa sempre posição de topo no relevo atual.

7.3.2.8 ALUVIÕES RECENTES

Os aluviões recentes caracterizam-se por camadas de areias pouco argilosas ou areias muito argilosas, saturadas, plásticas, de cores cinza claro a cinza escuro. Ocupam grandes extensões, principalmente na bacia do Rio do Pântano, a norte da Serra do Cuscuzeiro e na bacia do Ribeirão do Feijão, sempre associados às planícies dos rios atuais.

7.3.3 MAPA DE DECLIVIDADES

O mapa de declividades do Município é apresentado no Apêndice D.4, onde predominam declividades entre 0 e 3% e entre 6,1 e 12%, conforme Tabela 7.3.

Tabela 7.3 - Porcentagem em área das classes de declividade no Município de Analândia.

Classe de Declividade	Porcentagem em área no Município
0 - 3%	30,5%
3,1 - 6,0%	10,7%
6,1 - 12,0%	24,2%
12,1 - 20%	17,3%
20,1 - 30%	9,9%
30,1 - 60%	6,9%
60,1 - 100%	0,5%

OBS: Declividades acima de 100% ocorrem em área inferior a 0,02% do Município.

Em relação aos materiais inconsolidados, a distribuição das classes de declividade no Município de Analândia é apresentada na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Distribuição das classes de declividade por unidade de materiais inconsolidados, em porcentagem, no Município de Analândia.

Materiais inconsolidados	0-3%	3,1-6%	6,1-12%	12,1-20%	20,1-30%	30,1-60%	60,1-100%
Aluviões Recentes	86	4	8	2	0	0	0
SRPQ – arenoso	32	19	31	13	4	1	0
SRPQ - areno-argiloso	32	9	40	13	4	1	0
SRPQ - cascalhos	39	15	15	31	0	0	0
Residual – F. Itaqueri	30	1	14	28	17	9	0
Residual – F. Serra Geral	13	1	11	27	30	17	1
Residual – F. Botucatu	21	0	9	13	18	35	4
Residual – F. Pirambóia	27	2	20	27	16	7	0

OBS: Declividades superiores a 100% correspondem a menos que 0,5% em todas as unidades de materiais inconsolidados.

Na Área de Expansão Urbana predominam declividades entre 0 e 15%, conforme Tabela 7.5. A distribuição das classes de declividade em relação aos materiais inconsolidados nesta área é apresentada na Tabela 7.6.

Tabela 7.5 - Porcentagem em área das classes de declividade na Área de Expansão Urbana.

Classe de Declividade	Porcentagem na área de expansão urbana
0 – 5%	19,5%
5,1 – 15%	58,9%
15,1 – 20%	11,6%
20,1 – 30%	7,5%
> 30%	2,6%

Tabela 7.6 - Distribuição das classes de declividade por unidade de materiais inconsolidados, em porcentagem, na Área de Expansão Urbana.

Materiais inconsolidados	0-5%	5,1-15%	15,1-20%	20,1-30%	> 30%
Aluviões Recentes	66,1	26,4	6,5	0	0
SRPQ – arenoso	21,9	67,4	7,2	3,1	0,5
SRPQ - areno-argiloso	11,2	68,4	11,0	8,1	1,3
Residual – F. Serra Geral	18,9	31,7	21,3	18,4	9,7
Residual – F. Pirambóia	12,9	49,8	18,9	13,8	4,6

7.3.4 MAPA DE USO DO SOLO

Em escala regional, o trabalho de Ferreira (2005) indicou que no Município de Analândia o uso do solo é predominantemente rural, sendo a maior parcela das terras ocupada por pastagens e cana-de-açúcar, que juntas perfazem 45% da área total do Município. A Tabela 7.7 apresenta a porcentagem em área que cada uso do solo ocupava no Município em 2001. O mapa de uso do solo consta do Apêndice D.5.

Tabela 7.7 - Superfície relativa das classes de uso e cobertura do solo no Município de Analândia.

Uso do solo	Porcentagem relativa em área
Solo exposto	1,74%
Mata	15,49%
Citricultura	10,23%
Mata ciliar	8,79%
Área urbana	0,69%
Represas e lagos	0,18%
Cana-de-açúcar	15,85%
Mata secundária	10,16%
Pastagem	29,06%
Silvicultura	7,75%
Total	100,00%

Extraído de Ferreira (2005).

Com relação às bacias hidrográficas, o uso do solo se distribui como apresentado na

Tabela 7.8.

Tabela 7.8 - Frequência das classes de uso do solo por bacia hidrográfica.

Uso do solo	Rio do Pântano	Córr. Serrinha	Rio Pinheirinho	Córr. Nova América
Mata	48%	34%	35%	28%
Reflorestamento	1%	2%	0%	3%
Citricultura	0%	10%	4%	10%
Cana de açúcar	10%	38%	8%	10%
Pastagem	38%	15%	52%	43%
Área urbana	0%	0%	0%	6%
Solo exposto	3%	1%	1%	0%
Total	100%	100%	100%	100%
Uso do solo	Córr. do Feijão	Rib. Descaroador	Corumb. Montante	Corumb. Jusante
Mata	33%	16%	39%	40%
Reflorestamento	11%	0%	1%	13%
Citricultura	17%	47%	17%	0%
Cana de açúcar	13%	0%	16%	17%
Pastagem	26%	35%	25%	26%
Área urbana	0%	0%	1%	1%
Solo exposto	0%	2%	1%	3%
Total	100%	100%	100%	100%

Nos trabalhos de campo, verificou-se que áreas ocupadas por pastagens estão sendo (ou foram) substituídas por plantações de cana-de-açúcar, de eucaliptos ou de laranja. Este fenômeno já havia sido constatado por Ferreira (2005), que o coloca como uma consequência do fato de a pecuária extensiva ser atualmente uma atividade econômica de baixa rentabilidade.

Outro aspecto importante com relação ao uso do solo no Município de Analândia é o setor mineral. No Município se localiza uma das maiores minerações de areia industrial do país. Trata-se da Mineração Jundu, cuja cava se localiza a 3,5 quilômetros da área urbana. Além disso, SMA/IG (2002, apud TOREZAN, 2005) já havia selecionado parte do Município como área de interesse especial quanto a aspectos relacionados à exploração atual, potencial de incremento na atividade, conflitos ou proximidade a áreas urbanas ou Unidades de Conservação, em trabalho

de levantamento da atividade de mineração na bacia hidrográfica do rio Mogi-guaçu, devido ao fato de se tratar de uma região com expressiva concentração de processos de requerimentos e autorizações de pesquisa mineral junto ao DNPM, principalmente para areia industrial.

A Tabela 7.9 apresenta a relação dos processos de pesquisa mineral em tramitação junto ao DNPM. Na Tabela 7.10 é apresentada sua distribuição em área.

Apesar de a atividade de mineração não restringir necessariamente o uso do solo por outras atividades, como no caso da exploração de água mineral, deve-se considerar, para a elaboração de planos diretores, que a extração mineral envolve rigidez locacional, devido ao fato de o bem mineral não estar disponível naturalmente em todos os locais, e envolve impactos positivos e negativos para outros tipos de uso como, por exemplo, com a implantação de cavas de mineração a céu aberto.

Quanto à exploração de água subterrânea, deve-se destacar que há 16 processos protocolados juntos ao DNPM para pesquisa e/ou lavra de água mineral ou água potável de mesa, sendo a maioria deles protocolado nos últimos 5 anos, o que evidencia o crescente interesse por este tipo de bem mineral na região. O Município é uma das áreas de recarga do aquífero Guarani.

Tabela 7.9 - Processos de pesquisa mineral em área do Município de Analândia em tramitação junto ao DNPM em novembro de 2006.

Fase do processo	No. do processo	Bem mineral	Área (ha)	% da área municipal
Requerimento de Pesquisa	820027/2002	água mineral	49,98	< 0,5%
	820316/2003	água mineral	49,00	< 0,5%
	820317/2003	água mineral	49,00	< 0,5%
	820318/2003	água mineral	49,00	< 0,5%
	820668/2004	arenito para corretivo de solo	49,70	< 0,5%
	820206/2004	argila refratária	427,58	1,3%
Autorização de Pesquisa	820057/1995	água mineral	40,70	< 0,5%
	820930/1997	água mineral	49,35	< 0,5%
	821222/1998	areia para construção civil	502,97	1,5%
	820146/2000	água mineral	50,00	< 0,5%
	820318/2001	argila refratária	999,98	3,0%
	820189/2002	argila refratária	999,76	0,8%
	820401/2002	argila refratária	850,00	< 0,5%
	820715/2002	água mineral	49,98	< 0,5%
	821045/2002	argila aluminosa	259,43	< 0,5%
	821046/2002	água mineral	49,50	< 0,5%
	820161/2003	água mineral	37,52	< 0,5%
	820320/2003	água mineral	44,90	< 0,5%
	820916/2003	água mineral	49,00	< 0,5%
	820051/2005	areia para construção civil, argila, turfa, água mineral, água potável de mesa	1977,60	6,0%
Requerimento de Lavra	820224/1985	areia para fundição	313,70	0,9%
	820491/1985	areia para construção civil	323,25	1,0%
	820930/1985	areia para fundição	463,61	1,4%
	820931/1985	areia para fundição	981,00	3,0%
	820232/1986	areia industrial	49,98	< 0,5%
	821612/2000	areia para construção civil	50,00	< 0,5%
	821613/2000	areia industrial	50,00	< 0,5%
	821614/2000	areia industrial	49,98	< 0,5%
	821615/2000	areia industrial	49,97	< 0,5%
	821616/2000	areia industrial	49,96	< 0,5%
	820600/2001	água mineral	39,37	< 0,5%
Concessão de Lavra	816298/1973	areia para construção civil	233,00	< 0,5%
	820605/1981	areia para construção civil	248,56	0,8%
	820904/1985	água mineral	655,00	2,0%
	820779/1990	areia para vidro	171,50	0,5%
Licenciamento	3342/1957	água mineral	1,45	< 0,5%
	820477/2000	areia para construção civil	9,94	< 0,5%
Disponibilidade	820630/1993	areia industrial	1000,00	1,9%
	820319/2003	água mineral	43,78	< 0,5%

Tabela 7.10 - Distribuição em área, por bem mineral.

Bem mineral	% da área municipal
Areia industrial, para fundição e para vidro	10,4%
Areia para construção civil	3,8%
Argila refratária, argila aluminosa, argila, turfa	11,8%
Água mineral, água potável de mesa	3,6%
Arenito para corretivo de solo	0,1%
Áreas não requeridas	70,3%

OBS: requerimento 820051/2005 foi considerado apenas para argila

No Município de Analândia há registros de cavidades naturais (RIBEIRO et al., 2005) e há vales fechados (ver mapa de documentação - Apêndice A), o que indica a presença de processos de formação de pseudocarste em subsuperfície. Para exploração das águas subterrâneas deve-se considerar que não deve ocorrer superexploração do aquífero, com conseqüente rebaixamento do lençol freático e desenvolvimento de piping nos arenitos, o que poderá ter como conseqüência a ocorrência de colapsos em superfície. Este fato é corroborado pelos estudos de Dourado et al. (2001), em terrenos da mesma unidade, no Município vizinho e pelas observações realizadas na cava da mineração Jundu (Ponto 96).

Com relação ao uso do solo na área de expansão urbana, que tem ao todo 7,2 km², foram definidas 11 classes de uso, a saber:

- Áreas pouco adensadas e/ou não ocupadas: correspondem aos loteamentos abertos (com arrumamento implantado), onde praticamente não há edificações construídas, e às áreas inseridas na malha urbana ainda não loteadas. Em todas estas áreas as terras são esporadicamente utilizadas como pastagens e a vegetação é do tipo campo.
- Áreas com adensamento médio: correspondem às áreas com loteamentos implantados em que há edificações construídas, porém ainda há

relativamente mais áreas não impermeabilizadas, que áreas impermeabilizadas.

- Áreas com adensamento elevado: correspondem às áreas com loteamentos implantados em que há edificações construídas e onde as áreas impermeabilizadas superam as áreas não impermeabilizadas.
- Loteamentos com vegetação do tipo cerrado: trata-se de loteamentos abertos nas décadas de 1960-1970, em que a infra-estrutura urbana não foi implantada e onde não se construíram edificações, havendo atualmente na quadras vegetação do tipo cerrado.
- mata e/ou cerrado: vegetação do tipo mata ciliar ou cerrado
- silvicultura: vegetação do tipo eucalipto ou pinus, explorada de forma comercial
- pastagem: áreas de campos, exploradas comercialmente como pastagens para gado.
- Cana-de-açúcar: áreas utilizadas para o cultivo de cana-de-açúcar.
- Citricultura: áreas utilizadas para o cultivo de laranja.
- Mineração: cava e solo exposto em área de mineração de areia para construção civil.
- Estrada: estrada asfaltada, administrada pelo Departamento Estadual de Estradas de Rodagem (DER), que liga Analândia às cidades de Pirassununga e de Itirapina (SP-225).

Dentre estes usos, aqueles que abrangem maior área municipal são as áreas urbanizadas pouco adensadas e as áreas com adensamento médio. No Apêndice D.12 é apresentado o Mapa com a distribuição dos diversos usos do solo na Área de

Expansão Urbana. A Tabela 7.11 resume sua distribuição relativa, em relação à área municipal. Percebe-se que 28,7% da Área de Expansão Urbana é ocupada por usos não urbanos, e que dos 71,3% ocupados com usos urbanos, apenas 33,4% encontram-se medianamente a fortemente adensados.

Tabela 7.11 - Superfície relativa das classes de uso e cobertura do solo no Município de Analândia.

Uso do solo na área de expansão urbana	Porcentagem relativa em área
Usos urbanos	
Pouco adensado ou não ocupado	26,7%
Adensamento médio	22,8%
Adensamento elevado	10,6%
Loteamentos com cerrado	11,1%
Outros usos	
Mata e/ou cerrado	14,7%
Silvicultura	3,3%
Pastagem	6,1%
Cana-de-açúcar	1,6%
Citricultura	0,3%
Mineração	1,1%
Estrada	1,6%
Total	100,00%

Além disso, deve-se destacar a existência de loteamentos abertos nas décadas de 1960 e 170, que não foram ocupados e que se encontram atualmente tomados por vegetação do tipo cerrado. A APA Piracicaba- Juqueri-Mirim proíbe explicitamente o desmatamento em áreas urbanas, o que cerceia a ocupação efetiva destes loteamentos (Figura 7.14).



Figura 7.14 A APA Piracicaba-Juqueri-Mirim proíbe a ocupação de loteamentos abertos na década de 1970 na Área de Expansão Urbana se a vegetação do tipo Cerrado estiver em estado avançado de regeneração.

7.4 LEVANTAMENTO DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS INSTALADOS E RESTRIÇÕES GEOTÉCNICAS NA ÁREA

Neste item, são apresentados os principais processos de meio físico e restrições geotécnicas para o uso do solo identificados no Município de Analândia. A organização por tipo de processo está relacionada à abordagem sintética, praticada em vários métodos de mapeamento, em especial no método utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

7.4.1 PROCESSOS EROSIVOS

A erosão figura como o processo geológico mais notável no Município de Analândia. A maior parte do município apresenta solos arenosos, o que favorece a instalação dos processos erosivos. Porém, mesmo em regiões onde predominam solos argilosos foram verificadas ravinas, ainda que em menor quantidade.

Bacci (1994) menciona que, com a mudança do tipo de cultivo dos solos na bacia, ocorrida entre 1984 e 1994, o aporte sedimentar para o rio Corumbataí diminuiu consideravelmente. Anteriormente a esta época, predominavam na bacia as plantações de arroz, milho e café. A introdução do plantio em curvas de nível da cana-de-açúcar e a ocupação dos terrenos pelas pastagens forneceram uma proteção maior ao solo e impediram o carreamento deste para os cursos d'água.

De fato, ainda hoje se verifica que é freqüente o cultivo em curvas de nível, principalmente nos agronegócios, sendo as plantações de cana-de-açúcar, eucalipto e laranja as que ocupam maior área (Figura 7.15). Em algumas situações também se verifica a utilização de terraceamento em pastagens.

Além disso, a erosão está diretamente relacionada a uma das preocupações principais da administração municipal, que é a manutenção das estradas de terra, tanto em áreas urbanas, quanto em áreas rurais. Este aspecto é discutido adiante, nos itens que tratam mais detalhadamente os dois tipos de erosão: laminar e linear.



Figura 7.15. A execução de plantio com terraceamento é prática comum no Município.

7.4.1.1 EROSÃO LAMINAR

A ocorrência de erosão laminar é evidente nos terrenos do Município em que o solo se encontra total ou parcialmente exposto (Figura 7.16).

Apesar de as plantações de cana-de-açúcar e de citrus serem realizadas com terraceamento, verifica-se, principalmente no caso das plantações de cana-de-açúcar, que a manutenção das estradas de serviço só ocorre na época da colheita e que durante o resto do ano as mesmas ficam sujeitas a fortes erosões.



Figura 7.16. Evidência de erosão laminar em área de solo exposto (Ponto 100).

Também se verificou que o preparo do solo para a plantação de cana-de-açúcar envolve grande movimentação de terra, especialmente em áreas já ocupadas por pastagens. Nestes casos, o preparo do solo promove o aterramento de feições erosivas lineares, porém disponibiliza grande volume de material solto à superfície, que será facilmente carregado pela erosão laminar durante os períodos chuvosos.

Na área urbana a erosão laminar é marcante nas vias não pavimentadas.

Está claro, portanto, que o uso do solo é um dos fatores preponderantes para a instalação da erosão laminar.

7.4.1.2 EROSÃO LINEAR

A erosão em sulcos manifesta-se principalmente em áreas de pastagens, com declividades superiores a 24% e está normalmente relacionada às trilhas de gados, que se tornam pontos de concentração do escoamento das águas de chuvas. Não se verificou a sua evolução para ravinas, mesmo em áreas que têm sido utilizadas como pastagens desde a década de 1960.

Por outro lado, verificou-se que a alteração do uso do solo, de pastagem para agricultura mecanizada (cana-de-açúcar, eucalipto ou laranja) resultou na correção destas erosões, de tal forma que hoje em dia não se percebem mais sulcos em locais onde claramente havia grandes concentrações em 1962, como se pode depreender pela observação de fotos aéreas deste ano.

Outra ocorrência comum de sulcos se dá no leito das estradas de terra, tanto na área urbana quanto na área rural. Isto se verifica tanto em regiões de solos arenosos, quanto em regiões de solos argilosos e está relacionado à ausência de um sistema de drenagem adequado.

Nas estradas municipais, são utilizados camaleões, sangras e caixas de infiltração para contenção da erosão, porém, em muitas situações, estes dispositivos não estão implantados ainda ou estão implantados de forma inadequada, subdimensionados para os volumes de água que devem receber em eventos chuvosos. O mesmo tipo de contenção é utilizado em algumas vias urbanas.

O procedimento adotado para correção dos sulcos e pequenas ravinas em estradas e em vias urbanas é o de aprofundar o leito, o que resulta em vias cada vez mais encaixadas no terreno e concentrando cada vez mais o escoamento superficial.

O mesmo se verifica nas estradas secundárias das plantações de cana-de-açúcar em épocas de entressafra, pois não há manutenção das vias (Figura 7.17).



Figura 7.17. Erosão laminar e em sulcos nas estradas das áreas plantadas com cana-de-açúcar, por falta de manutenção durante o ano (Ponto 56).

As ravinas e boçorocas são bastante comuns no Município de Analândia. Elas foram tratadas de forma conjunta, pois não é possível distingui-las nas fotos aéreas disponíveis (devido à escala das fotos) e não foi possível vistoriar todas as feições do município.

A comparação entre os dados de campo e das fotos aéreas de julho de 2006, com os dados das fotos aéreas de 1962 e de 1972 indicou que a maior parte das ravinas e boçorocas identificadas no Município já estava instalada em 1962. Sua instalação deve estar relacionada à expansão da fronteira agrícola no Estado de São Paulo e ao desmatamento para plantio de café que ocorreu no fim do Século XIX e início do Século XX.

A análise das inter-relações entre este tipo de erosão e outros fatores do meio físico é apresentada a seguir.

7.4.1.2.1 EROSÕES LINEARES E DEMAIS FATORES DO MEIO FÍSICO

Ao se analisar o comprimento total de erosões lineares no Município de Analândia identificadas nas fotografias aéreas de 1962 e de 1972, verifica-se que este comprimento diminuiu significativamente neste período. A Tabela 7.12 apresenta os dados referentes a esta redução, sendo possível verificar que ela ocorreu em todas as bacias hidrográficas do Município. A análise por bacias hidrográficas é relevante, pois estas têm sido cada vez mais utilizadas em ações de planejamento ambiental e do uso e ocupação do solo.

Tabela 7.12 - Densidade de erosões lineares por bacia hidrográfica, em 1962 e em 1972.

Bacia hidrográfica	Área da bacia (km ²)	Densidade de erosões (m/km ²)	
		1962	1972
Ribeirão do Pântano	26	27,3	8,5
Córrego do Pinheirinho	29	103,3	64,2
Rib. Descaroador	14	87,9	51,4
Cor. Serrinha	35	278,3	141,2
Rio Corumbataí Jusante	86	176,1	104,8
Córrego da Nova América	22	112,1	107,4
Rio Corumbataí Montante	65	235,0	147,2
Córrego do Feijão	50	114,3	68,0
Totais	327	163,0	98,1

Verificou-se, nos trabalhos de campo, de forma análoga ao que ocorreu com algumas das concentrações de sulcos, que a implantação de agricultura mecanizada acarretou na correção de algumas destas feições erosivas. Entretanto, o método de correção utilizado é o de se realizar aterros lançados (ou simplesmente empurrar a

terra) para tampar os buracos de erosão, não havendo qualquer preocupação com drenagem de fundo (no caso das boçorocas) ou drenagem superficial.

Pode-se destacar o caso da boçoroca observada no Ponto 56: ela já existia em 1962 e para implantação do cultivo de cana-de-açúcar em 2003 ela foi aterrada. Segundo relato do proprietário da terra, em um ano ela havia se estabelecido novamente, no mesmo local, e apresenta-se ativa ainda hoje.

Muitas das ravinas e boçorocas identificadas nas fotos aéreas de 1962 e de 1972 encontram-se atualmente estabilizadas, inclusive com vegetação de porte arbóreo desenvolvida em seu interior. Em alguns casos, elas se encontram praticamente estabilizadas, com atividade localizada apenas, representada pelos escorregamentos de pequeno porte dos taludes laterais. Em outros casos, elas ainda estão ativas em toda a sua extensão.

A comparação dos comprimentos das erosões lineares também foi realizada para a área de 97 km² (ver Apêndice D.1), para a qual estão disponíveis fotos aéreas de 2006. Esta comparação é apresentada na Tabela 7.13. Verifica-se que o comprimento de erosões lineares diminuiu ainda mais entre 1972 e 2006 nas áreas rurais, porém cresceu na área de expansão urbana.

As características das boçorocas e ravinas da área urbana estão resumidas na Tabela 7.14.

Tabela 7.13 - Comprimento de erosões lineares em área de 97 km² nos anos de 1962, 1972 e 2006.

Ocupação	Comprimento de erosões (m)		
	1962	1972	2006
Área de Expansão Urbana	49,6	542,4	1019,4
Área rural	14325,0	9367,8	9710,4
Total	14374,6	9910,2	10729,8

Tabela 7.14 – Erosões lineares na Área de Expansão Urbana de Analândia.

Localização	Tipo	Condicionantes Naturais	Dimensões Compr./larg/ prof. (m)	Causas identificadas	Medidas de controle executadas	Estabi- lizada ?
Ponto 6	Ravina	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, Declividade 5-15%	130 / 40 / 8	Concentração de escoamento superficial em via urbana	Desvio do escoamento superficial	Sim *
Ponto 14	Ravina	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, Declividade 5-15%	157 / 20 / 5	Concentração de escoamento superficial em via urbana	Desvio do escoamento superficial	Sim
Ponto 23	Ravina	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, Declividade 20-30%	160 / 40 / 9	Concentração de escoamento superficial devido à abertura do Jardim Santo Antônio	Construção de caixa de dissipação no ponto de lançamento das águas pluviais	Sim *
Ponto 24	Boçoroca	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro e solos residuais da Fm. Pirambóia, Declividade de 5-30%	246 / 100 / 20	Concentração de escoamento superficial devido à abertura do Jardim Santo Antônio,	Dreno de fundo, aterro com terraceamento, desvio do escoamento superficial	Sim
Ponto 150	Ravina	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, Declividade 5-15%	273m (**) / 20 / 3	Concentração de escoamento superficial, devido ao aprofundamento do leito da via	Abandono da via, desvio do escoamento superficial	Sim
Ponto 34	Ravina	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, Declividade 5-15%	96 / 10 / 3	Concentração de escoamento superficial, devido ao aprofundamento do leito da via	Abandono da via, desvio do escoamento superficial	Sim
Ponto 149	Ravina	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, Declividade 15-20%	49 / 7 / 5	Concentração de escoamento superficial, desviado da boçoroca do Ponto 24	Desvio do escoamento superficial e instalação de caixas de infiltração	Sim

* utilizada para o lançamento de lixo de varrição, podas, entulho, móveis, etc

** está situada parcialmente fora da Área de Expansão Urbana

Duas das ravinas foram conseqüência do manejo inadequado da drenagem em vias urbanas (Pontos 34 e 150). Como descrito anteriormente, o aprofundamento progressivo do leito levou à concentração das águas e à formação de ravina que obrigou ao abandono da mesma. Estas duas vias estão abandonadas atualmente.

As demais erosões lineares estão todas relacionadas ao lançamento das águas pluviais quando acaba o arruamento, e todas elas encontram-se estabilizadas devido à implantação de caixas de infiltração ou de dissipação de energia.

No caso da boçoroca (Ponto 24) a Prefeitura Municipal executou as obras necessárias a sua estabilização no ano de 2002. A feição encontra-se estabilizada e os cordões de nível executados estão intactos, exceto pela ocorrência de pequenos sulcos. A vegetação arbórea plantada na área não se desenvolveu e a área está coberta por gramíneas.

Como feições erosivas posteriores a 1972 foram identificadas também ravinas relacionadas a estradas rurais e à Rodovia SP-225, como ilustrado na Figura 7.18.

Tanto na área de expansão urbana, quanto nas proximidades das estradas e rodovia, verifica-se a influência do planejamento da ocupação na formação das erosões, pois nas áreas rurais grande parte das feições lineares está relacionada a estradas (atuais ou pretéritas) e nas áreas urbanas as erosões estão predominantemente associadas ao lançamento inadequado da drenagem pluvial.



Figura 7.18. Ravina causada por deficiência no sistema de drenagem da estrada que liga Analândia a Corumbataí (Ponto 12).

Com relação aos demais fatores do meio físico mapeados, para os quais foram calculadas as densidades de erosões lineares (Figuras 7.19 e 7.20), verificou-se que as erosões lineares aumentam progressivamente, conforme aumenta a declividade, até 30%. A partir desta declividade a quantidade de erosões tende a diminuir, ocorrendo uma diminuição significativa para declividades superiores a 60%. Estes dados são congruentes com o esperado, pois, para declividades superiores a 60% a espessura de solo tende a diminuir e os processos de movimento de massas passam a dominar a paisagem.

Com relação aos materiais inconsolidados, aqueles que apresentam as maiores densidades de erosão linear são os solos residuais desenvolvidos sobre as Formações Pirambóia e Botucatu. Esperava-se que os materiais francamente arenosos pertencentes à Formação Santa Rita do Passa Quatro apresentassem a terceira maior densidade, entretanto esta posição é ocupada pelos materiais residuais

desenvolvidos sobre a Formação Serra Geral, que têm caráter argiloso no horizonte de solo residual maduro e silto-argiloso no horizonte de solo residual jovem.

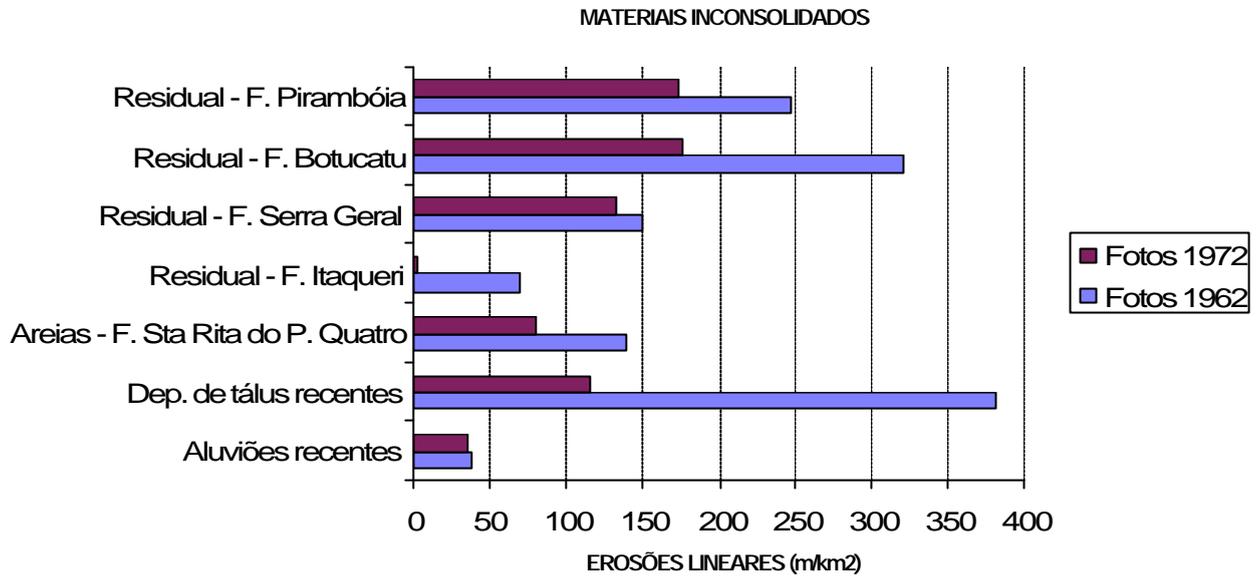


Figura 7.19. Densidade de erosões lineares, por classe de materiais inconsolidados, em 1962 e em 1972.

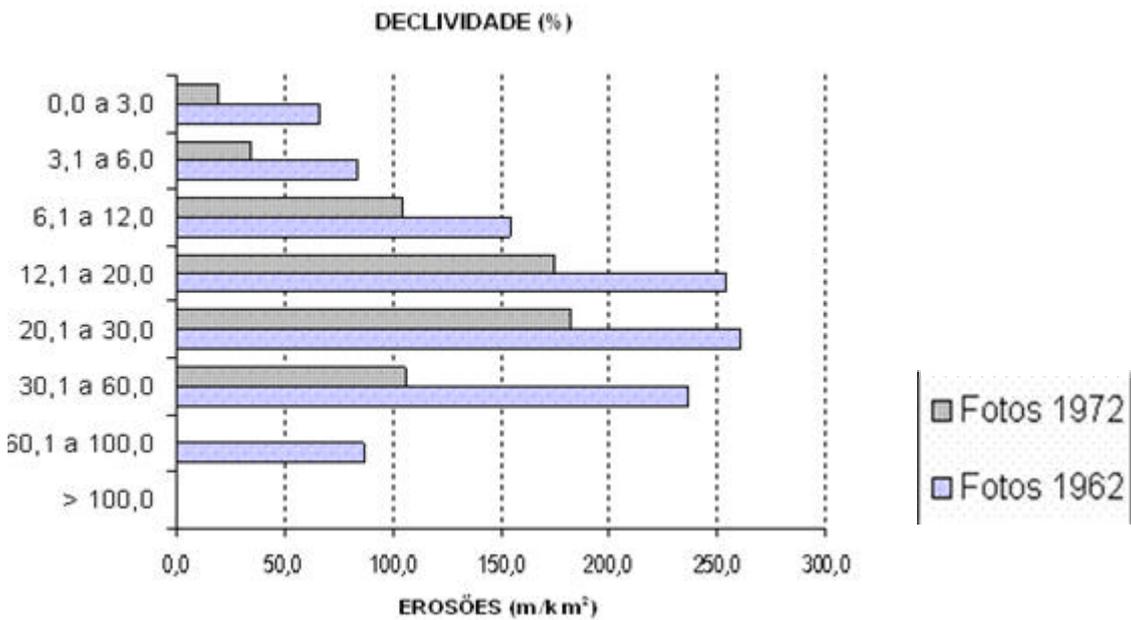


Figura 7.20. Densidade de erosões lineares, por classe de declividade, em 1962 e em 1972 (extraído de de HIRAI; AUGUSTO FILHO; ABREU, 2006).

Com relação ao controle de aspectos geológico-geotécnicos sobre a ocorrência de erosões lineares, deve-se destacar ainda a concentração de ravinas que ocorre a nordeste do Morro do Camelo (coordenadas 222.950 E e 7553450 N) (Figura 7.21). Trata-se de 4 ravinas de grande porte, que se desenvolveram praticamente em linha, sobre solo de alteração do arenito Botucatu. A presença de um dique de diabásio nesta região, paralelo à direção em que as erosões se desenvolveram, deve explicar em parte sua formação, pois o dique representa uma barreira à percolação d'água subterrânea.



Figura 7.21. Ravina de grande porte, nas proximidades do Morro do Camelo (Ponto 20).

Alem disso, na região de afloramento do Arenito Pirambóia são comuns boçorocas de pequeno porte (Figura 7.22), relacionadas à presença de níveis d'água suspensos neste pacote de rochas sedimentares, que intercala camadas impermeáveis de argilas e argilas arenosas, a camadas arenosas e conglomeráticas bastante permeáveis.



Figura 7.22. Boçoroca de pequeno porte, em solos residuais da Formação Pirambóia (Ponto 47).

7.4.2 ASSOREAMENTO E INUNDAÇÕES

Em Analândia, não se verificam prejuízos significativos devido a assoreamentos e inundações.

Bacci (1994) estudou a extração de areia na Bacia do Rio Corumbataí e concluiu que o Município de Analândia funciona como “exportador” para o município de jusante (Corumbataí), onde se localizam os principais portos de areia da bacia hidrográfica.

Ao sul da Serra do Cuscuzeiro ocorrem localmente soleiras litológicas, compostas por afloramentos de corpos de diabásio. À montante destas soleiras formam-se normalmente planícies aluvionares naturais, onde provavelmente ocorreu aumento da sedimentação devido à ocorrência de erosões. Não se verificam, porém, reclamações relativas a perdas econômicas, principalmente porque a ocupação destas áreas ainda é rural, essencialmente na forma de pastagens e/ou mata ciliar.

Com relação a perdas econômicas devido ao acúmulo de sedimentos, pode-se citar o completo assoreamento do lago do parque municipal, denominado Lago da Bruxa, localizado a jusante da boçoroca causada pela implantação do Bairro Santo Antônio. Atualmente o lago encontra-se parcialmente desassoreado, devido a obras realizadas pela Prefeitura.

Além disso, nos meses da estação chuvosa (verão) a Avenida Cinco, do Centro, sofre constantes inundações. Estas inundações não estão, entretanto, fortemente relacionadas ao aumento da carga sedimentar transportada pelo Rio Corumbataí. Devem-se principalmente à ocupação de uma área de várzea do rio, também formada por uma soleira litológica e pelo constante aterro desta área com entulhos e outros materiais para expansão do uso urbano, além do aumento da urbanização no Centro e nos bairros Jardim São Carlos, Jardim Santo Antonio e Jardim das Laranjeiras, que alterou o tempo de concentração das águas na bacia.

7.4.3. SOLOS COLAPSÍVEIS E RESTRIÇÕES PARA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES

Os solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro, que ocorrem na área urbana, apresentam características que sugerem se tratar de solos colapsíveis: são solos insaturados, predominantemente fofos. Eles apresentam características granulométricas, índice de vazios e grau de saturação da mesma ordem de grandeza daqueles descritos por Rodrigues e Lollo (2004) e por Oliveira (2002) para a região de Ilha Solteira - SP, por Cintra et al. (2005) para o Campus Experimental da EESC-USP e por Giacheti et al. (1993) para os sedimentos cenozóicos do interior de São Paulo, todos reconhecidamente colapsíveis.

Na prática de construção da área urbana de Analândia, predomina o empirismo, o que pode ser corroborado pelo reduzido número de sondagens de simples reconhecimento que já foram realizadas na cidade como um todo. A maioria das edificações é térrea, assentada sobre fundações diretas, normalmente definidas pelo próprio mestre de obras.

É disseminada a crença popular de que não se deve encher de água as tocas de lagartos e roedores situadas no entorno das edificações, pois há risco de afundamento da edificação. Esta crença apóia o fato de os solos possivelmente serem colapsíveis.

Por outro lado não são registradas trincas da mesma magnitude daquelas registradas em edificações tipicamente sujeitas a colapso de solo, como apresentado por Oliveira (2002), entre outros autores.

Ou seja, não há evidências claras de ocorrência de colapso de solo, apesar de as propriedades dos solos sugerirem a possibilidade de ocorrência de tal processo.

Para avaliação da possibilidade de ocorrência de colapso do solo foram calculados o grau de compactação natural e a porosidade dos solos, conforme apresentado no Apêndice C. Os solos transportados areno-argilosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro e os solos residuais jovens não laterizados desenvolvidos sobre a Formação Itaqueri reúnem características indicativas de colapsibilidade, pois apresentam grau de compactação natural inferior a 90% e porosidade acima de 50%. Estes solos, entretanto, não ocorrem na Área de Expansão Urbana.

Os resultados apresentados no Apêndice C, baseados em Vilar (2007, comunicação pessoal) sugerem que os solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro, que ocorrem na área urbana, não são solos colapsíveis,

mas solos bastante compressíveis, por serem arenosos e apresentarem compacidade fofa.

Nas proximidades das drenagens, onde ocorrem terraços aluvionares, verifica-se que a presença de lentes de areia muito argilosa ocasionam o afloramento do nível d'água, promovendo dificuldades para a execução das fundações rasas, especialmente na época das chuvas.

7.4.4 MOVIMENTOS DE MASSA

Os movimentos de massa ocorrem como processos naturais de evolução das escarpas das serras do Cuscuzeiro, da Atalaia e Serra Grande. Trata-se normalmente de quedas de blocos (conforme AUGUSTO FILHO, 1994), que geram corpos de tálus próximos ao sopé das escarpas. Eventualmente, verificam-se cicatrizes de corridas de massa traduzidas em aberturas mais significativas na vegetação da escarpa e associadas às linhas de drenagens.

Nos vales dos ribeirões do Retiro e da Barra também foram observadas cicatrizes de escorregamentos translacionais superficiais de pequeno porte e localizados em pontos da topografia com declividade superior a 60%, onde ocorre soleira de diabásio. Trata-se de áreas com solo pouco espesso, onde os movimentos de massa são condicionados principalmente pela declividade do terreno.

Além disso, no vale do Ribeirão do Retiro, foram observadas cicatrizes de escorregamentos circulares de médio porte, localizadas em ruptura positiva do relevo, próxima à drenagem, em terrenos da Formação Pirambóia. Estes escorregamentos estão associados provavelmente à conjugação de quatro fatores:

ocorrência de níveis d'água suspensos, relevo com ruptura positiva (favorável à instabilização pelo próprio balanço de massas) e extensa área de contribuição na encosta, com declividade de 24% e ocupada por pastagem.

Escorregamento de grande porte foi verificado em um ponto da escarpa da Serra do Cuscuzeiro, associado à evolução das paredes de uma erosão presente na área desde 1962 ou anos anteriores, como se pode observar pelas fotografias aéreas.

Em taludes artificiais (cortes de estradas), foram observadas diversas cicatrizes de escorregamentos planares e rotacionais, causados pela inclinação acentuada dos cortes (subverticais), e que ocorrem em períodos de chuvas mais prolongados, quando o solo superficial fica progressivamente saturado.

Na rodovia SP-225 estes escorregamentos são comuns nos cortes de maior altura localizados na unidade de solos transportados areno-argilosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro. Estes escorregamentos não causam danos ao tráfego da rodovia, pois tais materiais foram utilizados como empréstimo para os aterros e os taludes encontram-se afastados da pista.

Nas estradas municipais os escorregamentos translacionais são freqüentes, mesmo em taludes de pequena altura (1 a 2 metros) e estão associados a materiais arenosos, principalmente aos solos transportados arenosos da Formação Santa Rita do Passa Quatro. Nestes casos, verifica-se a interdição parcial da pista e a perda de mourões de cerca das propriedades vizinhas à estrada.

Nos materiais argilosos resultantes da alteração das rochas da Formação Itaqueri foram observados escorregamentos rotacionais às margens de um

reservatório, provavelmente relacionados à variação do nível d'água para formação do lago.

A análise das fotografias aéreas de 1962, 1972 e 2006 resultou na identificação de poucas feições relacionadas exclusivamente a movimentos de massa gravitacionais. Isto não implica que este processo não ocorra na área, como pôde ser constatado através dos trabalhos de campo. Implica apenas que os eventos não geraram cicatrizes de magnitude tal, que possam ser identificadas nas fotos aéreas em escala 1:25.000 ou menor.

7.5 MAPAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

7.5.1 MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA

Foram mapeadas 12 unidades geotécnicas principais no Município de Analândia, como consta do Mapa Geológico-Geotécnico de Analândia, na escala 1:50.000, apresentado no Apêndice D.6.

As unidades AL e IT1 foram definidas por pré-qualificação, pois as áreas de ocorrência de aluviões recentes (unidade AL) e as áreas de ocorrência dos solos laterizados desenvolvidos sobre a Formação Itaqueri têm características geotécnicas definidas e claramente distinguíveis das demais unidades.

Para as demais unidades foi realizada a sobreposição dos atributos materiais inconsolidados e declividade, bem como a avaliação dos processos associados a cada unidade resultante desta sobreposição. A Tabela 7.15 apresenta as

características destas unidades e a Tabela 7.16 apresenta os problemas existentes ou esperados e as recomendações para o uso e ocupação do solo em cada um delas.

Tabela 7.15 - Unidades geológico-geotécnicas definidas no Município de Analândia e ocorrência.

Unidades principais	Características das unidades principais	Unidades secundárias	Características das unidades secundárias	% da área municipal
AL	Aluviões recentes. Declividades inferiores a 3%.		-	2,3%
TA	Depósitos de tálus recentes. Declividades de 3 a 20%		-	1,9%
SR1	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, areno-argilosos. Declividades de 3 a 20%.		-	5,6%
SR2	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, arenosos. Declividades entre 0 e 20%.	SR2.1 SR2.2 SR2.3	Declividades de 0 a 12%. Declividades entre 12 e 20%. Declividades superiores a 20%.	50,5%
SR3	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, areno-rudáceos. Declividades de 6 a 20%.		-	0,2%
BO1	Solos residuais da Formação Botucatu. Declividades entre 0 e 20%.	BO1.1 BO1.2	Declividades de 0 a 12%. Declividades entre 12 e 20%.	2,0%
BO2	Solos residuais da Formação Botucatu. Declividades superiores a 20%, predominando aquelas superiores a 40%.		-	5,0%
PI	Solos residuais da Formação Pirambóia. Declividades entre 0 e 20%.	PI.1 PI.2 PI.3	Declividades de 0 a 12%. Declividades entre 12 e 20%. Declividades maiores que 20%.	19,1%
IT 1	Solos laterizados da Formação Itaqueri, Declividades entre 0 e 12%.		-	1,5%
IT 2	Solos residuais da Formação Itaqueri, não laterizados. Declividades entre 6 e 20%.	IT2.1 IT2.2	Declividades de 6 a 20%. Declividades superiores a 20%.	7,4%
SG 1	Solos residuais da Formação Serra Geral. Declividades de 6 a 20%.		-	1,8%
SG 2	Solos residuais da Formação Serra Geral. Declividades superiores a 20%.		-	2,6%

Tabela 7.16: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas do Município de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
AL	-	Escavabilidade: 1ª categoria, problemas de estabilidade das cavas (N.A. raso). Fundações: baixa capacidade de suporte (“solos moles”), recalques rápidos a lentos (adensamento). Processos: áreas sujeitas a inundações e erosão/solapamento pelas drenagens. Baixa suscetibilidade à erosão linear.	Evitar a ocupação. Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais.
TA	-	Escavabilidade: heterogênea, 1ª a 3ª categorias (blocos rochosos métricos). Problemas de estabilidade das cavas (N.A. raso e movimentos do depósito). Fundações: condições heterogêneas. Processos: áreas sujeitas a movimentações lentas a rápidas induzidas por serviços de terraplenagem (cortes e aterros) e mudanças nas suas condições hidrogeológicas (obstrução de nascentes, alteamento do N.A., etc.). Podem receber materiais oriundos de escorregamentos, quedas, corridas deflagradas nas encostas localizadas a montante.	Evitar a ocupação. Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa e/ou atividades de lazer. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais. Deverão ser consideradas as condições de estabilidade do depósito e a possibilidade do local receber material de instabilizações de encosta de montante.
SR1	-	Escavabilidade: 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte, solos provavelmente colapsíveis. Processos: Baixa suscetibilidade à erosão linear. Escorregamentos translacionais superficiais em taludes de corte.	Considerar a possibilidade de ocorrência do fenômeno de colapso nos projetos de fundações. Utilizar como material de empréstimo em obras de terra, principalmente quando impermeabilidade for desejada (barreiras impermeáveis e barragens). Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de deslizamentos.

(continua)

Tabela 7.16: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas do Município de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
SR2	1, 2, 3	<p>Escavabilidade: predominam materiais de 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte para fundações diretas, elevada compressibilidade. Processos: escorregamentos translacionais em taludes de corte de pequena altura. Formação de ravinamentos e boçorocas profundas.</p> <p>Subunidade 3.2.1: Baixa a moderada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>Subunidade 3.2.2: Moderada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>Subunidade 3.2.3: Elevada susceptibilidade à erosão linear. Processos de rastejo.</p>	<p>Utilizar como material de empréstimo para sub-bases de rodovias. Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.</p> <p>Instalar sistemas adequados de drenagem (coleta, condução e dissipação de energia), das águas superficiais, concomitantemente à abertura das vias ou outras obras que impliquem concentração de escoamento.</p> <p>Adotar cuidados especiais relativos à dissipação de energia em todo e qualquer ponto de lançamento de águas superficiais.</p>
SR3	-	<p>Escavabilidade: heterogênea, 1ª a 3ª categorias (blocos rochosos métricos). Fundações: condições heterogêneas. Moderada susceptibilidade à erosão.</p>	<p>Utilizar como material de empréstimo para sub-bases de rodovias. Proteger as áreas de empréstimo de cascalho ativas e inativas contra a erosão laminar.</p>
BO 1	-	<p>Escavabilidade: predominam materiais de 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte para fundações diretas, elevada compressibilidade. Processos: escorregamentos translacionais em taludes de corte de pequena altura. Formação de ravinamentos e boçorocas profundas.</p> <p>Subunidade BO1.1: Baixa a moderada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>Subunidade BO1.2: Moderada susceptibilidade à erosão linear.</p>	<p>Utilizar como material de empréstimo para sub-bases de rodovias. Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de deslizamentos.</p> <p>Instalar sistemas adequados de drenagem (coleta, condução e dissipação de energia), das águas superficiais, concomitantemente à abertura das vias ou outras obras que impliquem concentração de escoamento.</p> <p>Adotar cuidados especiais relativos à dissipação de energia em todo e qualquer ponto de lançamento de águas superficiais.</p> <p>O substrato rochoso é de interesse para a indústria mineral como brita e como pedra para calçamento.</p>

(continuação)

Tabela 7.16: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas do Município de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
BO2	-	Escavabilidade: predominam materiais de 3ª categoria. Fundações: sobre rocha. Processos: áreas sujeitas a movimentações rápidas do tipo quedas de blocos (encostas) e corridas de massa nas linhas de drenagem.	Evitar a ocupação. Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer. As intervenções deverão ser orientadas laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais.
PI	1, 2, 3	Escavabilidade: predominam materiais de 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte para fundações diretas, elevada compressibilidade. Nível d'água: ocorrência de níveis d'água suspensos. Processos: escorregamentos circulares em encostas com rupturas de declive positivas. Formação de ravinamentos e boçorocas profundas. Subunidade PI.1: Baixa a moderada susceptibilidade à erosão linear. Subunidade PI.2: Moderada susceptibilidade à erosão linear. Subunidade PI.3: Elevada susceptibilidade à erosão linear. Processos de rastejo.	Utilizar como material de empréstimo para sub-bases de rodovias e para obras de terra em geral. Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de deslizamentos. Dedicar especial atenção às áreas com declividades superiores a 30%, devido à possibilidade de ocorrência de escorregamentos circulares. Atenção para a presença de níveis d'água suspensos nos projetos de estabilidade de talude, manejo de áreas contaminadas, manejo de erosões e outras obras geotécnicas em geral. Instalar sistemas adequados de drenagem (coleta, condução e dissipação de energia), das águas superficiais, concomitantemente à abertura das vias ou outras obras que impliquem concentração de escoamento. Adotar cuidados especiais relativos à dissipação de energia em todo e qualquer ponto de lançamento de águas superficiais. Proteger as áreas de empréstimo de cascalho ativas e inativas contra a erosão laminar. Material inconsolidado e substrato rochoso são de interesse para a indústria mineral como areias para fundição e para a indústria vidreira.

(continuação)

Tabela 7.16: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas do Município de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
IT 1	-	Escavabilidade: predominam materiais de 2ª categoria. Fundações: boa capacidade de suporte para fundações diretas, baixa compressibilidade. Processos: Baixa suscetibilidade à erosão linear e à erosão laminar.	Utilizar como material de empréstimo para pavimentação de estradas vicinais. Proteger áreas de empréstimo contra a erosão laminar e linear.
IT 2	1, 2	Escavabilidade: predominam materiais de 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte para fundações diretas, moderada compressibilidade. Ocorrência de níveis d'água suspensos e de camadas argilosas com empastilhamento. Processos: Subunidade IT2.1: Baixa susceptibilidade à erosão linear. Subunidade IT2.2: Moderada susceptibilidade à erosão linear. Processos de rastejo.	As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos, pois os materiais inconsolidados apresentam grande variação em relação às suas propriedades geotécnicas.
SG 1		Escavabilidade: condições heterogêneas; materiais de 1ª a 3ª categorias (blocos de rocha são imersos em solo). Fundações: condições heterogêneas. Processos: Elevada susceptibilidade à erosão linear. Ocorrência de ravinas. Ocorrência de processos de rastejo.	Pode ser utilizado como material de empréstimo em obras de terra. Proteger as áreas de empréstimo ativas e inativas contra a erosão laminar. Substrato rochoso é de interesse para a indústria mineral como brita e como pedra para calçamento.
SG 2		Escavabilidade: predominam materiais de 3ª categoria. Fundações: sobre rocha. Processos: áreas sujeitas a movimentações rápidas do tipo quedas de blocos e deslizamentos translacionais superficiais de solo.	Evitar a ocupação. Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais.

(conclusão)

7.5.2 MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA

Na área de expansão urbana foram definidas sete unidades geológico-geotécnicas principais. O número de unidade é menor nesta escala do que na escala regional, pois na área de expansão urbana não ocorrem os depósitos de tálus recentes, os sedimentos areno-conglomeráticos atribuídos à Formação Santa Rita do Passa Quatro e os solos residuais das Formações Itaqueri e Botucatu.

Os intervalos de declividades foram reorganizados, para que refletissem melhor as solicitações impostas ao meio pela ocupação urbana. Isto implicou também na subdivisão de algumas unidades principais que na escala regional não haviam sido subdivididas.

Além disso, foi criada a classe de terrenos com declividades acima de 30%, aos quais se aplicam as restrições da Lei Lehmann (Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979).

Na Tabela 7.17 são apresentadas as características das unidades geológico-geotécnicas identificadas na área de expansão urbana de Analândia e na Tabela 7.18 são apresentados os problemas existentes ou esperados e as recomendações para o uso e ocupação do solo em cada unidade.

No Apêndice D.13 é apresentado o mapa geológico-geotécnico da área de expansão urbana de Analândia – SP (escala 1:10.000).

Tabela 7.17 - Unidades geológico-geotécnicas definidas na área de expansão urbana de Analândia e ocorrência.

Unidades principais	Características das unidades principais	Unidades secundárias	Características das unidades secundárias	% da área de expansão urbana
AL	Aluviões recentes. Declividades inferiores a 3%.		-	2,1%
SR1	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, areno-argilosos. Declividades variáveis.	SR1.A	declividades entre 5 e 15%	3,0%
		SR1.B	declividades predominantes entre 15 e 20%	
SR2	Solos transportados da Fm. Santa Rita do Passa Quatro, arenosos. Declividades variáveis.	SR2.A	declividades entre 0 e 15%.	57,7%
		SR2.B	declividades entre 15 e 20%.	
		SR2.C	declividades superiores a 20%.	
PI 1	Solos residuais da Formação Pirambóia. Declividades variáveis.	PI 1.A	declividades entre 0 e 15%.	20,9%
		PI 1. B	Nível d'água com profundidade entre 5 e 15 metros, espessuras de mat. inconsolidados até 15 metros, declividades entre 15 e 20%.	
PI 2	Solos residuais da Formação Pirambóia. Declividades maiores que 20%.		-	8,2%
SG 1	Solos residuais da Formação Serra Geral. Declividades variáveis.	SG1.A	Declividades entre 0 e 15%.	3,8%
		SG1.B	Declividades entre 15 e 20%.	
SG 2	Solos residuais da Formação Serra Geral. Declividades de 15 a 20%.		-	1,9%
LL	Declividades superiores a 30%		-	2,3%

Tabela 7.18: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas da Área de Expansão Urbana de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
AL	-	Escavabilidade: 1ª categoria, problemas de estabilidade das cavas (N.A. raso). Fundações: baixa capacidade de suporte (“solos moles”), recalques rápidos a lentos (adensamento). Processos: áreas sujeitas a inundações e a erosão/solapamento pelas drenagens. Baixa suscetibilidade à erosão linear.	Evitar a ocupação. Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais.
SR1	A, B	Escavabilidade: 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte, solos provavelmente colapsíveis. Processos: Baixa suscetibilidade à erosão linear, exceto localmente, onde a declividade for superior a 20%. Escorregamentos translacionais superficiais em taludes de corte.	Considerar a possibilidade de ocorrência do fenômeno de colapso nos projetos de fundações. Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de deslizamentos. Implantar indústrias em declividades até 10% e vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível em declividade até 15%. Entre 15% e 20% é propícia para a implantação do sistema viário local e de lotes paralelos às curvas de nível. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos para declividades superiores a 30%.

(continua)

Tabela 7.18: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas da Área de Expansão Urbana de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
SR2	A,B,C	<p>Escavabilidade: predominam materiais de 1ª categoria. Fundações: baixa capacidade de suporte para fundações diretas, elevada compressibilidade. Processos: escorregamentos translacionais em taludes de corte de pequena altura. Formação de ravinamentos e boçorocas profundas.</p> <p>Subunidade SR2.A: Baixa a moderada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>Subunidade SR2.B: Moderada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>Subunidade SR2.C: Elevada susceptibilidade à erosão linear. Processos de rastejo.</p>	<p>Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.</p> <p>Implantar indústrias em declividades até 10% e vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível em declividade até 15%. Entre 15% e 20% é propícia para a implantação do sistema viário local e de lotes paralelos às curvas de nível. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos para declividades superiores a 20%.</p> <p>Adotar desenhos de parcelamento que evitem a concentração demasiada do escoamento superficial em ruas no sentido pendente da encosta. Instalar sistemas adequados de drenagem (coleta, condução e dissipação de energia), das águas superficiais, concomitantemente à abertura das vias ou outras obras que impliquem concentração de escoamento. Adotar cuidados especiais relativos à dissipação de energia em todo e qualquer ponto de lançamento de águas superficiais. Retirar a cobertura vegetal na área dos lotes apenas imediatamente antes de sua efetiva ocupação. Recuperar as boçorocas que coloquem em risco moradias e obras de infra-estrutura e coibir o lançamento de lixo nas mesmas.</p>

(continua)

Tabela 7.18: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas da Área de Expansão Urbana de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
PI 1	A, B	<p>Escavabilidade: predominam materiais de 1ª categoria.</p> <p>Fundações: baixa capacidade de suporte para fundações diretas, elevada compressibilidade. Ocorrência de níveis d'água suspensos. Processos: escorregamentos circulares em encostas com rupturas de declive positivas. Formação de ravinamentos e de boçorocas profundas.</p> <p>Subunidade PII.A: Baixa a moderada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>Subunidade PII.B: Moderada susceptibilidade à erosão linear.</p>	<p>Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de deslizamentos. Atenção para a presença de níveis d'água suspensos nos projetos de estabilidade de talude, fundações, manejo de áreas contaminadas e de erosões e outras obras geotécnicas em geral.</p> <p>Implantar indústrias em declividades até 10% e vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível em declividade até 15%. Entre 15% e 20% é propícia para a implantação do sistema viário local e de lotes paralelos às curvas de nível.</p> <p>Adotar desenhos de parcelamento que evitem a concentração demasiada do escoamento superficial em ruas no sentido pendente da encosta.</p> <p>Instalar sistemas adequados de drenagem (coleta, condução e dissipação de energia), das águas superficiais, concomitantemente à abertura das vias ou outras obras que impliquem concentração de escoamento.</p> <p>Adotar cuidados especiais relativos à dissipação de energia em todo e qualquer ponto de lançamento de águas superficiais.</p> <p>Recuperar as boçorocas que coloquem em risco moradias e obras de infra-estrutura.</p> <p>Coibir o lançamento de lixo nas boçorocas.</p>
PI 2	-	<p>Escavabilidade: predominam materiais de 2ª categoria.</p> <p>Fundações: boa capacidade de suporte para fundações diretas.</p> <p>Ocorrência de níveis d'água suspensos. Processos: escorregamentos translacionais superficiais e rastejo. Elevada susceptibilidade à erosão linear.</p> <p>(continua)</p>	<p>Evitar a ocupação.</p> <p>Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer.</p> <p>As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais.</p>

Tabela 7.18: Problemas existentes ou esperados e recomendações para as unidades geológico-geotécnicas da Área de Expansão Urbana de Analândia.

Unidades		Problemas Existentes ou Esperados	Recomendações
Princ.	Secund.		
SG 1	A , B	Escavabilidade: condições heterogêneas; materiais de 1ª a 3ª categorias (blocos de rocha são imersos em solo). Fundações: condições heterogêneas. Processos: Moderada susceptibilidade à erosão linear. Ocorrência de ravinas. Ocorrência de processos de rastejo.	<p>Projetar taludes de corte com inclinações adequadas, evitando-se a ocorrência de deslizamentos. Evitar obras que exijam escavações, devido ao substrato rochoso em material de 3ª categoria.</p> <p>Implantar indústrias em declividades até 10% e vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível em declividade até 15%. Entre 15% e 20% é propícia para a implantação do sistema viário local e de lotes paralelos às curvas de nível. As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos para declividades superiores a 30%.</p> <p>Instalar sistemas adequados de drenagem (coleta, condução e dissipação de energia), das águas superficiais, concomitantemente à abertura das vias ou outras obras que impliquem concentração de escoamento.</p>
SG 2	-	Escavabilidade: predominam materiais de 3ª categoria. Fundações: sobre rocha. Processos: áreas sujeitas a rastejos e deslizamentos translacionais superficiais de solo.	<p>Evitar a ocupação.</p> <p>Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer.</p> <p>As intervenções deverão ser orientadas por laudos geotécnicos específicos e atendendo às restrições legais.</p>
LL	-	Áreas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais	Parcelamento do solo é proibido pela Lei Federal nº 6.766 de 1979.

(conclusão)

7.6 DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO

7.6.1 ESCALA REGIONAL – DIRETRIZES PARA OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO COMO UM TODO

Para a elaboração das diretrizes para o planejamento da ocupação do Município de Analândia, considerando-se os aspectos geológico-geotécnicos do meio físico, foi realizada a avaliação das aptidões a ocupação de cada unidade geotécnica e o levantamento dos conflitos de uso no Município.

A Tabela 7.19 apresenta o julgamento das aptidões das diversas unidades geotécnicas, adaptando-se o conceito geral de capacidade de uso da terra proposto em Lepsch (1983) aos parâmetros em análise, em função dos dados disponíveis em um trabalho de cartografia geológico-geotécnica.

Tabela 7.19 - Classificação das unidades geotécnicas no sistema de classes de uso, adaptando-se a proposta de classificação de Lepsch (1983).

Unidade Geotécnica	Classe de Uso
AL,	V
SR1, SR2.1, BO1.1, PI.1, IT2.1	III
SR2.2, BO1.2, PI.2, IT2.2, SG1	IV
TA, SR2.3, SR3, PI.3, IT1	VI
BO2, SG2	VIII

A adoção do conceito de capacidade de uso da terra adaptado se justifica para o Município de Analândia, pois o uso do solo em termos de área ocupada é em sua maior parte agrícola. Além disso, os sistemas para classificação da capacidade de uso das terras, propostos inicialmente por Klingebiel e Montgomery (1961, apud LEPSCH, 1983) e adaptados por vários autores, consideram o impacto da erosão sobre a

produtividade das terras, e este é o processo da dinâmica superficial que atua de forma mais intensa no Município de Analândia.

Dentre os critérios diagnósticos propostos por Lepsch (1983), a cartografia geotécnica tem condições de avaliar os seguintes: profundidade efetiva do solo, textura, permeabilidade, declividade e erosão. Dentre os fatores limitantes, podem ser identificados os seguintes: pedregosidade, risco de inundação, caráter abrupto, caráter vértico e hidromorfismo.

A principal diferença entre o conceito proposto por Lepsch (1983) e a classificação que pode ser derivada de um trabalho de cartografia geotécnica refere-se ao fato de que na cartografia geotécnica não estão disponíveis os dados sobre a geoquímica dos solos, não sendo possível classificar as unidades geotécnicas em relação aos seguintes fatores limitantes: caráter distrófico dos solos, caráter álico, baixa retenção de cátions, tiomorfismo, sodificação, salinização e carbonatos.

As alíneas a seguir apresentam as principais características das classes de uso correlacionáveis às unidades geológico-geotécnicas identificadas regionalmente:

- Classe III – terras que exigem medidas intensas e complexas de conservação do solo, a fim de poderem ser cultivadas segura e permanentemente, com culturas anuais adaptadas. Podem ser aproveitadas para outros usos menos intensos.
- Classe IV – terras com uso severamente limitado por risco de erosão para cultivos intensivos, mas podem ser utilizadas para pastagens, cultivos ocasionais ou para algumas culturas anuais, porém com cuidados muito especiais. Na unidade SG1 ocorrem terras com pedregosidade que dificulta a mecanização.

- Classe V – terras planas não sujeitas à erosão, severamente limitadas pelo excesso de água e com risco de inundação freqüente, mas que podem ser utilizadas para pastoreio e silvicultura limitados ou moderados, ou como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa e para atividades de lazer.
- Classe VI – terras impróprias para culturas anuais, mas que podem ser utilizadas para produção de certos cultivos permanentes úteis, como pastagens e silvicultura limitados, e algumas culturas permanentes protetoras do solo, desde que adequadamente manejadas. Dificuldades severas de motomecanização, pelas condições topográficas, com risco de erosão que pode chegar a muito severo.
- Classe VIII – terras de relevo excessivo, com declives extremamente acentuados, expondo os solos a altos riscos de erosão e/ou escorregamento. Utilizar como áreas de preservação e recomposição da vegetação nativa, atividades de lazer.

Lepsch (2002) recomenda as seguintes intensidades de uso em cada classe de capacidade de uso:

- Classe III: apto para todos os usos (exceto cultivo intensivo e muito intensivo), mas práticas intensivas de conservação são necessárias para cultivo;
- Classe IV: apto para vários usos, restrições para cultivos moderado, intensivo e muito intensivo;
- Classe V: apto para pastagem extensiva ou intensiva, reflorestamento ou vida silvestre;

- Classe VI: apto para pastagem extensiva, reflorestamento ou vida silvestre;
- Classe VIII: apto, às vezes, para produção de vida silvestre ou recreação. Inapto para produção econômica agrícola, pastagem ou material florestal.

7.6.1.1 – ANÁLISE DE CONFLITOS DE USO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS

Considerando-se as intensidades de uso adequadas para cada classe de capacidade de uso das terras, conforme proposta de Lepsch (1983, 2002), a avaliação das aptidões das unidades geotécnicas, apresentada na Tabela 7.19, e os usos do solo identificados no Município por Ferreira (2005) (apresentados no Mapa de Uso do Solo – Apêndice D.5), foi gerado o plano de informações “Conflito de Uso devido às Aptidões das Unidades Geotécnicas” (Figura 7.23), conforme a matriz de sobreposição apresentada na Tabela 7.20.

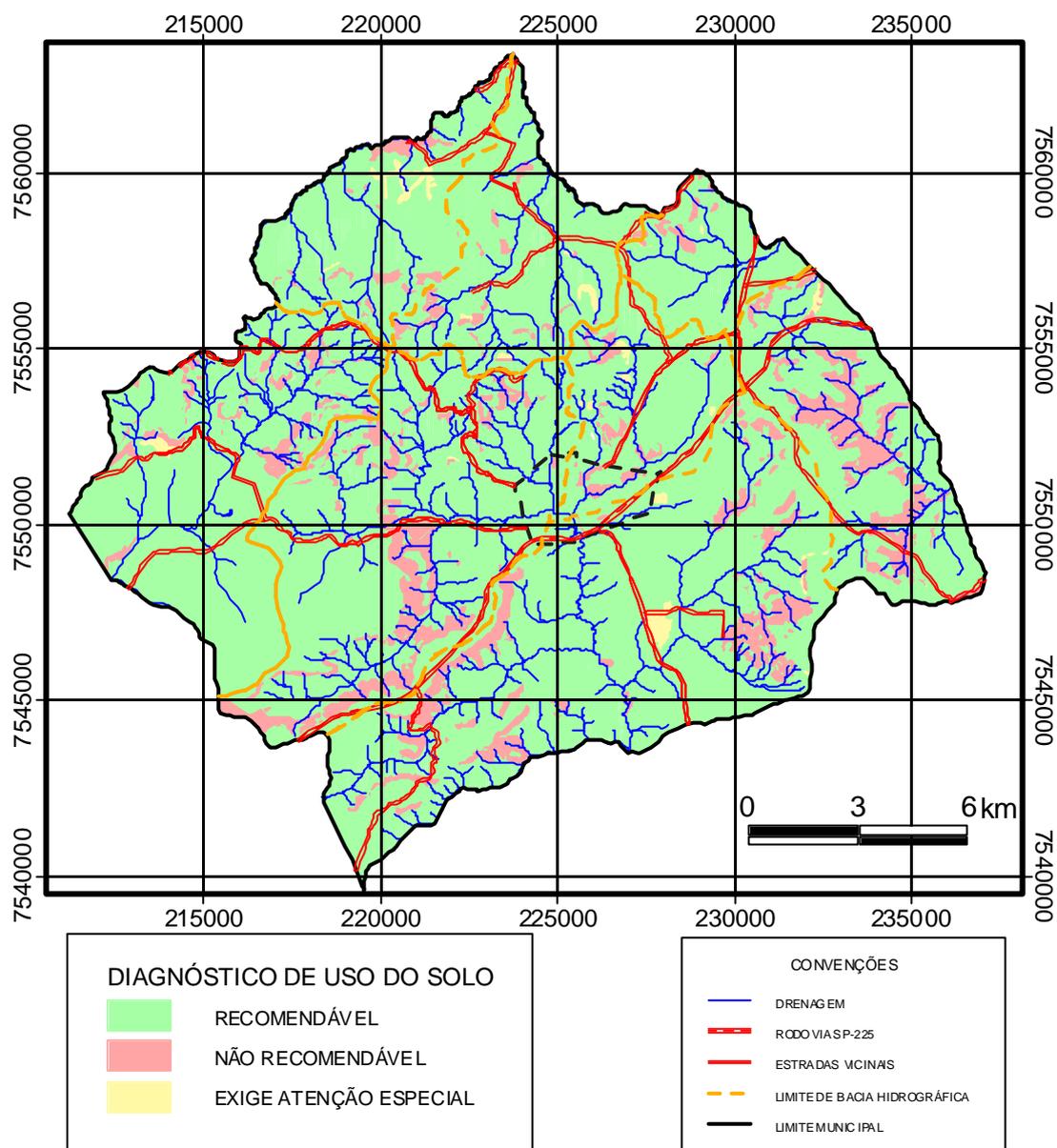


Figura 7.23. Conflitos de uso devidos às aptidões das unidades geológico-geotécnicas.

Tabela 7.20 - matriz de sobreposição de planos de informação para elaboração do plano de informações Conflito de Uso, considerando-se as aptidões das unidades geotécnicas.

Unidade Geotécnica	Uso do Solo						
	Menor		Intensidade de Uso				Maior
	Mata	Reflorestamento	Pastagem	Citricultura	Cana-de-açúcar	Área Urbana	Mineração / Disposição de Resíduos
AL	C	C	C	I	I	I	I
TA	C	AE	AE	I	I	I	I
SR1	C	C	C	C	C	C	AE
SR2.1	C	C	C	C	C	C	AE
SR2.2	C	C	C	C	I	C	AE
SR2.3	C	C	C	I	I	I	AE
SR3	C	C	C	I	I	I	AE
BO1.1	C	C	C	C	C	C	AE
BO1.2	C	C	C	C	I	C	AE
BO2	C	I	I	I	I	I	I
PI.1	C	C	C	C	C	C	AE
PI.2	C	C	C	C	I	C	AE
PI.3	C	C	C	I	I	I	AE
IT1	C	C	C	I	I	I	AE
IT2.1	C	C	C	C	C	C	AE
IT2.2	C	C	C	C	I	C	AE
SG1	C	C	C	C	I	C	AE
SG2	C	I	I	I	I	I	I

Legenda: C = uso conforme; I = uso inadequado; AE = uso que exige atenção especial

Para a avaliação da aptidão à implantação de áreas urbanas foram considerados a declividade do terreno, a ocorrência de camadas muito resistentes próxima à superfície, a possibilidade de ocorrência de inundações e de ocorrência de movimentos de massa.

O uso do solo "solo exposto", em princípio, não é recomendável em nenhuma das unidades geotécnicas. Entretanto, é preciso avaliar se este uso é permanente, ou é uma situação temporária, em um outro uso de mais longo prazo, por exemplo, uma situação de preparo do solo para plantio em um cultivo semi-intensivo (cana-de-açúcar) ou perene (citricultura). Na classificação proposta por Lepsch (1983) é utilizado o mesmo raciocínio para a classificação da atividade econômica nas áreas sujeitas à erosão hídrica.

Em vista disso, com base nas fotografias aéreas de 2006 e nos dados colhidos durante os trabalhos de campo na região, foi realizada uma reclassificação dos usos das áreas de solo exposto, procurando-se enquadrá-las dentro das demais classes de uso do solo. Foram mantidas como áreas de solo exposto, que exigem atenção especial em todas as unidades geotécnicas, as áreas de mineração em cavas a céu aberto e a área de disposição de resíduos sólidos em operação (lixão municipal).

Na Tabela 7.21 são apresentadas as áreas de cada bacia hidrográfica ocupadas de forma recomendável, de forma que exige atenção especial e de forma não recomendável, considerando-se as características geológico-geotécnicas do meio físico.

Tabela 7.21 – Avaliação da adequação dos usos do solo, por bacia hidrográfica, em função das aptidões à ocupação de cada unidade geotécnica.

Bacia Hidrográfica	Uso recomendável	Uso que exige atenção especial	Uso não recomendável	Área classificada
Rio do Pântano	93.3%	2.2%	4.5%	100.0%
Córr. Serrinha	80.1%	0.4%	19.5%	100.0%
Rio Pinheirinho	93.7%	1.4%	4.9%	100.0%
Corr. Nova América	91.8%	1.6%	6.6%	100.0%
Corr. do Feijão	93.6%	0.7%	5.7%	100.0%
Rib Descaroador	95.0%	0.5%	4.5%	100.0%
Rio Corumbatai – montante	88.9%	0.2%	10.8%	100.0%
Rio Corumbatai – jusante	90.6%	1.1%	8.3%	100.0%
Município todo	90.4%	0.9%	8.7%	100.0%

O segundo plano de informação necessário para a composição do Mapa de Conflitos de Uso no Município de Analândia foi denominado de “Avaliação dos Usos nas Áreas com Restrições”. Ele reúne os conflitos de uso existentes em áreas onde há restrições específicas, definidas por fatores legais, fatores ambientais ou fatores relacionados a conflitos de uso.

Foram consideradas como de uso restrito as áreas de preservação permanente (APP) e as áreas de proteção ambiental (APA), as depressões fechadas e as áreas de mineração onde já foram concedidos ou onde foram solicitados direitos de lavra para bens minerais. As restrições a que cada uma destas áreas está sujeita são resumidas na Tabela 7.22.

Tabela 7.22 – Restrições específicas em cada área de uso restrito.

Área de Uso Restrito	Restrição
Área de Preservação Permanente (APP)	Impede a supressão de vegetação natural situada ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios naturais ou artificiais, nas nascentes, no topo dos morros, montes, montanhas e serras, nas encostas ou partes destas com declividades superiores a 100%, nas restingas, nas bordas de tabuleiros ou chapadas e em altitude superior a 1.800 metros. Respalhada pela lei n. 4.771, de 1965 e suas alterações posteriores.
APA Corumbatai-Botucatu-Tejupá	Impede a implantação de atividades potencialmente poluidoras para as águas, o solo e o ar; a realização de obras de terraplenagem e a abertura de canais que importassem em sensível alteração das condições ecológicas; o exercício de atividades capazes de provocar acelerada erosão das terras ou acentuado assoreamento nos corpos d'água e o exercício de atividades que pudessem extinguir as espécies raras da flora e da fauna local. Respalhada pelo decreto estadual n. 20.960, de 1983.
APA Piracicaba-Juqueri-Mirim	Restrição à instalação de indústrias e de agronegócios poluidores, de atividades minerárias e de loteamentos e/ou desmatamentos urbanos. Respalhada pelo decreto estadual n. 26.882, de 1987.
Depressões fechadas	Visa garantir a potabilidade das águas subterrâneas. Não há legislação específica. As restrições são de caráter geral, relacionadas a fatores ambientais.
Áreas com direito de lavra requerido ou concedido	Visa garantir a disponibilidade do bem mineral para mineração em cava a céu aberto. Não há legislação específica. As restrições são de caráter geral, relacionadas a conflitos de uso.

A matriz de conflitos identificada pela sobreposição do plano de informações “áreas de uso restrito” e do plano de informações “uso do solo” é apresentada na Tabela 7.23. A Figura 7.24 apresenta o plano de informações “Avaliação dos Usos nas Áreas com Restrições”.

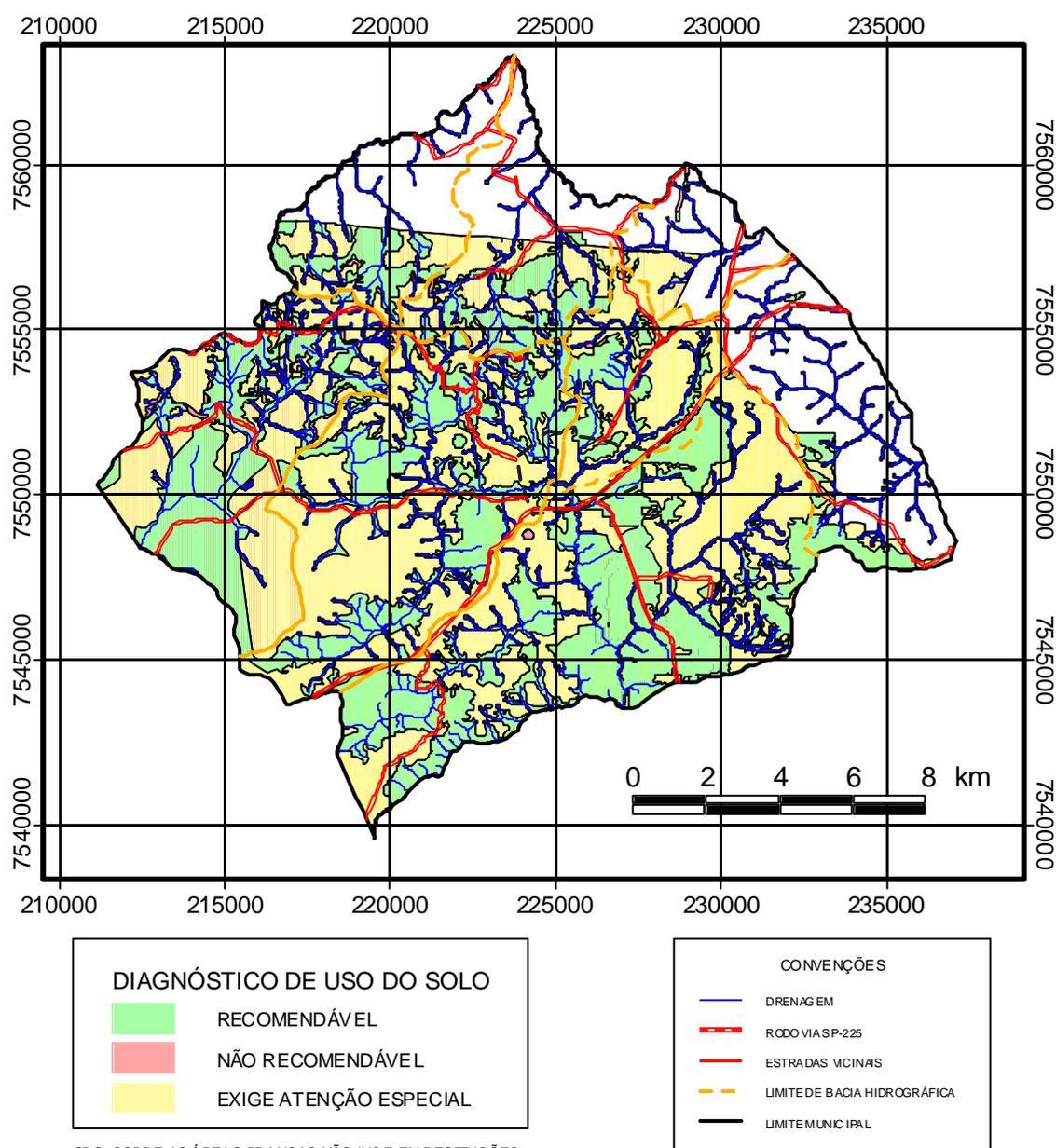


Figura 7.24. Conflitos de uso devidos às restrições.

Tabela 7.23 – matriz de sobreposição de planos de informação para elaboração do plano de informação “Avaliação dos Usos nas Áreas com Restrições”.

Área de Uso Restrito	Uso do Solo						
	Mata	Reflores-tamento	Pasta-gem	Citricul-tura	Cana-de-açúcar	Área Urbana	Mineração/ Disposição de resíduos
APP	R	NR	NR	NR	NR	NR	NR
APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá	R	R	AE	AE	AE	AE	AE
APA Piracicaba-Juqueri-Mirim	R	R	AE	AE	AE	AE	AE
Depressões fechadas	R	AE	NR	NR	NR	NR	NR
Áreas com direito de lavra requerido ou concedido	AE	R	R	R	R	NR	R

Legenda: R = recomendável; NR = não recomendável; AE = exige atenção especial

Quando havia sobreposição de restrições em uma mesma área, por exemplo, área englobada em APP e em APA, ou área com direito de lavra requerido ou concedido, inserida em APA ou APP, e assim por diante, considerou-se:

- a) que a restrição imposta pela APP sempre prevaleceria;
- b) nos casos em que a sobreposição não se dava com APP, considerou-se sempre a situação mais restritiva, por exemplo, onde a situação era “recomendável” e “que exige atenção especial”, considerou-se o segundo caso, e assim por diante.

A Tabela 7.24 apresenta a avaliação da adequação dos usos do solo no Município de Analândia, em função das restrições de uso, por bacia hidrográfica.

Tabela 7.24 – Adequação dos usos do solo, por bacia hidrográfica, em função das restrições ao uso.

Bacia Hidrográfica	Uso recomendável	Uso que exige atenção especial	Uso não recomendável	Área classificada
Rio do Pântano	22.3%	21.5%	4.1%	47.9%
Córr. Serrinha	14.4%	4.5%	4.2%	23.1%
Rio Pinheirinho	24.9%	28.9%	5.0%	58.8%
Corr. Nova América	31.3%	63.4%	5.3%	100.0%
Corr. do Feijão	43.6%	51.3%	5.1%	100.0%
Rib Descaroador	4.2%	18.9%	6.7%	29.8%
Rio Corumbatai – montante	39.0%	57.1%	3.9%	100.0%
Rio Corumbatai – jusante	48.6%	48.5%	2.9%	100.0%
Município todo	35.1%	41.8%	4.2%	81.1%

Para composição do Mapa de Diagnóstico de Conflitos de Uso do Município de Analândia foi realizada a sobreposição dos planos de informações “Conflito de Uso devido às Aptidões das Unidades Geotécnicas” e “Avaliação dos Usos nas Áreas com Restrições”.

Nesta sobreposição considerou-se a matriz apresentada na Tabela 7.25. Nas áreas em que não há restrições ao uso do solo, que correspondem a 18,9% do território municipal, foi adotada a mesma classificação do Mapa de Avaliação das Aptidões à Ocupação.

Na Tabela 7.26 são apresentadas as áreas com ocupação recomendada, com ocupação que exige atenção especial e com ocupação não recomendada, por bacia hidrográfica, de acordo com o Diagnóstico do Uso do Solo realizado neste trabalho. O Mapa de Diagnóstico do Uso do Solo é apresentado no Apêndice D.7.

Tabela 7.25 – matriz de sobreposição para composição do mapa de “Diagnóstico do Uso do Solo”.

Planos e Informação sobrepostos		Plano de Informação resultante
Mapa de Avaliação das Aptidões à Ocupação	Mapa de Avaliação dos Usos nas Áreas com Restrições	Mapa de Diagnóstico do Uso do Solo
Não recomendável	Não recomendável	Não recomendável
	Recomendável	Não recomendável
	Exige atenção especial	Não recomendável
Recomendável	Não recomendável	Não recomendável
	Recomendável	Recomendável
	Exige atenção especial	Exige atenção especial
Exige atenção especial	Não recomendável	Não recomendável
	Recomendável	Exige atenção especial
	Exige atenção especial	Exige atenção especial

Tabela 7.26 – Diagnóstico da adequação dos usos do solo, por bacia hidrográfica, em função das aptidões à ocupação de cada unidade geotécnica e das restrições ao uso.

Bacia Hidrográfica	Uso recomendável	Uso que exige atenção especial	Uso não recomendável	Área classificada
Rio do Pântano	70.6%	21.8%	7.6%	100.0%
Córr. Serrinha	75.0%	3.8%	21.2%	100.0%
Rio Pinheirinho	65.2%	26.2%	8.6%	100.0%
Corr. Nova América	29.7%	61.1%	9.2%	100.0%
Corr. do Feijão	51.0%	39.7%	9.3%	100.0%
Rib Descarocador	70.6%	19.3%	10.1%	100.0%
Rio Corumbatai - montante	39.8%	46.9%	13.3%	100.0%
Rio Corumbatai - jusante	53.5%	36.7%	9.9%	100.0%
Município todo	54.2%	34.4%	11.3%	100.0%

Com base nestes dados verifica-se que predominam no Município usos do solo recomendáveis (54,2%). As áreas de uso do solo não recomendável concentram-se nas regiões de escarpas da Serra do Cuscuzeiro, da Atalaia e da Serra Grande, nas escarpas existentes ao longo dos vales dos rios Corumbataí (à montante da área urbana) e Ribeirão do Retiro, ao longo do vale do Córrego da Serrinha e em planícies de inundação. São áreas definidas em função das aptidões das unidades geotécnicas. As bacias Córrego da Serrinha e Rio Corumbataí – montante são as que apresentam maiores áreas com uso não recomendável, estando acima inclusive da média municipal.

Tratando ainda deste aspecto, deve-se destacar que a tendência de substituição de pastagens por culturas de cana-de-açúcar, relatada por Ferreira (2005) e confirmada durante a execução dos trabalhos de campo, aumenta a área de usos não recomendáveis em 11 das 18 unidades geotécnicas mapeadas, o que corresponde a 124,5 km². Ou seja, do ponto de vista dos fatores geológico-geotécnicos do meio físico esta substituição não é recomendável em 38% da área municipal.

A Bacia Córrego da Nova América se destaca pela expressiva porcentagem de áreas que exigem atenção especial (61,1%), condição esta definida principalmente pelas restrições impostas pela APA Piracicaba-Juqueri-Mirim. Com relação a este fato deve-se ressaltar que estas áreas situam-se justamente a montante das áreas de captação de águas para abastecimento público da cidade de Analândia, o que reforça a necessidade de disciplinamento do seu uso.

As bacias com relativamente menores áreas em situação não recomendável são as bacias do Rio do Pântano e do Rio Pinheirinho, situadas na porção norte do Município, na UGRHI 9 – Rio Mogi-Guaçu.

Com base neste diagnóstico, podem-se propor as seguintes ações de planejamento:

- a) orientar o uso do solo na Bacia do Córrego da Serrinha, evitando-se o plantio de cana-de-açúcar nas unidades geotécnicas PI.2 e PI.3.
- b) nas Bacias do Ribeirão do Pântano, Córrego do Feijão, Rio Corumbataí-montante, Rio Corumbataí-jusante e Ribeirão Descaroador, coibir o desmatamento na unidade geotécnica BO2, fomentando sua ocupação apenas com mata, e orientar o uso do solo na unidade geotécnica TA, priorizando sua ocupação por mata, reflorestamento ou pastagens.
- c) nas bacias do Rio Corumbataí - montante e jusante, disciplinar o uso do solo nas unidades geotécnicas PI.2, PI.3 e SG2, evitando sua ocupação por cana-de-açúcar ou citricultura.
- d) na Bacia do Córrego Nova América, gerenciar o uso do solo, de forma a garantir a qualidade da água de abastecimento público na cidade de Analândia.
- e) promover a ocupação das depressões fechadas preferencialmente com mata, visando preservar a qualidade das águas subterrâneas.

7.6.2 ESCALA LOCAL – DIRETRIZES PARA OCUPAÇÃO DA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA

Para a elaboração das diretrizes para ocupação da área de expansão urbana de Analândia foi avaliada a capacidade de suporte de cada unidade geotécnica que ocorre nesta região, em relação ao uso urbano.

Considerando-se as recomendações de Instituto Geológico (1993, apud COSTA, 1996) e Moretti (1986) e as aptidões das unidades geotécnicas presentes nesta área, foi elaborado o plano de informações “Aptidão à Ocupação Urbana”, conforme a Tabela 7.27 a seguir.

Tabela 7.27 - Aptidões das unidades geotécnicas à ocupação urbana.

Aptidão	Unidades Geotécnicas
Recomendável para ocupação urbana	SR1.A, SR2.A, PI1.A e SG1.A
Exige atenção especial	SR1.B, SR2.B, SR2.C, PI1.B e SG1.B
Não recomendável para ocupação urbana	AL, PI2, SG2 e LL

Comparando-se plano de informações “Uso do Solo” e o plano de informações “Aptidão à Ocupação Urbana”, verifica-se que as áreas não recomendadas para ocupação encontram-se em sua maioria ocupadas por matas e/ou por áreas não ocupadas/pouco adensadas. Exceção a esta situação corresponde à área de várzea do rio Corumbataí, ocupada pelo bairro centro. Nesta área são registradas inundações todos os anos no período chuvoso.

Pela análise da fotografia aérea que originou o mapa de uso do solo, verifica-se que não há loteamentos implantados com lotes paralelos às curvas de nível, como seria recomendável em 18,9% da área de expansão urbana. Porém verifica-se que as áreas com adensamento médio e elevado ocupam principalmente terrenos considerados adequados à ocupação urbana (83,7%), sendo que apenas 11,1%

delas estão localizadas em áreas que exigem atenção especial e 5,2% ocupam áreas inadequadas.

Além disso, a rodovia SP-225 corta a área de expansão urbana, delimitando a norte áreas ocupadas por usos urbanos e a sul áreas ainda não ocupadas por usos urbanos.

Quando considerados os fatores restritivos ao uso do solo, como se fez para o mapeamento em escala regional, ocorre que a área de expansão urbana de Analândia encontra-se totalmente inserida nas APAs Corumbataí-Botucatu-Tejupá e Piracicaba-Juqueri-Mirim. Não ocorre nesta área nenhum vale fechado, porém há uma mineração em atividade, e devem ser prevenidos os conflitos de vizinhança, em relação à mesma.

Com relação às Áreas de Preservação Permanente (APP), verificou-se que elas correspondem a 0,75 km² dentro da área de expansão urbana, ou seja, 10,5% desta área. A APP está ocupada atualmente em 66,1% de sua área por mata ciliar e/ou cerrado, como apresentado na Tabela 7.28. Além disso, os 33,9% restantes da área, encontram-se não edificados, sendo possível a recuperação da mata ciliar.

Tabela 7.28 - Superfície relativa das classes de uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente da área de expansão urbana de Analândia.

Uso do solo	Porcentagem relativa em área
Usos urbanos	
Pouco adensado ou não ocupado	22,9%
Adensamento médio	7,2%
Adensamento elevado	0,2%
Loteamentos com cerrado	6,2%
Outros usos	
Mata e/ou cerrado	59,9%
Silvicultura	0,4%
Pastagem	3,0%
Estrada	0,2%
Total	100,00%

Segundo CEPAM (1983, apud ANDRADE, 1999), o estabelecimento de critérios para a delimitação de uma Área de Expansão Urbana, deve levar em conta os interesses da coletividade em termos de proteção de recursos naturais e do patrimônio cultural.

Para a inclusão de glebas na área de expansão urbana estes autores recomendam que seja dada preferência àquelas com as seguintes características:

- Condição de segurança e estabilidade, isto é, áreas com solo firme, sem grandes problemas de erosão e fáceis de serem drenadas;
- Baixo custo de urbanização, isto é, além das condições anteriores, declividades inferiores a 20% e facilidades tanto de acesso, como de extensão de redes de infra-estrutura.

Para a exclusão de glebas da área de expansão urbana, segundo os mesmos autores, é de interesse da coletividade considerar os seguintes critérios:

- Proteção aos recursos naturais – verificar a solução mais apropriada (zona rural ou urbanizável com restrições) para bacias de mananciais, matas,

imediações de praias e outros locais de interesse turístico, que possam ser desfigurados pela urbanização;

- Proteção ao patrimônio cultural – verificar solução mais adequada para sítios arqueológicos, bem como elementos da paisagem natural ou cultural que dêem identidade à região;
- Prevenção de conflitos de vizinhança – excluir imediações de aeroportos, de indústrias poluentes, de pedreiras, de depósitos de lixo e de outros focos de poluição ou perigo;
- Prevenção da ocupação de áreas inundáveis – excluir trechos de várzeas sujeitas a transbordamentos;
- Prevenção da ocupação de áreas especialmente adequadas para a exploração agrícola, tais como várzeas muito férteis, por exemplo.

Com relação à adequação dos limites da área de expansão urbana, fixados em 1979 e adequados em 1983, se considerarmos a realidade de ocupação da cidade e do Município, e as aptidões do meio físico geológico-geotécnico, podem ser feitas as seguintes considerações:

- É conveniente prevenir conflitos de vizinhança, representados pela existência de uma mineração de areia dentro do perímetro de expansão urbana;
- Recomenda-se evitar que a cidade se expanda para o lado sul da rodovia SP-225. A favor desta recomendação pesam os seguintes aspectos: zelar para que não sejam criadas situações de risco de morte por atropelamento; não há infra-estrutura urbana instalada neste lado da rodovia; grande parte da área está recoberta por vegetação do tipo

cerrado, sendo que um dos loteamentos abertos na década de 1970 encontra-se embargado, por força das restrições legais da APA Piracicaba-Juqueri-Mirim e, finalmente, às margens do córrego que corta esta área, próximo à sua foz no rio Corumbataí, predominam unidades não recomendadas para ocupação urbana.

- Recomenda-se excluir da área de expansão urbana as áreas de várzeas, uma vez que mesmas ainda estão, em grande parte, desocupadas.
- Recomenda-se a proibição formal da construção de edificações ou qualquer outro uso que signifique derrubada do cerrado, nos loteamentos abertos em 1960-1970, ainda não edificadas.
- A administração deve procurar promover o adensamento das áreas urbanas já implantadas, especialmente daquelas pouco ou medianamente adensadas, e que se encontram totalmente inseridas no traçado urbano.
- Caso seja necessária a ampliação dos limites da zona de expansão urbana, esta ampliação deve ocorrer, preferencialmente, para oeste, ao longo do rio Corumbataí, priorizando-se a não ocupação de áreas de várzeas e de áreas com declividades superiores a 30%. Secundariamente esta ampliação poderia ocorrer para norte, porém sem aproximar-se das escarpas da Serra do Cuscuzeiro. Esta ampliação não deve ocorrer na direção leste, pois nesta área estão localizadas as captações de águas para abastecimento público.

8. CONCLUSÃO

As etapas propostas nesta pesquisa para a condução de um trabalho de mapeamento geotécnico possibilitam a formação do quadro diagnóstico necessário à elaboração de um Plano Diretor, considerando-se os aspectos geológico-geotécnicos do meio físico.

A seqüência de etapas aplicada agrega em um só método características de uma abordagem de síntese e características de uma abordagem analítica. Em relação ao método da EESC/USP a principal vantagem é não exigir a aplicação de técnicas sofisticadas de tratamento de dados para sobreposição dos atributos mapeados. As unidades geológico-geotécnicas são definidas em função dos processos atuantes e esperados para a região.

Em relação ao método do IPT a principal vantagem é que o método aplicado agrega parâmetros geotécnicos e ensaios à abordagem sintética, de forma otimizada e regionalizada.

Com relação ao Detalhamento Progressivo, o método aplicado aproveita a proposição de mapeamento em diferentes escalas, porém realiza quantificações mesmo na escala regional e não avança para o mapeamento em escala maior que 1:10.000, pois considera-se que para o planejamento municipal seria desnecessário maior detalhamento.

Por meio da aplicação deste método a um estudo de caso foi possível:

- a elaboração de um mapa de zoneamento geotécnico geral, conforme conceituado por Zuquette (1983), o que possibilita ao usuário especialista

inferir comportamentos geotécnicos para cada unidade, de acordo com a solicitação (ou intervenção) em questão;

- a apresentação das aptidões e recomendações com relação ao uso das unidades geotécnicas, através do Quadro Síntese, o que facilita o entendimento do mapa e sua utilização pelo usuário não especialista.
- a elaboração de um diagnóstico dos conflitos de uso do solo no Município como um todo, considerando-se as aptidões das unidades geológico-geotécnicas e as restrições legais identificadas na área.
- a definição de áreas prioritárias para intervenção em escala regional, organizadas através de bacias hidrográficas, o que permitirá a otimização do investimento de recursos para o gerenciamento do uso do solo no Município.
- a realização de um diagnóstico dos conflitos de uso do solo na área de expansão urbana, considerada como aquela onde os processos geodinâmicos, especialmente a erosão, e secundariamente as inundações, tendem a ocorrer de forma mais acelerada pela intervenção antrópica;
- a avaliação da aptidão das unidades geotécnicas ao uso urbano na área de expansão, bem como a identificação dos conflitos de uso associados às restrições e às aptidões;
- a proposição de ações para gerenciamento da ocupação da área de expansão urbana.

Com relação aos processos geológicos e às aptidões das unidades geológico-geotécnicas mapeadas no Município de Analândia – SP, conclui-se que:

- o principal processo de degradação do meio físico geológico-geotécnico detectado no Município é a erosão do solo.
- predominam no Município unidades geotécnicas com moderada probabilidade de desenvolvimento de erosões (64,3% da área municipal). As unidades com elevada probabilidade de ocorrência de erosões correspondem a 12,1% da área municipal. É nestas unidades que se concentram as erosões lineares detectadas em 1962 e 1972.
- o comprimento total de erosões lineares no Município diminuiu de 1962 para 2006 na área rural e aumentou na área urbana. Isto evidencia a substituição das técnicas de cultivo ocorrida durante este período no meio rural, havendo atualmente predominância dos cultivos mecanizados (agronegócios), que investem na supressão de erosões lineares, ainda que com a utilização de técnicas não recomendadas.
- Na área de expansão urbana, que está implantada principalmente em unidades com moderada a elevada susceptibilidade à erosão (90,6% de sua área), o surgimento de erosões lineares está sistematicamente associado ao arruamento e ao lançamento inadequado das águas provenientes do sistema de drenagem superficial.
- O fato de as erosões lineares na área rural terem diminuído não atesta por si só que a erosão do solo como um todo tenha diminuído, pois dessa forma não é avaliada a erosão laminar. A adoção de técnicas de mecanização da agricultura corrige as erosões lineares, mas disponibiliza maior volume de material solto em superfície para remoção pela erosão laminar.

- Os movimentos de massa gravitacionais estão restritos às escarpas das Serras do Cuscuzeiro, do Atalaia e da Serra Grande, e ocorrem principalmente na forma de quedas de blocos e fluxo de detritos em terrenos da unidade BO2. Localmente ocorrem escorregamentos circulares de médio porte nas rupturas positivas de declive, a meia encosta, na unidade PI.3.
- As inundações são um processo do meio físico restrito à unidade AL, que ocorre apenas em 2,3% da área municipal. Os problemas relacionados a este processo estão restritos a algumas ruas do núcleo urbano, caracterizando-se como um processo irrelevante para o planejamento territorial em escala regional e como um processo relevante para o planejamento em nível local.
- As unidades SR1 podem apresentar fenômeno de recalque devido a colapso do solo. Na área de expansão urbana elas ocupam terrenos onde a cidade ainda não se instalou, mas devem ser adotadas medidas cabíveis nos projetos de fundações, mesmo para edificações térreas, quando esta área for urbanizada.

Com relação ao planejamento do uso do solo no Município de Analândia – SP, para o nível regional (toda a área municipal), é necessário:

- Orientar o uso do solo na Bacia do Córrego da Serrinha, evitando-se o plantio de cana-de-açúcar nas unidades geotécnicas PI2 e PI3.
- Nas Bacias do Ribeirão do Pântano, Córrego do Feijão, Rio Corumbataí-montante, Rio Corumbataí-jusante e Ribeirão Descaroador, coibir o desmatamento na unidade geotécnica BO2, fomentando-se sua ocupação

apenas com mata, e orientar o uso do solo na unidade geotécnica TA, priorizando sua ocupação por mata, reflorestamento ou pastagens.

- Nas bacias do Rio Corumbataí (montante e jusante), disciplinar o uso do solo nas unidades geotécnicas PI.2, PI.3 e SG2, evitando sua ocupação por cana-de-açúcar ou citricultura.
- Na Bacia do Córrego Nova América, gerenciar o uso do solo, de forma a garantir a qualidade da água de abastecimento público na cidade de Analândia.
- Promover a ocupação das depressões fechadas preferencialmente com mata, visando preservar a qualidade das águas subterrâneas.

Com relação ao planejamento do uso do solo na área de expansão urbana, é necessário:

- Prevenir conflitos de vizinhança, representados pela existência de uma mineração de areia dentro da área de expansão urbana;
- Evitar que a cidade se expanda para o lado sul da rodovia SP-225;
- Excluir da área de expansão urbana as áreas de várzeas;
- A proibição formal da retirada da vegetação do tipo cerrado, nos loteamentos abertos em 1960-1970 e ainda não edificadas.
- Promover o adensamento dos loteamentos já implantadas, e que se encontram totalmente inseridos no traçado urbano.

Caso seja necessária a ampliação dos limites da zona de expansão urbana, esta ampliação deve ocorrer, preferencialmente, para oeste, ao longo do rio Corumbataí, priorizando-se a não ocupação de áreas de várzeas e de áreas com declividades superiores a 30%.

Analisando-se os objetivos propostos inicialmente, conclui-se que o trabalho realizado contribuiu para o aprimoramento das metodologias de mapeamento geotécnico de uso corrente no Estado de São Paulo, uma vez que reúne, em uma só estrutura, os aspectos positivos de três métodos de uso corrente, e amplia o conhecimento do meio físico na porção centro-leste do Estado, fornecendo subsídios para o planejamento do uso do solo no Município de Analândia - SP.

REFERÊNCIAS

ABREU, A.E.S.; AUGUSTO FILHO, O.; HIRAI, J.N. Mapeamento geotécnico combinando três abordagens distintas: da EESC/USP, do IPT e do Detalhamento Progressivo – Aplicação ao Município de Analândia – SP. In: Geojovem.. **Anais...** Nova Friburgo: UFF, 2006. 1 CD-ROM.

AGUIAR, A.D.C. **Mapeamento Geotécnico da Folha de Conchal-SP, Escala: 1:50.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1995. Dissertação de mestrado.

AGUIAR, R.L **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos. Contribuição ao planejamento.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1989. Dissertação de mestrado.

AGUIAR, R.L. **Zoneamento Geotécnico Geral do Distrito Federal: Procedimentos Metodológicos e sua Inserção na Gestão Ambiental.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1997. Tese de Doutorado.

ALBRECHT, K.J. **Mapeamento Geotécnico preliminar da região de Águas de Lindóia - Escala 1:50.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. Dissertação de mestrado.

ALMEIDA, L.E.G. **Mapeamento Geotécnico de Casa Branca (SP) - Ênfase no Uso da Técnica de Avaliação de Terrenos e Perfis Típicos de Materiais Inconsolidados.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2000. Dissertação de mestrado. 115p. 2 volumes.

Andrade, M.R.M **Cartografia de Aptidão para Assentamento Urbano do Município de Guarulhos.** São Paulo: FFLCH-USP, 1999. Dissertação de mestrado. 159p.

ASSINE, M.L.; PIRANHA, J.M.; CARNEIRO, C.D.R. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (org.) **Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo; Ed. Beca, 2004. Capítulo V. p.77-92.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamento: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela-SP.** São Paulo: Escola politécnica/USP, 1994. Dissertação de Mestrado. 168p.

BACCI, D.L.C. **Extração de areia na Bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro: UNESP, 1994. Dissertação de Mestrado. 115p.

BACHION, M.L. **Mapeamento Geotécnico das Áreas Urbana e de Expansão da Região Sudoeste do Município de Campinas-SP, Escala 1:25.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1997. Dissertação de mestrado.

BARROSO, J.A.; BARROSO, E.V.; CABRAL, S. Evolução e análise da metodologia de mapeamento geotécnico no Rio de Janeiro. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 3, 1998, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: Microservice, 1998. 1 CD-ROM.

BARTORELLI, A. Origem das grandes cachoeiras do planalto basáltico da Bacia do Paraná: evolução quaternária e geomorfologia. In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (org.) **Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo; Ed. Beca, 2004. Capítulo VI. p.95-111.

BITAR, O.Y.; CERRI, L.E.; NAKAZAWA, V.A. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. In: Simpósio Latino Americano sobre Riesgo Geológico Urbano, 2, 1992, Pereira, Colômbia. **Anais ...** Pereira: 1992.

BONUCELLI, T.J. **Estudo dos Movimentos Gravitacionais de Massa e Processos Correlatos na Área Urbana de Ouro Preto (MG) – Escala 1:10.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1999. Tese de Doutorado.

BORGES, D.J. **Zoneamento Geotécnico Geral da Folha de Americana. Escala 1:50.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2003. Dissertação de mestrado.

BOTTARI, T.S. **Gestão Ambiental e Planejamento Municipal: articulações e critérios necessários para a produção de cidades sustentáveis**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2005. Dissertação de mestrado. 151p.

BRASIL Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Diário Oficial da União

BRASIL Lei Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (**Lei Lehmann**) **Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências**. Consultado em http://www.ipplap.com.br/docs/leg-fed_6766-79.pdf, em 08/07/2007.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BROLLO, M.J. **Mapeamento geotécnico da quadrícula de Araras-SP. Escala 1:50.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1991. Dissertação de mestrado.

BUSCHINELLI, C.C.A.; CESTARO, L.A.; LIGO, M.A.V. **Os impactos ambientais numa região do Município de Analândia – SP, suas avaliações e uma tentativa de ordenação do espaço físico**. Rio Claro: Instituto de Biociências – UNESP, 1979. Trabalho de Formatura.

CANDIDO, L.W. **Reconhecimento de áreas modificadas pela atividade de mineração como unidade geológico-geotécnica no Município de Estiva Gerbi – SP**. Rio Claro: UNESP, 2004. Dissertação de mestrado.

CERNICA, J.N. **Geotechnical engineering: soil mechanics**. Chapter 4: Physical and index properties of soils. Ed. John Wiley & Sons Inc., 1995. p. 85-118.

CERRI, L.E.S. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras. In: 6º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia / IX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. **Anais ...** Salvador: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1990, p. 309-317.

CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A; AUGUSTO FILHO, A; ZAINE, J.E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método do detalhamento progressivo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia; 8., 1996, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996, v.2, p. 537-547.

CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO **Situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari – UGRHI 5**. Relatório Técnico Final. [S.I.]: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2000. 2v. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_home_colegiado.exe?TEMA=RELATORIO&COLEGIADO=CRH/CBH-PCJ&lwgactw=509513. acessado em 17/01/2005.

CINTRA, J.C.A.; MACACARI, M.F.; AOKI, N.; VILAR, O.M. Variação da capacidade de carga com a sucção matricial e com a profundidade em provas de carga sobre placa em solo colapsível. In: **Solos e Rochas – revista latino-americana de geotecnia**. São Paulo: ABMS / ABGE: janeiro - abril de 2005. Volume 28, n.1. p.21-30.

COMISSÃO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL (CCGG) Diagnóstico preliminar da cartografia geotécnica e geoambiental no Brasil. In: PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. (eds.) **Cartografia geotécnica e geoambiental. Conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade**. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2004, São Carlos. São Carlos: Suprema Gráfica Editora, 2004.

CONSÓRCIO PCJ **Projeto de combate às perdas totais de água**. Piracicaba(?): Consórcio PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiá): 2002 (?). 32p.

COSTA, T.C.D. **Mapeamento Geotécnico da Porção NE de Campinas-SP - Escala: 1:25.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1996. Dissertação de mestrado.

DIAS, R.D.; BASTOS, C.A.B.; PINHEIRO, R.J.B.; SARAIVA, R.M. Mapeamento geotécnico da Região Metropolitana de Porto Alegre. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 2. São Carlos. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996, p. 71-78.

DIAS, R.D.; SANTOS, G.T.; LIMA JR., C.O. Mapeamento das unidades geotécnicas da Bacia do Itacorubi – Florianópolis - SC. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 2. São Carlos. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996. p. 79-85.

DOURADO, J.C.; MALAGUTTI FILHO, W.; BRAGA, A.C.O.; NAVA, N. Detecção de cavidades em arenitos utilizando gravimetria, eletrorresistividade e GPR. **Brasilian Journal of Geophysics**, Vol. 19(1), p.19-32, 2001.

ELIAS, J.M. **Análise da eficiência global do sistema "wetlands" construído na estação de tratamento de água para abastecimento público no Município de Analândia**. Rio Claro: UNESP, 2003. Dissertação de Mestrado.

FERNANDES, J.R. **Caracterização geo-ambiental do setor nordeste da Área de Preservação Ambiental de Corumbataí (SP)**. Rio Claro: Instituto de Biociências – UNESP, 1994. Trabalho de Formatura.

FERREIRA, R.V. **Utilização de sistemas de informação geográfica na identificação de unidades geoambientais do Município de Analândia (SP)**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 2005.

FONTES, S.B. **Mapeamento Geotécnico com Ênfase em Erosões no Município de Ouro Preto-MG – Escala 1:5.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1999. Dissertação de mestrado.

FREITAS, C.G.L. **Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial: proposta teórica e metodológica.** São Paulo: FFLCH-USP, 2000. Tese de doutorado.

GIACHETI, H.L.; RÖHM, S.A.; NOGUEIRA, J.B.; CINTRA, J.C.A. Propriedades geotécnicas do sedimento cenozóico. In: CINTRA, J.C.A.; ALBIERO, J.H. (eds) **Solos do Interior de São Paulo.** São Paulo (?): Associação Brasileira de Mecânica dos Solos – Núcleo Regional de São Paulo: 1993. p.143-175.

GOMES, D.M. **Mapeamento Geológico-Geotécnico para Análise de Feições Erosivas Concentradas na Bacia do Córrego Ribeirão do Meio, Região de São Pedro/SP, na Escala 1:20.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2002. Dissertação de mestrado.

GOMES, R.L. **Mapeamento Geotécnico da Área de Expansão Urbana da Região Sudeste do Município de Campinas-SP - Escala 1:25.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1997. Dissertação de mestrado.

GONÇALVES, J. M. M. **Caracterização das coberturas de alteração e suas aplicações na região entre os Municípios de Analândia, Itirapina e São Carlos (SP).** Rio Claro: Unesp, 1993. Dissertação de Mestrado.

HIRAI, J.N.; AUGUSTO FILHO, O.; ABREU, A.E.S. Geoindicadores: avaliação ambiental por meio de erosão do solo e sedimentos. In: Simpósio da Engenharia Ambiental, III. São Carlos. **Anais....** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos. 1 CD-ROM.

IAEG/UNESCO **Guide pour la préparation des cartes géotechniques.** Paris: Les Press de l'Unesco, 1976.

INSTITUTO CIDADE (2006a) Planos Diretores – O Contexto e a Lei Site: <http://www.planosdiretores.com.br/lei.asp>. Consultado em 08/11/2006.

INSTITUTO CIDADE (2006b) Planos Diretores – Como Elaborar ? Site: http://www.planosdiretores.com.br/como_elaborar.asp. Consultado em 08/11/2006.

INSTITUTO CIDADE (2006c) Planos Diretores – O Diagnóstico Site: <http://www.planosdiretores.com.br/diagnostico.asp>. Consultado em 08/11/2006.

INSTITUTO CIDADE (2006d) Planos Diretores – Proposta Urbanística Site: http://www.planosdiretores.com.br/proposta_urbanistica.asp. Consultado em 08/11/2006.

INSTITUTO CIDADE (2006e) Planos Diretores – Projeto de Lei Site: <http://www.planosdiretores.com.br/projetodelei.asp>. Consultado em 08/11/2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê / Jacaré . Relatório Final.** Minuta do relatório n. 40.674. [São Paulo] Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Tietê e Jacaré, 2000. disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_home_colegiado.exe?TEMA=RELATORIO&COLEGIADO=CRH/CBH-TJ&lwgactw=261425. acesso em 17/01/2005.

LAESPIGA, M.A.M. **Estudo do fenômeno de Expansão dos Sedimentos da Formação Libertad (Quaternário): Metodologia de avaliação e mapeamento na região de Montevideu – Uruguai.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2001. Dissertação de mestrado.

LAMBE, T.W; WHITMAN, R.V. **Soil mechanics.** SI Version. John Wiley & Sons Inc., 1979.

LEITE, S.S. **Análise ambiental da área do morro do Cuscuzeiro (Analândia, SP), como subsídio ao planejamento do ambiente local.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2002. Dissertação de mestrado.

LEPSCH, I.F. (coord.) **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4^a aproximação. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1983. 175 p.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos. 2002. 177p.

LIMA, A.M.M. **Mapeamento Geotécnico da Porção Média da Bacia do Rio Capivari/SP, Escala 1:50.000: Estudo e Caracterização dos Aspectos Físicos de Bacias Hidrográficas.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2000. Dissertação de mestrado.

LIMA, R.M.T. **Estudos de movimentos de massa gravitacionais, processos erosivos e áreas sujeitas a inundações na área urbana de Antonina, Litoral do Paraná – Escala 1:10.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2001. Dissertação de mestrado.

LIPORACI, S.R. **Mapeamento Geotécnico da Cidade e Parte do Município de Poços de Caldas-MG - Escala 1:25.000, visando o Planejamento do Uso e Ocupação do Meio Físico.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1994. Dissertação de mestrado.

LOLLO, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1996. Tese de Doutorado.

MACARI, R. **Mapeamento Geotécnico da Área de Expansão Urbana de Campinas-SP - Porção Noroeste - Escala: 1:25.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1996. Dissertação de mestrado.

MAGALHÃES, G. Capítulo 8: Métodos da pesquisa científica e tecnológica. _____. **Introdução à metodologia científica: caminhos da ciência e tecnologia.** São Paulo: Ática. 2005. p.226-252.

MARQUES, G.N. **Seleção de Áreas para Aterros Sanitários baseada em Mapeamento Geotécnico e Analytic Hierarchy Process – AHP.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2002. Dissertação de mestrado.

MARQUES, L.S.; ERNESTO, M. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (org.) **Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo; Ed. Beca, 2004. Capítulo XV. p.245-263.

MELO, M.S. **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica na depressão periférica paulista.** São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 1995. Tese de doutorado. 144p.

MIRANDA, J.G. **Estudo do Meio Físico da Bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), Conflito de uso e ocupação e susceptibilidade à erosão em seus materiais inconsolidados, escala 1:100.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2005. Tese de Doutorado.

Moretti, R.S. **Loteamentos: Manual de recomendações para elaboração de projeto**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), 1986. 180p.

MOTA, L.C. **Proposta de controle para a voçoroca situada no sopé leste do Morro do Camelo no Município de Analândia – SP**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1999. Monografia para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas. 41p.

MOURA, S.; FREITAS, M.I.C. O uso de técnicas de sensoriamento remoto na análise da vegetação urbana na cidade de Analândia (SP). In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004, São Carlos. Pejon, O. J.; Zuquette, L.V. (ed.) **Cartografia geotécnica e geoambiental. Conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade**. São Carlos: Suprema Gráfica Editora, 2004. p. 399 a 408.

NAKAZAWA, V.A. (coord.); FREITAS, C.G.L.; DINIZ, N.C. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1994. Publicação IPT 2089.

NAKAZAWA, V.A.; PRANDINI, F.L.; SANTOS, A.R.; FREITAS, C.G.L. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. In: Simpósio de geologia do sudeste, 2, 1991, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG, 1991. p. 329-336.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos – SP**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1991. Dissertação de mestrado.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de Mapeamento Geotécnico como Base para Análises e Avaliações Ambientais do Meio Físico: Escala – 1:100.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1998. Tese de Doutorado.

OLIVEIRA, C.M.G. **Carta de risco de colapso de solos para a área urbana do Município de Ilha Solteira – SP**. Ilha Solteira: UNESP, 2002. Dissertação de Mestrado.

PALMA, J.B. **Avaliação Integrada, em diferentes escalas, dos atributos que controlam a dinâmica das águas: Aplicação para Análise de Risco de Contaminação das Águas Subsuperficiais na Região entre São Carlos e Ribeirão Preto**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2004. Tese de Doutorado.

PAULA, J.P.L.; CERRI, L.E.S. Carta geológico-geotécnica de área para parcelamento urbano do solo no Município de Rio Claro (SP), na escala 1:10.000. In: PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. (eds.) **Cartografia geotécnica e geoambiental. Conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade**. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2004, São Carlos. São Carlos: Suprema Gráfica Editora, 2004. p. 31-40.

PEJON, O. J. **Estudos geológico-geotécnicos da região Urbana de Araraquara-SP**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Dissertação de mestrado.

PEJON, O. J. **Mapeamento geológico-geotécnico da folha de Piracicaba/SP. Estudos de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. Tese de Doutorado.

PEREIRA, E.D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e da água do reservatório Batata – São Luís (MA)**. Rio Claro: UNESP, 2006. Tese de Doutorado.

PIRES NETO, A G.; YOSHINAGA, S. O planejamento territorial no Instituto Geológico: revisão e avaliação da experiência. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo. Volume Especial, 1995.

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A ; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N.C. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: Bitar, O Y. (coord.) **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia : Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995.p. 187-202.

PRANDINI, F.L.; FREITAS, C.G.L.; DANTAS, A.M.A. (coord.) **Carta Geotécnica do Município de Guarujá – SP**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. Relatório n. 27.786.

RIBEIRO, L.F.B.; SOUZA CRUZ, F.R; RIBEIRO, M.C.S.; GODOY, D.F. Origem e controle estrutural e estratigráfico das cavernas, tocas e abrigos de Ipeúna e Itirapina – SP. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Espeleologia. **Resumos...** Sociedade Brasileira de Espeleologia: Campinas, SP: 2005. Disponível em: http://www.sbe.com.br/anais28cbe/28cbe_r_205-208.pdf. Consultado em 16/10/2006.

RODRIGUES, J.E. **Evolução de critérios de caracterização dos materiais inconsolidados no mapeamento geotécnico da região centro leste do**

Estado de São Paulo. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1996. Tese de Livre Docência.

RODRIGUES, R.A.; LOLLO, J.A. Características estruturais, fisiográficas e mecânicas de dois perfis de solos colapsíveis de Ilha Solteira – SP, Brasil. In: **Solos e Rochas – revista latino-americana de geotecnia**. São Paulo: ABMS / ABGE: maio - agosto de 2004. Volume 27, n.2. p.131-146.

ROLNIK, R; PINHEIRO, O.M. **Plano diretor participativo. Guia para a elaboração pelos municípios e cidadãos.** Brasília: CONFEA; Ministério das Cidades, 2004. 158p.

SALOMÃO, F.X.T.; IWASA, O.Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: BITAR, O.Y. (ed.) **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. (Série Meio Ambiente). p. 31-57.

SANTOS, M.F. **Subsídios para o planejamento conservacionista da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão (São Carlos, Itirapina, Analândia).** Rio Claro: UNESP, 1993. Dissertação de mestrado.

SANTOS, G.T.; DIAS, R.D.; MACCARINI, M. Mapeamento geotécnico e a avaliação do comportamento mecânico dos solos de Florianópolis-SC. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 2., 1996. São Carlos. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996.. p. 63-70.

SARAIVA, R.M. **Mapeamento Geotécnico da Folha de Socorro com Base na Análise das Formas de Relevo (Landforms).** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1995. Dissertação de mestrado.

SCHULER, A. E. **Aplicação do Topmodel em uma bacia de mesoescala localizada na cabeceira do rio Corumbataí.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1998. Dissertação de mestrado.

SERRA JUNIOR, E.; OJIMA, L.M. Caracterização e classificação de maciços rochosos. In: Oliveira, A.M.S. ; Brito, S.N.A. (eds.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.210-226.

SILVA, A.F. **Mapeamento Geotécnico e Análise dos Processos Erosivos na Bacia do Córrego Tuncum, São Pedro-SP, Escala 1:10.000.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2003. Dissertação de mestrado.

SILVEIRA, L.L.L. **Elaboração de carta de susceptibilidade à erosão das Bacias dos Rios Araraquara e Cubatão-SP - Escala 1:50.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2002. Dissertação de mestrado.

SOUZA, N.D.C.V. **Mapeamento geotécnico regional da folha de Aguai: com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. Dissertação de mestrado.

TOREZAN, F. H. **Proposta metodológica para subsidiar a determinação do grau de impacto ambiental em empreendimentos minerários na região de Descalvado e Analândia (SP)**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2005. Tese de Doutorado.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: Ed. McGraw Hill do Brasil Ltda, 1977

VAZ, L.F. **Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rochas em regiões tropicais**. In: Revista Solos e Rochas, São Paulo, 19, (2): 117-136. Agosto, 1996.

VECCHIATO, A.B. **Mapeamento Geotécnico da Área Urbana de Cuiabá-MT (Escala 1:25.000)**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1993. Tese de Doutorado.

VOLKMER, S. **Caracterização mineralógica das coberturas de alteração intempérica da quadrícula de São Carlos (QSC), SP – escala 1:100.000**. Rio Claro: Unesp, 1993. Dissertação de Mestrado.

ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP)**. Rio Claro: Unesp, 2000. Tese de Doutorado.

ZALÁN, P.V.; Evolução fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (org.) **Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo; Ed. Beca, 2004. Capítulo VI. p.595-612.

ZENÓBIO, A.A. **Análise Geológica-Geotécnica de Encostas Naturais Rochosas: Área Urbana de Ouro Preto (MG) Escala 1:5.000**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2000. Dissertação de mestrado.

ZUQUETTE, L.V. **Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1981. Dissertação de mestrado.

ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese de Doutorado.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1993. Tese de Livre Docência.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ANEXO A

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS POR OUTROS AUTORES

Tabela A.1 - Dados de caracterização do Arenito Botucatu em pedreiras localizadas no Município de Analândia.

Propriedade	Pedreira Viegas e Grosso		Pedreira Itagiba	
Umidade natural média (%)	1,746		1,805	
Peso específico aparente (g/cm ³)	2,292		2,295	
Peso específico absoluto (g/cm ³)	2,433		2,495	
Absorção média (%)	2,14		2,05	
Litologia	Arenito Botucatu silicificado		Arenito Botucatu Pouco silicificado	
Tensão para primeira fissura (kg/cm ³)	783,6	383,1	683,3	350,6
Tensão de ruptura (kg/cm ³)	1066,9	956,8	969,7	667,3
Módulo de elasticidade	440 x 10 ³	540 x 10 ³	580 x 10 ³	540 x 10 ³
Observações	Compressão perpendicular à sedimentação	Compressão paralela à sedimentação	Sedimentação não identificável	Sedimentação não identificável
Tensão (kg/cm ²)	199,3		190,6	
Slump test (cm)	1		1	

Extraído de Hespanhol e Romiti (sem data, apud ZUQUETTE, 1981)

Tabela A.2 - Resultados dos ensaios realizados por Mota (1999) em materiais residuais desenvolvidos sobre a Formação Botucatu.

n ^o	Prof (m)	Granulometria (%)						γ _s (g/cm ³)	Índice de Erodibilidade *
		P	AG	AM	AF	SI	AR		
1.1	0,20	0	0	11,04	61,85	27,11	0	2,458	20,15
2.1	0,20	0	0	10,64	61,76	27,60	0	2,663	9,93
3.1	0,20	0	0	13,18	74,69	12,13	0	2,509	15,17
3.2	1,20	0	0	13,08	72,9	14,02	0	2,643	2,20
4.1	0,20	0	0	18,35	71,26	10,39	0	2,621	6,43
4.2	1,20	0	0	14,74	76,48	8,78	0	2,648	2,57
5.1	0,20	0	0	11,32	76,34	12,34	0	2,651	2,53
5.2	1,20	0	0	7,72	76,49	15,79	0	2,681	15,87

Legenda: P=pedregulho; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina; SI=silte; AR=argila

* calculado conforme proposto por Nogami e Villibor (1979, apud MOTA, 1999). Os valores menores que 1 deveriam corresponder a materiais com altos índices erosivos.

Tabela A.3 - Resultados dos ensaios realizados por Zuquette (1981) em materiais inconsolidados derivados da Fm. Itaqueri.

Ponto n ^o	γ _s	Granulometria (% que passa)			Limites de Atterberg			Compactação		Compressão Simples	
		4,76 mm	0,074 mm	0,002 mm	LL%	LP%	IP%	W _{ot}	γ _d	S _{imax}	ε _{imax}
43	2,662	100,00	69,18	-	40,5	37,17	03,33	23,20	1,618	2,540	1,600
44	2,650	100,00	59,00	-	39,6	35,0	04,60	24,00	1,590	-	-

Tabela A.4 - Resultados dos ensaios realizados por Nishiyama (1991) em materiais inconsolidados derivados da Fm. Itaqueri.

Ponto n ^o	Prof. (m)	P	Granulometria – ABNT (%)					Massa Específica (g/cm ³)				e campo
			AG	AM	AF	SI	AR	? _{campo}	? _s	? _d campo	? _d máx.	
LN479	1,2	0,0	0,0	7,0	31,0	21,0	41,0	1,09	2,53	0,75	1,350	2,44

Legenda: P=pedregulho; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina; SI=silte; AR=argila

Tabela A.5 - Resultados dos ensaios realizados por Nishiyama (1991) em materiais inconsolidados atribuídos neste trabalho à Fm. Santa Rita do Passa Quatro.

Ponto n ^o	Prof. (m)	P	Granulometria – ABNT (%)					Massa Específica (g/cm ³)				E campo
			AG	AM	AF	SI	AR	? _{campo}	? _s	? _d campo	? _d máx.	
LN339	2,0	1,0	2,0	11,0	79,0	2,0	5,0	1,75	2,62	1,69	1,895	0,55
LN346	1,5	0,0	0,0	11,0	68,0	5,0	16,0	-	2,64	-	1,886	-
LN359	2,5	0,0	0,0	3,0	87,0	3,0	7,0	1,60	2,62	1,52	1,845	0,72
LN360	2,0	0,0	0,0	10,0	77,0	2,0	11,0	1,61	2,62	1,52	1,870	0,72
LN488	1,5	0,0	0,0	12,0	77,0	3,0	8,0	1,63	2,63	1,56	1,900	0,72
LN489	2,0	0,0	0,0	18,0	71,0	3,0	8,0	1,62	2,63	1,55	1,903	0,70
LN499	2,5	0,0	0,0	3,0	72,0	8,0	17,0	1,49	2,67	1,38	1,938	0,93

Legenda: P=pedregulho; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina; SI=silte; AR=argila

Nishiyama (1991) classificou as amostras LN 359, LN488 e LN 489 como solos residuais de arenitos Botucatu. A amostra LN360 foi classificada na unidade SARIV (sedimento arenoso IV) e a amostra LN339 foi classificada na unidade SARl (sedimento arenoso I). As amostras LN346 e LN499 foram classificadas na unidade Smi (sedimento misto), unidades estas propostas pelo autor em seu trabalho de mapeamento geotécnico da região na escala 1:100.000.

Tabela A.6 - Resultados dos ensaios de caracterização física realizados por Gonçalves (1993) no material classificado como areias argilosas, atribuídos à Fm. Santa Rita do Passa Quatro – Perfil P3.

Horiz.	Análise mecânica (%)								Peso específico (g/cm ³)	
	A _{mg}	A _g	a _m	a _f	a _{mf}	a _t	silte	argila	? _s	? _{campo}
Ap	0,49	1,29	4,06	18,07	18,26	42,17	11,80	45,81	3,11	1,41
Bo	1,00	4,26	3,00	20,70	29,86	58,82	12,80	27,25	3,01	1,26
C	1,48	2,92	4,56	13,59	10,32	32,87	12,80	33,28	2,99	1,47

Legenda: a_{mg} = areia muito grossa (2,0-1,0mm); a_g = areia grossa (1,0 a 0,5mm); a_m = areia média (0,5 a 0,25mm); a_f = areia fina (0,25 a 0,105mm); a_{mf} = areia muito fina (0,105 a 0,053mm); a_t = areia total (2,0 a 0,053mm);

Tabela A.7 - Limites de consistência e classificações para fins de engenharia obtidos por Gonçalves (1993) no material classificado como areias argilosas, atribuídos à Fm. Santa Rita do Passa Quatro – Perfil P3.

Horiz.	Limites de consistência (%)			Classificação para fins de engenharia	
	LL	LP	IP	Unificada	Sistema Rodoviário *
Ap	33,0	22,6	10,4	CL	A-6
Bo	33,0	23,8	9,2	SC	A-2-4
C	42,0	33,0	9,0	SC	A-5

* atualizada conforme consta em Cernica (1995).

Tabela A.8 - Resultados dos ensaios de caracterização física realizados por Gonçalves (1993) no material classificado como solo residual da Formação Pirambóia – Perfil P4.

Horiz.	Análise mecânica (%)							Peso específico (g/cm ³)		
	Amg	ag	am	af	amf	at	silte	argila	? _s	? _{campo}
Ap	0,00	1,28	7,10	67,00	13,71	89,09	1,00	9,91	2,74	1,36
Bw	0,00	0,52	11,85	53,07	22,21	87,65	2,00	10,35	2,76	1,55
R	0,47	1,53	3,22	78,00	11,40	94,62	1,00	4,38	2,77	1,99

Legenda: AP= horizonte mais superficial, com 15 cm de espessura. Bw = segunda camada, com 25 cm de espessura. R = camada de rocha alterada, abaixo dos 40 cm de profundidade. amg = areia muito grossa (2,0-1,0mm); ag = areia grossa (1,0 a 0,5mm); am = areia média (0,5 a 0,25mm); af = areia fina (0,25 a 0,105mm); amf = areia muito fina (0,105 a 0,053mm); at = areia total (2,0 a 0,053mm);

Tabela A.9 - Limites de consistência e classificações para fins de engenharia obtidos por Gonçalves (1993) no material classificado como solo residual da Formação Pirambóia – Perfil P4.

Horiz.	Limites de consistência (%)			Classificação para fins de engenharia	
	LL	LP	IP	Unificada	Sistema Rodoviário*
Ap	-	NP	-	SP	A-2-4
Bw	-	NP	-	SM	A-2-4
R	-	NP	-	SP	A-3

Legenda: AP= horizonte mais superficial, com 15 cm de espessura. Bw = segunda camada, com 25 cm de espessura. R = camada de rocha alterada, abaixo dos 40 cm de profundidade.

* atualizada conforme consta em Cernica (1995).

Tabela A.10 - Resultados dos ensaios de caracterização física realizados por Gonçalves (1993) em material atribuído ao pacote de colúvios recentes– Perfil P5.

Horiz.	Análise mecânica (%)								Massa específica (g/cm ³)	
	Amg	ag	am	af	amf	at	silte	argila	? _s	? _{campo}
Ap	1,85	3,08	3,64	35,60	15,32	59,49	6,38	29,48	2,74	*
Bt	0,42	1,44	1,49	46,19	7,39	56,93	7,85	34,41	2,77	**
Fm	Canga laterítica									
Cr1	0,87	6,32	12,58	14,58	10,00	44,35	18,20	35,88	2,87	1,81
Cr2	0,33	10,20	12,63	21,67	5,08	49,91	11,00	36,92	2,85	1,80

Legenda: Ap= horizonte superficial, com 10 cm de espessura. Bt= segundo horizonte, com 1,40 m de espessura. Fm = canga laterítica, com 50-70cm de espessura. Cr1= RAM(?) de arenito argiloso. Cr2= Ram(?) de conglomerado. amg = areia muito grossa (2,0-1,0mm); ag = areia grossa (1,0 a 0,5mm); am = areia média (0,5 a 0,25mm); af = areia fina (0,25 a 0,105mm); amf = areia muito fina (0,105 a 0,053mm); at = areia total (2,0 a 0,053mm);

* horizonte Ap com muitas raízes, impróprio para coleta de amostra em anel para densidade aparente. ** horizonte Bt é extremamente seco e duro, não sendo possível a coleta de amostra em anel para o cálculo da densidade aparente.

OBS: este material foi classificado por Gonçalves (1993) como solo residual da Formação Itaqueri

Tabela A.11 - Limites de consistência e classificações para fins de engenharia obtidos por Gonçalves (1993 em material atribuído ao pacote de colúvios recentes– Perfil P5.

Horiz.	Limites de consistência (%)			Classificação para fins de engenharia	
	LL	LP	IP	Unificada	Sistema Rodoviário *
Ap	25,6	15,3	10,3	SC	A-6
Bt	26,0	16,6	9,4	SC	A-4
Fm	Canga laterítica				
Cr1	33,0	23,0	10,0	CL	A-4
Cr2	48,0	40,0	8,0	CL	A-5

Legenda: Ap= horizonte superficial, com 10 cm de espessura. Bt= segundo horizonte, com 1,40 m de espessura. Fm = canga laterítica, com 50-70cm de espessura. Cr1= RAM(?) de arenito argiloso. Cr2= Ram(?) de conglomerado.

* atualizada conforme consta em Cernica (1995).

OBS: este material foi classificado ppor Gonçalves (1993) como solo residual da Formação Itaqueri

Tabela A.12 - Resultados dos ensaios de caracterização física realizados por Gonçalves (1993) em material atribuído ao pacote de colúvios recentes – Perfil P6.

Horiz.	Análise mecânica (%)							Peso específico (g/cm ³)		
	Amg	Ag	am	af	amf	at	silte	argila	? _s	? _{campo}
Ap	0,56	3,00	6,41	16,49	6,11	32,57	10,22	56,75	2,83	
Bocn	2,76	17,02	7,79	19,68	3,90	51,15	8,64	39,17	2,80	1,92
BCr	0,84	3,94	9,38	15,85	10,28	40,29	11,20	47,91	2,81	1,36
Cr ₁	0,87	6,32	12,58	14,58	10,00	44,35	18,20	35,88	2,87	1,81
Cr ₂	0,33	10,20	12,63	21,67	5,08	49,91	11,00	36,92	2,85	1,80

Legenda: amg = areia muito grossa (2,0-1,0mm); ag = areia grossa (1,0 a 0,5mm); am = areia média (0,5 a 0,25mm); af = areia fina (0,25 a 0,105mm); amf = areia muito fina (0,105 a 0,053mm); at = areia total (2,0 a 0,053mm);

* horizonte Ap com muitas raízes, impróprio para coleta de amostra em anel para densidade aparente.

OBS: este material foi classificado por Gonçalves (1993) como solo residual da Formação Itaqueri. Acredita-se que os horizontes Cr₁ e Cr₂ correspondam a SRJ desenvolvidos sobre os conglomerados da Fm. Itaqueri.

Tabela A.13 - Limites de consistência e classificações para fins de engenharia obtidos por Gonçalves (1993) em material atribuído ao pacote de colúvios recentes – Perfil P6.

Horiz.	Limites de consistência (%)			Classificação para fins de engenharia	
	LL	LP	IP	Unificada	Sistema Rodoviário *
Ap	49,0	38,0	11,0	CL	A-7-5
Bocn	31,0	21,0	10,0	SC	A-4
BCr	40,0	30,6	10,0	CL	A-7-5
Cr ₁	33,0	23,0	10,0	CL	A-4
Cr ₂	48,0	40,0	8,0	SC	A-5

* atualizada conforme consta em Cernica (1995).

OBS: este material foi classificado por Gonçalves (1993) como solo residual da Formação Itaqueri. Acredita-se que os horizontes Cr₁ e Cr₂ correspondam a SRJ desenvolvidos sobre os conglomerados da Fm. Itaqueri.

APÊNDICE B - LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS DESCRITOS EM CAMPO
(continua)

Ponto	Coord. E	Coord. N	Ponto	Coord. E	Coord N
1	232.230	7.555.750	40	221.706	7.562.009
2	231.108	7.555.197	41	227.413	7.553.567
3	230.821	7.554.415	42	220.500	7.555.349
4	230.886	7.554.589	43	220.532	7.556.561
5	229.453	7.552.974	44	216.748	7.555.232
6	225.918	7.549.860	45	226.584	7.549.564
7	227.811	7.551.273	46	228.127	7.547.432
8	231.700	7.552.531	47	228.671	7.547.497
9	233.540	7.549.672	48	229.622	7.546.688
10	236.440	7.547.812	49	227.065	7.552.873
11	227.996	7.545.961	50	228.540	7.554.912
12	228.585	7.544.987	51	230.284	7.556.676
13	228.683	7.543.984	52	230.937	7.558.246
14	225.032	7.549.602	53	229.551	7.553.281
15	223.146	7.548.358	54	229.344	7.553.076
16	221.607	7.546.027	55	229.450	7.553.200
17	219.150	7.544.655	56	224.624	7.547.064
18	223.609	7.551.163	57	221.100	7.544.892
19	222.698	7.551.630	58	221.039	7.544.662
20	222.785	7.553.318	59	220.857	7.544.436
21	223.531	7.554.366	60	220.758	7.544.184
22	222.450	7.554.137	61	221.146	7.544.159
23	224.930	7.551.783	62	221.518	7.544.164
24	225.452	7.551.646	63	220.834	7.542.391
25	222.322	7.553.153	64	220.362	7.542.092
26	217.998	7.555.310	65	219.807	7.541.345
27	218.203	7.555.364	66	224.599	7.550.224
28	217.998	7.555.310	67	224.739	7.550.380
29	212.712	7.551.602	68	223.985	7.549.629
30	217.380	7.549.759	69	223.898	7.549.116
31	220.430	7.549.800	70	223.650	7.548.385
32	221.143	7.550.171	71	222.800	7.547.398
33	221.370	7.550.180	72	220.530	7.545.015
34	225.120	7.551.530	73	218.302	7.544.280
35	223.893	7.557.078	74	217.682	7.543.880
36	223.000	7.559.873	75	214.850	7.549.249
37	223.878	7.563.243	76	215.704	7.552.085
38	222.614	7.562.372	77	214.910	7.552.498
39	222.186	7.562.377	78	214.709	7.552.502

APÊNDICE B - LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS DESCRITOS EM CAMPO
(conclusão)

Ponto	Coord. E	Coord. N	Ponto	Coord. E	Coord N
79	214.526	7.552.158	115	226.375	7.550.386
80	214.932	7.551.927	116	226.189	7.550.452
81	213.757	7.552.010	117	225.911	7.550.456
82	213.338	7.551.826	118	225.648	7.550.257
83	212.616	7.553.882	119	225.861	7.550.817
84	213.864	7.554.341	120	226.073	7.550.938
85	214.433	7.554.574	121	226.071	7.550.966
86	215.886	7.554.606	122	226.890	7.551.343
87	216.551	7.554.886	123	226.941	7.551.335
88	219.389	7.555.525	124	227.152	7.551.357
89	222.576	7.553.803	125	227.180	7.551.313
90	222.518	7.553.491	126	227.413	7.551.330
91	236.593	7.547.987	127	227.252	7.550.826
92	235.830	7.547.950	128	227.593	7.550.481
93	234.800	7.549.150	129	226.533	7.550.245
94	234.656	7.549.264	130	226.300	7.551.576
95	233.030	7.550.093	131	226.184	7.551.530
96	227.881	7.547.789	132	225.836	7.551.301
97	227.640	7.547.873	133	225.741	7.551.227
98	222.695	7.552.563	134	225.438	7.550.108
99	225.219	7.549.377	135	225.454	7.549.999
100	232.312	7.556.000	136	225.157	7.549.580
101	232.402	7.557.157	137	224.777	7.549.622
102	227.446	7.558.815	138	224.480	7.549.626
103	225.824	7.558.066	139	224.228	7.549.883
104	225.332	7.558.097	140	224.804	7.550.093
105	225.100	7.558.050	141	225.112	7.549.914
106	227.985	7.547.698	142	224.791	7.550.619
107	227.480	7.547.950	143	224.695	7.550.805
108	228.800	7.546.950	144	224.560	7.550.880
109	225.220	7.547.360	145	224.787	7.550.981
110	223.880	7.551.060	146	224.622	7.551.372
111	227.380	7.550.450	147	224.670	7.551.385
112	225.635	7.550.772	148	225.123	7.551.697
113	225.616	7.550.492	149	225.580	7.551.420
114	225.910	7.550.687	150	224.620	7.551.485

APÊNDICE B – MODELO DA FICHA DE CAMPO
(continua)

FICHA DE CAMPO		MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA – SP			
NÚMERO PONTO:		DATA:	/	/	2006
LOCALIZAÇÃO:					
TIPO AFLORAMENTO:					
CONDIÇÕES PARA AMOSTRAGEM:					
COORDENADAS:			POSIÇÃO NA ENCOSTA:		
2. PERFIL DE ALTERAÇÃO (desenho)					
3. MATERIAIS INCONSOLIDADOS					
Retrabalhados/ residuais		Espessura camadas			
Textura	Cor	Concreções	Composição mineralógica		
Linha seixos:	Forma	Espessura	Composição seixos		
4. MATERIAIS ROCHOSOS					
Litologia	Cor	Estruturas	Intercalações	Contatos	
Grau de alteração	Grau de consistência		Grau de fraturamento (frat/m)		
SURGÊNCIAS DE ÁGUA/N.A.				Contexto:	
4.1. OCUPAÇÃO	Atual:			Pretérita:	
Extração mineral ?					
4.2. PROCESSOS GEODINÂMICOS					
EROSÃO:	Tipo ?	Ativa ?	Dimensões ?	Causas ?	
MOVIMENTOS DE MASSA	Tipo ?	Recente ?	Dimensões ?	Causas ?	
OUTROS	(inundação, expansibilidade, assoreamento)				
5. COMENTÁRIOS					
FOTOS:					

6. PERFIL DA ENCOSTA
PERFIL DE ALTERAÇÃO

APÊNDICE B - RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Tabela B.1 - Resultados dos ensaios realizados – parte 1

Camada	Ponto nº	Prof (m)	Granulometria (%)						Massa Específica (g/cm ³)			e _{campo}	LL (%)	LP (%)	IP (%)
			NBR 6502/95						? _{campo}	? _s	? _{d campo}				
			P	AG	AM	AF	SI	AR							
SRM Pirambóia	06	1,0	2	0	39	47	4	8	1,636	2,786	1,544	0,804	-	NP	-
SRJ Pirambóia	32	1,0	0	73	14	3	4	6	*	2,780	*	-	-	NP	-
SRM Botucatu	20	2,5	0	0	34	52	5	9	*	2,625	*	-	-	NP	-
SRM Basalto (Fm Serra Geral)	98	0,7	0	0	1	5	29	65	1,668	3,156	1,217	1,593	98	46	52
SRJ Itaq. areno- conglom	42	1,0	9	11	15	13	13	39	1,455	2,848	1,300	1,191	39	25	14
SRM Itaq. conglom.	89	0,5	1	3	32	19	17	28	1,775	2,986	1,588	0,88	45	26	19
SRJ Itaq. conglom.	89	2,5	2	15	35	21	20	7	1,720	2,869	1,353	1,120	64	44	20
SRM Itaq. Concrec.	88	0,2	4	11	23	18	20	24	1,627	2,780	1,445	0,924	37	29	8
SRPQ arenoso	30	1,0	0	1	54	38	2	5	*	2,791	*	-	-	NP	-
SRPQ arenoso	30	6,0	0	1	49	40	3	7	1,573	2,791	1,505	0,854	-	NP	-

(continua)

Tabela B.1 - Resultados dos ensaios realizados – parte 1

Camada	Ponto nº	Prof (m)	Granulometria (%)						Massa Específica (g/cm ³)			e _{campo}	LL (%)	LP (%)	IP (%)
			NBR 6502/95						? _{campo}	? _s	? _{d campo}				
			P	AG	AM	AF	SI	AR							
SRPQ arenoso (acima da linha de seixos)	99	3,5	0	2	41	46	3	8	1,604	2,833	1,539	0,841	-	NP	-
SRPQ arenoso (na linha de seixos)	99	7,0	3	2	45	41	2	7	1,675	2,797	1,618	0,729	-	NP	-
SRPQ arenoso (abaixo da linha de seixos)	99	8,0	2	2	34	54	2	6	*	2,655	*	-	-	NP	-
SRPQ areno-argiloso	03	2,5	1	5	49	24	4	17	1,599	2,849	1,514	0,882	24	15	9
SRPQ areno-argiloso	03	6,0	5	5	45	25	5	15	1,676	2,817	1,587	0,775	23	15	8
SRPQ areno-argiloso	08	1,0	0	6	48	23	5	18	1,427	2,837	1,322	1,145	21	16	5
SRPQ areno-argiloso	15	2,0	0	10	40	25	6	19	1,488	2,875	1,386	1,074	25	16	9
SRPQ areno-argiloso	15	5,5	0	11	40	22	9	18	1,589	2,722	1,481	0,838	27	18	9
SRPQ areno-argiloso	74	1,5	0	7	37	26	6	24	1,534	2,833	1,415	1,002	26	15	11
SRPQ areno-argiloso	74	5,0	0	7	44	18	10	21	1,553	2,835	1,426	0,988	32	18	14

(conclusão)

Legenda: P=pedregulho; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina; SI=silte; AR=argila

SRPQ = Formação Santa Rita do Passa Quatro * = amostra se desfez

Tabela B.2: Resultados dos ensaios realizados – parte 2.

Camada	Ponto nº	Prof (m)	W _{nat} (%)	Sr _{nat} (%)	Índice de Atividade	Classificação		CNU	CC
						Sistema Internacional	Sistema Rodoviário		
SRM Pirambóia	06	1,0	5,9	20	-	SM	A-2-4		
SRJ Pirambóia	32	1,0	-	-	-	SW – SM	A-2-4	21,0	11,4
SRM Botucatu	20	3,0	-	-	-	SM	A-2-4		
SRM Basalto (Fm. Serra Geral)	98	0,7	37,1	74	0,80	MH	A-7-5		
SRJ Itaq. Areno- conglomerático	42	1,0	12,0	29	0,36	CL – ML	A – 6		
SRM Itaq. Conglom.	89	0,5	11,8	40	0,68	SC – SM	A-7-5		
SRJ Itaq. conglom.	89	2,5	27,2	70	2,86	SM	A-2-7		
SRM Itaq. Concrec.	88	0,2	12,6	38	0,33	SM	A – 4		
SRPQ arenoso	30	1,0	-	-	-	SP – SM	A-2-4	3,0	1,5
SRPQ arenoso (continua)	30	6,0	4,5	15	-	SP – SM	A-2-4	3,8	1,9

Tabela B.2: Resultados dos ensaios realizados – parte 2.

Camada	Ponto nº	Prof (m)	W _{nat} (%)	Sr _{nat} (%)	Índice de Atividade	Classificação		CNU	CC
						Sistema Internacional	Sistema Rodoviário		
SRPQ arenoso (acima da linha de seixos)	99	3,5	4,3	14	-	SW-SM	A-2-4	6,6	2,5
SRPQ arenoso (na linha de seixos)	99	7,0	3,5	13	-	SP - SM	A-2-4	3,1	1,7
SRPQ arenoso (abaixo da linha de seixos)	99	8,0	-	-	-	SP - SM	A-2-4	2,6	1,1
SRPQ areno-argiloso	03	2,5	5,6	18	0,53	SC	A-2-4		
SRPQ areno-argiloso	03	6,0	5,7	21	0,53	SC	A-2-4		
SRPQ areno-argiloso	08	1,0	8,0	20	0,28	SC – SM	A-2-4		
SRPQ areno-argiloso	15	2,0	7,4	20	0,47	SC	A-2-4		
SRPQ areno-argiloso	15	5,5	7,3	24	0,50	SC	A-2-4		
SRPQ areno-argiloso	74	1,5	8,5	24	0,46	SC	A-2-6		
SRPQ areno-argiloso	74	5,0	8,9	26	0,67	SC	A-2-4		

(conclusão)

Legenda: CNU = coeficiente de não uniformidade

CC = coeficiente de curvatura

SRM = solo residual maduro

SRJ = solo residual jovem

SRPQ = Formação Santa Rita do Passa Quatro

APÊNDICE C – ESTIMATIVA DA COLAPSIBILIDADE DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Para estimativa da colapsibilidade dos materiais inconsolidados foram calculados o Grau de Compactação Natural e a porosidade natural dos materiais ensaiados, como indicado a seguir.

Cálculo do Grau de Compactação natural:

$$GC_{nat} = \rho_{d\ campo} / \rho_{d\ máx}$$

Onde:

GC_{nat} = Grau de Compactação natural (adimensional)

$\rho_{d\ campo}$ = massa específica de campo (g/cm^3)

$\rho_{d\ máx}$ = massa específica máxima, obtida em ensaio Proctor Normal (g/cm^3).

Foram utilizados os valores de massa específica máxima propostos por Bueno e Vilar (2003, página 38), considerando-se a Classificação Unificada dos solos.

Para o cálculo da porosidade natural foi utilizada a seguinte fórmula:

$$n_{nat} = e_{campo} / (1 + e_{campo})$$

Onde:

n_{nat} = porosidade natural do solo (%)

e_{campo} = índice de vazios da amostra em seu estado de agregação natural (determinado sobre amostra indeformada) (adimensional).

Vilar (2007, comunicação pessoal) considera que materiais com Grau de Compactação natural inferior a 90% e com porosidade natural superior a 50% são materiais provavelmente colapsíveis. Este foi o critério adotado para estimativa desta propriedade nos solos do Município de Analândia.

Tabela C.1 – Estimativa da colapsibilidade dos materiais inconsolidados (de acordo com Vilar, 2007, comunicação pessoal)

Camada	Ponto	Prof. (m)	$\gamma_{d \text{ campo}}$ (g/cm ³)	e_{campo}	Classificação no Sistema Unificado	$\gamma_{d \text{ máx}} \text{ (PN)}$ (g/cm ³)	GC _{nat}	n _{nat} (%)
SEM Pirambóia	6	1,0	1,544	0,804	SM	1,76	88% *	45%
SEM Basalto	98	0,7	1,217	1,593	MH	1,12	109%	61% *
SRJ Itaq. areno-conglom	42	1,0	1,300	1,191	CL – ML	1,52	86% *	54%
SEM Itaq. Conglom.	89	0,5	1,588	0,88	SC – SM	1,68	95%	47% *
SRJ Itaq. conglom.	89	2,5	1,353	1,12	SM	1,76	77% *	53%
SEM Itaq. Concrec.	88	0,2	1,445	0,924	SM	1,76	82% *	48% *
SRPQ arenoso	30	6,0	1,505	0,854	SP – SM	1,60	94%	46% *
SRPQ arenoso	99	3,5	1,539	0,841	SW-SM	1,76	87% *	46% *
SRPQ arenoso	99	7,0	1,618	0,729	SP - SM	1,60	101%	42% *
SRPQ areno-argiloso	3	2,5	1,514	0,882	SC	1,68	90% *	47% *
SRPQ areno-argiloso	3	6,0	1,587	0,775	SC	1,68	94%	44% *
SRPQ areno-argiloso	8	1,0	1,322	1,145	SC – SM	1,68	79% *	53%
SRPQ areno-argiloso	15	2,0	1,386	1,074	SC	1,68	83% *	52%
SRPQ areno-argiloso	15	5,5	1,481	0,838	SC	1,68	88% *	46% *
SRPQ areno-argiloso	74	1,5	1,415	1,002	SC	1,68	84% *	50% *
SRPQ areno-argiloso	74	5,0	1,426	0,988	SC	1,68	85% *	50% *

Legenda: SRM = Solo residual maduro SRJ = Solo residual jovem

SRPQ = Santa Rita do Passa Quatro

* = indicativo de solo colapsível

ANA ELISA SILVA DE ABREU

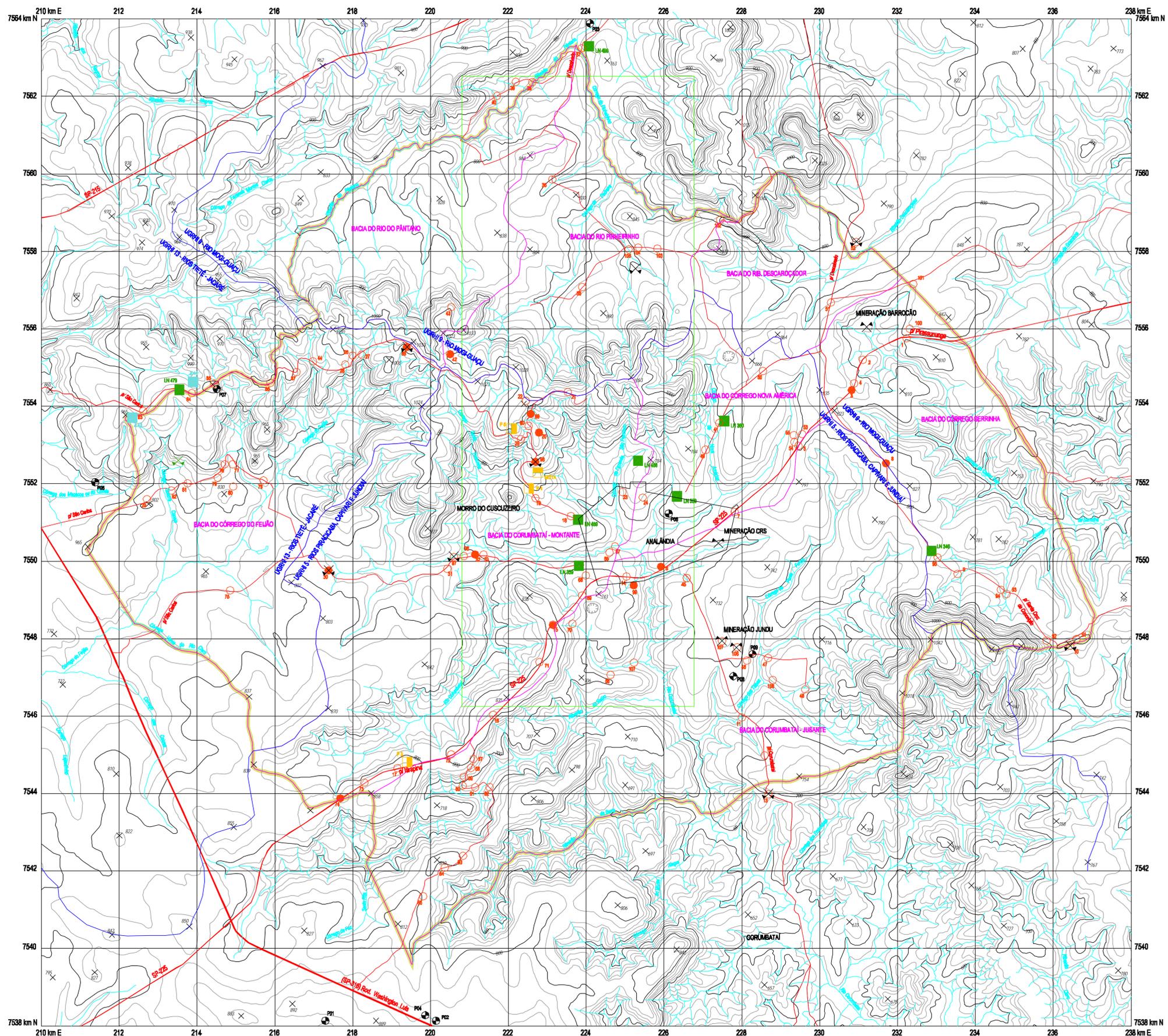
MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em geotecnia.

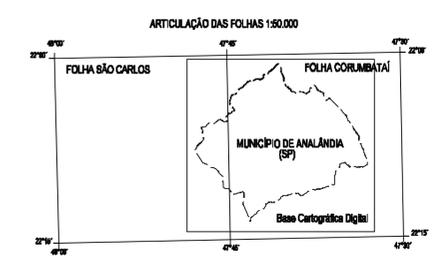
Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho

V. 2

São Carlos
2007



- LEGENDA**
- LIMITE ENTRE UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
 - LIMITE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NO MUNICÍPIO
 - ÁREA DE COBERTURA DAS FOTOS AÉREAS DE 2006
 - AFLORAMENTOS DESCRITOS E/OU OBSERVAÇÃO DE PROCESSOS
 - POÇOS TUBULARES PROFUNDOS
 - AFLORAMENTOS DESCRITOS E AMOSTRADOS
 - PONTOS AMOSTRADOS POR NISHIYAMA (1991)
 - PONTOS AMOSTRADOS POR ZUQUETTE (1991)
 - PONTOS AMOSTRADOS POR GONÇALVES (1993)
 - PONTOS AMOSTRADOS POR MOTA (1999)
 - ✕ LAVRAS ATIVAS
 - ✕ LAVRAS NATIVAS
 - ✕ PEDREIRAS ESTUDADAS POR HESPANHOL E ROMITI (S/ DATA, APUD ZUQUETTE, 1991)
 - DEPRESSÕES FECHADAS
-
- CONVENÇÕES**
- ESTRADAS PISTA DUPLA
 - ESTRADAS PISTA SIMPLES
 - DRENAGEM
 - CURVAS DE NÍVEL PRINCIPAIS
 - CURVAS DE NÍVEL SECUNDÁRIAS
 - ESTRADAS EM TERRA
 - ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
 - LIMITE MUNICIPAL
 - ✕ PONTOS COTADOS



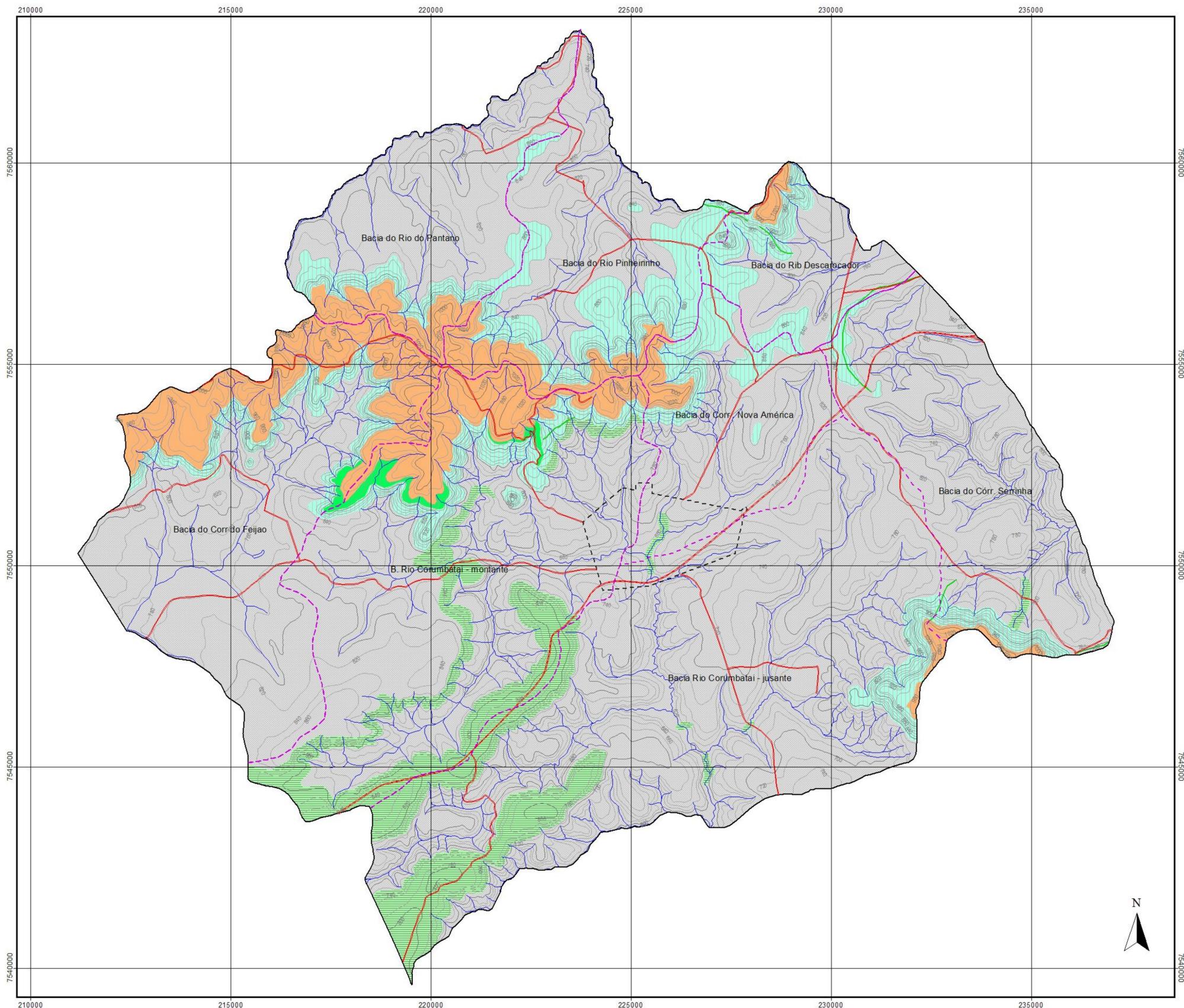
ESCALAS DAS CURVAS DE NÍVEL = 20 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 49° - FUSO 23
 DATUM VERTICAL = MARÉGRAFIA BERTUZA, SC
 DATUM HORIZONTAL = CÔRREGO ALEGRE, MG



**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**
 DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS/USP

MAPA DE DOCUMENTAÇÃO - ESCALA REGIONAL

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/2007	ESCALA: 1:50.000	D.1
ORIENTADOR: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			



SUBSTRATO ROCHOSO

- FORMAÇÃO ITAQUERI
- FORMAÇÃO BOTUCATU
- FORMAÇÃO SERRA GERAL - DERRAMES
- FORMAÇÃO SERRA GERAL - SOLEIRAS
- FORMAÇÃO SERRA GERAL - DIQUES
- FORMAÇÃO PIRAMBÓIA

LEGENDA

- Curva de Nível Principal
- Curva de Nível Secundária
- DRENAGEM
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- RODOVIA SP-226
- ESTRADAS VICINAIS
- ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
- LIMITE MUNICIPAL



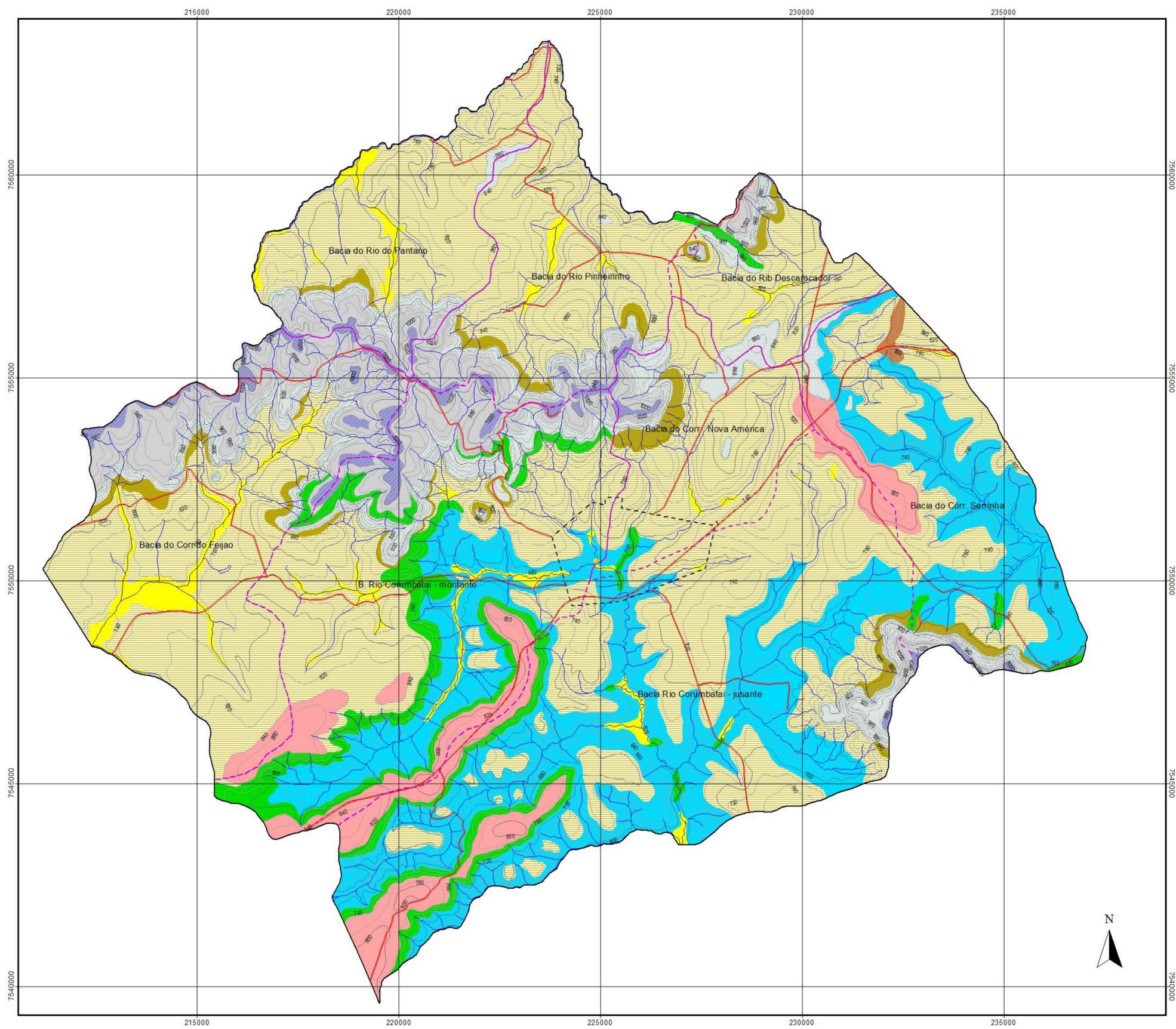
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 20 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 45º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL = CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL = MARÉGRAFO IMBITUBA, SC

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

**MAPA DO SUBSTRATO ROCHOSO
 MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA**

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/07	ESCALA: 1:50.000	D-2
----------------------------------	--------------	------------------	-----



MATERIAIS INCONSOLIDADOS

- Solos transportados - aluviões recentes
- Solos transportados - látils
- Solos transportados areno-conglomeráticos - Fm. Santa Rita do Passa Quatro
- Solos transportados arenosos - Fm. Santa Rita do Passa Quatro
- Solos transportados areno-argilosos - Fm. Santa Rita do Passa Quatro
- Solos residuais areno-argilosos da Fm. Itaqueri
- Solos residuais concrecionários da Fm. Itaqueri
- Solos residuais da Fm. Serra Geral
- Solos residuais da Fm. Botucatu
- Solos residuais da Fm. Pirambóia

LEGENDA

- Curva de Nível Principal
- Curva de Nível Secundária
- DRENAGEM
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- RODOVIA SP-225
- ESTRADAS VICINAIS
- ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
- LIMITE MUNICIPAL

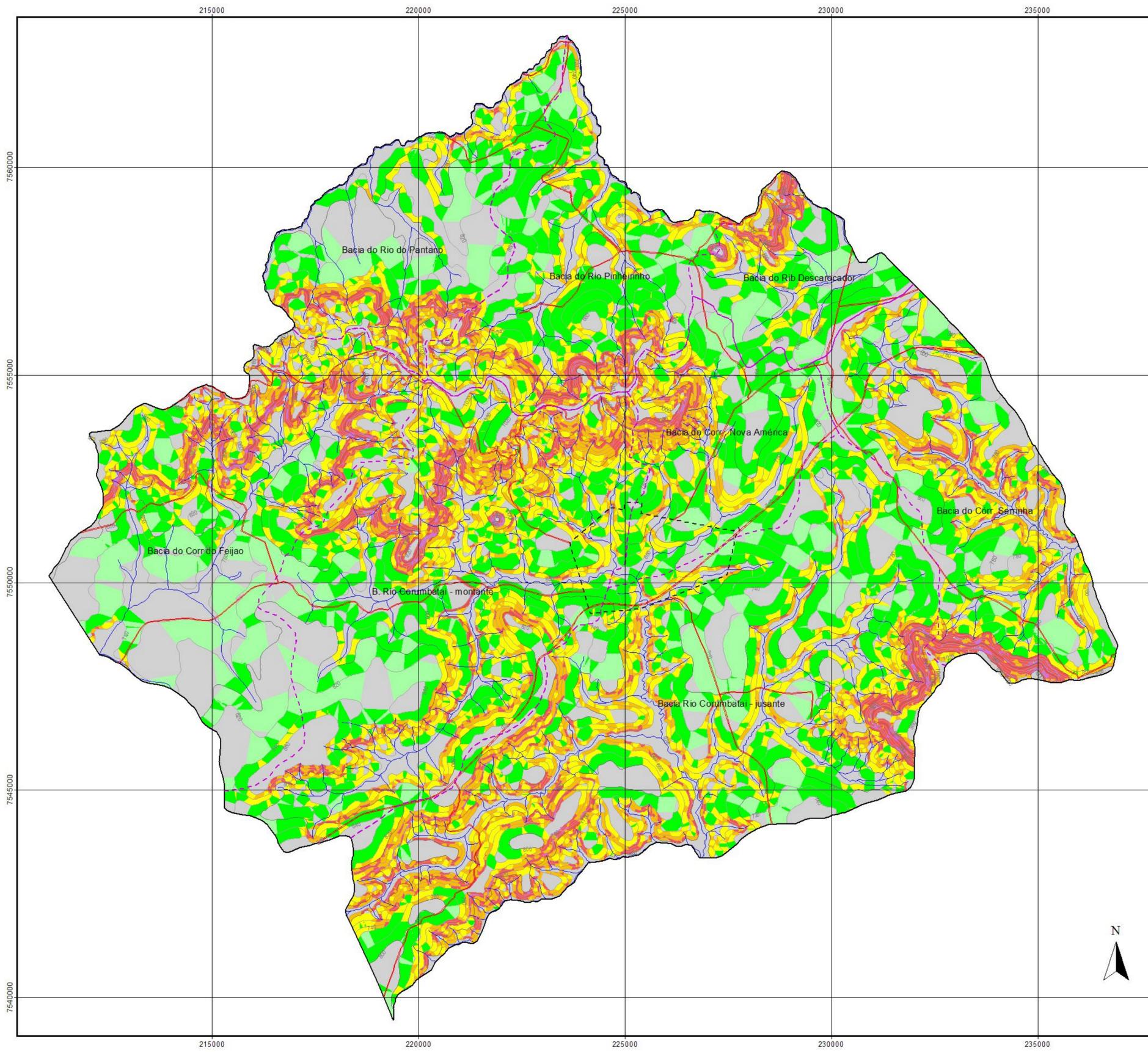


ESCALA 1:50.000
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 20 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL = 45° - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL = CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL = MARÉGRAFO IMBITUBA, SC

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**
 DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

**MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS
 MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA**

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: 06/10/17	ESCALA: 1:50.000	D-3
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			

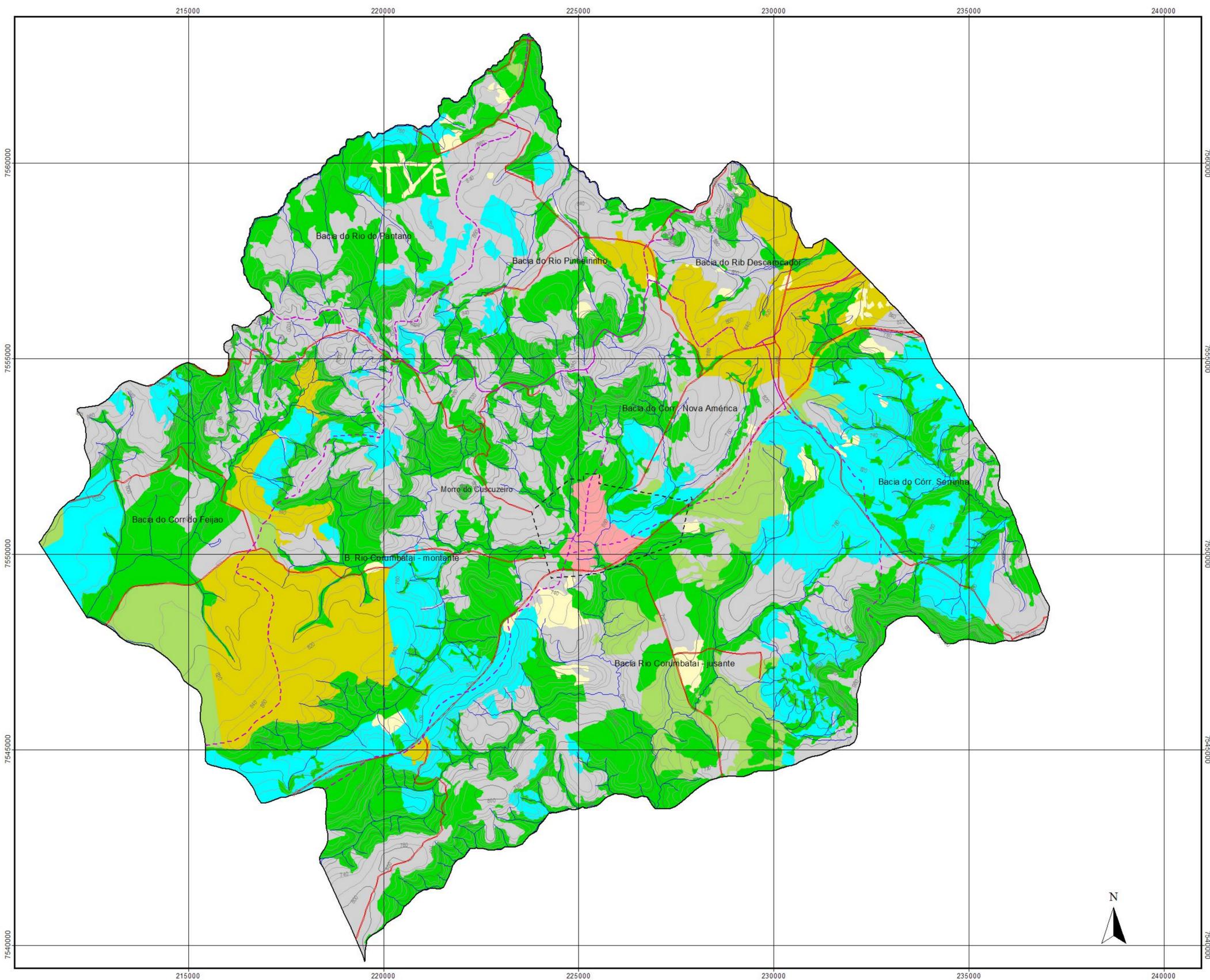


ESCALA 1:50.000
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 20 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 45º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL = CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL = MARÉGRAFO IMBITUBA, SC

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**
 DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

**MAPA DE DECLIVIDADES
 MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA**

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/07	ESCALA: 1:50.000	D-4
----------------------------------	--------------	------------------	-----



CLASSES DE USO DO SOLO

█	MATA
█	REFLORESTAMENTO
█	CITRICULTURA
█	CANA-DE-AÇÚCAR
█	PASTAGEM
█	ÁREA URBANA
█	SOLO EXPOSTO

LEGENDA

—	Curva de Nível Principal
—	Curva de Nível Secundária
—	DRENAGEM
- - -	LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
—	RODOVIA SP-225
—	ESTRADAS VICINAIS
- - -	ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
—	LIMITE MUNICIPAL

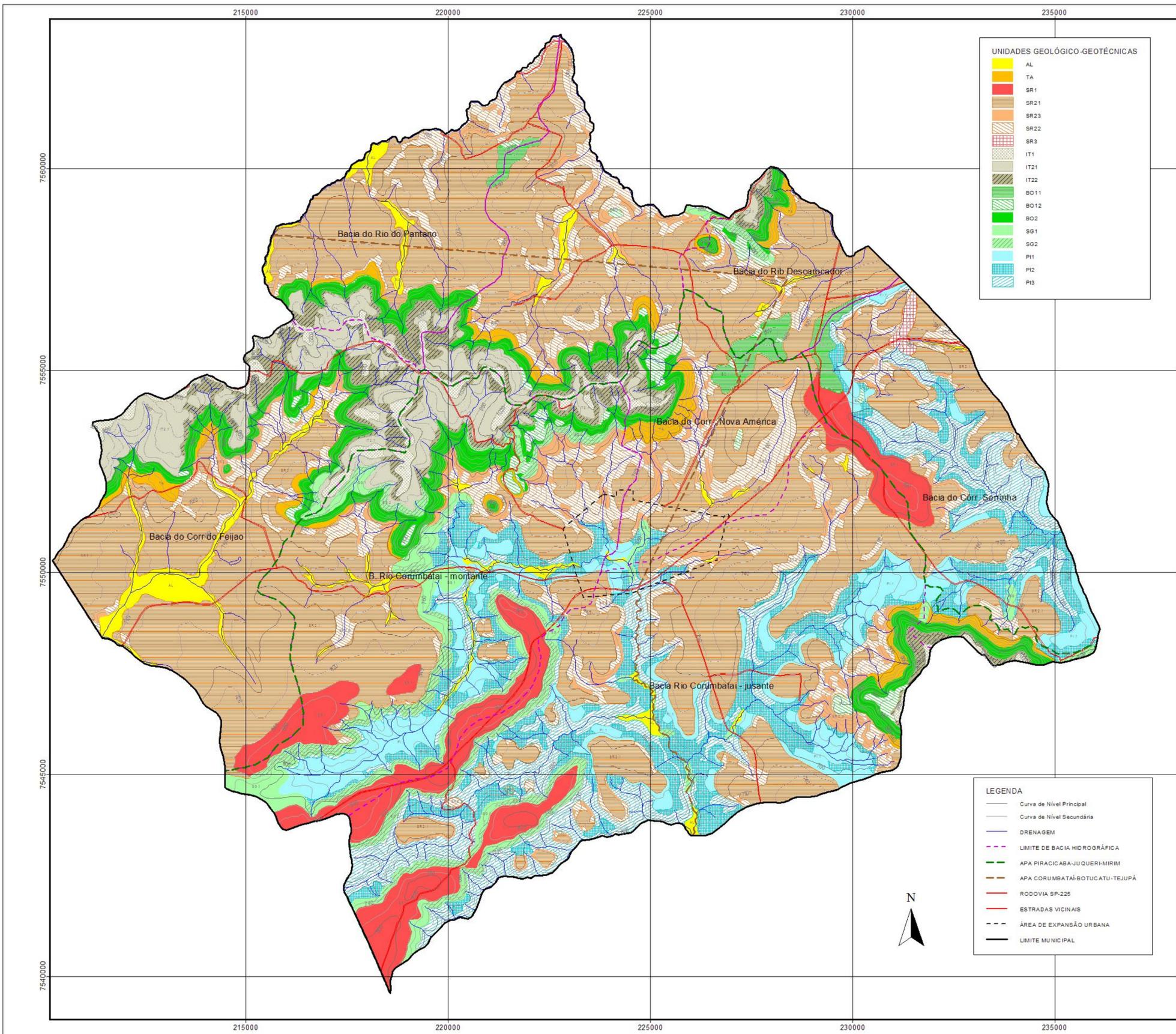


ESCALA 1:50.000
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 20 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 46° - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL = CORRÊO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL = MARÉGRAFO IMBITUBA, SC

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**
 DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

**MAPA DE USO DO SOLO
 MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA**

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: 07/07	ESCALA: 1:50.000	D-5
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			



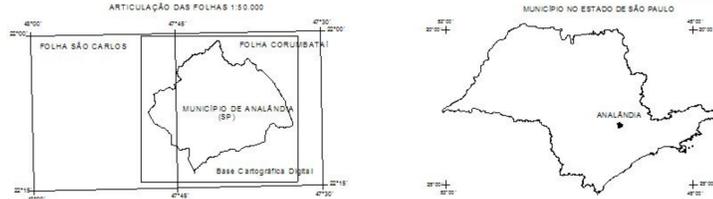
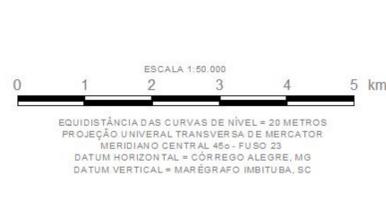
UNIDADES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

AL	AL
TA	TA
SR1	SR1
SR21	SR21
SR22	SR22
SR23	SR23
SR3	SR3
IT1	IT1
IT2	IT2
IT22	IT22
BO11	BO11
BO12	BO12
BO2	BO2
SO1	SO1
SO2	SO2
PI1	PI1
PI2	PI2
PI3	PI3

LEGENDA

- Curva de Nível Principal
- Curva de Nível Secundária
- DRENAÇÃO
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- APA PIRACABA-JUQUERI-MIRIM
- APA CORUMBATAÍ-BOTUCATU-TEJUPÁ
- RODOVIA SP-226
- ESTRADAS VICINAIS
- ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
- LIMITE MUNICIPAL

UNIDADES	Características Gerais e Descrição	População Estimada em 2010	Recomendações
AL
TA
SR1
SR21
SR22
SR23
SR3
IT1
IT2
IT22
BO11
BO12
BO2
SO1
SO2
PI1
PI2
PI3

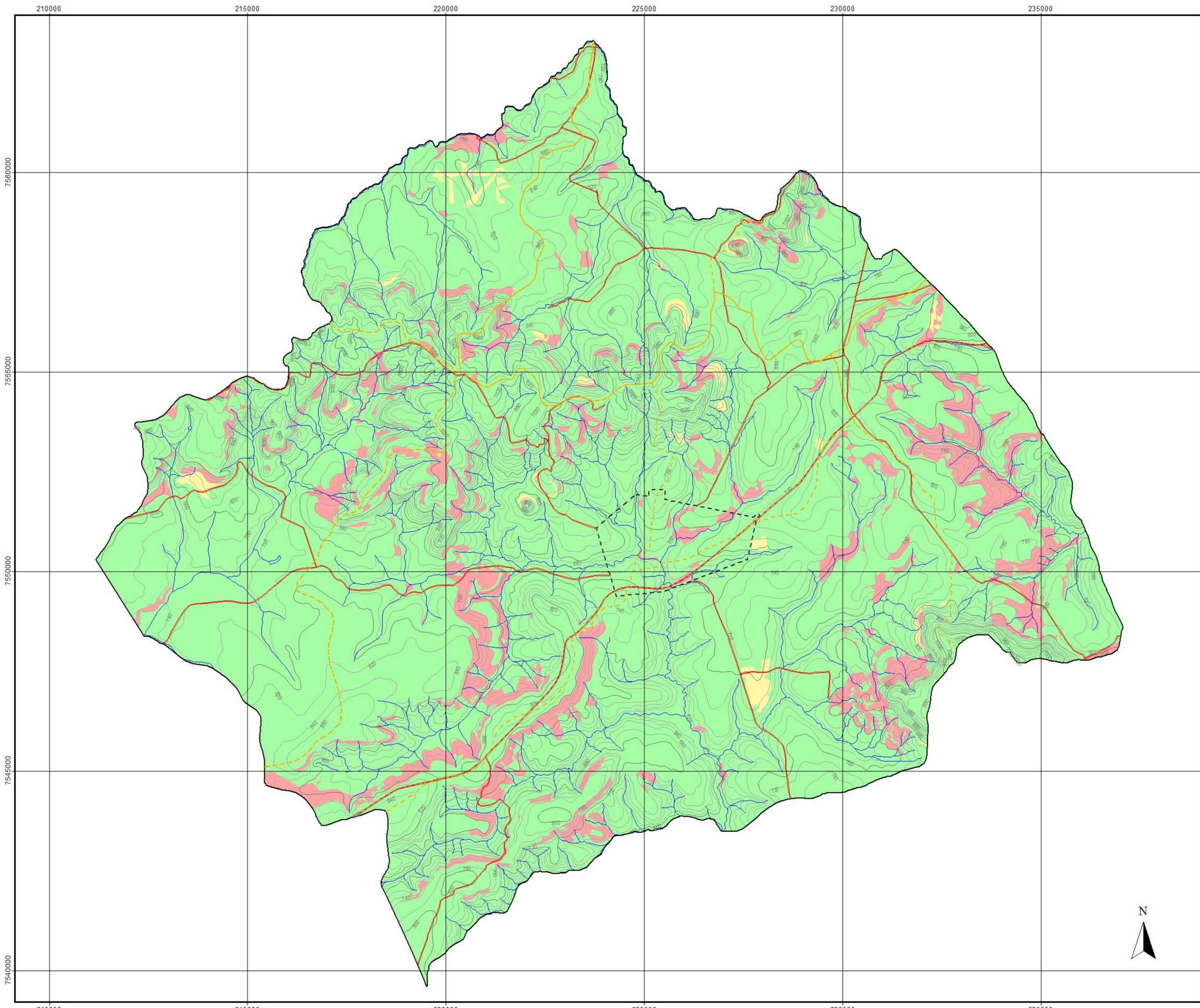


MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL - ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABRU	DATA	ESCALA	D-6
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO	OUT/07	1:50.000	



DIAGNÓSTICO DE USO DO SOLO

- RECOMENDÁVEL
- EXIGE ATENÇÃO ESPECIAL
- NÃO RECOMENDÁVEL

PARA DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE USO RESTRITO FORAM CONSIDERADAS AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL (APA).

LEGENDA

- Curva de Nível Principal
- Curva de Nível Secundária
- DRENAGEM
- - - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- RODOVIA SP-226
- ESTRADAS VICINAIS
- - - ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
- LIMITE MUNICIPAL



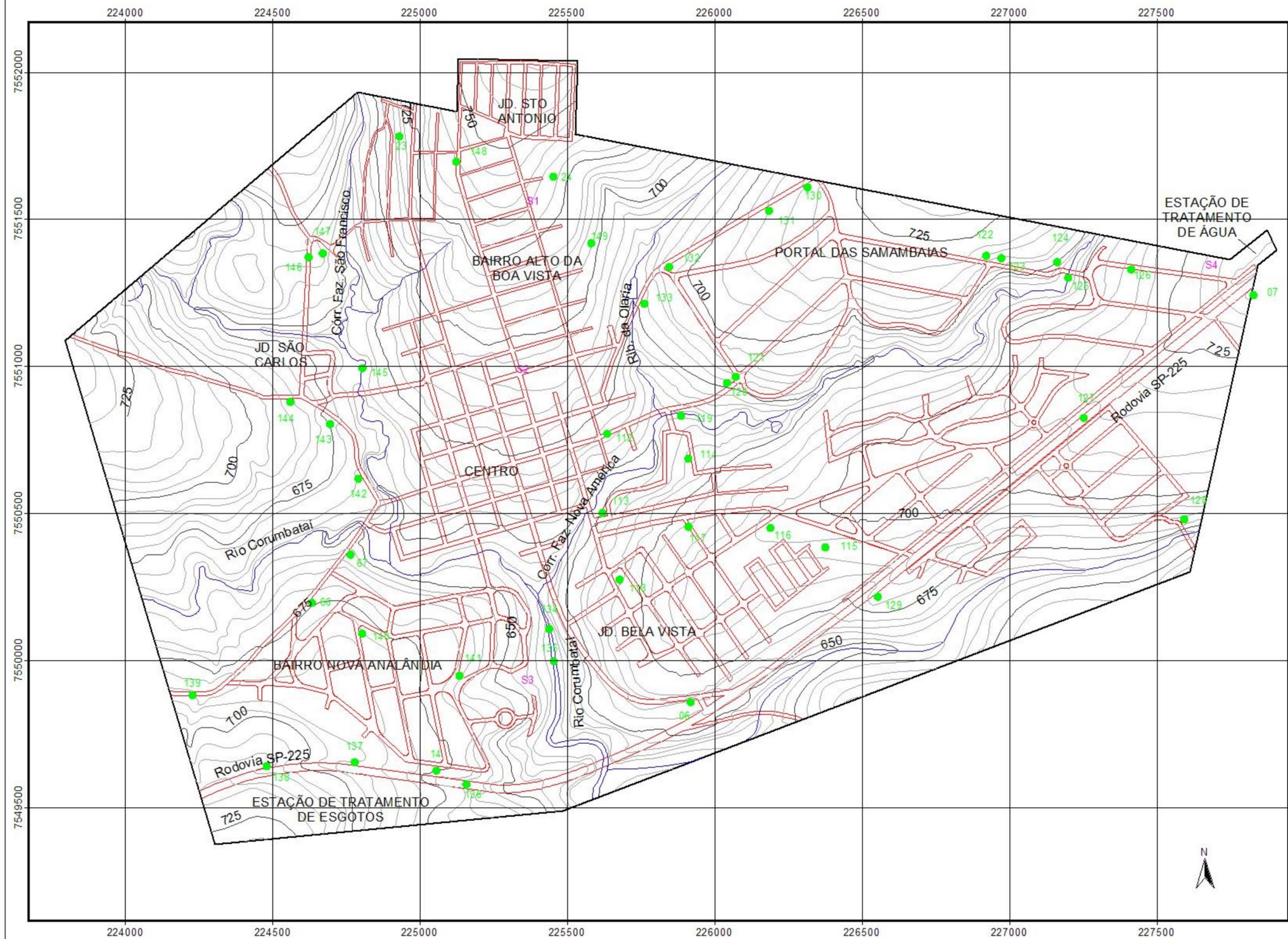
ESCALA 1:50.000
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 20 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 45º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL = CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL = MARÉGRAFO IMBITUBA, SC

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

**MAPA DE CONFLITOS DE USO DO SOLO
 MUNICÍPIO DE ANALÂNDIA**

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/07	ESCALA: 1:50.000	D-7
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			



LEGENDA

- Curva de nível principal
- Curva de nível secundária
- DRENAGEM
- ARRUAMENTO
- ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
- AFLORAMENTOS DESCRITOS
- SONDAgens DISPONÍVEIS



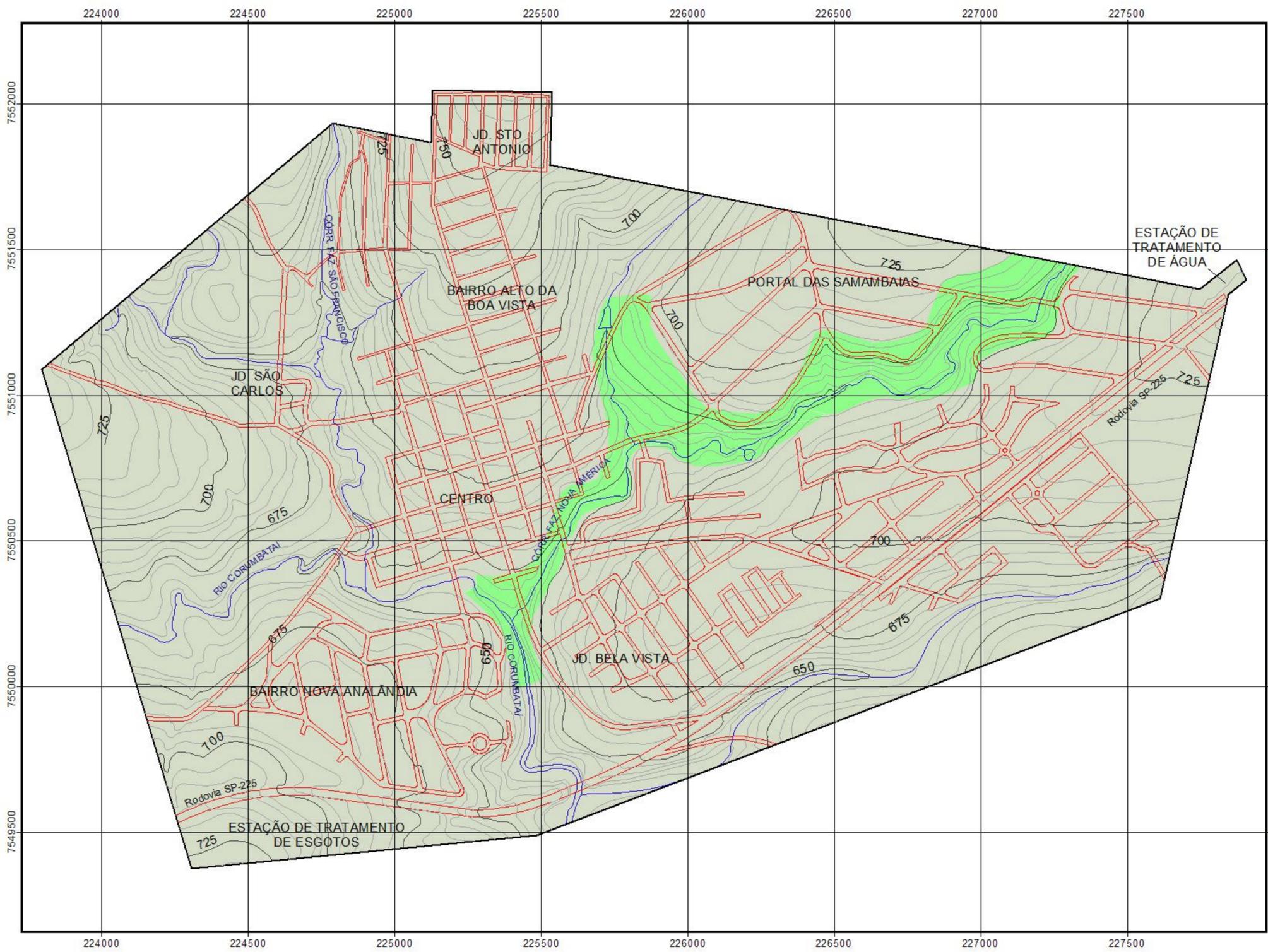
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 5 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 46º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL - CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL - MARÉGRAFO DE IMBITUBA, SC
 BASES TOPOGRÁFICAS: FOLHAS SF-23-Y-A-1-2-N-O-F
 (Analândia 1) E SF-23-Y-A-1-2-S-O-B (Analândia 2)

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

MAPA DE LOCAÇÃO
 ÁREA DE EXPANSÃO URBANA

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/07	ESCALA: 1:10.000	D-8
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			



SUBSTRATO ROCHOSO

- FM. SERRA GERAL - SOLEIRAS
- FM. PIRAMBÓIA

LEGENDA

- Curva de nível principal
- Curva de nível secundária
- DRENAGEM
- MALHA VIÁRIA
- ÁREA DE EXPANSÃO URBANA



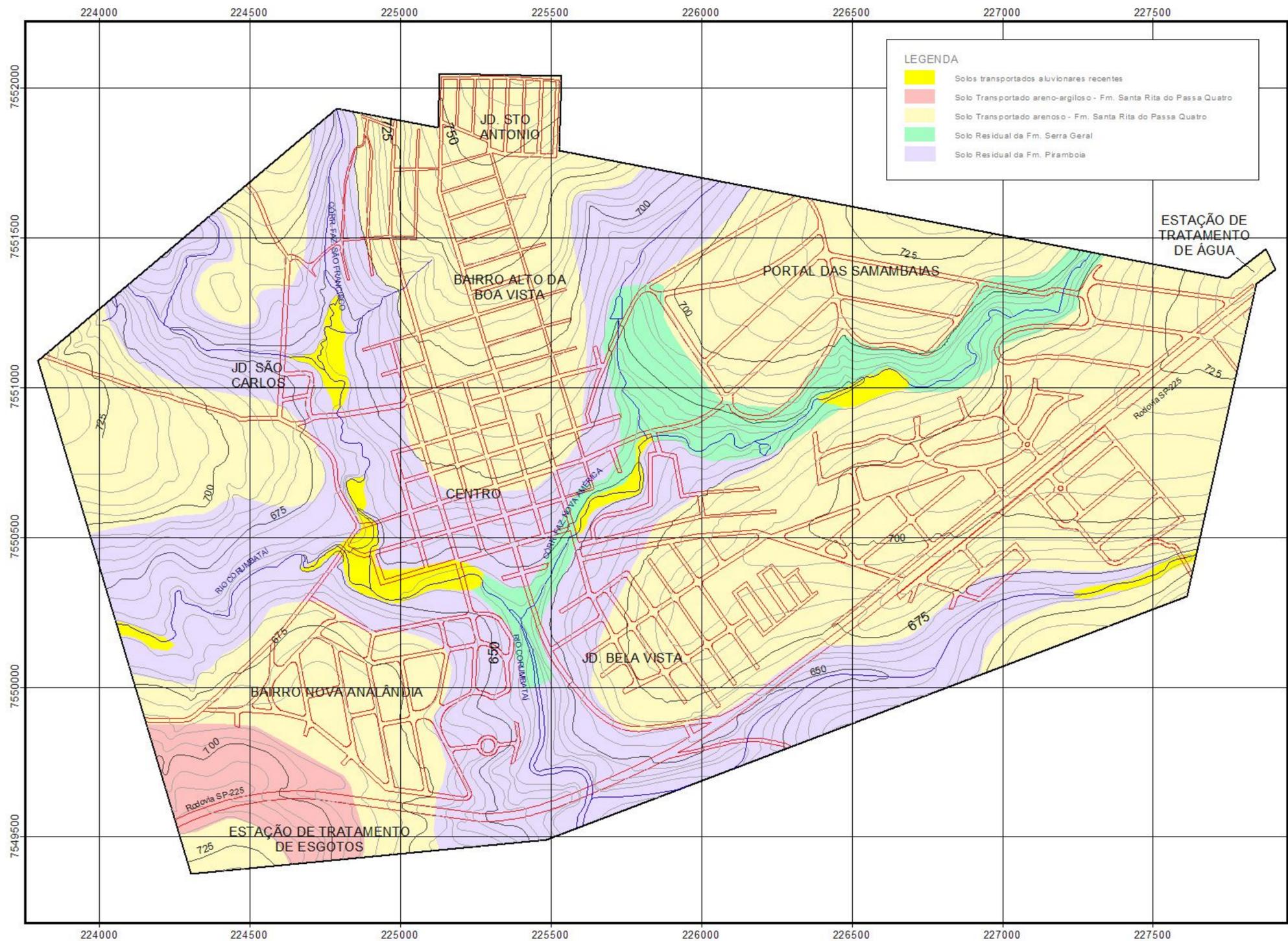
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 5 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 45º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL - CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL - MARÉGRAFO DE IMBITUBA, SC
 BASES TOPOGRÁFICAS: FOLHAS SF-23-Y-A-1-2-N-O-F
 (Analândia 1) E SF-23-Y-A-1-2-SO-B (Analândia 2)

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

**MAPA DO SUBSTRATO ROCHOSO
 ÁREA DE EXPANSÃO URBANA**

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/07	ESCALA: 1:10.000	D-9
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			



LEGENDA

- Solos transportados aluvionares recentes
- Solo Transportado areno-argiloso - Fm. Santa Rita do Passa Quatro
- Solo Transportado arenoso - Fm. Santa Rita do Passa Quatro
- Solo Residual da Fm. Serra Geral
- Solo Residual da Fm. Pirambóia

LEGENDA

- Curva de nível principal
- Curva de nível secundária
- DRENAGEM
- MALHA VIÁRIA
- ÁREA DE EXPANSÃO URBANA



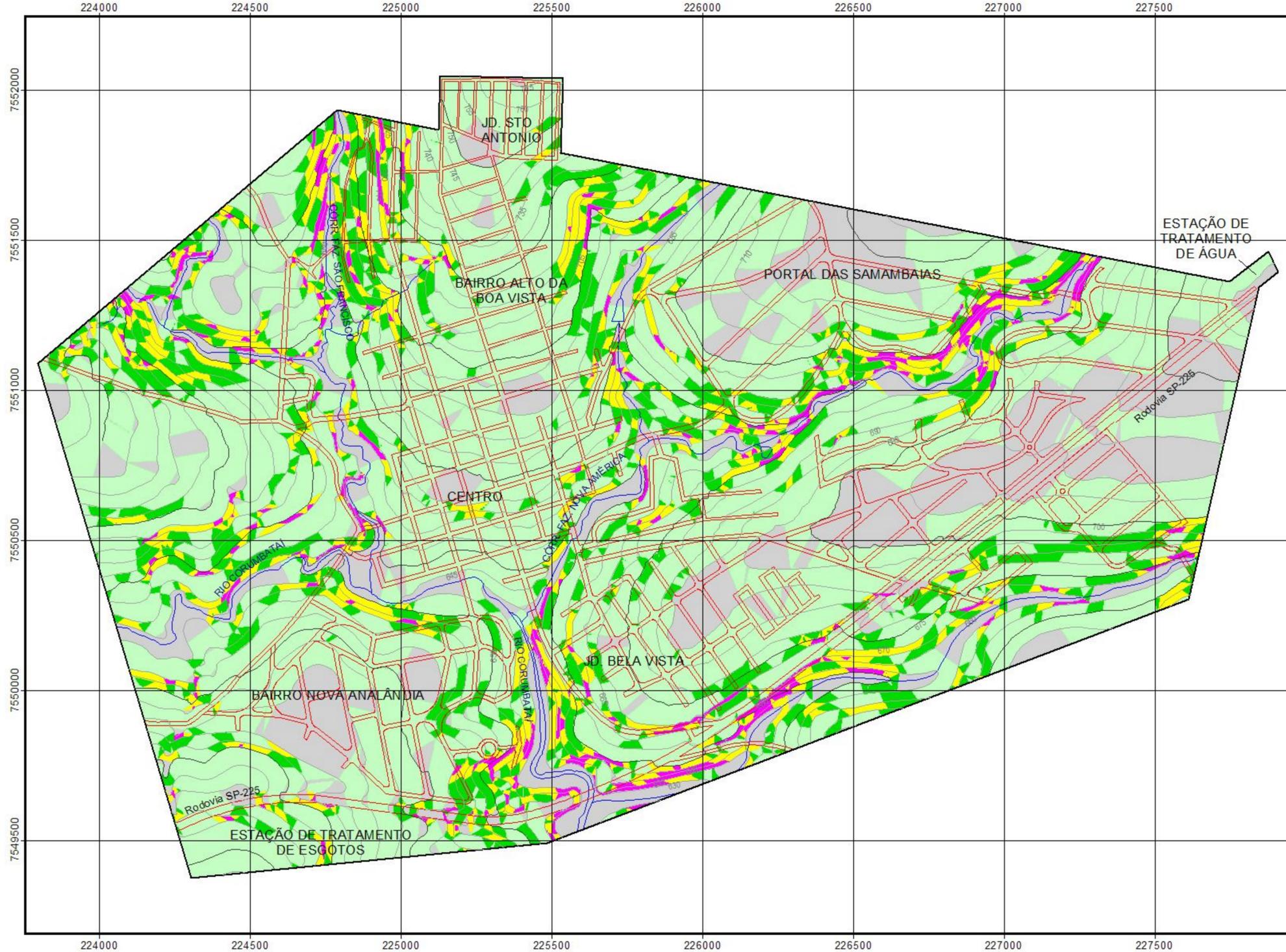
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 5 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 48° - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL - CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL - MARÉGRAFO DE IMBITUBA, SC
 BASES TOPOGRÁFICAS: FOLHAS SF-23-Y-A-1-2-N-O-F
 (Analândia 1) E SF-23-Y-A-1-2-S-O-B (Analândia 2)

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS
 ÁREA DE EXPANSÃO URBANA

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA: OUT/07	ESCALA: 1:10.000	D-10
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO			



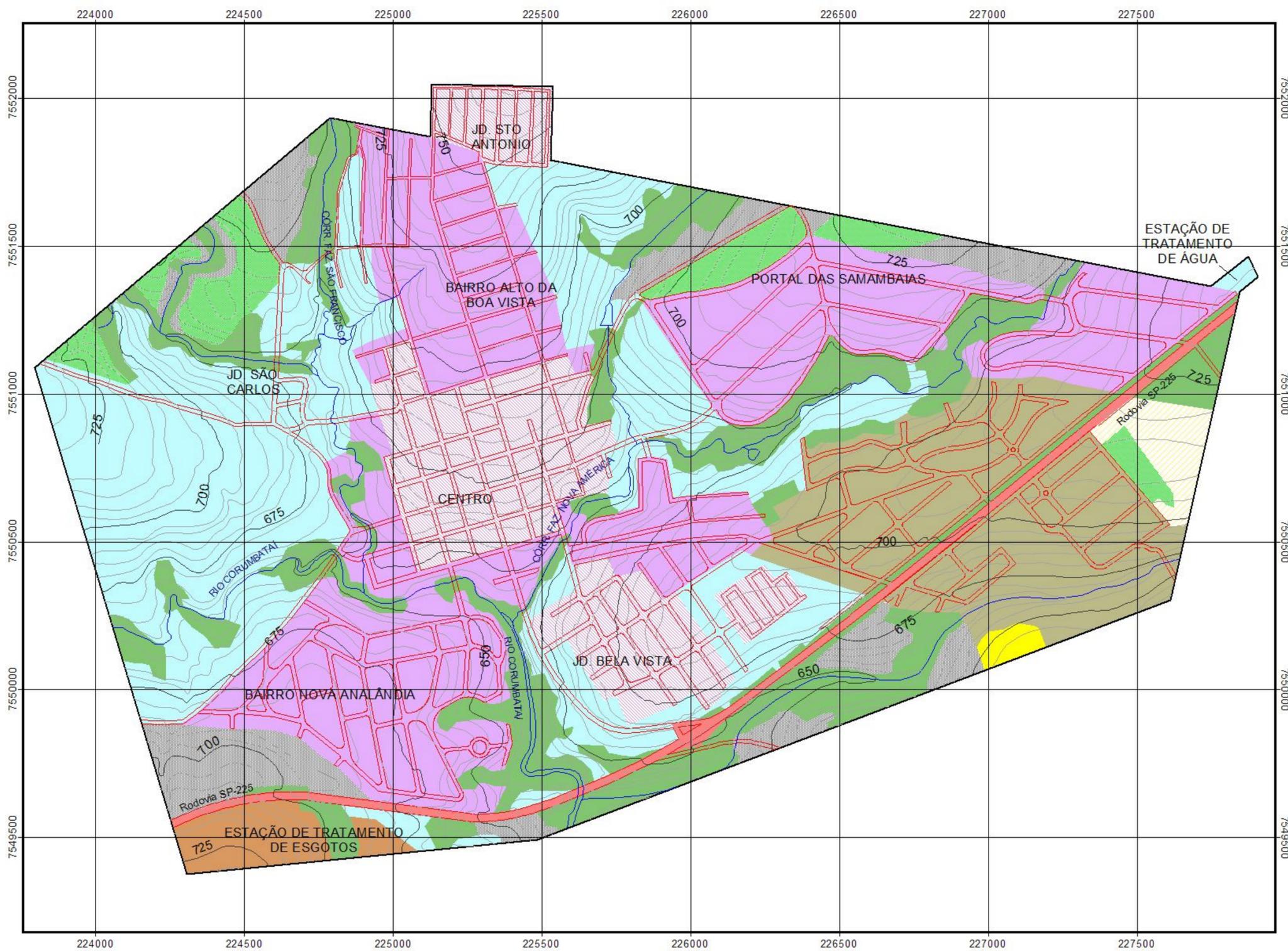
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 5 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 45º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL - CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL - MARÉGRAFO DE IMBITUBA, SC
 BASES TOPOGRÁFICAS: FOLHAS SF-23-Y-A-1-2-NO-F
 (Analândia 1) E SF-23-Y-A-1-2-SO-B (Analândia 2)

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

MAPA DE DECLIVIDADES - ÁREA DE EXPANSÃO URBANA

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA	ESCALA	D-11
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO	OUT/07	1:10.000	



- USO DO SOLO - ÁREA URBANA**
- URBANIZAÇÃO DENSA
 - URBANIZAÇÃO MÉDIA
 - LOTEAMENTOS COM CERRADO
 - NÃO OCUPADO / POUCO DENSO
 - MATA / CERRADO
 - SILVICULTURA
 - CANA-DE-AÇÚCAR
 - CITRICULTURA
 - PASTAGEM
 - MINERAÇÃO
 - ESTRADA

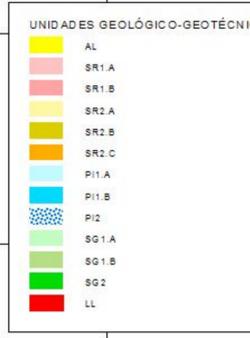
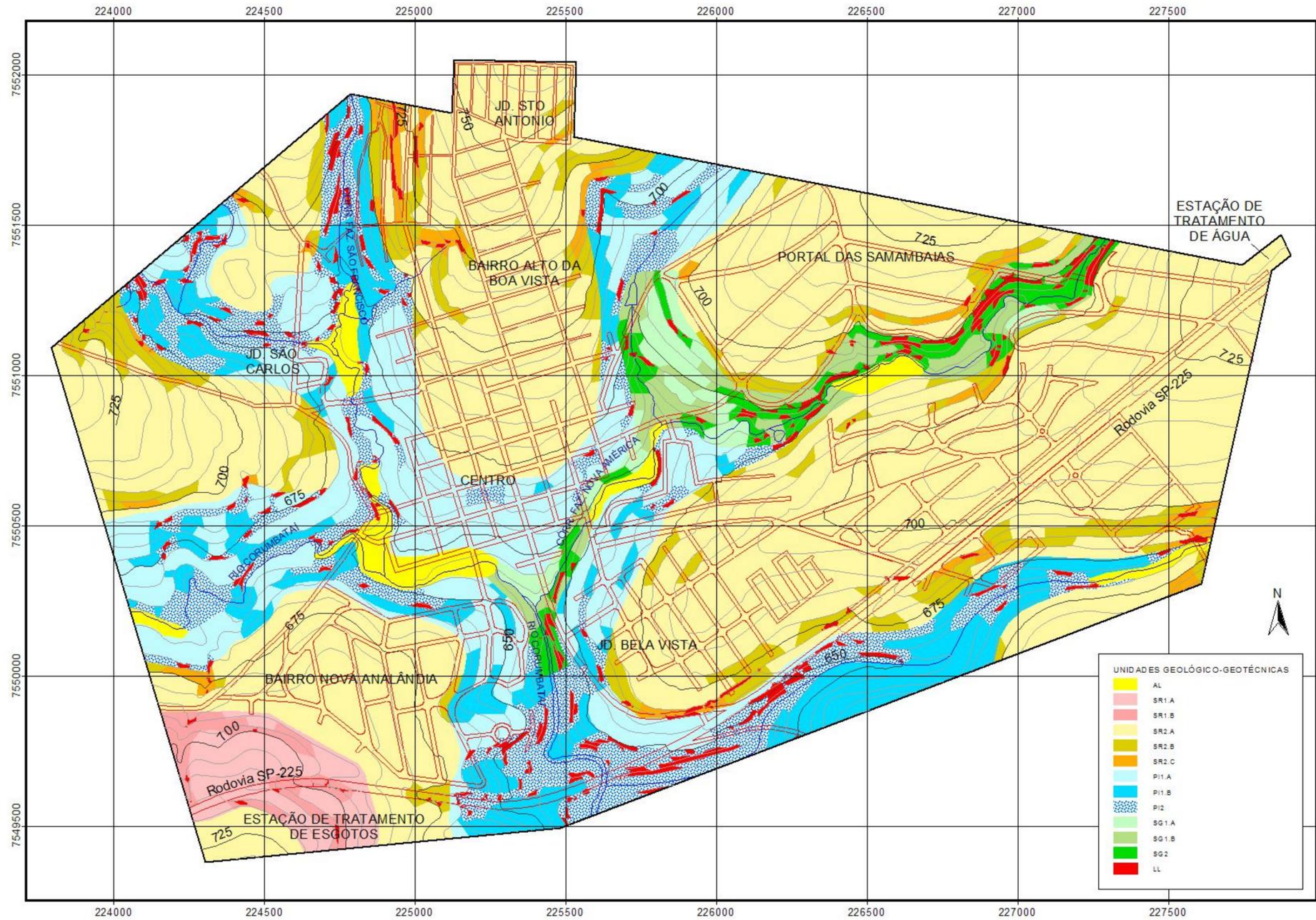
- LEGENDA**
- Curva de nível principal
 - Curva de nível secundária
 - DRENAGEM
 - MALHA VIÁRIA
 - ÁREA DE EXPANSÃO URBANA



EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 5 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 46º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL - CÔRREGO ALEGRE, MG
 DATUM VERTICAL - MARÉGRAFO DE IMBITUBA, SC
 BASES TOPOGRÁFICAS: FOLHAS SF-23-Y-A-I-2-NO-F
 (Analândia 1) E SF-23-Y-A-I-2-SO-B (Analândia 2)

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL -
 ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS
 E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)**
 DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

MAPA DE USO DO SOLO ÁREA DE EXPANSÃO URBANA		
AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU	DATA	ESCALA
ORIENT.: PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO	OUT/07	1:10.000



UNIDADES		DIAGNÓSTICO		
PRINCIPAL	SECUNDÁRIA	CARACTERÍSTICAS E TIPO DE DEGRADAÇÃO	FORMAS DE DEGRADAÇÃO	
AL	-	Solo arenoso, com baixa capacidade de suporte e alta permeabilidade. Apresenta risco de erosão e deslizamentos em áreas íngremes.	Formas de degradação: erosão, deslizamentos, subsidência.	Risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.
SR1	A, B	Solo argiloso, com baixa capacidade de suporte e baixa permeabilidade. Apresenta risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.	Formas de degradação: erosão, deslizamentos, subsidência.	Risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.
SR2	A, B, C	Solo argiloso, com baixa capacidade de suporte e baixa permeabilidade. Apresenta risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.	Formas de degradação: erosão, deslizamentos, subsidência.	Risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.
PI	A, B	Solo argiloso, com baixa capacidade de suporte e baixa permeabilidade. Apresenta risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.	Formas de degradação: erosão, deslizamentos, subsidência.	Risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.
SG	-	Solo argiloso, com baixa capacidade de suporte e baixa permeabilidade. Apresenta risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.	Formas de degradação: erosão, deslizamentos, subsidência.	Risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.
LL	-	Solo argiloso, com baixa capacidade de suporte e baixa permeabilidade. Apresenta risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.	Formas de degradação: erosão, deslizamentos, subsidência.	Risco de deslizamentos e erosão em áreas íngremes.

A ÁREA DE EXPANSÃO URBANA ESTÁ TOTALMENTE INSERIDA NAS APAS CORUMBATAÍ-BOTUCATU-TEJUPÁ E PIRACICABA-JUQUERI-MIRIM.

ESCALA 1:10.000

200 400 600 800 1000 m

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL = 5 METROS
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
 MERIDIANO CENTRAL 48º - FUSO 23
 DATUM HORIZONTAL - CÔRREGO ALGRE, MG
 DATUM VERTICAL - MARÉGRAFO DE IMBITUBA, SC
 BASES TOPOGRÁFICAS: FOLHAS SF-23-Y-A-I-2-SO-F (Analândia 1) E SF-23-Y-A-I-2-SO-B (Analândia 2)

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PARA GESTÃO MUNICIPAL - ABORDAGEM COMBINANDO TRÊS MÉTODOS DISTINTOS E SUA APLICAÇÃO EM ANALÂNDIA (SP)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP

MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
ÁREA DE EXPANSÃO URBANA

AUTORA: ANA ELISA SILVA DE ABREU
 ORIENT.PROF. DR. OSWALDO AUGUSTO FILHO

DATA: OUT/07
 ESCALA: 1:10.000

D-13