

**PLANO DE ZONEAMENTO DO USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO DO KARST
NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

RELATÓRIOS FINAIS

RF 1 - LEITURA DO ESPAÇO

RF 2 - PROGNÓSTICO PARA O MACROZONEAMENTO

RF 3 - PROPOSTA DE MACROZONEAMENTO

VOLUME I

Curitiba, Dezembro de 2002

6 24 13
P 699P
J. J.

Consórci



PROCESL

EM



TECH

i

**PLANO DE ZONEAMENTO DO USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO DO KARST
NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

RELATÓRIOS FINAIS

PARTICIPARAM NO PRESENTE RELATÓRIO:

Antonio Saldanha de Sousa Neves	- Gerência do Projeto
Beatriz Romagnoli	- Arquiteta Urbanista
Bogodar Szpak	- Hidrografia e Abastecimento de Água
Carlos Roderjan	- Cobertura Vegetal
José Manuel Vieira da Costa	- Gerência do Projeto
José Martins de Carvalho	- Hidrogeologia
José Vicente Socorro	- Coordenação Geral e Planejamento Urbano
Luiz Eduardo Mantovani	- Geologia e Geomorfologia
Luiz Fornazzari Neto	- Hidrogeologia e Cartografia Digital
Ruy Correia Feuerschuette	- Legislação e Arcabouço Institucional
Wilhelm Meiners	- Economia

Registro n. 5524



Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR
BIBLIOTECA
Reg. 5524

ÍNDICE DOS TEXTOS

RELATÓRIO FINAL RF1 – LEITURA DO ESPAÇO

	Pág.
1 - ENQUADRAMENTO GERAL DOS ESTUDOS	
1.1 INTRODUÇÃO	01
1.2 OBJETIVOS DOS ESTUDOS	
1.2.1 Objetivo Geral	
1.2.2 Objetivos Específicos	02
1.3 ÁREA DE ESTUDO	03
1.4 ORGANIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO	04
1.4.1 Suporte Documental	04
1.4.2 Conteúdo dos Relatórios	05
2 HIDROGRAFIA	
2.1 INTRODUÇÃO	01
2.2 METODOLOGIA	02
2.3 BACIAS DA ÁREA DE PROJETO	02
2.4 CONCLUSÕES PRINCIPAIS	05
3 GEOLOGIA	
3.1 INTRODUÇÃO	01
3.2 ESTRATIGRAFIA	01
3.2.1 Complexo Gnaissico Migmatítico	04
3.2.2 Grupo Setuva	09
3.2.2.1 Formação Água Clara	09
3.2.2.2 Formação Perau	11
3.2.3 Grupo Açungui	13
3.2.3.1 Formação Capiru	13
3.2.3.2 Formação Votuverava	18
3.2.4 Granitos Intrusivos	23
3.2.4.1 Granito Rio Abaixo (PEgg5)	23
3.2.4.2 Granito Cerne (PEgc5B)	23
3.2.4.3 Granito Piedade (PEgg1)	23
3.2.5 Formação Camarinha	24
3.2.6 Básicas Intrusivas	24
3.2.6.1 Diques Básicos (JKd)	24
3.2.7 Formação Guabirota	25
3.2.7.1 Depósitos Aluvionares (Qha) e Sedimentos Indiferenciados (Tqsi)	26
3.3 ASPECTOS ESTRUTURAIS	27
3.3.1 Introdução	27
3.3.2 Estruturas de Falhas da Região	31
3.3.3 Estruturas de Dobras da Região	33

4	MATERIAIS INCONSOLIDADOS	
4.1	INTRODUÇÃO	01
4.2	CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	02
4.3	RELAÇÃO ENTRE OS MATERIAIS INCONSOLIDADOS E A GEOLOGIA	02
4.4	DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	03
4.5	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS EM FUNÇÃO DA SUA RELAÇÃO COM A GEOLOGIA	04
4.5.1	Solos Hidromórficos sobre Aluviões, Formação Guabirotuba e Planícies Cársticas	04
4.5.2	Solos Residuais com Inclusões de Solos Transportados sobre a Formação Guabirotuba	04
4.5.3	Solos Transportados / Colúvios	08
4.5.4	Solos Residuais sobre Diabásios, com matacões, associados a franjas de colúvio	07
4.5.5	Solos Residuais e/ou Transportados Sobre Siltitos e Conglomerados da Formação Camarinha	08
4.5.6	Solos sobre Rochas Quartzíticas	08
4.5.7	Solos Residuais de Metapelitos com Inclusões de Solos Transportados	08
4.5.8	Solos Residuais e/ou Transportados sobre Gnaisses e Migmatitos	09
4.5.9	Solos Residuais e/ou Transportados sobre Rochas Graníticas	10
4.5.10	Solos Residuais Metacalcários Dolomíticos	11
5	DECLIVIDADES	
5.1	INTRODUÇÃO	01
5.2	METODOLOGIA	02
5.3	DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE DECLIVIDADE NA REGIÃO	02
5.4	CORRELAÇÃO ENTRE A DECLIVIDADE E A GEOLOGIA	05
6	COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	
6.1	INTRODUÇÃO	01
6.2	METODOLOGIA	01
6.3	GEOMORFOLOGIA REGIONAL	03
6.4	ASPETOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS	04
6.4.1	Características Gerais	04
6.4.2	Relação entre a Geologia e o Relevo	06
6.4.3	Compartimentação e Carsificação	08
6.4.4	Formas Cársticas	08
6.4.5	Hidrografia	10
6.4.6	Relação da Drenagem com as Litologias	12
6.5	COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
6.5.1	Caracterização da Situação Atual dos Compartimentos Geomorfológicos	14
6.5.2	Grandes Unidades Geoambientais	14
6.5.3	Sub-Unidades Ambientais	16
	ANEXO 1 - Unidades Geoambientais	18

7	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS REGIONAIS	
7.1	INTRODUÇÃO	01
7.2	METODOLOGIA	02
7.3	UNIDADES GEOTÉCNICAS	03
7.4	CONCLUSÕES	12
8	PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO	
8.1	INTRODUÇÃO	01
8.2	METODOLOGIA	01
8.3	ESPELEOLOGIA	02
8.3.1	Distribuição Geográfica das Grutas	02
8.3.2	Degradação do Patrimônio Espeleológico	03
8.4	GRUTA DE BACAETAVA	04
8.5	GRUTA DA LANCINHA	07
8.5.1	Aspectos Gerais	07
8.5.2	Aspectos Ambientais	08
8.5.3	Proposta de Implantação do Parque da Lancinha	09
8.5.4	Aspectos Geológicos	09
8.6	LEGISLAÇÃO	12
8.7	CONCLUSÕES	14
	ANEXO 1 – Relação das Grutas situadas na área do Estudo	15
9	HIDROGEOLOGIA	
9.1	INTRODUÇÃO	01
9.2	METODOLOGIA	01
9.3	DOMÍNIOS OU UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	03
9.4	HIDROGEOLOGIA DO KARST	05
9.4.1	Aspectos Gerais	05
9.4.2	Distribuição Geográfica do Metacalcários Dolomíticos	05
9.4.3	Compartimentação do Aquífero do Karst	07
9.5	CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DAS CÉLULAS DO KARST	10
9.6	ZONAS E PONTOS DE RECARGA	12
9.6.1	Aspectos Gerais	12
9.6.2	Localização das Zonas e Pontos de Recarga	13
9.7	PIEZOMETRIA	14
9.7.1	Perfis Piezométricos	14
9.7.2	Superfície Piezométrica na Área	21
9.8	HIDROQUÍMICA	22
9.8.1	Considerações Preliminares	22
9.8.2	Características das Águas do Karst	22
9.8.3	Diferenças entre a Água do Karst e de Litologias vizinhas	23
9.9	ESTIMATIVA DO MANANCIAL SUBTERRÂNEO DO KARST	25
9.10	ÁREAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA	27

10	ÁREAS DE RECARGA DO AQUÍFERO DO KARST	
10.1	INTRODUÇÃO	01
10.2	METODOLOGIA	02
10.3	AMBIENTE HIDROLÓGICO	03
10.3.1	Balanço Hídrico	03
10.3.2	Taxas de Infiltração	13
10.3.3	Zonas de Influência Direta e Indireta	15
10.4	AMBIENTE HIDROGEOLOGICO	15
10.4.1	Hidrogeologia da Região	15
10.4.2	Estruturas de Recarga	17
10.4.3	Zonas e Pontos de Recarga	18
10.5	ZONAS E PONTOS DE RECARGA DO KARST	18
10.5.1	Poljes e Aluviões	18
10.5.2	Pontos de Recarga	19
11	MANANCIAS DE SUPERFÍCIE	
11.1	INTRODUÇÃO	01
11.2	POTENCIAL HÍDRICO DOS MANANCIAS DE SUPERFÍCIE	02
11.2.1	Plano Diretor de Águas 1991/1992	02
11.2.2	SANEPAR – Plano Diretor do Sistema Integrado de Abastecimento (PDSIAC)	03
11.2.3	Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI 2001) – Potencial Hídrico	04
11.2.4	Estudos da Disponibilidade Hídrica do PPART (2002)	06
11.3	DEMANDA DE ÁGUA NA RMC	13
11.3.1	Plano Diretor de 1991/1992	13
11.3.2	SANEPAR – Plano Diretor do Sistema Integrado de Abastecimento (PDSIAC)	13
11.3.3	Projeções de Demanda de DALARMI (PDI 2001)	14
11.3.4	Estudos do PPART sobre a Evolução das Demandas de Água e Redução de Perdas na RMC	16
11.3.5	Comparação entre as Previsões de Demanda	19
11.4	CONCLUSÕES	19
12	APTIDÃO AGRÍCOLA DO SOLO	
12.1	INTRODUÇÃO	01
12.2	IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS	01
12.3	APTIDÃO DOS SOLOS	04
12.4	POTENCIAL DE USO DOS SOLOS	08
12.5	PROCEDIMENTOS E PRESSUPOSTOS CONCEITUAIS	09
12.5.1	Níveis de Manejo	10
12.5.2	Níveis de Exigência do Uso de Práticas Conservacionistas	11
12.5.3	Níveis de Possibilidade de Mecanização	12
	ANEXO – Solos e Aspectos Gerais da Aptidão Agrícola das Terras conforme Levantamentos da EMBRAPA	17

13	DEMOGRAFIA	
13.1	INTRODUÇÃO	01
13.2	DINÂMICA DEMOGRÁFICA	01
13.3	INDICADORES SOCIAIS	10
14	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	01
14.1	COBERTURA VEGETAL DA REGIÃO DO AQUÍFERO KARST	01
14.1.1	Contextualização Geral	01
14.1.2	Caracterização da Situação Atual	02
14.2	USO ANTRÓPICO DO SOLO	09
14.2.1	Introdução	09
14.2.2	Caracterização dos Municípios	15
14.2.3	Apropriação do Território	27
14.2.4	Vetores de Ocupação	34
15	SISTEMA VIÁRIO REGIONAL	
15.1	INTRODUÇÃO	01
15.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA RODOVIÁRIO	03
15.3	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO	06
15.4	TRANSPORTE COLETIVO	08
15.5	SISTEMA FERROVIÁRIO	16
16	LOCALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS URBANOS	
16.1	INTRODUÇÃO	01
16.2	EDUCAÇÃO	01
16.3	SAUDE	09
16.4	SEGURANÇA	10
16.5	COMUNICAÇÕES	12
17	INFRAESTRUTURA URBANA	
17.1	INTRODUÇÃO	01
17.2	ABASTECIMENTO DE ÁGUA	01
17.3	ENERGIA ELÉTRICA	03
17.4	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	04
17.5	RESÍDUOS SÓLIDOS	07

18	PRODUÇÃO ECONÔMICA LOCAL	
18.1	INTRODUÇÃO	01
18.2	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	02
18.2.1	Considerações Gerais	02
18.2.2	Composição Setorial do PIB dos Municípios	05
18.2.3	PIB Per Capita na Região do Karst	06
18.3	Atividades Industriais	07
18.3.1	Indústria Extrativa e de Transformação de Minerais	07
18.3.2	Diversificação e Vocação Industrial dos Municípios	11
18.3.3	Impacto Ambiental das Indústrias do Karst	15
18.4	ATIVIDADES DE COMÉRCIO E SERVIÇOS	16
18.5	ATIVIDADES AGRÍCOLAS	19
18.6	TURISMO	22
18.7	PRINCIPAIS TENDÊNCIAS DA AGRICULTURA E MEIO RURAL	27
19	ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL	
19.1	INTRODUÇÃO	01
19.2	COMPETÊNCIAS DOS TRÊS NÍVEIS DE GOVERNO	01
19.3	LEGISLAÇÃO PERTINENTE RELACIONADA COM O TEMA	02
19.4	ENTIDADES INTERVENIENTES NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E USO DO SOLO NA RMC	12
19.5	PRINCIPAIS EXPERIÊNCIAS INSTITUCIONAIS COM BONS RESULTADOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E USO DO SOLO	14
20	CONFLITOS E SOLUÇÕES	
20.1	INTRODUÇÃO	01
20.2	METODOLOGIA	01
20.3	ASPECTOS NATURAIS	01
20.4	ASPECTOS RELACIONADOS À EXPLORAÇÃO DO AQUÍFERO PARA ABASTECIMENTO D'ÁGUA	02
20.5	ASPECTOS RELACIONADOS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO	04
20.6	ASPECTOS RELACIONADOS ÀS ATIVIDADES MINERADORAS	05
20.7	ASPECTOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO RURAL	08
20.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	09

BIBLIOGRAFIA

RELATÓRIO FINAL RF2 – PROGNÓSTICO PARA O MACROZONEAMENTO

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	
2 ÁREA DO KARST PARA FINS DE ABASTECIMENTO	
2.1 INTRODUÇÃO	01
2.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	02
2.3 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	03
2.3.1 Zona de Influência Direta e Zona de Influência Indireta	03
2.3.2 Compartimentação do Aquífero	04
2.3.3 Zonas e Pontos de Recarga	05
2.4 AREAS DE INTERESSE PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	05
3 PROJEÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS	
3.1 INTRODUÇÃO	01
3.2 PRINCIPAIS CONDICIONANTES FÍSICOS	01
3.2.1 Fragilidade Ambiental do Karst	01
3.2.2 Implicações da Distribuição das Declividades	03
3.3 TENDÊNCIAS DO DESENVOLVIMENTO DEMOGRÁFICO E ECONÔMICO NA ÁREA DO KARST	04
3.3.1 Evolução Demográfica	04
3.3.2 Desenvolvimento Econômico	08
3.4 CENÁRIOS	10
4 MACRODIRETRIZES DE CRESCIMENTO ECONÔMICO E DESENVOLVIMENTO SOCIAL	
4.1 INTRODUÇÃO	01
4.2 MACRODIRETRIZES ECONÔMICAS E DESENVOLVIMENTO SOCIAL PARA A REGIÃO	02
4.3 MACRODIRETRIZES ECONÔMICAS E DESENVOLVIMENTO SOCIAL LOCAL	06
4.3.1 Diretrizes Sócio-Econômicas para Curitiba	06
4.3.2 Diretrizes Sócio-Econômicas para Colombo	07
4.3.3 Diretrizes Sócio-Econômicas para Almirante Tamandaré	08
4.3.4 Diretrizes Sócio-Econômicas para Campo Largo	08
4.3.5 Diretrizes Sócio-Econômicas para Campo Magro	09
4.3.6 Diretrizes Sócio-Econômicas para Itaperuçu	09
4.3.7 Diretrizes Sócio-Econômicas para Bocaiúva do Sul	09

5	ÁREAS DE CONSERVAÇÃO	
5.1	INTRODUÇÃO	01
5.2	ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS	02
5.3	ÁREAS DE CONSERVAÇÃO A CONSIDERAR NO MACROZONEAMENTO	04
6	RECURSOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS	
6.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
6.2	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL	01
6.2.1	Constituição Federal	01
6.2.2	Política Nacional do Meio Ambiente	04
6.2.3	Águas	04
6.2.4	Terrenos Reservados	05
6.2.5	Flora Terrestre	06
6.2.6	Fauna Silvestre	10
6.2.7	Patrimônio Cultural	10
6.2.8	Cavidades Naturais Subterrâneas – Patrimônio Espeleológico	12
6.2.9	Limitações administrativas ao direito de propriedade e desapropriação	15
6.2.10	Destinação de 1% do valor de projetos e obras federais para mitigação de impactos	17
6.2.11	Parcelamento do Solo Urbano	18
6.2.12	Zoneamento	21
6.2.13	Sistema Nacional de Unidades de Conservação	24
6.2.14	Estatuto da Cidade e Leis Orgânicas Municipais	41
6.2.15	Concessões de serviços públicos	44
6.2.16	Áreas de Uso Regulamentado	48
6.2.17	Exploração Mineral	52
6.2.18	Licenciamento Ambiental	55
6.2.19	Avaliação de Impactos Ambientais	58
6.2.20	Transporte de Cargas Perigosas	60
6.2.21	Instruções de Proteção Ambiental das Faixas de Domínio e Lindeiras das Rodovias Federais	61
6.3	LEGISLAÇÃO ESTADUAL	63
6.3.1	Constituição	63
6.3.2	Projeto de Lei Ambiental	66
6.3.3	Política Florestal	66
6.3.4	Plano Diretor de Manejo Florestal da Região Metropolitana de Curitiba	68
6.3.5	Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC	69
6.3.6	Política Estadual de Recursos Hídricos	73
6.3.7	Consórcios e Associações Intermunicipais	74
6.3.8	Áreas de uso Regulamentado na Região do Karst	81
6.3.9	Compensação Financeira – "Royalties Ecológicos"	89
6.4	LEGISLAÇÃO MUNICIPAL	91
6.4.1	Município de Almirante Tamandaré	92

6.4.2	Município de Bocaiúva do Sul	94
6.4.3	Município de Campo Largo	95
6.4.4	Município de Campo Magro	96
6.4.5	Município de Colombo	97
6.4.6	Município de Itaperuçu	99
6.4.7	Município de Rio Branco do Sul	100
6.5	ÓRGÃOS E ENTIDADES INTERVENIENTES NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E USO DO SOLO	101
6.6	SÚMULA DA LEGISLAÇÃO PERTINENTE RELACIONADA AO TEMA	107
7	AÇÕES EMERGENCIAIS	
7.1	INTRODUÇÃO	01
7.2	ZONAS DE FRAGILIDADE DO KARST	01
7.3	PRINCIPAIS CONFLITOS	03
7.3.1	Esgoto Sanitário	03
7.3.2	Sistema Urbano de Drenagem Pluvial	04
7.3.3	Depósitos de Resíduos Sólidos (Lixões)	04
7.3.4	Agropecuária	05
7.3.5	Mineração	05
7.3.6	Cemitérios	06

BIBLIOGRAFIA

RELATÓRIO FINAL RF3 – PROPOSTA DE MACROZONEAMENTO

	Pág.
MACROZONEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO DO KARST	
1 INTRODUÇÃO	01
2 CONDICIONANTES PARA O ZONEAMENTO	02
3 RECURSOS JURÍDICOS INSTITUCIONAIS	04
4 MACROZONEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS URBANAS	08
4.1 CRITÉRIOS ADOTADOS	08
4.1.1 Introdução	08
4.1.2 Condicionantes Hidrogeológicos	09
4.1.3 Características Geotécnicas da Área do Karst	10
4.1.4 Considerações Adicionais	12
4.2 PROPOSTA DE MACROZONEAMENTO	16
4.2.1 Aspectos Gerais	16
4.2.2 Áreas de Restrição à Ocupação	18
4.2.3 Áreas de Ocupação Orientada	19
4.2.4 Áreas de Expansão Urbana	20
4.2.5 Corredor Especial de Comércio e Serviços	22
4.2.6 Considerações Gerais	23
5 MACROZONEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS RURAIS	24
5.1 ÁREAS DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO	24
5.2 ÁREAS RURAIS DE EXPLORAÇÃO ECONÔMICA	25
5.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	27

6	RECOMENDAÇÕES	29
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA ÁREAS URBANAS	29
6.1.1	Áreas Industriais	29
6.1.2	Áreas Comerciais	30
6.1.3	Usos Especiais	30
6.1.4	Edificações nas Zonas Urbana e Rural	32
6.1.5	Recomendações de Caráter Geral	32
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA ÁREAS RURAIS	32
6.2.1	Atividades Silvoagropastoril	33
6.2.2	Atividades Minerárias	33
7	AÇÕES EMERGENCIAIS	34
7.1	AÇÕES EMERGENCIAIS A NÍVEL URBANO	34
7.2	AÇÕES EMERGENCIAIS A NÍVEL RURAL	34

ÍNDICE DOS MAPAS 1:20.000

Os produtos cartográficos finais constam de mapas temáticos na escala 1:20.000, cobrindo os seguintes temas:

- 1 - Mapa Base Planialtimétrico
- 2 - Modelo Digital do Terreno
- 3 - Hidrografia e Captações
- 4 - Geologia
- 5 - Materiais Inconsolidados
- 6 - Declividades
- 7 - Compartimentação Geomorfológica
- 8 - Adequabilidade para Uso e Ocupação do Solo
- 9 - Patrimônio Espeleológico
- 10 - Hidrogeologia
- 11 - Zonas e Pontos de Recarga do Aquífero
- 12 - Aptidão Agrícola dos Solos
- 13 - Densidades Demográficas Urbanas e Rurais
- 14 - Ocupação e Uso do Solo e Vetores de Ocupação
- 15 - Sistema Viário Regional
- 16 - Localização de Equipamentos Urbanos
- 17 - Produção Econômica Local
- 18 - Localização de Conflitos
- 19 - Áreas do Karst de Interesse para o Abastecimento Público de Água Potável
- 20 - Áreas de Conservação
- 21 - Macrodiretrizes para o Crescimento Econômico e Social *
- 22 - Macrozoneamento do Uso e Ocupação do Solo

Cada tema corresponde a nove mapas, abrangendo a área do projeto. Os mapas temáticos são apresentados agrupados por folha de articulação do sistema da COMEC. As folhas incluídas no projeto são A089, A090, A093, A096, A097, A098, A100, A101 e A103

* o mapa de Macrodiretrizes para o Crescimento Econômico e Social é apresentado apenas na escala 1:50.000 em virtude das indicações das macrodiretrizes não mostrarem suficiente continuidade espacial na escala 1:20.000.

ÍNDICE DOS MAPAS 1:50.000

- 1 - Mapa Base Planialtimétrico
- 2 - Modelo Digital de Terreno
- 3 - Hidrografia e Captações
- 4 - Geologia
- 5 - Materiais Inconsolidados
- 6 - Declividades
- 7 - Compartimentação Geomorfológica
- 8 - Adequabilidade para Uso e Ocupação do Solo
- 9 - Patrimônio Espeleológico
- 10 - Hidrogeologia
- 11 - Zonas e Pontos de Recarga do Karst
- 12 - Aptidão Agrícola dos Solos
- 13 - Densidades Demográficas Urbanas e Rurais
- 14 - Uso e Ocupação do Solo e Vetores de Ocupação
- 15 - Sistema Viário Regional
- 16 - Localização de Equipamentos Urbanos
- 17 - Produção Econômica Local
- 18 - Conflitos entre Atividades Minerárias e Grutas
- 19 - Localização de Conflitos
- 20 - Áreas do Karst de Interesse para Abastecimento Público
- 21 - Áreas de Conservação
- 22 - Macrodiretrizes para o Crescimento Econômico e Social
- 23 - Macrozoneamento do Uso e Ocupação do Solo

1 - ENQUADRAMENTO GERAL DOS ESTUDOS

1.1 – INTRODUÇÃO

O "Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst da Região Metropolitana de Curitiba (RMC)" enquadra-se no Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica PQA – Fase II, do Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba – PROSAM, financiado parcialmente pelo BIRD – Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento.

O PROSAM tem o seu gerenciamento na Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral – SEPL e tem como executores a própria SEPL, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA, a Superintendência do Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA, o Instituto Ambiental do Paraná – IAP e a Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC.

Com a nova extensão contratual do *Loan Agreement n. 3505/BR*, que tem como objetivo geral prover estrutura de suporte e complementar a institucionalização e as ferramentas de apoio à decisão necessárias para a operação experimental dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos e do Uso do Solo, nas bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e Alto Ribeira, a COMEC promoveu a elaboração de um conjunto de sub-projetos, nos quais, como já foi referido, se engloba o presente Plano de Zoneamento.

1.2 – OBJETIVOS DOS ESTUDOS

1.2.1 – Objetivo Geral

O objetivo geral do estudo consiste na elaboração de um zoneamento disciplinador do uso e da ocupação do solo da região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba, considerando as formas de ocupação, os diplomas legais existentes, o uso da água para fins de abastecimento público, bem como estabelecer os instrumentos de gestão ambiental aplicáveis.

Tal como o Termo de Referência refere relativamente ao PQA, os problemas que o Plano de Zoneamento procura equacionar *“têm como seus principais determinantes o acelerado crescimento demográfico ocorrido nas duas últimas décadas, associado às peculiares características do meio físico local restringindo, em muito, a oferta de espaços adequados para a urbanização, bem como a fragilidade do aparato institucional disponível para a gestão dos processos de apropriação dos recursos ambientais.”*

1.2.2 – Objetivos Específicos

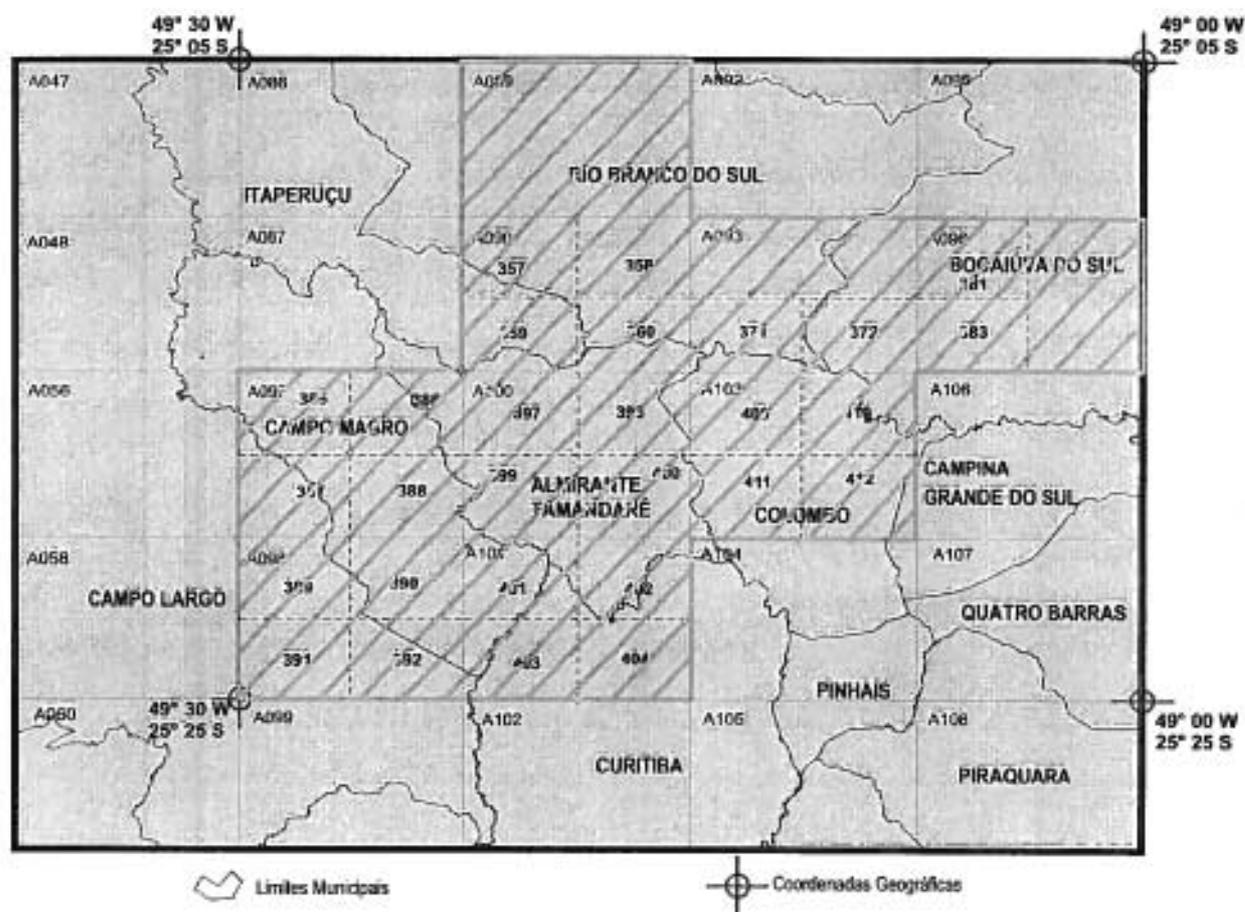
Os objetivos específicos associados aos estudos correspondem fundamentalmente ao seguinte :

- definição da área de interesse para fins de abastecimento público de água potável;
- formulação de propostas de diretrizes e padrões de uso e ocupação do solo de forma a ordenar a região;
- definição de áreas adequadas à urbanização ou não;
- definição de ações corretivas de recuperação ou de preservação (áreas de recarga) de áreas sobre o aquífero;
- definição de critérios e de controle das atividades já inseridas na região do Karst ou demandadas sobre ela, de forma a preservar o seu meio ambiente urbano e rural;
- elaboração de diretrizes básicas para subsidiar ações de gestão do território e do aquífero, assim como de instrumento jurídico/administrativo para tanto;
- definição e quantificação de infraestrutura mínima e necessária para a correção, minimização ou compensação de impactos ambientais e/ou sociais negativos já produzidos pela ocupação urbana e rural ou pelo uso da água subterrânea do aquífero Karst;
- definição de formas de monitoramento dos rebatimentos sócio-econômicos nos municípios e comunidades abrangidas pela região do aquífero subterrâneo Karst, diante do seu modelo hidrogeológico.

1.3 – ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo contempla um polígono com cerca de 1.000 km², entre as coordenadas 49°40'30" e 49°00'00", 25°05'00" e 25°25'00", abrangendo, total ou parcialmente, os municípios de Curitiba, Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul, Colombo e Bocaiúva do Sul (Figura 1.01).

Figura 1.01 - Cartografia da Área do Projeto



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

A escala de trabalho é 1:20.000, abrangendo as folhas cartográficas da COMEC de numeração A089, A098, A101, A103, A100, A097, A090, A093 e A096.

1.4 – ORGANIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO

1.4.1 – Suporte Documental

O suporte documental do “Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo na Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba” é constituído pelos seguintes produtos finais:

- **RELATÓRIOS**
- **PRODUTOS CARTOGRÁFICOS**

Os 3 (três) **Relatórios Finais** são os seguintes:

- Relatório Final 1 (RF 1) – **Leitura do Espaço**
- Relatório Final 2 (RF 2) – **Prognóstico para o Macrozoneamento**
- Relatório Final 3 (RF 3) – **Proposta de Macrozoneamento**

Os 20 (vinte) **Produtos Cartográficos Finais** são os seguintes:

- 1 - Hidrografia e Captações
- 2 - Geologia
- 3 - Materiais Inconsolidados
- 4 - Declividades
- 5 - Compartimentação Geomorfológica
- 6 - Adequabilidade para Uso e Ocupação do Solo
- 7 - Patrimônio Espeleológico
- 8 - Hidrogeologia
- 9 - Zonas e Pontos de Recarga do Aquífero
- 10 - Aptidão Agrícola dos Solos
- 11 - Densidades Demográficas Urbanas e Rurais
- 12 - Ocupação e Uso do Solo e Vetores de Ocupação
- 13 - Sistema Viário Regional
- 14 - Localização de Equipamentos Urbanos
- 15 - Produção Econômica Local
- 16 - Localização de Conflitos
- 17 - Áreas do Karst de Interesse para o Abastecimento Público de Água Potável
- 18 - Áreas de Conservação
- 19 - Macrodiretrizes para o Crescimento Econômico e Social
- 20 - Macrozoneamento do uso e Ocupação do Solo

1.4.2 – Conteúdo Dos Relatórios

Apresenta-se, em seguida, de forma sucinta, o conteúdo de cada um dos Relatórios Finais que constituem o Plano de Zoneamento:

1) Relatório Final (RF 1) – Leitura do Espaço

O Relatório RF 1 contempla a unificação e homogeneização dos dados básicos e informações existentes para o planejamento territorial bem como a geração dos elementos inexistentes de cada um dos subsistemas: físico e antrópico.

Engloba também o cotejar das demandas atuais e futuras de água potável e os cenários sobre o potencial hídrico futuro da RMC.

Para o conjunto daqueles temas são referidos, quando aplicável, as metodologias adotadas nos estudos e no mapeamento dos produtos cartográficos a que se encontram associados, nomeadamente: as áreas de influência direta e indireta da área do Karst, considerando a fragilidade dos compartimentos e subcompartimentos geomorfológicos e ambientais, a identificação dos perímetros de proteção de cada subcompartimento e dos conflitos existentes resultantes de ações antrópicas.

Para cada uma das áreas temáticas são apresentadas as conclusões principais e as recomendações pertinentes no sentido da definição das soluções adequadas para a mitigação dos principais impactos e problemas identificados, nomeadamente no que se refere a parâmetros de monitoramento e avaliação da qualidade dos recursos hidrogeológicos e da evolução do uso do solo.

O Relatório RF 1 também inclui a identificação dos principais conflitos entre atividades antrópicas e os recursos naturais hidrogeológicos, tendo-se para o efeito, procedido ao mapeamento das principais atividades potencialmente perturbadoras da proteção que se pretende garantir, tendo em conta a fragilidade de cada um dos sistemas.

Nestas condições e de forma a permitir a continuidade da apresentação e a compreensão integrada das diferentes áreas temáticas, as matérias relativas aos Conflitos e Soluções, às Áreas de Recarga do Aquífero Karst, às Características Geotécnicas Regionais do Karst e ao Patrimônio Espeleológico, que inicialmente tinham sido previstos como relatórios individualizados, foram também integrados no Relatório RF 1.

II) Relatório Final (RF 2) – Prognóstico para o Macrozoneamento

O Relatório RF 2, além dos recursos jurídicos institucionais que constituíam, à partida, o único tema deste documento, engloba também as matérias relativas à área do Karst de interesse para fins de abastecimento, à projeção de cenários futuros, às macrodiretrizes de crescimento econômico e desenvolvimento social, às áreas de conservação e às ações emergenciais para solucionar conflitos, que inicialmente integravam o Relatório Parcial 3 (RP3).

III) Relatório Final (RF 3) – Proposta de Macrozoneamento

O Relatório RF 3 correspondente à proposta de macrozoneamento de uso e ocupação do solo para proteção e conservação da área do Karst, incluindo as opções que se apresentam para proporcionar suporte institucional ao instrumento disciplinador que se pretende aplicar à Região.

2 - HIDROGRAFIA

2.1 - INTRODUÇÃO

O complexo hidrográfico do Estado do Paraná abrange dois grandes sistemas, a bacia Atlântica, cuja área representa apenas 7,3% do território Paranaense e a bacia do rio Paraná cujos cursos penetram para o interior do continente, desaguando no Oceano Atlântico, pela foz do Prata, após um percurso de aproximadamente 2.500 km.

A área do estudo ocupa ambos os lados do interflúvio entre as bacias do Atlântico e do Prata. O interflúvio ocorre numa região topograficamente elevada, com cotas quase sempre acima dos 1000m. Do lado sul desenvolve-se a sub-bacia do Alto Iguaçu, e a norte a sub-bacia do rio Ribeira.

Os maiores gradientes fluviais da bacia do Ribeira em relação aos da bacia do Iguaçu provocaram ao longo do tempo geológico o recuo de cabeceiras do Ribeira, em detrimento da bacia do Iguaçu.

Ao longo do limite norte da bacia do Iguaçu estende-se a faixa de rochas carbonáticas designada por Karst, orientada SWW-NEE, origem de consideráveis mananciais subterrâneos que alimentam as nascentes de vários afluentes do rio Iguaçu e do rio Ribeira.

O conhecimento da hidrografia constitui um suporte fundamental para a análise da questão de abastecimento de água à RMC, quer por recurso a águas superficiais quer pelo aproveitamento das águas subterrâneas.

O exame das características da hidrografia e das captações de água subterrânea da área do estudo atinge diversos objetivos, em particular:

- avaliar preliminarmente a possível contribuição do potencial hídrico superficial para o abastecimento de água da RMC;
- apoiar o mapeamento geológico, hidrogeológico e a avaliação das características de infiltração das diversas formações geológicas.

2.2 - METODOLOGIA

Na fase inicial do projeto foi confeccionada a carta plani-altimétrica da região na escala 1:20.000, a partir das plantas na escala 1:10.000 da COMEC, confeccionadas em 1976, e que foram digitalizadas e atualizadas em 1985. O detalhamento e correção da hidrografia das plantas da COMEC foi realizada pelo estudo do relevo nas cartas 1:20.000, complementado pelo exame da fotografia aérea e do modelo digital do terreno produzido para esse fim.

A região do Karst foi objeto de cuidadosa análise para evitar erros de interpretação, resultantes das características específicas das estruturas cársticas (como, por exemplo, os casos de rios que entram em cavernas existentes na encosta de uma elevação, saindo depois no lado oposto da mesma elevação, ou de rios que desaparecem no seu percurso, precipitando-se em sumidouros). A equipe de geólogos do projeto acompanhou sempre o estudo da hidrografia nas áreas de rochas carbonáticas.

Como princípio geral foram delimitadas bacias locais de tamanho médio, ou seja, com mais de 20 km². No entanto o critério não pode ser rigorosamente seguido. Por exemplo, encontraram-se bacias externas aos limites do projeto, mas que entram ligeiramente na área deste, como no caso das bacias dos rios Timbu, Itaqui, Curriola e outros, cuja área é inferior. Além disso, julgou-se adequado definir algumas bacias de importância hidrogeológica, como a do rio Bacaetava e Ribeirão da Onça, também com áreas inferiores ao critério geral.

2.3 - BACIAS DA ÁREA DO PROJETO

O mapa plani-altimétrico 1:20.000, além de ter permitido delinear com precisão as bacias locais, resultou no detalhamento da rede hidrográfica.

Como já se mencionou, a região do projeto recai sobre duas bacias hidrográficas, a do rio Ribeira e a do rio Iguaçu. Dentro da primeira foram definidas 20 bacias locais, que alimentam três sub-bacias do rio Ribeira: a do rio Açungui, do rio Piedade e a do rio Capivari. Na bacia do rio Iguaçu foram delineadas oito bacias locais. Na área de estudo, na vertente do Ribeira existem 685,34 km² de bacias locais, enquanto do lado do rio Iguaçu foram definidos 361,03 km² de bacias locais.

A Tabela 2.01 resume estes resultados, identificando as bacias locais pelo nome do principal rio. A Figura 2.01 indica a localização das sub-bacias.

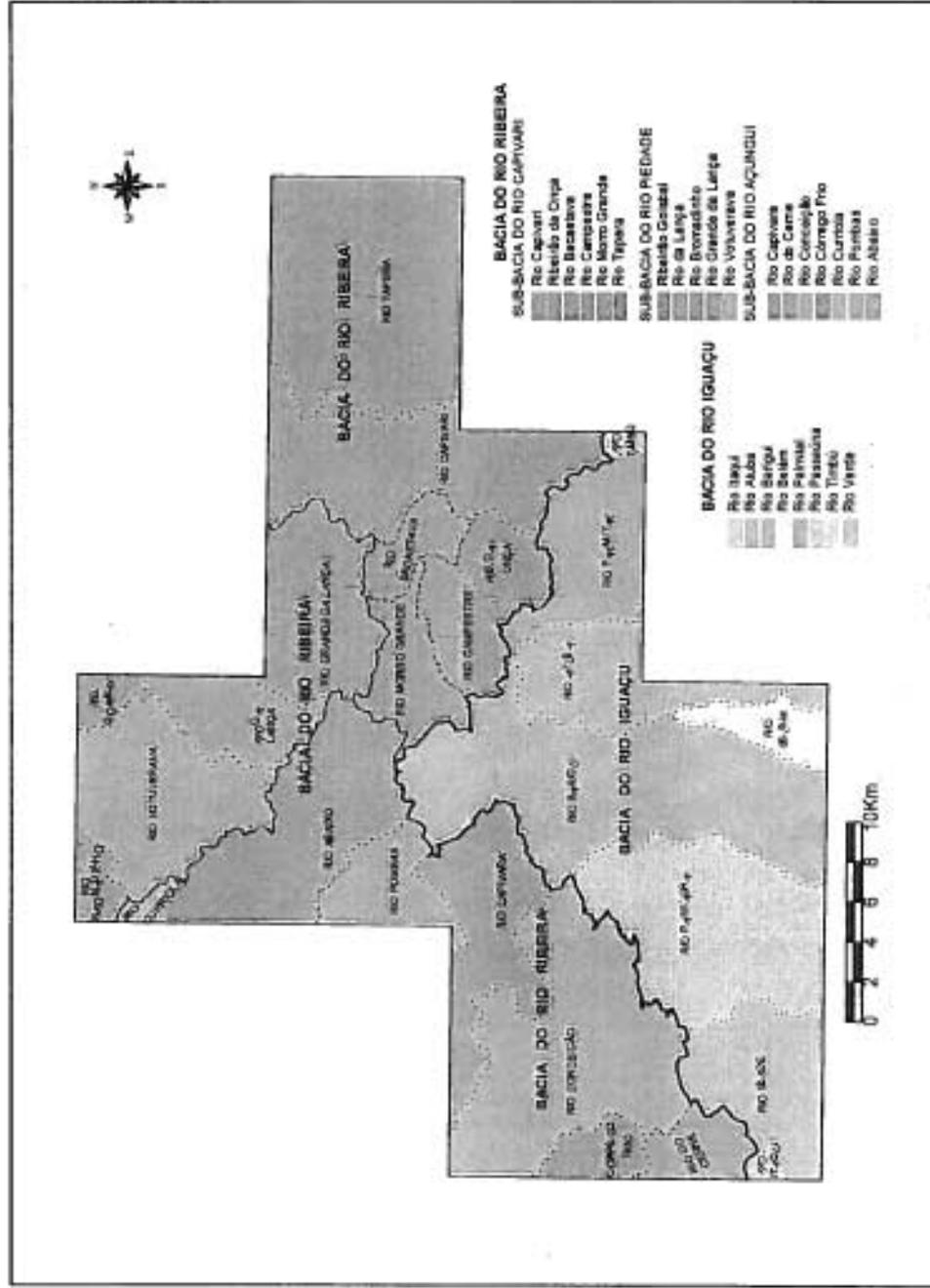
Tabela 2.01 - Bacias da Área do Projeto

BACIA	SUB-BACIA	BACIA LOCAL	ÁREA DENTRO LIMITES DO PROJETO (km ²)		
Iguaçu		Rio Timbu	2,12		361,03
		Rio Palmital	42,05		
		Rio Atuba	42,76		
		Rio Belem	14,34		
		Rio Barigui	128,76		
		Rio Passauna	84,24		
		Rio Verde	44,48		
		Rio Itaquí	2,28		
Ribeira	Açungui	Rio Cerne	15,41	273,83	685,34
		Rio Córrego Frio	12,56		
		Rio Conceição	101,61		
		Rio Capivara	48,21		
		Rio Pombas	23,38		
		Rio Abaixo	68,91		
		Rio Curriola	3,75		
	Piedade	Rio Bromadinho	8,26	150,16	
		Rio Votuverava	61,36		
		Rio Goiabal	7,26		
		Ribeirão do Lança	27,36		
		Rio Grande da Lança	45,92		
	Capivari	Rio Morro Grande	23,89	261,35	
		Rio Campestre	21,45		
		Ribeirão do Onça	16,26		
		Rio Bacaetava	14,48		
Rio Tapera		105,71			
Rio Capivari	79,56				
Total Bacias					1.046,37

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

Observa-se que, dentro dos limites do projeto, a área de bacias locais drenando para o rio Ribeira, é quase o dobro das áreas das bacias locais correndo para o rio Iguaçu. Verifica-se também a importância do rio Açungui que recebe, da área do projeto na vertente do Ribeira, o equivalente a 75% do total de água recebida pelo rio Iguaçu de suas bacias locais.

Figura 2.01 - Localização das Sub-bacias



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procel / Earth Tech

2.4 - CONCLUSÕES PRINCIPAIS

A área do projeto inclui o interflúvio das bacias dos rios Iguaçu e Ribeira. Como tal, estão nela localizadas as nascentes de cursos de água que alimentam ambos os rios. No lado do Iguaçu nascem, entre outros, os rios Palmital, Atuba, Barigüi, Passaúna, Verde e Itaqui. Todos estes rios e os da vertente do Ribeira, resultam de surgências do aquífero do Karst. Na medida que recebem mais abaixo as contribuições de bacias situadas em outros tipos de geologia, na época chuvosa as suas águas apresentam composições químicas diferentes da água do Karst. No entanto, na época seca, a composição química da água destes rios aproxima-se da composição química da água do Karst. Conclui-se que as águas do Karst exercem uma função estabilizadora da vazão destes rios.

3 - GEOLOGIA

3.1 - INTRODUÇÃO

Mapeamentos geológicos na porção norte da Região Metropolitana de Curitiba têm sido realizados sistematicamente por diversos pesquisadores, nas áreas de ocorrência dos metassedimentos do Grupo Açungui e de outras unidades correlatas. Normalmente estes trabalhos são em áreas restritas e com propósitos definidos ou específicos. Procurou-se aqui abordar a geologia da região, de forma resumida mas integrada. Tomou-se como base trabalhos de investigação geológica que dedicaram uma maior atenção ao mapeamento das unidades geológicas na escala de cartografia de 1:10.000, sem a preocupação de realizar um histórico da evolução das diferentes divisões litoestratigráficas do Grupo Açungui. Para tanto utilizou-se entre outros, como material de consulta básica, alguns trabalhos elaborados por alunos de graduação do curso de Geologia da Universidade Federal do Paraná, em anos anteriores diversos.

3.2 - ESTRATIGRAFIA

A existência de diversas colunas estratigráficas citadas por diversos autores para a região na qual se insere o presente trabalho, denota a dificuldade para o entendimento da evolução geológica bem como o posicionamento das unidades geológicas em termos estratigráficos e tectônicos. Como exemplo dessa dificuldade, observa-se o trabalho de FASSBINDER (1996), o qual descreve cerca de 40 colunas geológicas sugeridas, notadamente para o Grupo Açungui e unidades correlatas. A coluna estratigráfica adotada neste projeto (Tabela 3.01), foi baseada no mapeamento da Folha Curitiba, escala 1:100.000, do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – CPRM (SILVA, 1999), modificada e adaptada às unidades geológicas existentes na área do Projeto.

As sucessivas modificações estratigráficas propostas para o Grupo Açungui e a constatação do paradoxo dos termos Açungui x Setuva estão entre os principais problemas enfrentados pelos diversos autores que desenvolveram trabalhos nesta região. Entretanto vale ressaltar que poucos levaram em consideração as informações em escala regional, interpretações geotectônicas, integrando no nível regional, estudos dos ambientes de sedimentação, metamorfismo e magmatismos, caracterização estrutural, geocronologia, entre outros, o que pode ser considerado como a principal causa do problema verificado com as diversas tentativas de classificação estratigráfica.

Apesar de ser possível elevar a categoria do Grupo Açungui a Supergrupo, com a elevação a "Grupo" das Formações que o compõem, como propuseram HASUI (1986) e FASSBINDER (1996), optou-se por manter as divisões estratigráficas consagradas, Formações Capiçu e Votuverava. Entende-se que uma redefinição de hierarquia necessariamente deve respeitar o Código de Nomenclatura Estratigráfica.

A Formação Setuva, de BIGARELLA & SALAMUNI (1956) apresenta uma complexa evolução de conceitos e forma de ocorrência, conforme pode-se verificar na literatura disponível. FIORI (1994) apresenta uma revisão dessa evolução, e ressalta que *"a denominação de Formação Setuva, deve assim, restringir-se à faixa de paragneisses, xistos (filitos) e quartzitos que bordeja a Antiforme do Setuva"*.

As rochas básicas mesozóicas, diques de diabásios e dioritos, relacionadas ao evento do *Rift* do Atlântico Sul, a Bacia de Curitiba e os depósitos aluvionares atuais e mais antigos, são descritos independentemente dos domínios supracitados, por se tratarem de eventos posteriores aos principais ciclos orogênicos impressos nesta região.

Tabela 3.01 - Coluna Estratigráfica

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

FANEROZÓICO	QUATERNÁRIO	<p>DEPÓSITOS ALUVIAIS</p>	
	TERCIÁRIO/ QUATERNÁRIO	<p>SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS</p>	
		<p>FORMAÇÃO GUABROTUBA</p>	
	JURO-CRETÁCEO	<p>INTRUSIVAS BÁSICAS</p>	
PROTEROZÓICO	EO-PALEOZÓICO	<p>FORMAÇÃO CAMBÉRIA</p>	
	SUPERIOR	<p>BLOCOS INTENSIVAMENTE GRANITÓIDES</p>	<p>GRUPO AÇUNGUÊ</p> <p>FORMAÇÃO VOTUCURVINA</p> <p>FORMAÇÃO CAPINZAL</p> <p>FAIXA TRANSCORRENTE LINCENSA</p>
		MÉDIO	
INFERIOR	<p>COMPLEXO GNAISSO-MIGMATÍTICO</p>		
ARQUEANO			

3.2.1 - Complexo Gnáissico Migmatítico

Esta unidade é constituída pelas mais antigas unidades litológicas que compõem o Embasamento do chamado Bloco Curitiba. Inicialmente esta unidade foi denominada de Embasamento Cristalino e também de Complexo Atuba. Compreende principalmente rochas ortoderivadas incluindo biotita-hornblenda gnaisses tonalíticos a graníticos, via de regra bandados, com porções anfibolíticas e também núcleos granulíticos ortoderivados.

Foram cartografadas unidades ortoderivadas bem como unidades metassedimentares de alto grau, unidades essas, não separadas no trabalho de SIGA Jr. et al. (1996). As rochas supracrustais deste embasamento encontram-se representadas por metassedimentos de alto grau metamórfico no fácies anfibolito alto, que incluem orto e paragnaisses, sillimanita-granada xistos e quartzitos, os quais afloram em pequenas exposições a sul das cidades de Bocaiúva do Sul, Colombo, Almirante Tamandaré e Campo Largo. Distribui-se ao longo de uma faixa na porção sul e leste da área de estudo, outras duas de menor expressão, uma no Oeste, associada à faixa tectonizada de influência da falha da Lancinha e outra mais a norte, no núcleo do anticlinal do Setuva.

As diferentes unidades que a integram, apresentam-se com uma certa orientação preferencial de sudoeste a nordeste, sendo essa a direção mais freqüente das estruturas tectônicas associadas.

Sua área de exposição corresponde a aproximadamente 30% do total da área de estudo, sendo seus limites marcados por falhas inversas, transcorrentes e por contatos com discordância angular. Estes, balizam seus limites com a Formação Capiru. Essa unidade é recoberta em uma pequena parte pelos sedimentos da Formação Guabirotuba nas porções sul, sudeste e leste.

Na região a noroeste de Bocaiúva do Sul, esta unidade aparece como o núcleo de uma antiforme em meio aos metassedimentos da Formação Capiru, apresentando relevo mais acidentado, com cotas superiores a 900m.

As exposições das diferentes unidades que compõem este complexo apresentam-se geralmente bastante alteradas, excetuando-se a porção a leste da cidade de Bocaiúva do Sul, onde os litotipos da unidade apresentam-se melhor preservados.

Diversos litotipos integram essa unidade, sendo estes, de momento descritos de forma resumida e pouco diferenciada, como: Migmatitos; Gnaisses; Xistos e Quartzitos

- **Migmatitos (APImge)**

Migmatitos Paraderivados

Ocorrem mais ao sul da cidade de Piraquara, a leste da área de estudo, seus litotipos são normalmente alterados com cores vermelho arroxeado claros a róseos, onde por vezes se ressaltam os granada-sillimanita-biotita xistos, de granulação média, e migmatitos paraderivados, com leucossoma quartzo-feldspático, de granulação fina, meio a grossa, constituído por xistos

grosseiros. Em alguns locais do corpo ocorre, com relativa abundância no conteúdo, a granada, na forma de cristais com até 1cm de diâmetro.

Estas unidades podem corresponder as porções supracrustais denominadas de Seqüência Turvo-Cajati (SILVA et al.,1981).

Na porção leste de Bocaiúva do Sul ocorrem os gnaisses e anfibolitos bandados e localmente com registro de importante fase de migmatização. As feições predominantes em afloramentos são as do tipo estromático, paralelas à foliação milonítica Sm, não raro sendo encontrados dobramentos intrafoliais, marcados por bandas quartzo-feldspáticas leucocráticas, com foliação plano-axial dada por biotita e material quartzo-feldspático. É comum uma fase tardia, relacionada a injeções de pegmatitos discordantes leucocráticos a rosados e mais subordinadamente esbranquiçados.

Na porção sul da Antiforme do Setuva e na porção a norte próximo à Serra da Bocaina, esta unidade expõe-se segundo faixa orientada aproximadamente segundo a direção leste-oeste. Trata-se de uma unidade muito alterada com poucos afloramentos que exibem rocha fresca, sendo que no geral apresentam-se como saprólitos com grande espessura, exibindo cores de alteração esbranquiçadas, avermelhadas, arroxeadas, e ocre ressaltando o bandamento. Apresenta uma heterogeneidade litológica muito grande, com bandamento característico, alternando bandas de biotita gnaisse fino, bandas quartzo-feldspáticas, biotita gnaisse porfiroclástico, gnaisse granítico leucocrático, e anfibolito de granulação fina. De modo bastante subordinado, são encontrados cianita-biotita-muscovita gnaisses, cinza-médios, de granulação média e com padrão deformacional compatível com o das demais rochas da unidade. A foliação principal é milonítica com deformação e estiramento dos litotipos, à qual comumente associam-se lineações minerais de estiramento.

Migmatitos Estromáticos com Paleossoma de Gnaisses

Unidade do complexo com distribuição na porção oeste da área, apresenta-se na região de cataclase da Falha da Lancinha, no contato com os metassedimentos carbonatados da Formação Capiru. Quando decompostos, apresentam-se como rochas areno-argilosas intensamente alteradas e com cores avermelhadas predominantes.

Compreende uma associação de biotita-hornblenda gnaisses finos a médios, biotita gnaisses finos, lentes de metabásicas e menos freqüentes, de metaultrabásicas serpentinizadas/talcificadas. Estes ocorrem sempre associados, segundo bandas de espessura decimétrica, paralelas à foliação cataclástica principal, intercalando-se também com porções de granulação grosseira a média.

Predominam em suas rochas as texturas porfiroclástica a granoblástica inequigranular, com porfiroclastos de microclina e/ou plagioclásio, podendo este estarem epidotizado. A hornblenda, a biotita e a clorita, são os principais máficos encontrados.

- **Gnaisses (APImga)**

Biotita Gnaisses Bandados Miloníticos

Ocorrem mais na porção norte da Antiforme do Setuva, como uma faixa alongada, com orientação preferencial para nordeste e exposição nas localidades de Santana do Bom Jardim, Santana e Barra do Passa Vinte, fora do limite da área de estudo.

Trata-se de um conjunto de rochas bandadas, predominando biotita gnaisses porfiroclásticos a finos, biotita xistos feldspáticos e subordinadamente bandas quartzo-feldspáticas leucocráticas com restritas ocorrências de anfibólitos de granulação fina. Todo o conjunto apresenta-se deformado em diferentes estágios, chegando a formar xistos como produto da deformação milonítica. No geral a rocha apresenta uma textura porfiroclástica ressaltada pelos cristais de microclina e plagioclásio, alternados por faixas predominantemente micáceas e faixas quartzo-feldspáticas. A mineralogia básica é composta por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e muscovita. Os minerais acessórios são epidoto, zircão, apatita, sericita, clorita, e muscovita. A presença de plagioclásio sericitizado e epidoto ocorrendo de forma disseminada permite interpretar a maioria dos xistos feldspáticos encontrados, como um produto de deformação atuando sobre os gnaisses da unidade.

Registram-se dois eventos metamórficos importantes atuando sobre a unidade, um inicial na fácies anfibólito, onde a presença de feldspatos aponta para condições compatíveis com anfibólito de baixo grau e um metamorfismo na fácies xisto-verde baixo, zona da clorita.

Biotita Gnaisses Porfiroclásticos

Aparecem principalmente no núcleo da Antiforme do Setuva, ao norte de Bocaiúva do Sul, segundo um corpo alongado. Trata-se de biotita gnaisses e biotita-hornblenda gnaisses com granulação grossa, cores cinza-rosadas a avermelhadas e porfiroclastos de feldspato potássico róseo da ordem média de 3 a 4cm, podendo atingir até 10 cm. Há variações texturais para termos inequigranulares médios a grossos. Como em todas as unidades do embasamento, a foliação principal corresponde a uma superfície milonítica importante, com o registro de estiramento de minerais e geração de sombras de pressão nas bordas dos porfiroclastos. Seus porfiroclastos são constituídos por microclina e subordinadamente ortoclásio e plagioclásio; a matriz tem granulação variável, ocorrendo desde termos com granulação fina à inequigranulares médios.

As texturas presentes são porfiroclásticas, não raro com domínios finamente bandados, marcados por faixas milimétricas com variação tanto na taxa de formação quanto em sua composição mineral, com alternância de faixas lepidoblásticas e granoblásticas. Como principais máficos ocorrem biotita, epidoto, clorita, muscovita e como acessórios zircão, allanita e apatita.

Biotita Gnaisses Bandados Leucocráticos

Apresenta-se estruturado segundo a direção nordeste, com dimensões quilométricas. Esses corpos apresentam exposições com características distintas. No corpo a oeste de Curitiba predomina biotita gnaisses finos leucocráticos a hololeucocráticos mais homogêneos, enquanto que no corpo a norte dessa cidade estes gnaisses apresentam-se frequentemente intercalados com os diferentes litotipos descritos anteriormente. Em ambos os casos, esses gnaisses ocorrem sempre como termos leucocráticos a hololeucocráticos de granulação fina, com cores de alteração tendendo aos tons rosados.

As exposições mais preservadas ocorrem neste último corpo, sendo que no Parque da Pedreira Paulo Leminski é possível reconhecer, em sua porção nordeste, a associação de biotita gnaisses leucocráticos finos com granada, magnetita, e ortopiroxênio-hornblenda gnaisses, cinza- esverdeados de granulação média a grossa.

Na Pedreira Roça Grande no município de Colombo, esses biotita-gnaisses com granada apresentam-se associados com piroxênio-hornblenda gnaisses granodioríticos cinza-médios, equigranulares médios, com passagem gradacional entre si. No Parque Tanguá, área de recuperação ambiental, em pedreira desativada em Curitiba, esses gnaisses com granada associam-se a biotita-hornblenda gnaisses cinza médios.

De modo subordinado caracteriza-se uma geração de migmatitos com feições nebulíticas associadas a esses gnaisses, originados a partir de migmatização das seqüências gnaissicas/granulíticas. São comuns evidências de duas gerações de migmatização nas unidades.

Anfibolitos; Hornblenda Gnaisses e Metaultrabásicas

Apresenta-se principalmente exposta a oeste de Curitiba, segundo dois grandes corpos lenticulares paralelizados a direção estrutural nordeste: o corpo a norte, na região de Santo Onofre, Boitiatuvinha e o corpo a sul, na região da Represa Rio Verde, Colônia Ferrara. Suas exposições compreendem litotipos extremamente alterados, guardando um bandamento composicional decimétrico a centimétrico, ressaltado pela presença de corpos quartzo feldspáticos.

• **Xistos (APimgx)**

Biotita Talco Xistos e Metaultrabásicas

Embora pouco fora da área de interesse, ocorre um corpo de certa expressão a sudoeste da Folha Tema "Geologia", constituído por talco-tremolita/actinolita xistos com biotita, verde-acinzentados-claros e granulação média. Outras pequenas porções deste litotipo são encontradas ao norte da Cidade de Bocaiúva do Sul, encaixados nos migmatitos do núcleo do Anticlinal do Setuva.

Os corpos metaultrabásicos estão presentes de forma muito subordinada na unidade, mas dela sendo característicos. Os anfibolitos, quando alterados, compreendem litotipos de coloração variando do ocre alaranjado ao vermelho, com pouco quartzo e aparentemente com predomínio de granulação média. Apresentam-se sempre deformados paralelamente a uma importante superfície milonítica que desenvolve freqüentes lenticularizações com estiramento e boudinamento das bandas, bem como estiramento dos minerais. De um modo geral suas exposições ocorrem na maior parte das vezes segundo *boudins* de espessuras métricas com cores variando do esverdeado claro ao verde-acinzentado, quando com menor grau de alteração. A biotita é sempre freqüente sob a forma de porfiroblastos. PEREIRA et al. (1982) indicam um corpo de direção nordeste a sul da Colônia Ferrara, onde predominariam rochas com estrutura maciça, coloração esverdeada e xistosidade pouco desenvolvida, tendo como constituintes principais tremolita/actinolita e diopsídio subordinado. Como os corpos dessa litologia, na área de interesse, são de pequenas dimensões, estes não foram individualizados em mapa.

- **Quartzitos (APimgq)**

Encontram-se na forma de lentes de pequenas dimensões, posicionadas em meio as diferentes rochas do domínio dos migmatitos. Estas geralmente possuem uma orientação preferencial NE SW.

Normalmente apresentam-se como quartzitos alterados de granulação fina a média, fortemente deformados, com uma intensa recristalização dos grãos de quartzo, sendo comum a presença de minerais de muscovita melhor desenvolvidos e sua coloração é branco-rosado a rósea.

É comum a alternância de quartzitos e quartzitos arcoseanos de granulação fina-média com xistos e migmatitos paraderivados de paleossoma xistoso, segundo um bandamento paralelo a foliação principal.

3.2.2 - Grupo Setuva

3.2.2.1 - Formação Água Clara

A Formação Água Clara ora descrita, inclui as litologias atribuídas à Formação Água Clara por MARINI et al., 1967, Complexo Água Clara-Perau-Setuva por SOARES, 1987 e Grupo Setuva por CHIODI FILHO, 1984.

Dentro dos limites da área de estudo, a Formação Água Clara encontra-se na sua extremidade oeste, ao norte da cidade de Campo Magro. É representada por filitos, metamargas, mármores calcíticos e cálciossilicatadas. Estas litologias apresentam-se dispostas na forma de corpos alongados e paralelos, orientados na direção dos quadrantes SW-NE.

Alguns desses litotipos da Formação Água Clara, em muito se assemelham com os da Formação Votuverava, quando em estado de preservação e de composição química equivalentes, tornando com isso, em algumas situações, difícil estabelecer-se os limites entre as unidades.

- **Filitos (PMsaf)**

Esta litologia está representada por rochas de coloração cinza escura, cinza esverdeada e até preta, quando sem alteração pronunciada, enquanto que tons esbranquiçados a vermelhos, ou rosado a amarelado denunciam um maior grau de intemperismo associado. A granulometria varia de fina a grosseira, devido à presença de areia de várias granulometrias nos sedimentos originais. A mineralogia é composta por sericita/muscovita, biotita, quartzo, podendo ocorrer ainda magnetita, cianita, turmalina/granada. A textura, com o aumento da quantidade de quartzo, passa de lepidoblástica para granolepidoblástica.

Veios de quartzo leitoso de espessura centimétrica ocorrem em fraturas, cortam a foliação metamórfica, bem como o bandamento composicional, e apresentam-se impregnados óxido de ferro e manganês.

Localmente e dependendo da composição química do sedimento pretérito, alguns possuem aparência de xistos finos, devido ao aumento na quantidade e orientação dos minerais de sericita.

Possuem uma xistosidade marcante que geralmente é paralela ou sub-paralela ao bandamento composicional, definido como acamamento. Esta xistosidade quando apresenta-se dobrada, define uma clivagem de crenulação. A mineralogia mais comum é constituída de clorita, quartzo, sericita/muscovita, carbonato, grafita e opacos, o que caracteriza um metamorfismo da Fácies Xisto Verde.

- **Metamargas (PMsax)**

Nessa região esses metacalcários alternam-se em finas camadas ou mesmo de forma disseminada, com rochas cálcio-silicáticas impuras, com sedimentos terrígenos finos e alguma ocorrência subordinada de quartzo. São geralmente laminados, mostrando intercalações de níveis mais silicosos, caracterizando uma foliação incipiente. A concentração de quartzo ocorre em níveis preferenciais, que podem ser observados devido à alteração diferencial existente, quando essas rochas apresentam-se inalteradas, o que é muito raro de se obter.

Por vezes, camadas de mármore mais puro afloram como pequenas lentes, de algumas dezenas de metros, intercaladas em sedimentos margosos ou impuros.

- **Mármore Calcítico (PMsam)**

Nessa região ocorre uma lente de mármore químicamente mais puro, que permite diferenciar das margas e da calciosilicatada. De modo geral, apresentam boa homogeneidade na composição mineralógica tendo os carbonatos de cálcio como constituintes principais, com predomínio absoluto de calcita sobre a dolomita e sobre a siderita (carbonato rico em ferro). O quartzo constitui-se em elemento secundário. Como elementos de traços aparecem a horblenda, muscovita, biotita e pirita. De um modo geral existe um predomínio dos termos calcíticos sobre os dolomíticos. Esses mármore se caracterizam por conterem um bandamento pronunciado, milimétrico a centimétrico, com alternância de níveis leitossos mais ricos em carbonatos e outros mais com alguma contribuição em material silteco argiloso. Intercalam-se camadas de até vários metros de espessura de cálcio-arenitos e mármore com partículas de quartzo, dolomita e subordinadamente calcita e argila. Muitas vezes é preservada a estratificação sedimentar, evidenciando deposição clástica dos carbonatos concomitante com a química e atestando algum retrabalhamento sin-sedimentar no processo.

Sua coloração varia de cinza-claro a escuro, com fraturas preenchidas por calcita pura e o metamorfismo é da Fácies Xisto Verde.

- **Cálciossilicatada (PMsac)**

Essas rochas geralmente apresentam-se maciças, com foliação incipiente, constituída por carbonatos e silicatos. Possuem coloração cinza-escuro a cinza-avermelhada e amarela-esbranquiçada quando alteradas. Alguns tipos possuem um bandamento marcante, que é definido pela intercalação de níveis mais silicosos com níveis carbonosos. A granulação é variada, sendo que os termos mais finos são descritos como cálcio-filitos, pois possuem uma foliação facilmente perceptível. A mineralogia dessas rochas é bastante complexa devido à grande variação do teor de cálcio no sistema. Além da existência, em quantidade variável de calcita e dolomita, ocorrem ainda actinolita/tremolita, sericita/muscovita, quartzo, biotita, clorita e por vezes a granada. Macroscopicamente, distingue-se quartzo, epidoto, actinolita de hábito fibroso, feldspato caulinizado, e eventualmente muscovita.

Geralmente essas rochas são encontradas em adiantado estado de alteração, o que dificulta sobremaneira sua determinação já que quando alterados, muito se assemelham aos metassedimentos clásticos finos, sendo perceptível somente a sua alteração de peso visto que o carbonato foi lixiviado. Quando menos alterados, ostentam aspectos maciços, homogêneos, granulometria fina a média e textura equigranular e com cor cinza-escuro, esverdeada

3.2.2.2 - Formação Perau

A área de exposição dessa seqüência é bastante restrita, sendo que o corpo de maior expressão está representada por litologias que bordejam o Anticlinal do Setuva. Nesse local, este conjunto de litologias também foi denominado por outros autores como Formação Setuva. Uma pequena lente dessa unidade situa-se ao norte de Rio Branco do Sul e o corpo maior a leste dessa cidade, estendendo-se até o norte de Bocaiúva do Sul.

Litológicamente é constituída por xistos, quartzitos e uma pequena lente de uma formação ferrífera.

- **Quartzitos (PMspx)**

Esta unidade ocorre basicamente nos flancos da Antiforme do Setuva, segundo lentes descontínuas a sul e como lentes mais persistentes a norte. A exposição mais imponente é da Serra da Bocaina, sustentada por orto quartzitos finos a quartzitos arcoseanos finos, miloníticos e com dobras ressaltadas em fotos aéreas. Foram descritos por SCHÖLL (1982) como sendo *metacherts* devido à sua boa seleção, associado à granulação muito fina e à tonalidade esbranquiçada.

Localmente apresentam indícios vulcano-exalativos com a ocorrência de formações ferríferas tipo "bif". Nas demais lentes predominam ortoquartzitos finos, miloníticos a ultramiloníticos, com coloração cinza esbranquiçados, preservando de modo subordinado dobras intrafoliais.

- **Formações Ferríferas (PMspf)**

Integra um dos conjuntos litológicos também conhecido como Núcleo Betara, sustentando um morro alongado, a norte da cidade de Itaperuçu.

Compreende hematita quartzitos, quartzitos ferruginosos, ricos em ferro e manganês, com associação de xistos granatíferos. É bastante provável que se trate de uma unidade de origem sedimentar-exalativa, ressaltando-se que grande parte dos quartzitos podem ser interpretados como possíveis *metacherts*.

Apesar do complexo padrão estrutural presente nesta formação, a sua associação litológica corrobora as interpretações de que este domínio represente condições deposicionais compatíveis com águas profundas, em porções distais.

Cabe ressaltar que a presença de formações ferro-manganesíferas também são encontradas no domínio da Formação Votuverava, entretanto, as associações deste último sempre estão em grau metamórfico da fácies xisto-verde.

▪ **Xistos (PMspx)**

Representam as rochas xistosas anteriormente identificadas e cartografadas como pertencentes à Formação Setuva, (BIGARELLA & SALAMUNI, 1956a, 1958a,b).

Constituem-se predominantemente de sericita xistos e quartzo biotita muscovita xistos os quais ocorrem distribuídos em torno do núcleo da Antiforme do Setuva, à norte da cidade de Bocaiúva do Sul. Em geral ostentam coloração acinzentada quando mais preservados da ação do intemperismo. A intensa deformação presente nessas rochas é resultante de eventos tectônicos que promoveram uma compressão e um deslocamento da bacia Capiuru sobre estas rochas, de encontro com as do embasamento gnáissico presentes no núcleo da Antiforme do Setuva.

O metamorfismo da deformação principal atingiu a fácies xisto-verde, zona da clorita, com desenvolvimento de muscovita e com porfiroblastos de biotita pós cinemáticos, milimétricos e truncando a foliação Sn.

3.2.3 - Grupo Açungui

3.2.3.1 - Formação Capiuru

Distribui-se segundo uma faixa com direção nordeste-sudoeste com largura variando entre 9 a 19km, ocupando a região de sudoeste a nordeste da área de estudo. Corresponde às rochas inicialmente descritas por BIGARELLA & SALAMUNI, 1956a, 1958a,b. Tem seus limites dados a norte pela Zona de Cisalhamento Transcorrente da Lancinha (ZCT), a qual baliza seus contatos com as Formações Votuverava e Perau, e com rochas do Anticlinal do Betara. A sul e nordeste, limita-se através de contatos normais discordantes e por falhas transcorrentes e inversas.

Na área de interesse, os litotipos dessa unidade, ocupam a maior parte da área da mesma, sendo que sua distribuição espacial restringe-se exclusivamente à porção sul da falha da Lancinha, não ocorrendo em nenhum local, ao norte desta.

O reconhecimento geológico-estrutural de grande parte das unidades litológicas que compõem a formação pode ser realizado em duas seções tipo principais, uma através da rodovia PR- 092, que liga Curitiba a Rio Branco do Sul (Rodovia dos Minérios) e estradas vicinais que dela partem em direção a Itaperuçu e Colombo e outra ao longo da BR-476 que liga Curitiba a Bocaiúva do Sul.

A Formação Capiçu representa uma seqüência metassedimentar que inclui metacalcários dolomíticos de cor branca, estromatolíticos, metamargas, quartzitos finos a grosseiros de cores cinza a brancos, metapelitos carbonosos, metarritmitos, sericita filitos e filitos diversos, quartzo-sericita xistos e raras ocorrências de prováveis metatufos.

As rochas carbonáticas da Formação estão representadas principalmente por extensos pacotes de metacalcários dolomíticos, distribuídos na região próxima às cidades de Almirante Tamandaré, Colombo, Rio Branco do Sul e Bocaiúva do Sul, com colorações predominantemente esbranquiçadas a acinzentadas claras, subdivididos, tentativamente, em domínios de porções de topo e basais com termos subordinados que incluem metamargas, filitos e quartzitos.

Na região de contato com o Complexo Gnáissico Migmatítico, ocorre intenso bandamento nos litotipos, onde se apresentam segundo níveis subcentimétricos a milimétricos. Alternam-se níveis mais arenosos de coloração esbranquiçada, níveis com maior proporção de argilo-minerais, e níveis de coloração rósea a avermelhada. Fora dessa região esse bandamento tende a ser subdecimétrico, raramente métrico.

Neste litotipo é bastante comum a presença de estruturas de dissolução química ao longo de fraturas, onde a presença de dolinas, grutas, sumidouros e surgências e outras formas cársticas são freqüentes. Em algumas porções da sua área de ocorrência, o relevo apresenta-se significativamente arrasado e bastante aplainado, sendo recoberto por espessa camada de materiais inconsolidados.

O metamorfismo pode ser dividido em dois tipos distintos, sendo um metamorfismo de caráter regional na fácies xisto-verde zona da clorita, onde são facilmente reconhecíveis estruturas primárias, e um metamorfismo de caráter localizado, desenvolvido também na fácies xisto-verde, mas onde tanto a composição original, quanto as condições de pressão e temperatura, possibilitaram o surgimento de cianita não raro mesmo em quartzitos. É provável que esse metamorfismo seja desenvolvido em associação com esforços concentrados em regiões de falhas.

As estruturas sedimentares observadas evidenciam ambiente marinho plataformal de águas rasas, onde também podem ser reconhecidas litofácies de ambientes transicionais costeiros (fluvial/litorâneo), a exemplo dos quartzitos da Formação Capiçu; esses quando limpos e bem selecionados, estão ligados a ambientes de sedimentação litorâneos praias, ocasionalmente com incursões fluviais como se observa nas regiões entre as cidades de Bocaiúva do Sul, Colombo e Almirante Tamandaré.

A carência de estruturas sedimentares nos domínios dos termos pelíticos dificulta a interpretação do paleoambiente, embora esses litotipos possam sugerir sedimentação de águas pouco mais profundas em relação à plataforma carbonática, ou ainda lagunares com circulação restrita, no caso dos metapelitos carbonosos.

As características deposicionais das fácies carbonáticas da Formação Capiru sugerem deposição em ambiente marinho pouco profundo, com pouca ou nenhuma atividade tectônica sin-sedimentar, tendo por embasamento as rochas de infra-estrutura do Bloco Curitiba. A referida Formação, no âmbito da área de estudo, não exhibe evidências de vulcanismo básico e plutonismo granitóide.

• Metacalcários Dolomíticos (PSacd)

Esta unidade caracteriza-se por apresentar metacalcários dolomíticos de granulação fina, com bandamento decimétrico a métrico, de cor branca a branco acinzentada, apresentando diferentes estruturas sedimentares preservadas, inclusive preservando as relações de topo e base, sendo as mais notáveis aquelas estruturas biossedimentares estromatolíticas, formadas pela atividade de comunidades microbiais bentônicas na zona fótica, compostas por estromatólitos colunares de formas diversificadas e esteiras algais. Podem ser reconhecidas laminações plano paralelas, fendas de ressecamento (*mud-cracks*), marcas onduladas, *tepees*, estruturas de carga e zonas com ocorrências de oólitos e pisólitos.

O estudo dos estromatólitos, segundo modelo proposto por GREY (1989), mostra ocorrências tanto do tipo colunares como não-colunares, sendo que os primeiros superam os últimos em abundância. São identificadas seis formas diferentes de estromatólitos:

- 1) estromatólitos colunares com colunas verticais, uniformes, cilíndricas, sem ramificações, e diâmetro variável entre 3 e 6cm. Os espaços intercolunares apresentam laminação paralela às colunas, sendo que as lâminas são lisas, com forma parabólica de espessura milimétrica e espaçamento uniforme;
- 2) estromatólitos colunares cilíndricos e oblongos em diâmetro de 4 a 6cm. Os espaços intercolunares são preenchidos por alguns intraclastos de pequenas dimensões;
- 3) estromatólitos colunares com colunas cilíndricas ou turbinados de 5cm de diâmetro e ramificação paralela tipo *Beta*. As colunas têm seção oblonga com eixo maior entre 5 e 7cm. Os espaços intercolunares têm 2,5cm de largura. As lâminas são milimétricas, lisas e de forma retangular;
- 4) estromatólitos colunares com ramificação lateral e coalescência. As colunas têm mais de 30 cm de altura e individualmente diâmetro variável entre 1,5 e 6cm, e quando coalescidas atingem diâmetro de até 17cm, com ramificação lateral do tipo *Gamma*. Os espaços intercolunares estão em relevo positivo, sendo portanto de material mais resistente à erosão que as colunas. As lâminas são milimétricas, lisas e moderadamente convexas;
- 5) estromatólito colunar com 40cm de altura e largura entre 5 e 20cm com espaços intercolunares estreitos. Lâminas lisas, convexas e rômbricas, de espessura milimétrica;
- 6) colunas isoladas com ramificações laterais moderadamente divergentes e espaços intercolunares estreitos (aproximadamente 5 mm). As lâminas são moderadamente convexas.

As litofácies sedimentares dessa unidade, evidenciam ambiente marinho de plataforma, planície de intermaré a submaré, neste último caso suportada pela presença dos estromatólitos colunares. Indicam ainda ambiente de águas relativamente calmas, rasas e límpidas, bem como um contexto de clima quente.

Metacalcários dolomíticos maciços ocorrem ao longo do contato da Formação Capiçu com a Formação Votuverava, balizado pela ZCTL e no extremo sudoeste da Antiforme do Setuva. Seus afloramentos são marcados pela cor homoganeamente esbranquiçada dos litotipos, essencialmente constituídos por metacalcários de granulação fina e maciços, com bandas decimétricas e níveis localizados de quartzitos finos, também esbranquiçados. Localmente alguns afloramentos apresentam alternância de mármore cinza-claro esverdeado a cinza-médio, ambos de granulação fina, ocorrendo níveis de muscovita-quartzo e metacalcário cinza médio de granulação média. Nesses metacalcários as ocorrências das estruturas estromatolíticas são raras, denotando tratar-se possivelmente de porções mais profundas ou com condições não ideais ao desenvolvimento das mesmas. Em alguns afloramentos são descritos níveis erosivos entre esses metacalcários e quartzitos sobrejacentes.

Esse litotipo é de grande importância econômica visto que é a matéria prima básica e essencial na indústria de cal e de corretivo de solo.

▪ Quartzitos Finos, Médios e Grosseiros (PSacq)

Os quartzitos finos compreendem lentes e faixas descontínuas de pequena espessura, sua área de distribuição sugere concentrar-se entre Rio Branco do Sul e Tranqueira, associando-se a serras alinhadas com direção nordeste-sudoeste e pequenas cristas sustentadas por seus litotipos. Predominam os quartzitos finos, localmente com granulações médias a grossas, subangulosos a subarredondados, preservando estratificações plano-paralelas localizadas e mais raramente, estratificações cruzadas de médio porte.

Os quartzitos médios, como na unidade anterior, sustentam serras alinhadas, distribuídas em duas áreas com características distintas: a sul de Tunas, associam-se aos mármore, segundo cristas que ressaltam padrão complexo de dobramentos, e a oeste de Bocaiúva do Sul associando-se também a esta unidade, as dobras com flancos rompidos. Aparecem em ambos os casos segundo faixas de pequena espessura mas com maior continuidade lateral que aquelas da unidade anterior.

Os termos arenosos apresentam-se com maior granulação, variando de areia média a grossa, localmente ocorrendo conglomerados. Característica da unidade são os quartzitos acinzentados de granulação grossa, com grãos de quartzo escuro, subarredondados a arredondados, intercalados por filitos carbonosos e metarritmitos em lentes descontínuas. Localmente exibem porções ferruginosas decorrentes de uma maior concentração original de minerais pesados, com eventual formação de cristais idiomórficos de magnetita, ou ainda devido aos processos secundários que envolvem migração de ferro. Alguns corpos apresentam uma má seleção e uma má classificação dos grãos de quartzo e em menor proporção de feldspato. Neste caso um subarcóseo, o que demonstra uma imaturidade do sedimento com uma área fonte bastante próxima.

Nesta unidade alguns autores citam uma relação erosiva com a unidade basal, onde por vezes preservam-se clastos angulosos de metacalcário esbranquiçado, alguns deles apresentando bandamento milimétrico plano-paralelo em meio a metarenito médio a grosso e subanguloso.

▪ **Metapelitos (PSacm)**

Dentro dessa denominação e devido a ocorrência de algumas variações nos termos granulométricos deste litotipo e para fins de melhor descrição, estes foram subdivididos em metarritmitos, filitos e metassiltitos, filitos carbonosos e filitos avermelhados

Metarritmitos

São metarritmitos os que se apresentam com bandamento centimétrico a decimétrico, ressaltado pela alternância de granulação e cor entre os termos silte e areia. São comuns metarritmitos cinza-médios a claros, marcados por camadas de metassiltitos cinza-claros e metassiltitos a filitos carbonosos, ambos apresentando fina laminação interna. Essas camadas são de caráter lenticular mas com razoável persistência lateral em afloramento. Pode-se observar uma passagem de termos arenosos mais a nordeste, predominantes na região de Bocaiúva do Sul, para termos cada vez mais finos, com aumento da proporção de grafite na forma de filitos carbonosos.

Como estrutura sedimentar mais importante, apresenta uma laminação plano-paralela marcada pela alternância de lâminas milimétricas de filitos acimentados e siltitos cor creme, onde localmente preservam-se estratificações cruzadas tangenciais de pequeno porte.

Filitos e Metassiltitos

Unidade com características litológicas transicionais entre as unidades, ocorrendo por vezes com textura pintalgada. Nestas porções, o relevo é mais marcado, sendo freqüentes cristas alongadas e drenagens retilíneas sulcadas com direção a grosso modo, N60°E.

Filitos Carbonosos

Os filitos carbonosos ocorrem distribuídos predominantemente ao longo de uma faixa a sudoeste e a norte da cidade de Campo Magro e em faixas próximas às cidades de Almirante Tamandaré e Colombo, diminuindo um pouco sua ocorrência mais para leste, próximo de Bocaiúva do Sul. Tratam-se de filitos carbonosos com baixa taxa de grafitização e que geralmente encontram-se no contato com os metadolomitos, ou próximo destes. O ambiente de sedimentação é difícil de caracterização em virtude da falta de estruturas sedimentares.

Filitos Avermelhados

Os filitos avermelhados distribuem-se ao longo de uma faixa próxima às rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico. Encontram-se localmente afetados por deformação de natureza transcorrente, onde não raro observa-se a presença de pequenas dobras de eixo vertical em forma de *kinks*. Tratam-se de filitos homogêneos a ritmicos, com bandamento centimétrico a decimétrico, marcados pela alternância de material na fração argila e silte, todos com cor de alteração, no geral, avermelhada. Quando menos alterados ostentam cores esverdeadas a acinzentadas, tendo a sericita como mineral micáceo mais importante.

Ao longo do contato com o Embasamento, ocorrem exposições descontínuas de metassedimentos argilosos de cor vermelho-escura a castanho-avermelhada, podendo ter como origem alguma contribuição vulcânica. Apresentam-se, em grande parte, extremamente alterados, sendo muito semelhantes e facilmente confundíveis com os filitos. Caracterizam-se pela coloração homogênea vermelho-escura a acastanhada, ausência de bandamento composicional e a presença de porfiroclastos de dimensões, formas e cores variadas. Podem tanto apresentar formas alongadas subangulosas de até 10cm como formas arredondadas de 1 a 2cm. Ocorrem na região de Campo Magro, porfiroclastos de material argiloso esbranquiçado e de material argiloso ocre. Próximo da Pedreira Greca, apresentam-se com certo grau de preservação. São rochas com matriz silto-argilosa com cor esverdeada-clara, finamente laminados e com porfiroclastos de quartzo subangulosos a subarredondados de tamanhos variando de submilimétrico até 2 mm. São comuns também porfiroblastos placóides, provavelmente de clorita, com tamanhos não superiores a 1mm, subparalelos à laminação S0 e vazios deixados por porfiroblastos euédricos com 1 a 2mm, possivelmente de magnetita.

As rochas desta unidade estendem-se de modo descontínuo desde Campo Magro até a nordeste de Bocaiúva do Sul, mas notadamente mais próximo à região de contato da Formação Capiçu com o Complexo Gnáissico Migmatítico.

Devido a grande distribuição dos mesmos e seu contato com o Embasamento pode sugerir que os filitos desta unidade seriam o início da deposição da bacia Capiçu, mas faltam evidências de sedimentos mais imaturos como conglomerados, que poderiam reforçar essa possibilidade.

3.2.3.2 - Formação Votuverava

Compreende uma espessa faixa que domina quase toda a porção noroeste da área de estudo, tendo limites tectônicos dados através de falha de transcorrência com a Formação Capiçu e em alguns locais em contato normal com a Formação Água Clara. Na área de interesse, os litotipos dessa unidade, ocupam boa parte da porção norte da área de estudo sendo que sua distribuição espacial restringe-se exclusivamente à porção norte da falha da Lancinha, não ocorrendo em nenhum local, ao sul desta.

Esta Formação é constituída por uma seqüência de metassedimentos de baixo grau metamórfico, fácies xisto-verde, onde podem ser reconhecidos os domínios de litofácies distais, bem como as litofácies da zona de transição. Embora os efeitos da deformação transcorrente sejam de certa forma generalizados, não raro ocorrerem porções mais preservadas, onde são recuperadas diversas estruturas sedimentares primárias. Esta provável zona de transição compreende a área afetada pela ZCT Morro Agudo. Nessa região aflora uma seqüência turbidítica cujas feições indicam zona paleogeográfica de talude/fossa, sugerida pelas camadas de metaconglomerados grosseiros com provável deposição em *canyons* submarinos, associados ainda às demais características turbidíticas presentes nos pacotes psamo-pelíticos adjacentes.

A região distal, estendendo-se dos limites meridionais da zona de transição até seus limites a sudeste com as Formações Capiçu e Betara e Seqüência Perau, através da ZCTL. É caracterizada pela associação de espessos pacotes pelíticos e psamo-pelíticos compostos por finos, via de regra

carbonosos, metarritmitos e quartzitos subordinados, incluindo também metacalcarenitos, todos de natureza turbidítica. Ocorre ainda expressiva interdigitação de domínios vulcânicos intrusivos, representados por metabasitos e por formações ferromanganesíferas, atestando um paleoambiente de águas profundas.

FIORI (1994) apresenta um empilhamento para a Formação, onde o início da deposição do Grupo Açungui, seria representado por contribuição glacial de idade entre 900- 650 Ma (correlação com glaciações proterozóicas). Sobre este, coloca um conjunto com turbiditos basais, tendo fragmentos arrancados do próprio conjunto; em direção ao topo desse, apresenta as seqüências turbidíticas cada vez mais freqüentes. Quanto à contribuição glacial na deposição dos metaconglomerados são levantadas dúvidas, uma vez que algumas das principais evidências utilizadas para esta hipótese, ou seja, a presença de seixos facetados com estrias e distribuição das fácies associadas, não são claras.

▪ **Calcilicatas (PSavc2)**

Esta unidade ocorre em grande parte fora dos limites da área de estudo, principalmente a norte do Morro do Betara, com forma lenticular de direção aproximadamente leste-oeste. SALAMUNI (1991) engloba estes litotipos na unidade dos quartzos xistos e quartzo-micaxistos.

Segundo PIEKARZ (1980), esta unidade envolveria xistos carbonatados com grandes variações litológicas, normalmente tendo como constituintes principais o quartzo fino, a calcita/dolomita e secundariamente, clorita, plagioclásio, granada, turmalina, zircão, biotita, epidoto e zoisita. Esse autor considera a diversidade litológica como reflexo de variações na sedimentação, apontando, ainda, a ocorrência de formação ferrífera, fácies sulfeto (pirita) e vulcânica félsica maciça. O grau metamórfico é dado como transicional entre a fácies xisto-verde e anfíbolito (zona da biotita a zona da granada).

Na área de interesse, essas rochas encontram-se geralmente com adiantado estado de alteração, o que dificulta sobremaneira sua determinação já que quando alterados, muito se assemelham aos metassedimentos clásticos finos, sendo somente identificados pela forma elíptica e cor amarelada da alteração do carbonato lixiviado. Quando menos alterados, ostentam aspectos maciços, homogêneos, granulometria fina a média e textura equigranular, com cor cinza-escura, esverdeada. Macroscopicamente, distingue-se quartzo, epidoto, actinolita de hábito fibroso, feldspato caulinizado, e eventualmente muscovita. Sua área de ocorrência é bastante restrita, disposta em forma de lente em meio aos filitos, na porção nordeste da área e da cidade de Rio Branco do Sul.

▪ **Filitos e Metassiltitos (PSavs)**

As rochas metapelíticas da zona de transição estão representadas por filitos de coloração avermelhada/alaranjada, bastante homogêneos, com associação a metaconglomerados grosseiros, quartzitos, metarritmitos e formações ferro-manganesíferas. Quando próximos a estas últimas, via de regra apresentam coloração arroxeada, muito provavelmente devido à pigmentação causada pela presença de manganês.

As características do ambiente de sedimentação indicam tratar-se de seqüências turbidíticas de águas profundas, originadas na região de talude a fossa. Nesta porção, localmente a deformação é intensa, embora o grau metamórfico ainda seja baixo. A deformação hoje impressa é devida sobretudo pela imposição de zonas de falhas, que por vezes gera feições filoníticas nas rochas.

Em termos de área de ocorrência, os metarritmitos são a segunda unidade em importância dentro da Formação Votuverava. Aqui predominam os metarritmitos com importante contribuição de filitos carbonosos cinza-escuros, metassiltitos finos cinza-esbranquiçados, e subordinadamente quartzitos finos com pequenas lentes de metabásicas de granulação fina.

Uma característica dessa unidade é a associação litológica entre metavulcânicas básicas e metasedimentos pelíticos, onde freqüentemente afloram associadas.

• **Metaconglomerados (PSavg)**

São rochas características da zona de transição, ocorrendo sob a forma de delgadas lentes com extensão quilométrica. Trata-se de metaconglomerados polimíticos, com seixos de quartzito, metarenito, filitos e mais raramente de granitóides (do embasamento) de coloração rósea, com formas ovaladas, arredondadas, discóides e dimensões centimétricas até decimétricas (20cm).

As estruturas primárias observadas, tais como a gradação dos seixos e a associação litológica local e regional, permitem interpretar o ambiente de sedimentação com condições de geração de turbiditos grosseiros, depositados em zona de talude, com material oriundo da porção proximal, carreado em *canyons* submarinos, e possível deposição nas zonas de sopé de talude. Nas porções pouco mais distais, raras lentes ainda podem ocorrer, embora predominem metaconglomerados de menor granulação, como se verifica na lente situada nas proximidades da represa do rio Tacaniça.

A imposição de zonas de falha, conferem aspecto de metaconglomerados cisalhados, com favorecimento de estrias tectônicas impressas nos seixos, bem como feições de dissolução por pressão.

• **Metacalcários Calcíticos (PSavc)**

A principal lente desta unidade localiza-se imediatamente a norte da cidade de Rio Branco do Sul, com forma irregular e direção, grosso modo, N45°E, apresentando contatos tectônicos a norte e sudoeste. Outras exposições ocorrem dentro da unidade, embora fora da área de estudo.

Compreendem metacalcários calcíticos cinza-claros a cinza-médios, variando de metacalcarenitos a metacalcirruditos. O bandamento é decimétrico na maior parte das vezes, sendo encontradas estratificações plano-paralelas e, subordinadamente, marcas de onda normais e do tipo *climbing*.

Intercalados a estes metacalcários são encontrados níveis subordinados de metacalcários conglomeráticos, com seixos angulosos de metamargas e de metacalcários idênticos aos da própria unidade. Tais seixos podem atingir até 20cm, sendo encontrados alongados paralelamente ao bandamento. BIGARELLA (1947) estudou detalhadamente tal litotipo e com base nas características dos seixos indicou provável deposição associada a depósitos litorâneos formados ao pé de falésias. Não se trata de sedimentos químicos, visto que as texturas e estruturas observadas indicam deposição clástica, podendo ser enquadrados como originados por corrente de turbidez.

É de grande importância econômica esse litotipo, visto que é a matéria prima básica e essencial para a indústria cimenteira da região.

- **Quartzitos, Quartzitos Finos e Metacherts (PSavq)**

Ocorrem segundo lentes com direção N45°E nas proximidades do flanco sul do Granito Piedade. Compreendem quartzitos finos de cor arroxeadado-claro, com bandamento sedimentar decimétrico, preservando localmente estruturas do tipo *climbing*.

Apresentam-se como importante pacote intercalado na unidade anterior, tendo suas principais exposições também ao longo da estrada Rio Branco do Sul - Cerro Azul. Aparecem principalmente como litotipos centimetricamente bandados, sendo esse bandamento marcado pela alternância de quartzitos finos com magnetita a magnetita quartzitos cinza esbranquiçados, quartzitos cinza claros, níveis centimétricos de limonita e lentes descontínuas de provável *metachert* esbranquiçado, sendo freqüente percolações de material rico em manganês em todos esses litotipos; filitos carbonosos e metarritmitos são litotipos subordinados na unidade.

O ambiente deposicional é de águas profundas, cuja origem pode estar ligada a processos sedimentares-exalativos, que ocorrem em ambientes fumarolianos, desenvolvidos nos períodos de aquiescência das correntes de turbidez, visto que essas formações ocorrem associadas a pacotes de natureza turbidítica.

- **Metabasitos (PSavm)**

As rochas metabásicas que encontram-se intrudidas na Formação Votuverava, bem como de outras unidades e possuem espessuras e extensões bastante variadas. Uma pequena parte de um corpo de maior expressão, está posicionada na porção mais nordeste da área de estudo. Constituem um domínio metavulcânico intrusivo na forma de soleiras, lacólitos e facólitos, associadas aos metapelitos carbonosos, formações ferro-manganesíferas e metacalcários. Distribui-se em uma faixa que se estende desde a porção oeste de Rio Branco do Sul a nordeste desta. Constituem corpos em formas de lentes contínuas ou não.

São representadas principalmente por metadoleritos e metagabros. Exibem em geral coloração esverdeada quando mais preservados do intemperismo e freqüente coloração ocre-avermelhada quando muito alterados, constituindo solos argilosos bem desenvolvidos.

Apresentam de forma discreta, indicadores de processos metamórficos e de deformação condizentes e equivalentes aos que atuaram nas rochas encaixantes.

3.2.4 - Granitos Intrusivos

3.2.4.1 - Granito Rio Abaixo (PEgg5)

Localiza-se a cerca de 5km a oeste da cidade de Rio Branco do Sul, ocorrendo intrudido na Formação Votuverava, com forma grosseiramente circular e área aproximada de 4,5 km². Apresenta-se como um biotita granitos, de coloração rósea. Textura eqüigranular a porfiritica, de granulação média a grossa, isótipos, com coloração avermelhada. Exibe contatos intrusivos e verticalizados, assim como efeitos térmicos e metassomáticos nas encaixantes.

SANTOS e FELIPE (1980) reconhecem três variedades petrográficas: granular hipidiomórfica rósea (granítica a quartzo-sienítica); porfiritica rósea (granítica) e cataclástica cinzenta.

3.2.4.2 - Granito Cerne (PEgc5B)

Este granito apresenta uma pequena área de exposição na porção extremo-oeste da área de estudo, na localidade de Conceição dos Correias, correspondendo à porção nordeste deste corpo.

Ocorre sob a forma de pequenos lajedos, blocos e matacões *in situ* em que predominam hornblenda-quartzo-alcalfeldspato granito de cor rósea, textura inequigranular fina a média, com discreta orientação mineral provavelmente marcando o fluxo magmático.

3.2.4.3 - Granito Piedade (PEgg1)

Trata-se de corpo com forma, grosso modo elíptica, orientado segundo N45°E, intrusivo na Formação Votuverava. Ocupa o extremo norte da área de estudo, apenas em uma reduzida área de ocorrência.

De acordo com CHIODI FILHO et al. (1987), o espectro de variação de elementos terras-raras normalizadas aos condritos, para os domínios litológicos do Granito Piedade, mostra semelhança com os padrões dos chamados "Granitos de Sintexia ou Transicionais" (KEQIN et al., 1984), apresentando pequena ou nenhuma anomalia negativa de európio com empobrecimento em terras-raras pesadas, podendo ser interpretado que o magma primário teve origem no manto superior, com contaminação da crosta inferior. Semelhantes padrões de elementos terras-raras também são atribuídos aos granitos Taici e Cerne. Descreve também dois domínios neste corpo: o primeiro, compreendendo álcali-granitos e o segundo com álcali-sienitos, com microgranitos tardios ao magmatismo principal.

No domínio dos álcali-sienitos ocorrem álcali-sienitos a quartzo sienitos cinza claros, com granulação média a grossa, textura comumente hipidiomórfica-granular e estrutura tanto maciça quanto orientada. Como máficos apresenta biotita, magnetita e hastingsita, que podem ocorrer localmente como agregados.

No domínio dos álcali-granitos ocorrem monzogranitos, sienogranitos e álcali-granitos de granulação fina a grossa, rosados a avermelhados, apresentando deformação dútil, a qual possibilitou a percolação de fluidos responsáveis por alteração hidrotermal.

3.2.5 - Formação Camarinha

Esta Formação foi descrita inicialmente por MURATORI et al. (1968) como uma seqüência de sedimentos dobrados não metamórficos, de rochas sedimentares clásticas de cor castanho escuro passando a avermelhado, compostas predominantemente por siltitos com importantes intercalações de conglomerados polimíticos. Nessa unidade é observada a presença de estratificação gradacional, tanto nos siltitos quanto nos conglomerados.

As relações de contato com as unidades mais antigas é por discordância angular e a idade desta formação não é bem conhecida, embora se proponha uma idade Cambriana ou Eo-Cambriana limitada entre 600 M.a.

Os litotipos dessa unidade encontram-se posicionados no extremo oeste da área de estudo. As litologias presentes nesse contexto incluem sedimentos detríticos representados basicamente por arenitos arcoseanos impuros, siltitos (PScs), argilitos e conglomerados.

3.2.6 - Básicas Intrusivas

3.2.6.1 - Diques Básicos (JKd)

Intrusivos e posteriores à toda tectônica pré-cambriana, apresentam-se como diques de direção noroeste entre 50° e 60°, com larguras variadas chegando por vezes a algumas dezenas de metros e com extensões até quilométricas. Incluem entre seus litotipos o dolerito, diorito, diorito pórfiro e quartzo diorito. Os primeiros correspondem a rochas melanocráticas cinza-escuras e de granulação fina. Os de diorito pórfiro possuem as mesmas características descritas, ocorrendo mais raramente, mas com uma maior espessura, chegando por vezes a mais de uma centena de metros. Acrescenta-se a estes, a presença de megacristais centimétricos de plagioclásio em meio à matriz fina, textura esta bastante ressaltada na forma de vazios, quando este litotipo apresenta-se mais alterado.

Integram a área de estudo na forma de verdadeiros enxames de diques, desde Campo Magro até Bocaiúva do Sul, centrados no domínio do chamado Arco de Ponta Grossa, gerados no Evento Sul-Atlântico, de idades Mesozóicas.

3.2.7 - Formação Guabirotuba

Apresenta-se exposta predominantemente próximo dos limites sul da área de estudo, notadamente no município de Curitiba. Possui um eixo maior com direção aproximada N45°E. Seu relevo compreende colinas suavemente arredondadas, algumas vezes tabuliformes, com cotas entre 900 e 950m. Os dados de sondagens (BIGARELLA & SALAMUNI, 1962) indicam espessuras máximas de 60m.

O padrão de drenagem associado a esta unidade é bastante distinto daquele do Embasamento, sendo freqüentemente marcado por drenagens de 3ª ordem, grosso modo, retilíneas, estruturalmente desorganizadas e com raras drenagens de ordem superior àquelas de 4ª ordem. Esse padrão é fortemente influenciado por importante horizonte superior de solo orgânico, de cor negra/cinza-escuro e mais poroso que os sedimentos argilosos que predominam na bacia.

Segundo BIGARELLA & SALAMUNI (1962) esta unidade possui como seus depósitos mais antigos, argilitos sem estratificação aparente ou com acamamento incipiente, ocorrendo ainda, lentes descontínuas de arcóseos ou arenitos arcosianos de espessura variável. Ao se referir a esses sedimentos na área de estudo, LOPES et al. (1965) indicam a predominância de sedimentos argilo-arenosos anquimetamórficos, com argilitos cinza-esverdeados (quando frescos) a verde ou avermelhados quando alterados, geralmente sem estratificação.

Ocorre ao longo do limite sul da área do projeto e distribuídas na forma de ilhas isoladas, desde Bocaiúva do Sul até Campo Largo, onde observa-se uma distribuição equitativa entre os sedimentos argilosos e os francamente arenosos arcosianos (QPg), conglomeráticos cascalheiras (QPgc), via de regra com contatos bruscos entre si.

Os argilitos são maciços, estratificados em camadas com espessuras que variam entre 1 a 5 m, com colorações cinza esverdeados e por vezes com nódulos arredondados a elipsóides de matéria orgânica.

Os conglomerados são na maioria suportados por uma matriz silte argilosa. Em outras situações, a matriz é constituída ou por arenito grosso arcosiano ou argilito esverdeado. Os seixos são subangulosos a subarredondados, com 2 a 5 cm, sendo constituídos por quartzo predominante, e de

modo subordinado, filitos, quartzitos, feldspatos e de forma mais restrita, com rochas do embasamento. Na região de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul ocorrem ortoconglomerados em sua maioria ortoquartzíticos, com gradação normal, estrutura plano-paralela horizontal e com matriz de areia fina/silte.

A presença desses litotipos nesta região levou BIGARELLA & SALAMUNI (1962) a indicar uma provável posição de borda de bacia para esses sedimentos.

A análise dos perfis realizados permite inferir uma deposição de sedimentos associada a leques aluviais coalescentes, tanto lateral como verticalmente, com pequena continuidade lateral dos litotipos. A presença freqüente de impregnações calcíferas sob a forma de nódulos ou camadas irregulares e mesmo a existência de solos laterizados na Interfícies Embasamento Formação Guabirotuba (BIGARELLA & SALAMUNI, 1962) seriam indicações da vigência de clima semi-árido à época do início da deposição dos níveis mais basais dessa Formação. Esses autores indicam ainda que durante a vigência do clima semi-árido haveria a desagregação de regolito desenvolvido durante a vigência de condições climáticas mais úmidas. Essa mudança climática seria responsável pela remoção desse manto de intemperismo, que seria transportado durante os períodos de chuvas mais intensas, sob a forma de fluxos de lama.

A Formação tem sua idade atribuída por alguns autores ao limite do Plio-Pleistoceno. COIMBRA et al. (1996) propõem uma nova Formação (Formação Piraquara) superior à Formação Guabirota, com contatos bruscos a transicionais, estratificação plano-paralela horizontal, com granodecrescência de areias e argilas, marcas de raízes e cores avermelhadas a esbranquiçadas. São pacotes delgados, 3 a 5m, em testemunhos isolados no topo de colinas, sendo talvez essa a razão para não apresentarem a cartografia da unidade. Indicam, também, que a deposição desta unidade ter-se-ia dado em ambiente fluvial meandrante, com argilas de planície de inundação intercaladas a areias de rompimento de diques marginais.

3.2.7.1 - Depósitos Aluvionares (Qha) e Sedimentos Indiferenciados (Tqsi)

Distribuem-se por toda a superfície da área de estudo, tanto nos domínios sedimentares da Formação Guabirota, bem como sobre os demais litotipos metamorfizados. Ocupam as planícies aluvionares das drenagens e seus afluentes, da porção norte da bacia hidrográfica do rio Iguaçu e possuem como área de maior expressão o próprio início deste rio, a leste da cidade de Curitiba.

Constituem depósitos de sedimentos inconsolidados, constituídos por argilas, siltes areias, cascalhos e argilas turfosas de idade holocênica, não ultrapassando 6m de espessura.

KAEFER et al. (1991) realizaram 424 sondagens tipo trado, nas várzeas do rio Iguaçu e de seus afluentes principais, excluídas as áreas urbanas.

As análises granulométricas indicam uma classe dominante de 0,6 a 0,3mm (areia média-fina) e maior que 4,8mm (seixo) em 415 análises e, em 553 amostras, a análise obtida para queima a temperaturas superiores a 950°C indicaram que mais de 90% das amostras apresentaram resultados positivos para utilização em cerâmica (estrutural, branca e refratária).

BIGARELLA et al. (1965) assinalaram a presença marcante de estratificações cruzadas acanaladas, relacionadas a canais anastomosados formados durante a fase climática seca. Esses mesmos autores apontam uma seqüência de tipos de depósitos diferenciados: os depósitos de cascalhos mais antigos, em contato erosivo sobre o assoalho da bacia; os depósitos arenosos sobrejacentes, formados no surgimento dos canais anastomosados, com estratificação cruzada acanalada predominante, com lâminas de camadas argilosas na porção superior, e os depósitos arenosos de canais meandantes e de enchentes e os colúvios muito localizados, interdigitando-se com sedimentos das várzeas.

Embora de forma mais restrita, em algumas regiões ocorrem sedimentos indiferenciados, os quais sugerem retrabalhamento de sedimentos aluviais e ou de material de alteração do próprio substrato. Caracterizam-se como superfícies aplainadas, semelhantes aos depósitos aluvionares, sendo que uma ocorrência com certa expressão é observada na área ocupada pela cidade de Bocaiúva do Sul. O fato da inexistência de uma rede de drenagem de porte expressivo para sua formação induz sua separação ou distinção dos demais depósitos aluvionares.

3.3.1 - Introdução

Os esforços compressivos que ocorrem na crosta terrestre, que imprimem e deixam registro de uma deformação significativa em um pacote litológico, geralmente são de amplitudes continentais. Portanto para uma ideal compreensão de um modelo estrutural que deformou um conjunto de rochas, faz-se necessário proceder uma análise mais regional, desta forma transcendendo-se os limites da área alvo de estudo. Essa visualização regional começa a fazer sentido cartográfico quando estruturas expressivas são cartografadas em escalas a partir de 1:50.000 ou menores.

Na região oeste, norte e nordeste circunvizinha da cidade de Curitiba ocorrem unidades geológicas denominadas de Cinturão Ribeira (HASUI et al., 1975), o qual é composto entre outros, pelos Grupo Açungui, Grupo Setuva e Complexo Gnáissico Migmatítico, além dos granitos intrusivos.

A deformação presente nestas rochas apresenta registros de desenvolvimento de corpos rochosos deformados por dobramentos, quando em um regime mais dúctil, e por falhamentos quando em regime rúptil. Estes últimos, são caracterizados por planos ou superfícies que podem variar desde verticais até sub-horizontais e com direções variadas.

Existem diversos modelos tectônicos concebidos para explicar a evolução desses movimentos superimpostos nas rochas da região de estudo. Os modelos tectônicos propostos por FIORI (1990, 1992, 1994), apresentam um seqüenciamento da deformação, que se inicia a partir de falhas de baixo ângulo, tipo cavalgamentos, de provável sentido noroeste-sudeste a oeste-leste, passando, ao final, para acomodação dos últimos pulsos de movimentação sob a forma de zonas de cisalhamento transcorrentes, notadamente dextrais.

A estruturação mais preservada na área é reflexo da deformação relacionada ao Ciclo Brasileiro, responsável pela forte orientação nordeste das foliações e estruturas maiores cartografadas, tendo como reflexo final um expressivo cinturão de cisalhamento transcorrente. Essa deformação foi responsável por retrometamorfismo nas rochas do embasamento, re-orientação extensiva de foliações anteriores (de idades provavelmente paleoproterozóicas, no caso do Complexo Atuba), e pelo desenvolvimento de foliações em condições compatíveis com a fácies xisto-verde, zona da sericita.

Segundo FIORI (1994), as rochas Pré-Cambrianas do Grupo Açungui sofreram três sistemas deformacionais. O mais antigo é caracterizado por cavalgamentos e denominado Sistema de Cavalgamento Açungui; o segundo sistema refere-se a um generalizado dobramento das estruturas anteriormente formadas, e foi denominado Sistema de Dobramento Apiaí; e o terceiro, diz respeito a uma tectônica transcorrente, denominado Sistema de Transcorrência Lancinha.

O primeiro evento deformacional apresenta estilo estrutural compatível com uma tectônica de cavalgamento. Durante a evolução deste evento várias estruturas foram geradas, no entanto, nem todas ao mesmo tempo, sendo que algumas das estruturas mais jovens apresentam-se interferindo sobre outras mais antigas.

O segundo, caracterizado por um forte dobramento que gerou dobras assimétricas e simétricas com o eixo orientado para NE/SW e sendo, normalmente, o caimento para sudeste, com baixo ângulo de caimento. A vergência regional para essas rochas Pré-Cambrianas é para SE (FIORI et al., 1987). Essas estruturas possivelmente foram geradas por esforços compressoriais NW/SE numa fase deformacional.

O terceiro evento deformacional refere-se a um grande sistema de transcorrência, estando a ele associado a diversas falhas antitéticas, sintéticas e dobras escalonadas. As estruturas associadas evidenciam, pelo seu arranjo geométrico em relação à falha principal, uma movimentação lateral direita.

Segundo trabalhos de FIORI (1990, 1992, 1994), reconheceram-se zonas de cisalhamento de caráter oblíquo/cavalgamento e zonas de cisalhamento transcorrentes predominantemente dextrais, ocasião em que estas estruturas foram definidas e denominadas, conforme a Tabela 3.02.

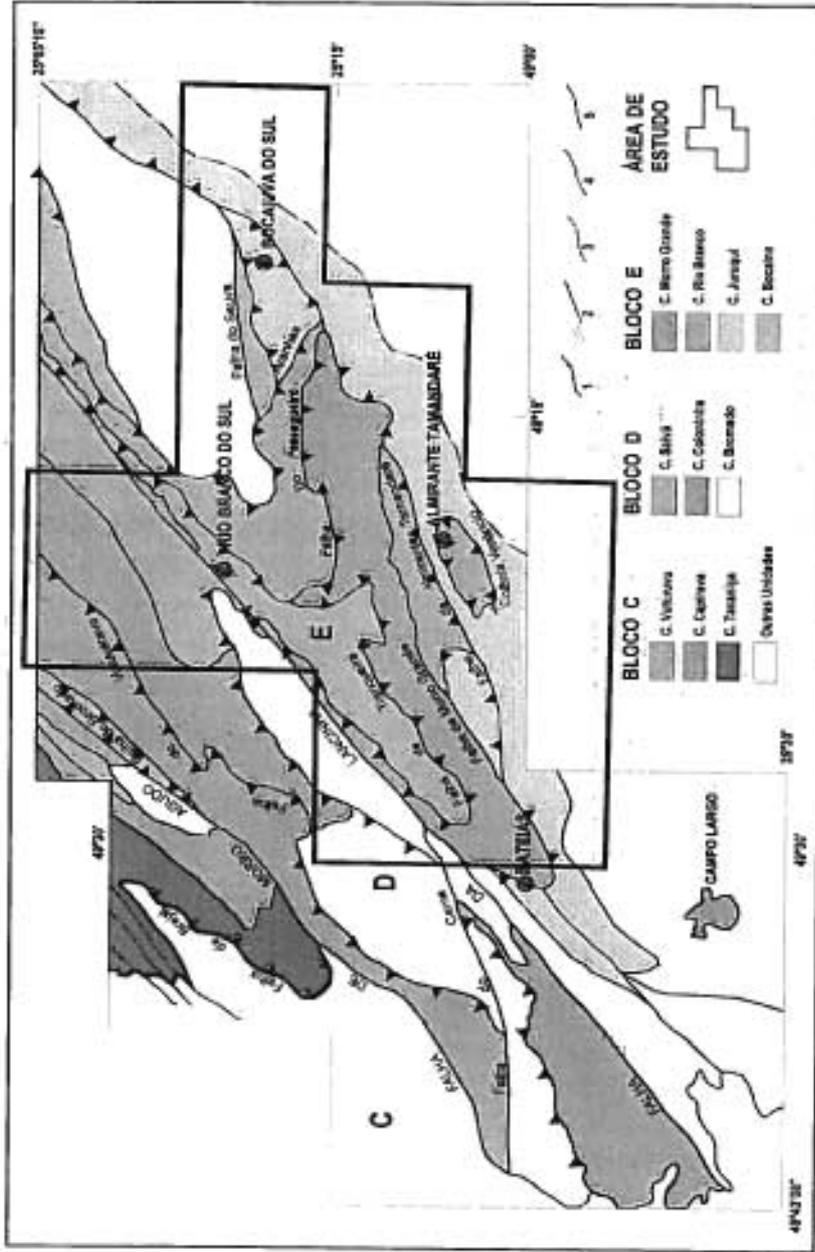
Tabela 3.02 - Zonas de Cisalhamento e Tipo de Falhamentos

Zona de Cisalhamento	Tipo de Falhamentos
Colônia Venâncio	Cavalgamento
Almirante Tamandaré	Cavalgamento
Morro Grande	Cavalgamento
Tranqueira	Cavalgamento
Pessegueiro	Cavalgamento
Aranhas	Cavalgamento
Setuva	Cavalgamento
Betara	Cavalgamento
Votuverava	Cavalgamento
Bromado	Cavalgamento

Fonte: FIORI, 1994

Baseando-se em distintas características geológicas (comportamentos geológicos, estruturas maiores presentes, comportamento geofísico, entre outras), dividiu-se a área da folha em quatro domínios (I, II, III e IV, de sudeste para noroeste, respectivamente), sendo limitados pelas principais zonas de cisalhamento transcorrentes presentes na área .

Figura 3.01 - Distribuição geográfica dos conjuntos litológicos pertencentes ao Grupo Açungui.



Fonte: SILVA, P.C.S., 1999 – Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Curitiba, Folha SG.22-X-D-I, escala 1:100.000, CPRM.
Nota: C, D, E representam blocos tectônicos separados pelas falhas do Morro Agudo e da Lancinha. 1) Falhas de Cavalgamento, com mergulho indicado pelos pequenos triângulos; 2) Falhas Transcorrentes com sentido de movimento indicado; 3) Limite aproximado entre o Embasamento Cristalino e o Grupo Açungui; 4) Contato entre conjuntos litológicos; 5) Falhas Normais

3.3.2 - Estruturas de Falhas da Região

As grandes falhas presentes na área e denominadas como da Lancinha, do Antiforme do Setuva, entre outras, causaram uma compartimentação tectônica com importantes reflexos nas espessuras e nos empilhamentos estratigráficos das rochas afetadas. Entende-se por compartimento tectônico, o conjunto de rochas situadas entre duas grandes falhas, quer sejam de empurrão ou transcorrente.

A compartimentação tectônica, no entanto, é de dois tipos diferentes, como blocos separados por falhas transcorrentes, e blocos ou rochas separados por falhas de empurrão. Estes últimos são também conhecidos como "*nappes*", os quais podem ou não envolver dobras recumbentes a escala regional.

Existem dois grandes sistemas de falhamentos, o mais antigo refere-se a grandes falhamentos de empurrão, ou zonas de cisalhamento de baixo ângulo, que causaram uma primeira compartimentação e um imbricamento das litologias das Formações Capiçu e Votuverava. O mais novo refere-se a grandes falhamentos transcorrentes que causaram uma nova compartimentação tectônica na área.

A falha transcorrente mais expressiva é a da Lancinha, que causa uma importante compartimentação da área. É a mais conhecida, por limitar as litologias da Formação Capiçu ao sul, e a Formação Votuverava ao norte, também separados como blocos E e D (Figura 3.01).

As falhas de empurrão que se encontram no bloco E, foram denominadas por Falha do Antiforme do Setuva, Falha do Morro Grande, Falha de Almirante Tamandaré, Falha do Queimadinho, Falhas das Aranhas e Falha do Chopim, limitando blocos tectônicos de tamanhos e formas diversificadas que foram denominados como bloco I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X. Estes blocos evidenciam uma compartimentação e conseqüentemente um difícil e complicado entendimento da estratigrafia da área.

Diversas estruturas antiformais e sinformais encontram-se alojadas no bloco E, limitadas por falhas de empurrão e recebem as seguintes denominações: Antiforme do Setuva, Sinforme do Morro Grande, Sinforme de Colombo, Sinforme da Cachoeirinha, Sinforme de Almirante Tamandaré e Sinforme de Campo Magro.

As falhas de empurrão que se encontram no bloco D, são conhecidas como: Falhas do Brejal, da Chacrinha, do Votuverava, do Bromado, do Betara, dos Laras, do Ouro Fino e da Boa Vista. Estas falhas limitam blocos tectônicos também de tamanhos e formas diferentes como no bloco E, e são conhecidos como: blocos ID, IID, IIID, IVD, VD, VID, VIID, VIID e IXD.

Diversas estruturas antiformes encontram-se alojadas no bloco D: Antiformes do Rio do Salto, do Rio Votuverava, do Núcleo Betara e do Cerne.

Pelo menos três fases de deformação ocorreram nas Formações Capiru e Votuverava:

1ª Fase: relaciona-se a uma tectônica de empurrão, correspondente a "shear belt" ou zona de cisalhamento de baixo ângulo. Suas principais estruturas a nível mesoscópico são: foliação S1 paralela a S0, dobras D1 com flancos falhados (dobras falhas). A nível macroscópico suas principais estruturas são as falhas de empurrão e algumas estruturas sinformais.

2ª Fase: é representada por um generalizado dobramento de So e Si com dobras D2, podendo ser identificados tanto a nível mesoscópico como a nível macroscópico. Estas dobras variam em perfil desde abertas à fechadas, tendo eixo axial com direção generalizada NE-SW e com caimento com ângulos inferiores a 30°. Parece haver um predomínio de mergulhos dos eixos destas dobras para o quadrante SW.

3ª Fase: é representada pelas grandes falhas transcorrentes e suas estruturas associadas. Neste contexto inclui-se falhas sintéticas e antitéticas, falhas de empurrão associadas à Falha da Lancinha. As falhas antitéticas caracterizam-se, no campo, por uma clivagem de fraturas de direção NW paralelas a direção dos diques de diabásio, as falhas sintéticas por lineamentos de direção E-W, e as falhas de empurrão, de traçados curvo e de dimensões relativamente reduzidas.

O modelo de deformação compatível com as estruturas relacionadas à primeira fase é condizente com um sistema duplex. O duplex é uma estrutura imbricada, limitada acima e abaixo por falhas de empurrão principais, e com blocos internos ou "horses", separados por falhas de empurrão secundárias. A Falha do Antiforme do Setuva é vista como uma falha de empurrão principal, situada na sola do duplex que contém a Formação Capiru. Exemplos de falhas secundárias que limitam "horses" dentro do duplex são as falhas do Sinforme do Morro Grande, de Almirante Tamandaré, das Aranhas, do Chopim e do Queimadinho.

3.3.3 - Estruturas de Dobras da Região

Bloco Tectônico E

Neste bloco tectônico, ocorrem diversas estruturas, dentre as mais importantes citam-se o Antiforme do Setuva e os Sinformes do Morro Grande, de Colombo, Cachoeira, Almirante Tamandaré e de Campo Magro, situados nos blocos III, IV e VI.

- *Antiforme do Setuva* – é delimitado pela falha do Antiforme do Setuva em sua maior parte e pela falha do Queimadinho a norte. Forma um amplo "V", com o fechamento voltado para sudoeste, sendo constituído por uma faixa mais externa de xistos e por um núcleo de gnaisses e migmatitos. Essa estrutura é facilmente identificável na carta geológica ou em fotografia aérea, devido ao contraste em termos de resistência à erosão entre suas litologias e a dos metacarbonatos situados à sua volta. Apresenta um traço axial de direção aproximada N60E, com eixo mergulhando para sudoeste, o que configura seu caráter antiformal.

Deve-se ressaltar que o Antiforme do Setuva é desenhado por planos da foliação S1 em diferentes posições espaciais. Dessa forma, a estrutura é vista como uma segunda fase de deformação,

afetando S1, gerada em uma primeira fase. Como os planos de S1 demonstram um forte estiramento mineral, aliado ao fato de se intensificarem em uma zona relativamente estreita, devem ter-se formado por processo de cisalhamento simples, mais compatível com falhamentos do que em posição plano axial de dobras da primeira fase. Neste caso, a primeira fase de deformação deve ter causado uma série de falhamentos; como existem planos de S1 horizontais ou sub-horizontais, as falhas devem ter sido originalmente de baixos ângulos, ou seja, falhas de empurrão. A segunda fase de dobramentos, que deu origem ao Antiforme do Setuva.

- *Sinforme do Morro Grande* – situa-se no bloco tectônico II, e tem seu flanco sul truncado pela falha do Morro Grande. Forma um amplo V, com o fechamento voltado para leste, sendo constituído por filitos e camadas de quartzito, pela sua elevada resistência ao intemperismo, permitem a delimitações com relativa facilidade dessa estrutura, a partir de fotografias aéreas. Em sua zona periclinal, ocorre um nível de metacalcário cinza, que quando aflorante evidencia antigo acamamento sedimentar. Grande parte deste nível de metacalcário encontra-se coberto por uma espessa camada de argila, formando um relevo rebaixado ou planície cárstica. O Sinforme Morro Grande representa um plano axial suavemente curvo, de sua metade leste, tem direção aproximada E-W, enquanto a sua metade oeste tem direção N60E. O eixo mergulha para sudoeste, no sentido da abertura do "V", caracterizando assim uma estrutura sinformal. O truncamento de seu flanco sul pela falha do Morro Grande é bem evidenciado, especialmente pelas camadas de quartzitos, a norte-nordeste da Cidade de Colombo.

O Sinforme do Morro Grande é uma estrutura de aparência relativamente simples quando observada através de carta geológica ou fotografias aéreas. No entanto é uma estrutura relativamente complexa, visto tratar-se de uma grande dobra-falha fechada ou uma isoclinal, com plano axial voltado para sul e vergência para noroeste. É uma dobra gerada na primeira fase de deformação, tendo sido afetada por eventos posteriores. A foliação S2 não se dispõe em posição plano axial dessa sinforme, uma vez que trunca a ambos os flancos. Pela relação angular de S0 e S2, o Sinforme do Morro Grande situa-se no flanco de uma megaestrutura antiformal.

- *Sinforme de Colombo* – Esta sinforme está situada nas proximidades da parte média do Bloco IV, a noroeste da cidade de Colombo. Apresenta uma forma em V, com fechamento voltado para leste. Seus flancos são praticamente paralelos em mapa fazendo supor tratar-se de uma dobra cerrada a isoclinal, ou então com eixo sub-horizontal. O Sinforme de Colombo é observável em fotografia aérea, caracterizado por uma camada de filitos com intercalações de quartzitos, estes mais resistentes, incluída em um banco de metacalcário coberto por espessa camada silteco argilosa formada por depósitos recentes. Esse depósito origina uma zona homóloga de relevo rebaixado, também conhecido como planície cárstica. Esta sinforme tem um traço axial de direção aproximadamente E-W, infletindo para a direção NE-SW. Em sua parte média apresenta-se truncado por uma falha de direção noroeste, a qual provoca um deslocamento de pequena amplitude com sentido horário.
- *Sinforme da Cachoeirinha* – situa-se no Bloco Tectônico VI, encontra-se bordejando a Falha do Antiforme do Setuva, apresentando uma forma em "V", com o fechamento voltado para leste. É

uma estrutura desenhada por uma camada mais resistente de quartzito, com intercalações de filito, parcialmente truncado pela falha do Antiforme do Setuva. No seu interior ocorre uma camada de metacalcário coberta por um depósito silítico argiloso com espessura métrica, representando uma área deprimida caracterizada como planície cárstica. Apresenta plano axial suavemente curvo variando de N65E na metade oeste para N85W no restante de seu traçado.

- *Sinforme de Almirante Tamandaré* - situa-se imediatamente a sul da localidade homônima, dentro do Bloco V. Seus flancos são relativamente curtos, terminando a sudoeste de Almirante Tamandaré, o que pode indicar tratar-se de uma estrutura complexa, lembrando uma dobra sem raiz.

O Sinforme de Almirante Tamandaré é evidenciado em fotografias aéreas por uma camada mais resistente de filitos com intercalações de quartzito, bordejando um núcleo central de metacalcários cinza, coberto em sua grande maioria por uma camada argilosa espessa. Forma uma área deprimida, conhecida como planície cárstica. Tem um traço axial curvo, a exemplo dos demais infletindo-se de uma direção N65E, em sua porção mais sudoeste para uma direção aproximadamente E-W a sul de Almirante Tamandaré. Trata-se de uma dobra isoclinal cujo eixo estatístico tem atitude S60W/10°, bastante semelhante ao Sinforme de Colombo.

- *Sinforme de Campo Magro* - situada no Bloco Tectônico VI, tendo a cidade homônima inserida em seu interior. Tem plano axial curvo N50E na sua parte NE, passando para N30E na sua extremidade SE. Trata-se de uma isoclinal com flancos mergulhando para NW. É evidenciada por camadas mais resistentes de filitos com intercalações de quartzitos, as quais formam faixas estiradas intercaladas com metacalcários que estão em quase a sua totalidade encobertos por uma camada de argila, caracterizando áreas deprimidas com aspecto de planície cárstica.
- *Estrutura de Santa Rita* – situa-se no Bloco Tectônico VI, é um sinforme que apresenta os traços axiais dispendo-se segundo direção aproximadamente E-W. Como os demais, apresenta-se também suavemente encurvado, passando na parte mais oeste para a direção N70E. Esta estrutura encontra-se relativamente bem evidenciada em fotografia aérea, por ser desenhada por um nível de rochas mais resistentes, compostas predominantemente por filitos com intercalações de quartzitos. Apresenta também uma zona de relevo rebaixado, composta por metacalcário coberto por uma camada de argila, que forma depósitos recentes comparáveis a Formação Guabirotuba.

Bloco Tectônico D –

- *Antiforme do Rio Votuverava* – este antiforme situa-se a norte de Rio Branco do Sul e é desenhado por uma lente de metacalcário calcítico que se alarga bastante em sua zona apical,

estendendo-se para sudoeste. No seu núcleo um nível de filito, que como o metacalcário calcítico pertence à Formação Votuverava. As formas típicas de relevo do mármore, com abundantes dolinas, em contraste com as formas de relevo dos filitos permitem a delimitação dessa estrutura com relativa facilidade a partir de fotografias aéreas.

O Antiforme do Rio Votuverava é uma isoclinal assimétrica e apresenta um traço axial irregular, algo encurvado. No entanto, apresenta uma direção geral nordeste, paralelizando-se com a Falha da Lancinha. Suas litologias apresentam uma foliação S1 disposta paralelamente ao antigo acamamento sedimentar, feição esta mais facilmente verificável nos filitos.

- *Núcleo Betara* – sob esta denominação, entende-se um núcleo aflorante de rochas atribuíveis ao Grupo Setuva, ocorrente ao norte da Falha da Lancinha, estendendo-se desde Rio Branco do Sul, na direção sudeste até Ouro Fino. O Núcleo tem uma forma grosseiramente triangular, sendo limitado a norte pela Falha Betara e a sul pela Falha da Lancinha. Litologicamente é composto por xistos, quartzitos, rochas metabásicas, gnaisses e formações ferríferas. Pelo menos duas fases de deformação acham-se presentes nesse núcleo. A primeira fase é representada por dobras isoclinais com transposição associada, gerando uma xistosidade (S1), disposta paralelamente ao antigo acamamento sedimentar (S0). A segunda fase é menos intensa, gerando uma crenulação que transpõe em alguns locais a S1 e S0.

4 - MATERIAIS INCONSOLIDADOS

4.1 - INTRODUÇÃO

ZUQUETTE (1987 e 1993) apresentou propostas para uma metodologia de mapeamento geotécnico dirigido ao uso e ocupação do solo, aplicável às condições brasileiras. A MINEROPAR adaptou a metodologia às condições locais e utilizou-a nos mapeamentos geológicos-geotécnicos que realizou em convênio com a COMEC entre 1997 e 1999 (Áreas 3 e 4, 1997 e 1999).

Para estabelecer os critérios-padrão na definição das características geotécnicas, a MINEROPAR utilizou uma sistemática de medição dos parâmetros geotécnicos do terreno, relacionada com os efeitos do intemperismo sobre as formações geológicas. Desenvolveu também uma nomenclatura para a classificação da cobertura residual e sedimentar, levando em conta a gênese geológica dos materiais, tendo em vista diferenciar a descrição dos solos em termos geológico-geotécnicos da tradicional classificação pedológica. O objetivo era poder generalizar as características geotécnicas, obtidas nos testes sobre formações típicas, para outros locais de geologia e geomorfologia similar, fora da área estudada, com um mínimo de apoio de campo.

Nesse trabalho a MINEROPAR firmou uma metodologia de estudo geotécnico de solos sob ponto de vista geológico, introduzindo o conceito de **materiais inconsolidados**, definidos como "resultantes do intemperismo das rochas da região, além dos solos no sentido pedológico".

Uma vez definido o conceito e a metodologia, tornou-se possível produzir mapas de materiais inconsolidados, baseados no conhecimento do processo de origem dos materiais, na natureza da rocha original, a textura, as características do material inconsolidado (cor, argilo-mineral, espessura, nível de alteração e presença de matacões) e o perfil típico de alteração para cada unidade litológica descrita.

O Convênio MINEROPAR – COMEC realizou em 1997-1999 o mapeamento dos materiais inconsolidados nas cartas A098, A100, A101 e A103 na escala 1:20.000.

O presente estudo estendeu esse trabalho às folhas A089, A090, A093, A096 e A098, ao mesmo tempo que reprocessou o levantamento anterior da MINEROPAR, para atualizá-lo em relação às alterações da geologia efetuadas durante o presente projeto.

Apresentam-se a seguir as metodologias da MINEROPAR, utilizadas no presente trabalho.

4.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS

A MINEROPAR (1997 e 1999) adotou na descrição dos materiais inconsolidados a seguinte classificação de solos:

Solo hidromórfico: Sob esta denominação estão compreendidos solos mal drenados ou muito mal drenados, regidos pela influência da água em função do relevo e do material originário.

Solo transportado (colúvio): Solo com fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas, devido a ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes das rochas ou solos subjacentes.

Solo residual maduro: Solo desenvolvido no local da própria alteração da rocha (*in situ*), evoluído pedogeneticamente (horizonte B, latossolo), com laterização, concentração de sesquióxidos de ferro e alumínio, lixiviação de bases, eventualmente formação de crostas duras.

Solo residual jovem: Solo desenvolvido no local da própria alteração da rocha (*in situ*), pouco evoluído, início do processo pedogenético, com estrutura incipiente da rocha original, eventualmente argilas expansivas.

Saprólito: Primeiro nível de alteração do solo a partir da rocha, máximo grau de alteração da rocha, heterogêneo, estrutura original da rocha preservada, podendo ou não conter blocos e matacões de rocha alterada ou sã.

4.3 - RELAÇÃO ENTRE OS MATERIAIS INCONSOLIDADOS E A GEOLOGIA

Os elementos incluídos na classificação anterior foram relacionados com as formações geológicas da área, permitindo a separação de diversos tipos superficiais de materiais inconsolidados característicos, que indicamos a seguir:

- Solos argilosos hidromórficos ou com abundante matéria orgânica, sobre sedimentos aluvionares, terraços aluvionares, planícies cársticas ou áreas alagadiças sobre sedimentos da Formação Guabirota.
- Solos argilosos residuais, com inclusões de solos transportados, sobre sedimentos da Formação Guabirota.
- Solos residuais argilosos com abundantes matacões, associados a freqüentes franjas de colúvio, formados sobre diques de diabásio.

- Solos rasos, litólicos, residuais, com inclusões de solos transportados, desenvolvidos sobre siltitos ou conglomerados da Formação Camarinha.
- Solos rasos, litólicos, com blocos e matações e afloramentos de rochas, formados sobre quartzitos.
- Solos residuais rasos, com inclusões de solos transportados, formados sobre seqüências de metapelitos, metarritmitos e filitos.
- Solos residuais e/ou transportados sobre rochas graníticas.
- Solos residuais vermelhos formados sobre metacalcários dolomíticos.
- Solos transportados, com grandes espessuras, localmente superiores a 30 m, argilosos a argilo-arenosos, com níveis rudáceos, incluindo abundantes fragmentos de metapelitos e quartzitos. São encontrados em grande extensão sobre os baixos topográficos desenvolvidos sobre seqüências carbonatadas da Formação Capiçu. Localmente se interdigitam com solos residuais de alteração de metacarbonatos. Esta unidade de materiais inconsolidados pode ser considerada como uma unidade geológica distinta, ainda não descrita (OLIVEIRA, 1997). Provavelmente os sedimentos se acumularam em condições climáticas diversas da atual. Grande parte das áreas rebaixadas da Formação Capiçu ladeadas por encostas de altas declividades representaram bacias de sedimentação recente, provavelmente de idade Terciário-Quaternária.
- Solos residuais com inclusões de solos transportados, siltico-arenosos e argilosos, desenvolvidos sobre saprólito de rochas gnáissico-migmatítica .

4.4 - DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Para definição física dos materiais inconsolidados foram realizadas pela MINEROPAR, em amostras de perfis típicos, uma seqüência de determinações envolvendo as seguintes características:

- Cor
- Textura
- Composição
- Umidade
- Porosidade
- Permeabilidade
- Limite de consistência líquida
- Limite de consistência plástica
- SPT (teste de penetração padrão)
- Erodibilidade

4.5 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS EM FUNÇÃO DA SUA RELAÇÃO COM A GEOLOGIA

4.5.1 - Solos hidromórficos sobre aluviões, Formação Guabirotuba e planícies cársticas

Ocorrem associados às áreas de fundo de vale e terraços aluvionares. Também foram encontrados em áreas alagadiças na Formação Guabirotuba e sobre planícies cársticas, neste caso sem os níveis arenosos e cascalhos. O lençol freático nesta unidade é inferior a 2 m, podendo estar aflorante nas planícies cársticas. Tem como perfil típico

- Solo orgânico de cor negra, por vezes turfoso, textura argilosa, poroso, baixa permeabilidade, mole a muito mole, plástico. A espessura varia de 1 a 2 m, com resistência à penetração (SPT) muito baixa.
- Argila intermediária, cinza escura, plástica, mole a muito mole, porosa, baixa permeabilidade. Espessura em torno de 1 m, com resistência à penetração baixa a muito baixa.
- Areia fina a grossa e/ou cascalhos fofos, por vezes compactos, permeabilidade média a elevada, com espessuras inferiores a 1 m. Ocorrem sotopostos e interdigitados com as argilas intermediárias. Nas áreas de planícies cársticas e sobre zonas alagadiças da Formação Guabirotuba, este nível pode estar ausente.

4.5.2 - Solos residuais com inclusões de solos transportados sobre a Formação Guabirotuba

Esta unidade é constituída de solos residuais (maduro e jovem, horizonte B, sedimentos argilosos e arenosos), com inclusões de solos transportados (colúvios), não delimitados nos mapas devido a pequena espessura e falta de continuidade lateral. Estes solos são facilmente identificados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos ("stone line"). Além disso o solo transportado (colúvio), apresenta cores escuras (preto, marrom) e espessuras inferiores a 1,5 m, enquanto o solo residual (maduro ou jovem), cor predominante avermelhada e espessuras que variam de 0,5 a 3 m, conforme a posição da vertente (normalmente são mais rasos na meia encosta). Intercalam-se níveis lenticulares de arcósios, conglomerados e cascalhos, com espessuras de até 3 m, que sustentam a topografia local devido a sua maior resistência ao intemperismo. Os dados de espessuras máximas da Formação Guabirotuba obtidos na área, indicam valores até 34 m, incluindo os níveis de solo, argilas e arcósios.

O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado (colúvio), argilo-arenoso, poroso, de cor marrom escura a negra, espessura inferior a 1,5 m, baixa resistência à penetração. A partir de uma amostra os parâmetros indicam textura argilosa, massa específica dos sólidos de cerca de $2,80 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima em torno de 29 %. Limites de consistência de 60 e 37 % (liquidez e plasticidade). Apresenta capacidade de troca de cátions de 10 cmol/kg para a argila e 5,5 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de adsorção do azul de metileno, permeabilidade média a baixa (10^{-6} cm/s) e erodibilidade baixa.
- Linha de seixos de quartzo com espessuras centimétricas ("stone line").
- Solo residual maduro, textura argilosa, com estrutura maciça, argilo-mineral predominante caulinita (1:1), e em menor proporção illita e gibbsita. Comumente se observam níveis centimétricos de laterita. A espessura varia de 0,5 a 3 m. A permeabilidade é média a baixa (10^{-5} a 10^{-6} cm/s), resistência à penetração baixa a média. Apresenta capacidade de troca de cátions < 10 cmol/kg para a argila e < 5 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de adsorção do azul de metileno. Apresenta massa específica dos sólidos de cerca de $2,70 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima em torno de 28 - 30 %, LL e LP = 60/40. A erodibilidade deste material em talude não é elevada, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores E maiores que 1.
- Solo inferior, residual, jovem (saprólito), não laterítico, de cor variegada, vermelha a violácea, contendo grãos de quartzo e feldspatos alterados. Mostram baixa permeabilidade, consistência baixa a média, com argila de alta atividade - esmectita (2:1), expansiva e retrativa. Os cátions trocáveis são predominantemente bivalentes Ca^{+2} e Mg^{+2} (limita expansão e força). São comuns o empastilhamento e trincas de retração. A espessura é variável, de 2 a 5 m.
- Argila de cor cinza esverdeada, por vezes variegada, contendo grãos de quartzo e feldspatos alterados, textura predominantemente argilosa a muito argilosa, por vezes média a siltosa, permeabilidade média a baixa (10^{-6} cm/s). O argilo-mineral predominante é a esmectita (2:1) e em menor proporção illita (2:1) e caulinita (1:1). As espessuras variam de 1 a mais de 10 m. São características desta argila o empastilhamento e trincas profundas em forma conchoidal, propiciando a instalação de processos erosivos. Os limites de consistência são maiores ou iguais a 70 % (liquidez) e maiores ou iguais a 25 % (plasticidade). Os valores A_{cb} (adsorção de azul de metileno da fração argila) e SE (superfície específica) indicam uma alta reatividade. Apresenta massa específica dos sólidos de cerca de $2,75 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima em torno de 30 %. No entanto, esta argila possui umidade natural acima da umidade ótima de compactação, em alguns

casos superior a 14 %, como na área da fábrica de automóveis Renault. A resistência à penetração deste material é gradual, de média a alta. A erodibilidade em talude é muito elevada, conforme observado no campo e por meio de ensaios de permeabilidade que apresentam valores de E menores que 1.

- Arcósios de cor avermelhada ou variegada, lenticulares, textura média a grossa, com porcentagem variável de finos (esmectita, illita 2:1) e com massa específica dos sólidos $\geq 2,70$ g/cm³ e umidade ótima de compactação de 10 a 20 %. Os minerais da fração areia grossa a fina são constituídos de quartzo, feldspatos e caulim (alteração dos feldspatos). Apresentam permeabilidade média a alta (10^{-4} - 10^{-3} cm/s). O ensaio de adsorção do azul de metileno indica capacidade de troca de cátions < 20 cmol/kg para a fração argilosa e < 5 para o arcósio. Os limites de consistência são de cerca de 40 (liquidez) e 25 % (plasticidade). A resistência à penetração é alta. A erodibilidade deste material observada em talude e por meio do teste de erodibilidade é baixa.

4.5.3 - Solos transportados/colúvios

São considerados solos transportados os solos depositados fora do local de sua formação, incluindo solos coluvionares ou desenvolvidos sobre depósitos de talus ou pé-de-monte. Neste relatório também incluem os sedimentos inconsolidados que recobrem a unidades carbonáticas, mencionados na geologia da área.

Os solos transportados encontram-se principalmente nas baixadas carbonáticas (áreas rebaixadas associadas aos metacarbonatos), recobrimo metacalcários dolomíticos. Apresentam cores variegadas, com tons avermelhados, amarelos e castanhos. Localmente observam-se vários níveis de "stone line" de quartzo ou de metapelitos, indicando episódios recorrentes de deposição. Nas baixadas carbonáticas os solos transportados apresentam espessuras de mais de 35 metros, conforme verificado em poços tubulares executados pela SANEPAR.

Estes solos possuem textura siltosa a argilosa, embora algumas variações possam ocorrer com textura siltosa e média. Mostram porosidade alta (52,21%) e permeabilidade alta (10^{-3} cm/s). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1). A resistência a penetração (SPT) é média a alta. Limite de liquidez e plasticidade com valores de 65 e 42 % respectivamente. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam que a reatividade desta argila é média sendo menor que 12 cmol/kg para a argila e < 5 cmol/kg para o solo. A massa específica dos sólidos situa-se em torno de 2,8 g/cm³, com umidade ótima de 36 %. O material não é erodível, com baixa perda por imersão.

4.5.4 - Solos residuais sobre diabásios, com matacões, associados a franjas de colúvio

Estes solos têm sua origem relacionada aos processos de decomposição das intrusivas básicas e transporte destes materiais. Ocorrem ao longo de cristas de topo achatado com vertentes íngremes e convexas, bem visíveis em fotografias aéreas, principalmente nas áreas rebaixadas de ocorrência de rochas carbonáticas quando ressaltam na topografia. Formam faixas de alguns quilômetros de comprimento por algumas dezenas de metros de largura. Quando associados a franjas de colúvio chegam a atingir larguras da ordem de centenas de metros. Esses materiais englobam fragmentos e blocos arredondados de rocha mostrando decomposição esferoidal.

O perfil típico destes solos compreende:

- Solo transportado de cor amarronzada a castanho avermelhado, matriz argilosa envolvendo blocos e matacões de diabásio, dispostos transversalmente à crista (franjas de colúvio).
- Solo residual maduro, argiloso, de cor castanha clara a avermelhada, com espessuras inferiores a 3 m. Textura argilosa a siltosa, massa específica dos sólidos de $2,80 \text{ g/cm}^3$, porosidade alta, permeabilidade baixa (10^{-5} cm/s), argilo-mineral predominante caulinita (1:1). O ensaio de adsorção do azul de metileno indica capacidade de troca de cátions $> 16 \text{ cmol/kg}$ para a fração argilosa e > 6 para o solo. Os limites de consistência são de cerca de 55 (liquidez) e 45 % (plasticidade). O material apresenta comportamento erodível, conforme ensaio.
- Saprólito de cor avermelhada pardacenta ou variegada, textura siltosa por vezes média, espessura superior a 5m, com presença de matacões arredondados com vários diâmetros. O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1). A porosidade é alta (65,8%) e permeabilidade baixa (10^{-4} cm/s). Resistência à penetração (SPT) média a alta. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor de V_b médio $0,82 \text{ g/100g}$, prevendo-se um comportamento laterítico. Os valores médios de $A_{cb} = 9,86 \text{ g/100g}$ e SE variando de 69,5 a $445,4 \text{ m}^2/\text{g}$, indicam que a reatividade desta argila varia de baixa a alta. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de $1,4 \text{ g/cm}^3$ com umidade ótima de 33,4%. A massa específica de campo situa-se em torno de $1,02 \text{ g/cm}^3$, LL e LP = 52,6/41,6, respectivamente. A erodibilidade deste material em talude é média a baixa, conforme observado no campo e no teste de erodibilidade que apresentou valor médio de E maior que 1.

4.5.5 - Solos Residuais e/ou Transportados sobre siltitos e conglomerados da Formação Camarinha

Estes solos são rasos, residuais com inclusões de solos transportados, com abundantes blocos e matações de siltitos e conglomerados. De forma similar aos demais tipos, ocorrem inclusões de solos transportados, de pequena espessura. Sobre esta unidade foi obtida apenas uma amostra, indicando textura siltosa, massa específica de sólidos igual a $2,80 \text{ g/cm}^3$, limites de consistência de 45 % (liquidez) e 30 % (plasticidade). Ensaio de capacidade de troca de cátions indicou valores = 15 cmol/kg para a argila e < 5 cmol/kg para o solo. A permeabilidade é alta (10^{-3}) e o comportamento é erodível.

4.5.6 - Solos sobre Rochas Quartzíticas

Esta unidade apresenta solos pouco desenvolvidos, predominando rocha alterada em relação ao solo propriamente dito. Sua ocorrência está restrita à área de exposição dos quartzitos, normalmente nas cristas dos morros, onde são comuns matações de diversos tamanhos e lajes de rocha fresca. Apresentam cores esbranquiçadas a amareladas, granulação finas, por vezes, friáveis. Não foram obtidos parâmetros geotécnicos dos materiais inconsolidados relacionados.

4.5.7 - Solos residuais de metapelitos com inclusões de solos transportados

Sob esta denominação estão incluídos os solos residuais de filitos, metargilitos, metassiltitos, metarritmitos e xistos, com inclusões de solos transportados. O perfil típico compreende:

- Solo transportado (colúvio), siltico-arenoso, poroso, de cor marrom escura a negra, espessura inferior a 1 m, baixa resistência à penetração. A partir de uma amostra os parâmetros indicaram textura siltosa a argilosa, massa específica dos sólidos de cerca de $2,70 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima em torno de 28 %. Limites de consistência de 50 e 35 % (liquidez e plasticidade). Apresenta capacidade de troca de cátions < 10 cmol/kg para a argila e < 5 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de adsorção do azul de metileno, permeabilidade média a baixa (10^{-5} cm/s) e erodibilidade baixa.

- Solo residual maduro, por vezes jovem, de cor castanha clara a amarelada, espessura inferior a 1 m. Apresenta textura siltosa, porosidade alta (50%), permeabilidade baixa a muito baixa (10^{-3} e 10^{-8} cm/s), com argilo-mineral predominante: caulinita (1:1). O ensaio de adsorção do azul de metileno uma baixa atividade desta argila. A erodibilidade desse material é baixa, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores de E médio maior que 1, embora em uma amostra o valor de E é inferior a 1 (erosivo). A resistência à penetração (SPT) é baixa.
- Saprólito de coloração vermelha a amarelada, apresentando forte bandamento, com inclinações variando de 30° a 90° . A espessura é variável de 3m a mais de 10m. A textura é siltosa, predominantemente, por vezes média, com argilo-mineral caulinita (1:1). A Porosidade alta e permeabilidade média a baixa (10^{-6} cm/s). Limite de liquidez e plasticidade com valores de 40 e 36 % respectivamente. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam que a reatividade desta argila varia de média a alta, sendo maior que 20 cmol/kg para a argila e < 10 cmol/kg para o solo. A massa específica dos sólidos situa-se em torno de $2,8 \text{ g/cm}^3$, com umidade ótima de 27 %. O material tende a ser erodível, com perda média por imersão.

4.5.8 - Solos Residuais e/ou Transportados sobre Gnaisses e Migmatitos

Esta unidade é constituída predominantemente de solos residuais (maduro ou jovem e saprólito), com inclusões de solos transportados (colúvios), separados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos que é a base dos solos transportados.

O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado (colúvio) argilo-arenoso, poroso, de cor castanha clara a amarela, com espessuras inferiores a 1,0m, marcados por um pavimento basal de seixos de quartzo subangulosos, com espessuras centimétricas e resistência à penetração (SPT) baixa.
- Solo maduro (quando homogêneo-horizonte B) ou jovem (quando ainda é possível verificar algumas características da rocha original), espessura inferior a 1,0m, textura argilosa, cor castanha clara a amarela, argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e gibbsita. A resistência à penetração e a permeabilidade são baixas.

- Saprolito apresentando cores róseas, vermelhas, castanhas e amareladas, textura siltosa a média, com estruturas da rocha original (bandamento, micas, veios de quartzo, etc). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e em menores proporções a illita (2:1). A espessura é variável desde alguns metros até mais de uma dezena de metros. Permeabilidade baixa (10^{-4} cm/s), resistência à penetração baixa a média. Os ensaios de absorção do azul de metileno indicam um valor médio de $V_b = 1.16$ g/100g, prevendo-se um comportamento laterítico. Os valores A_{cb} médio de 9,86g/100g e SE variando de 69,5 a 445,4 m^2 /g indicam que a reatividade desta argila varia de baixa a alta. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de 1,6 g/cm^3 com umidade ótima em torno de 21%. A massa específica de campo situa-se em torno de 1,32 g/cm^3 . A erodibilidade, observada no respectivo teste, apresenta valores de E inferiores a 1, indicando um alto potencial a erosão.

4.5.9 - Solos Residuais e/ou Transportados sobre rochas Graníticas

Esta unidade é constituída predominantemente de solos residuais (maduro ou jovem e saprolito), com inclusões de solos transportados (colúvios), separados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos que é a base dos solos transportados.

O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado (colúvio) argilo-arenoso, poroso, de cor castanha clara a amarela, com espessuras inferiores a 1,0m, marcados por um pavimento basal de seixos de quartzo subangulosos, com espessuras centimétricas e resistência à penetração (SPT) baixa.
- Solo maduro (quando homogêneo-horizonte B) ou jovem (quando ainda é possível verificar algumas características da rocha original), espessura inferior a 1,0m, textura argilosa, cor castanha clara a amarela, argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e gibbsita. A resistência à penetração e a permeabilidade são baixas.
- Saprolito apresentando cores róseas, vermelhas, castanhas e amareladas, textura siltosa a média, com estruturas da rocha original (bandamento, micas, veios de quartzo, etc). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e em menores proporções a illita (2:1). A espessura é variável desde alguns metros até mais de uma dezena de metros. Permeabilidade baixa (10^{-4} cm/s), resistência à penetração baixa a média. Os ensaios de absorção do azul de metileno indicam um valor médio de $V_b = 1.16$ g / 100g, prevendo-se um comportamento laterítico. Os

valores A_{cb} médio de 9,86g/100g e SE variando de 69,5 a 445,4 m^2/g indicam que a reatividade desta argila varia de baixa a alta. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de 1,6 g/cm^3 com umidade ótima em torno de 21%. A massa específica de campo situa-se em torno de 1,32 g/cm^3 . A erodibilidade, observada no respectivo teste, apresenta valores de E inferiores a 1, indicando um alto potencial a erosão.

4.5.10 - Solos Residuais de Metacalcários dolomíticos

- Esta unidade é constituída de solo maduro ou jovem de cor vermelha (*terra rossa*), amarela, por vezes variegada, contendo concentrações de sílica (semelhante a areia fina, sacaróide, friável), proveniente da dissolução de rocha carbonática (principalmente metadolomito e, secundariamente, metacalcários).
- Este solo apresenta transição direta com o metadolomito. Nas pedreiras existentes na área podem-se observar reentrâncias irregulares em forma de "v" no topo rochoso, produto da dissolução cárstica, preenchidas pelo solo acima citado, com espessuras variando de 0,5 a mais de 20,0m.

A textura é argilosa a muito argilosa, com argilo-mineral predominante caulinita (1:1). Apresenta alta porosidade (50,5%), permeabilidade média a baixa ($10^{-3}cm/s$) e resistência à penetração variável de baixa a média. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor médio de $V_b = 1,10g/100g$, prevendo-se um comportamento laterítico. Os valores de A_{cb} variando de 1,97 a 5,76g/100g e SE de 48,4 a 140,9 m^2/g indicam que a reatividade desta argila é baixa. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de 1,5 g/cm^3 com umidade ótima em torno de 24,1%. A massa específica de campo situa-se em torno de 1,37 g/cm^3 . Os resultados dos testes revelam erodibilidade baixa a alta, por por vezes apresentando valores de E menores que 1 (erosiva).

Para ilustração dos conceitos e classificação dos materiais inconsolidados, a seguir são reproduzidas fotografias (Fotografias 01 a 12) com aspectos dos materiais inconsolidados característicos da região, descritos anteriormente, obtidas a partir da reprodução das fotografias dos relatórios da MINEROPAR (Área 3, 1997).



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 01

Aspecto dos cascalhos da Formação Guabirota, que ocorrem nas partes altas do relevo, sustentando a topografia local.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 02

Nível de arcósios de granulação grossa recobrendo argilas da Formação Guabirota.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 03

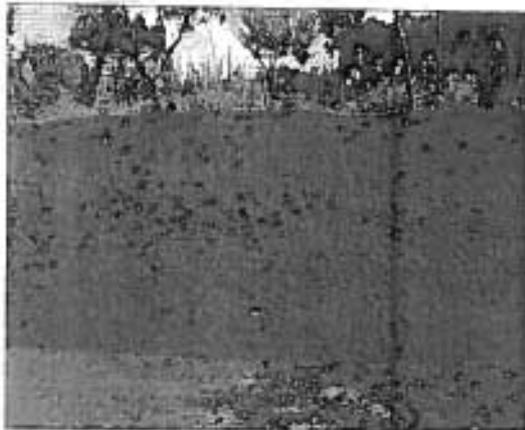
Perfil de solo desenvolvido sobre migmatitos, mostrando saprólito recoberto por material transportado. Notar a existência de "stone lines" entre as unidades. Região do Complexo gnáissico-migmatítico, a norte de Curitiba.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 04

Metassedimentos ritmicos, fortemente bandados, recobertos por solo raso, predominantemente residual. Na base, saprólito de rochas metapelíticas da Formação Capiru.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 05

Perfil de solo residual maduro desenvolvido sobre diabásios, com abundantes blocos com esfoliação esferoidal.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 06

Afloramento de rochas quartzíticas na forma de blocos e matacões. Nesta unidade o solo é pouco desenvolvido, lítico, ou formando-se pavimentos rochosos.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 07

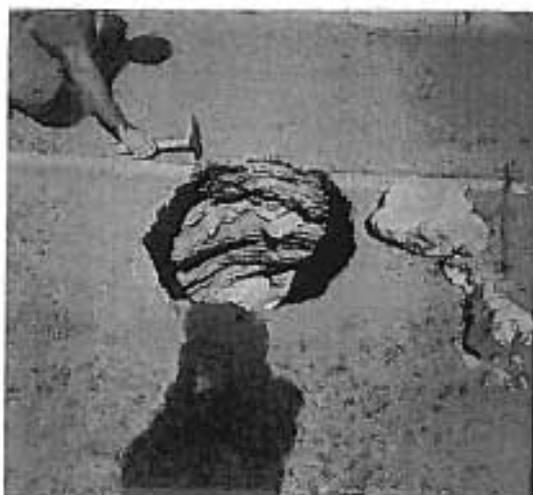
Solo residual maduro originado a partir da dissolução de rochas carbonáticas. Notar as reentrâncias em forma de "V" do topo rochoso em função da dissolução do calcário.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 08

Aspecto dos solos transportados intercalados com sedimentos depositados em fluxo de detritos, associados às planícies kársticas (baixos topográficos). Notar a presença de linhas de seixos ("stone lines"), denotando diferentes episódios de deposição.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 09

Cavidade originada por colapso em meio ao pavimento da rodovia que liga Colombo a Almirante Tamandaré, indicativo do substrato calcário e dos riscos geológicos de colapsos e afundamentos kársticos.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 10

Depósito de pneus e resíduos tóxicos (resinas de poliéster), em pedreira desativada, potencializando os riscos de contaminação do manancial cárstico. Os referidos materiais são queimados indevidamente nos fornos de cal.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 11

Exemplo de disposição inadequada de resíduos, lixo doméstico e esgoto em dolina. Notar a ocupação indevida sobre terrenos sujeitos a subsidências de solo, além da potencialização da contaminação dos mananciais da região.



Fonte: MINEROPAR, 1997

Fotografia 12

Cemitério instalado sobre planície cárstica, na localidade de Tranqueira; com possibilidade de contaminação das águas subterrâneas.

5 - DECLIVIDADES

5.1 - INTRODUÇÃO

A análise das declividades topográficas foi efetuada através do respectivo mapeamento, com base no mapa topográfico planialtimétrico, destinando-se a acentuar e delimitar a intensidade dos gradientes topográficos. Possui considerável gama de aplicações em análise espacial, tanto empregado isoladamente ou em conjunção com outros temas.

A utilização isolada do mapa de declividades ocorre principalmente na seleção de locais para construção de instalações industriais que exigem gradientes suaves ou então para seleção de áreas sobre as quais incidem restrições de relevo para uso e ocupação do solo.

O uso do mapa de declividades ocorre com maior frequência em conjunto com outros parâmetros espaciais. No presente projeto vários temas estão intrinsecamente associados às características de declividade do terreno: o uso e ocupação do solo, a geomorfologia, o estudo da aptidão das terras e a confecção do mapa de adequabilidade ao uso e ocupação do solo. No primeiro o cruzamento das características do uso e ocupação com a declividade, define as zonas impróprias para ocupação em termos da inclinação do terreno; no segundo caso, a sobreposição da declividade com dados geológicos e ambientais contribui fundamentalmente para a definição de unidades geomorfológicas; no terceiro caso – o do estudo de aptidão agrícola dos solos – a análise do relacionamento da declividade com a geologia, pedologia, cobertura vegetal e outros fatores, forma a base da definição das unidades de aptidão agrícola dos solos; finalmente, a adequabilidade para o uso e ocupação, um conceito mais amplo, resulta do cruzamento, com pesos adequados, da declividade com geologia e com as características geológico-geotécnicas dos materiais inconsolidados.

5.2 - METODOLOGIA

Na fase inicial do projeto foi confeccionada a carta planialtimétrica digital da região, na escala 1:20.000, com base nos dados da COMEC na escala 1:10.000. A partir da carta planialtimétrica digital obteve-se o correspondente modelo digital do terreno. Na preparação do mapa de declividades lançou-se sobre o modelo digital do terreno uma malha constituída por linhas no sentido E-W e N-S, formando células de 20m. Em cada interseção dessas linhas foram determinadas as derivadas da cota altimétrica no sentido E-W e N-S. Em seguida calculou-se a resultante vetorial destas derivadas, cujo valor absoluto foi utilizado para obter a declividade em cada interseção das linhas em termos de porcentagem. A malha de valores de declividades foi então usada para a confecção dos mapas de declividade por interpolação com *spline* bicúbica. Uma sub-rotina de agregação de valores, dentro de classes de declividades especificadas, permite a confecção de mapas de classes de declividade como o apresentado no projeto.

5.3 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE DECLIVIDADE NA REGIÃO

A análise da distribuição dos valores de declividade na área do projeto (Tabela 5.01) revelou os seguintes resultados:

Tabela 5.01 - Classes de Declividades

Declividade por Classe (em %)	Porcentagem da Região Coberta pela Classe
0 – 5	7,71
5 – 10	18,88
10 – 20	38,52
20 – 30	20,82
30 – 45	11,49
> 45	2,58

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech



Figura 5.01 - Braço da BR-476
Autor: Consórcio Procel / Earth Tech



Figura 5.03 - BR-476
Autor: Consórcio Procel / Earth Tech



Figura 5.04 - Município de Colombo
Autor: Consórcio Procel / Earth Tech

Observa-se que em relação à área do projeto como um todo, a classe predominante de declividades ocorre na faixa de 10 – 20% (Figura 5.02), refletindo a predominância de um relevo ondulado. Comparando os valores para cada lado dessa faixa mediana, verifica-se que existem mais áreas de grande declividade (34,89% de áreas acima de 20% de declividade – Figuras 5.03 e 5.04) do que áreas de relevo suave (26,59% de áreas abaixo de 10% de declividade – Figura 5.01), o que é, aliás, claramente perceptível pela observação local da região.

As regiões onde se concentram áreas de alta declividade ocorrem a norte e leste de Rio Branco do Sul, a leste de Bocaiúva do Sul e a norte de Campo Magro. Nas restantes áreas os valores elevados de declividade são observados principalmente em faixas lineares acompanhando a estrutura geológica da região, correspondentes às cristas de filitos e quartzitos da Formação Capiru.

A distribuição da declividade por folha cartográfica 1:20.000 confirma a observação anterior, conforme detalhada na Tabela 5.02 a seguir.

Tabela 5.02 - Distribuição da Declividade por Folha 1:20.000

Folha	Municípios Incluídos	Classes de Declividade (%)					
		0 - 5%	5 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 45%	> 45%
A089	Rio Branco do Sul	0,45	3,11	19,26	28,31	34,34	14,54
A090	Itaperuçu e Rio Branco do Sul	6,08	16,96	40,15	22,81	11,53	2,48
A093	Rio Branco do Sul e Bocaiúva do Sul	3,51	12,48	37,57	28,22	16,01	2,22
A96	Bocaiúva do Sul	4,28	15,45	49,57	24,91	5,61	0,17
A097	Campo Magro	2,24	9,92	35,14	31,31	18,71	2,67
A098	Campo Largo e Campo Magro	13,46	28,83	42,23	11,62	3,55	0,32
A100	Almirante Tamandaré	9,95	19,97	38,54	21,51	9,44	0,59
A101	Campo Magro, Alm. Tamandaré, Curitiba	18,55	34,38	39,69	6,68	0,70	0,00
A103	Colombo	10,95	27,83	44,45	12,79	3,78	0,20
TOTAL		7,71	18,88	38,52	20,82	11,49	2,58

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

Nesse quadro observa-se que a distribuição percentual das declividades da folha A089, correspondendo à maior parte do Município de Rio Branco do Sul, tem os maiores percentuais na faixa entre 30 e 45%. Em contrapartida o percentual das regiões planas deste município são exíguas, constituindo apenas 0,45% da área da folha.

No pólo oposto a folha A101, que abrange os municípios de Campo Magro, Almirante Tamandaré e Curitiba, no limite sul da parte central do projeto, é caracterizada por exibir 97% das declividades abaixo da faixa dos 20% de inclinação. Predominam aqui zonas planas ou de baixa declividade, sendo que cerca de 52% da área da folha encontra-se na faixa de declividades abaixo de 10%.

As restantes folhas mostram valores variáveis tanto de zonas planas como de zonas de maior declividade, mas em todas elas observa-se que os maiores percentuais das áreas correspondem a declividades entre 10 e 20%.

5.4 - CORRELAÇÃO ENTRE A DECLIVIDADE E A GEOLOGIA

Como acontece geralmente, a distribuição das declividades na área do projeto reflete a geologia da região. Mencionam-se em termos gerais algumas das zonas de maior interesse.

Ao longo do limite sul da área observa-se uma extensa região de relevo plano a suave, com declividades predominantemente inferiores a 10%, entremeadas com zonas de 10 a 20%, estendendo-se imediatamente a sul de Campo Magro, de Almirante Tamandaré, de Colombo e terminando a SE de Bocaiúva do Sul. A distribuição desta zona coincide com a ocorrência de rochas do Embasamento Cristalino, cujo limite com a Formação Capiru segue um alinhamento SWW-NEE. Dentro da área ocorrem também extensões da Formação Guabirota que contribuem para as mais extensas áreas planas da unidade.

A região apresenta-se adequada para ocupação urbana, até à linha da Zona de Influência Indireta no Karst, definida pelos divisores de drenagem.

No centro da área de projeto, desenvolve-se, também na direção SWW-NEE, a Formação Capiru, onde se observa um relevo mais variado, provocado pela intercalação, nas rochas carbonáticas, de quartzitos e filitos. Estes últimos apresentam-se, destacados da superfície mais plana dos metacalcários dolomíticos, em forma de cristas e elevações lineares de alta declividade, alinhadas ao longo da tendência estrutural da região. As áreas planas a suavemente onduladas (<10%) da Formação Capiru estendem-se desde Campo Magro a Bocaiúva do Sul, passando por Almirante Tamandaré e Colombo. São frequentemente rodeadas de amplas zonas de declividade entre 10 e 20%, além de ocasionalmente se encontrarem encaixadas entre as cristas de quartzitos e filitos (declividade de 20 a 45%). Na medida em que os dolomitos desta faixa da Formação Capiru progridem para ENE, ou seja a nordeste de Colombo, as superfícies planas de baixa declividade perdem a sua predominância, que passa a ser assumida por largas áreas de declividade entre 10 e 20%, provavelmente relacionadas com filitos. Esta feição passa a ser a mais freqüente a nordeste de Bocaiúva do Sul. É de registrar que ao longo da faixa agora mencionada ocorrem sempre alinhamentos de alta declividade, associados aos quartzitos e outras rochas mais resistentes ao intemperismo, mas que ocupam áreas muito menores que as das classes 0 a 20%. O estudo de outros temas no projeto aponta para esta unidade como especialmente adequada para recarga e captação de água subterrânea, pelo que deve ser protegida de adensamento demográfico.

Ainda dentro da Formação Capiru, mas cerca de 4 quilômetros para norte da faixa de metacalcários que passam em Almirante Tamandaré, desenvolve-se outra faixa de metacalcários, mas de maior largura e de características geológicas e geomorfológicas ligeiramente diferentes. O mesmo acontece em relação às classes de declividade nela ocorrentes. Ao contrário do que acontece com a faixa sul dos metacalcários, nesta zona predominam declividades de 10 a 20%, salpicada de áreas muito pequenas de declividades abaixo de 10%. Trata-se do reflexo de uma situação geológica em que os calcários se apresentam quase aflorantes sob pequena camada de solo residual, em contraste com os calcários da faixa sul que se acham encobertos por camadas de sedimentos que chegam a atingir 50m. No entanto, nesta faixa ocorre próximo de Itaperuçu uma exceção interessante ao seu padrão geral. Ao longo da estrada Colombo – Rio Branco do Sul, numa extensão prolongando-se cerca de 7 quilômetros de Itaperuçu para SE, existe uma faixa de cerca de 2 quilômetros de largura com declividades de 0 a 10%, ou seja, uma área quase plana atravessando o relevo ondulado da unidade. Trata-se de uma zona muito atraente para ocupação urbana, mas que outros estudos neste projeto mostraram ser uma zona de recarga importante, onde será conveniente manter uma baixa densidade demográfica.

Fora esta faixa de Itaperuçu, o resto da unidade possui boas características geotécnicas para ocupação, mantendo-se no entanto as restrições que devem orientar todas as ações na Zona de Influência Direta do Karst.

Além das zonas que foram referidas, vale mencionar as regiões de relevo muito agitado a norte e nordeste de Rio Branco do Sul, relacionadas com os filitos da Formação Votuverava e a maior declividade da área a norte de Campo Magro associada com rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico no limite a noroeste da área.

6 - COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

6.1 - INTRODUÇÃO

A região do Karst e de forma geral toda a região posicionada ao norte de Curitiba, contrasta com as demais áreas do entorno metropolitano pela maior rugosidade do relevo. Somente nos altos da Serra do Mar, já no exterior do denominado 1º Planalto ou Planalto Atlântico, comparecem maiores amplitudes de relevo. Tendo em vista o relevo mais acidentado, inicialmente esta região exerceu um poder atrativo em termos de urbanização relativamente reduzido em relação aos demais setores do entorno. Hoje, as dificuldades impostas pelo relevo vão perdendo parte de sua função de limitar a expansão urbana em face da maior proximidade de Curitiba e ao aumento da infra-estrutura viária, urbana e industrial.

Para um entendimento mais aprofundado do Karst como entidade geográfica e de suas funções, tanto no campo ambiental quanto no uso e ocupação do solo, deve-se atentar para a sua constituição em termos de geologia, relevo, solos e recursos hídricos, considerando que, nos limites das escalas de trabalho selecionadas, os aspectos morfológicos do terreno podem assumir a função de integrar parâmetros relativos a uma série de elementos próprios do meio físico, antrópico e biológico. Os conjuntos assim agrupados modulam a ocupação e o uso destas porções territoriais de forma que destas interações sinteticamente resultam paisagens diferenciadas.

O presente estudo descreve em primeiro lugar a metodologia utilizada na definição da compartimentação geomorfológica da região do projeto, para depois descrever o ambiente geomorfológico da área e apresentar as características das unidades geomorfológicas estabelecidas.

6.2 - METODOLOGIA

A metodologia selecionada para o presente estudo se baseia na identificação e na delimitação cartográfica de unidades e subunidades de relevo, a partir de suas bases geomorfológicas que asseguram um caráter de maior perenidade face às mutações evolutivas do conteúdo biológico e humano da paisagem. As entidades a serem assim definidas devem convergir para reunirem um conjunto interativo de circunstâncias adquirindo o aspecto de unidades equiprobemáticas.

A elaboração de qualquer documento cartográfico pressupõe a expressão de algum tipo de anisotropia ou diferenciação espacial de elementos dispostos sobre a superfície de terreno a ser representada. Assim o conceito inicial de quais tipologias de situações de campo a serem representadas assume fundamental importância.

Este tipo de método de trabalho, que tem suas raízes nas investigações e propostas de von Humboldt, teve aplicações em escala ampla a partir dos levantamentos do CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) da Austrália a exemplo de GALLOWAY et al. (1970). Em seguida, a este tipo de método foi assimilado o conceito de sistema a partir de BERTRAND, que no Ocidente iniciou a aplicação do termo *Geossistema*, (BERTRAND, 1972 e 1974) mais tarde incorporando também o conceito de estabilidade do meio através do balanço pedogênese/morfogênese elaborado por ERHART (ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991). Após isto o método ganhou maior praticidade com os trabalhos de cartografia morfopedológica desenvolvidos pelo GERDAT, propostos em TRICART e KILIAN (1979), que passaram a apresentar um alto grau de aplicabilidade em vários campos das ciências e técnicas ambientais. Vários estudos podem utilizar tipo de classificação do relevo e paisagens (COCHRANE et al. 1985), (MANTOVANI e RICHE, 1983) e na Região Metropolitana de Curitiba tem-se THEODOROVICZ et al. (1999).

A partir dessas considerações iniciais, foi elaborado um mapa de compartimentos geomorfológicos passíveis de exercerem a função de integração acima descrita. A adequação proposta ao método, reside na hierarquização de unidades e subunidades ordenadas preferencialmente desde as partes mais elevadas do relevo até as mais rebaixadas. Esta ordenação de montante para jusante segue a trajetória preferencial da dinâmica de transporte em paisagens não áridas que é orientada no sentido gravitacional. As geoformas são reconhecidas a partir do entendimento que o relevo se organiza em torno de vertentes dinâmicas exercendo a função de escoar os excedentes hídricos e materiais associados. A compartimentação então resultante baseia-se dos seguintes princípios:

- a) A cada uma das unidades litoestruturais interpretadas em parte a partir do mapa geológico, foram atribuídas subdivisões segundo os critérios de forma de relevo, origem evolutiva e morfodinâmica atual;
- b) Considerando que a circulação hídrica em regiões úmidas e subúmidas comanda os processos dinâmicos da evolução natural das paisagens, a rede de drenagem superficial assumiu função ordenadora da classificação de unidades e subunidades cartografadas;
- c) Sendo a circulação hídrica gravitacional responsável pelos processos de erosão, dissolução, alteração e precipitação química, transporte, deposição dos materiais que circulam naturalmente neste tipo de paisagem, as unidades na legenda foram ordenadas no sentido de montante para jusante;

- d) As grandes unidades geoambientais consideradas foram entidades que baseadas no critério litoestrutural condicionam toda uma série de condicionantes do meio incluindo situações microclimáticas, edafoclimáticas e também paisagísticas no sentido de FORMAN e GODRON (1981 e 1986).

O estudo da compartimentação geomorfológica da região do Karst, contou com novos recursos interpretativos, além das usuais cartas geológicas e das cartas plani-altimétricas.

Com a disponibilização das bases cartográficas em 1:20.000 foi possível confeccionar modelos digitais do terreno exibindo claramente as feições geomorfológicas da região. Dependendo das direções estruturais a serem realçadas no estudo, a direção da iluminação dos modelos digitais do terreno pode ser alterada. Aproveitando os novos produtos, foi possível uma análise mais profunda da geomorfologia e compartimentação da região usando o modelo digital tridimensional através dos programas AutoCad e ArcView.

Para o desenvolvimento dos trabalhos foram utilizadas fotos aéreas em diversas escalas, indo desde o 1:70.000 até 1:8.000, e cartas topográficas (COMEC) em cópia papel.

6.3 - GEOMORFOLOGIA REGIONAL

O relevo do Estado do Paraná resulta da interação de sistemas hidrográficos, movimentos epirogênicos acompanhados de movimentação de blocos tectônicos, assim como pela influência de alterações climáticas, e da diferente suscetibilidade do tipo litológico ao intemperismo químico, no caso do Primeiro Planalto Paranaense. Os sistemas hidrográficos e as linhas orográficas principais limitam as paisagens naturais.

O Estado do Paraná, sendo cortado ao norte pelo Trópico de Capricórnio e tendo muitas áreas elevadas a mais de 1.000m de altitude, apresenta grande diversidade em termos de paisagem, distinguindo-se em linhas gerais, cinco grandes regiões naturais: Litoral; a Serra do Mar; o Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba; o Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e o Terceiro Planalto. A divisão destas grandes paisagens está baseada no substrato geológico, nos divisores de água e na posição das escarpas, as quais delimitam as bordas dos planaltos, e são sucedidas por terrenos que declinam suavemente em direção oeste e noroeste (MAACK, 1981). Assim sendo o Paraná possui toda uma série de paisagens com termos de transição entre a zona intertropical e a

subtropical de altitude. Em termos evolutivos se aceita a correlação estabelecida pelo novo Mapa Geológico do Brasil na escala de 1:2.500.000 da CPRM – Serviço Geológico do Brasil de 2001, indicando a contemporaneidade da Formação Guabirotuba com a idade de deposição do Grupo Barreiras no litoral do leste, nordeste e norte do Brasil, ter-se-ia como idade do início de sua deposição, a própria base do Neogeno posterior a 23,5 Ma e anterior a idade de deposição das formações Pariquera-Açu e Pindamonhangaba. Este balizamento seria fundamental para datar os eventos de soerguimento continental e a idade das superfícies de erosão e aplainamento no setor estudado reconhecidas por CANALI (1980). A própria superfície basal do Guabirotuba seria do Neogeno inferior sendo está bem representada na região pela remoção da cobertura sedimentar Guabirotuba, formando então espigões alongados e voltados para o centro da bacia de Curitiba.

Assim sendo, o Paraná possui toda uma série de paisagens com termos de transição entre a zona intertropical e a subtropical de altitude.

6.4 - ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS

6.4.1 - Características Gerais

No contexto do Primeiro Planalto Paranaense, onde está situada a região de interesse, têm-se como sub-regiões: o Planalto de Curitiba, a Zona Montanhosa do Açungui e o Planalto do Maracanã (MAACK, 1981). Nestes, a resistência relativa dos vários termos litológicos, face aos processos erosivos, resulta em grande parte das diferenças altimétricas encontradas e conseqüentemente na rugosidade do relevo atual. Desta forma, as maiores inclinações de vertentes correspondem justamente às zonas de contato entre litologias de resistências muito diferenciadas. Deve ser lembrado que o conceito de resistência aos fatores erosivos, em termos geológicos, se refere tanto aos processos de ablação/transporte/deposição mecânicos quanto aos processos de ordem geoquímica. A “erosão geoquímica” engloba todo o processo de alteração da rocha ou substrato primário quanto à solubilização e lixiviação de elementos através das águas vadasas.

Os divisores de água que delimitam as bacias do Iguaçu e Ribeira no setor de estudo são constituídos de rochas pré-cambrianas parametamórficas, com intrusões de granitos e doleritos. A idade de deposição destas rochas em ambiente de plataforma rasa com gradações para costeiro, correspondente ao Grupo Açungui é atribuída ao Mesoproterozóico (CPRM, 1998), sendo discutida em FASSBINDER et al. (1999) e SOARES et al. (2000). Durante o Ciclo Brasileiro desenvolvido entre 550 e 800 Ma as camadas originalmente sedimentares passaram por três fases de deformação. A maior complexidade estrutural resultante se reflete na dificuldade para a cartografia de compartimentos geomorfológicos.

O relevo torna-se mais movimentado, com vales profundos e espigões alongados, com aspecto geral de relevo montanhoso oscilando entre os modelos apalacheano e jurássico, a partir da linha de contato entre o Complexo Gnaíssico-Migmatítico, cartografado como Complexo Atuba e Complexo Meia Lua na Carta Geológica – Folha Curitiba de 1998 da CPRM. Ambas as formações foram incluídas no Complexo Gnaíssico-Migmatítico no Mapa Geológico deste atual Projeto de Zoneamento do Karst. Este embasamento mais antigo foi formado durante vários ciclos a partir do Transamazônico em 2.100 Ma, evidenciados por várias datações algumas ainda não publicadas (Prof. José M. dos Reis Neto, co-autor da Carta Geológica Folha Curitiba, 1998). Ao norte o gradiente altimétrico se acentua nos domínios da bacia do Ribeira, constituindo as zonas mais entalhadas e dissecadas do Açungui.

A sul e sudeste da grande falha de empurrão que forma os limites entre o Complexo Gnaíssico-Migmatítico e o Grupo Açungui, o relevo apresenta maior homogeneidade, com espigões de interflúvios levemente inclinados para sul, declinando até as grandes extensões planas, correspondentes às várzeas do rio Iguaçu e seus afluentes, tornando-se ondulado em direção norte, tanto mais intenso quanto mais próximo do contato litológico referido. Constitui esta região o Planalto de Curitiba propriamente dito. Esse importante limite, formado pela falha de empurrão supracitada, e ainda não denominada, passa ao sul dos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo. Sua existência é contestada por alguns apesar de diversas evidências de cavalgamento tais como presença de deformações no embasamento nas proximidades do contato a exemplo da Pedreira do Atuba (Prof. José M. dos R. Neto, informação verbal), e conformidade com o estilo tectônico de descolamentos do próprio Grupo Açungui na sua porção meridional.

O relevo ondulado reflete a atuação dos agentes morfogenéticos sobre o substrato migmatítico, mais homogêneo quando considerado em conjunto, além da ordem da centena de metros e os capeamentos argilo-arenosos, provavelmente pliocênicos, da Formação Guabirotuba, predominantes nesta região, correspondendo a 46% da área urbana de Curitiba e arredores. A maior permeabilidade dos terrenos cenozóicos inconsolidados, condicionando rugosidade menor do relevo e baixa densidade de rede hidrográfica, foram fatores que facilitaram a urbanização preferencial sobre a Formação Guabirotuba, ao contrário das áreas do cristalino circundantes.

O Planalto de Maracanã, mais distante se estende a leste da escarpa Devoniana e a oeste das faixas carbonáticas do Açungui, entre Pirai do Sul e Castro, com terras planas e alagadiças, é uma zona isolada e de maior resistência, constituída por quartzito (Serra do Pirai) e morros abaulados de quartzo-pórfiro decomposto, sendo atravessado pelo rio Iapó. Sendo este planalto então externo a área do Projeto.

Quanto ao aspecto morfológico, a zona Montanhosa do Açungui, apresenta relevo enérgico, onde dominam os cabeços de estratos (hogs backs) e espigões, separados por pequenas planícies e vales alongados, com desenvolvimento preferencial, segundo a direção NE- SW.

A energia de relevo é caracterizada por um desnível médio de 80 metros, atingindo um máximo de 200 metros, nas proximidades dos vales mais entalhados. Os desníveis totais se situam entre 1200 e 940m ao sul, e de 1200m até 850m ao norte já em Rio Branco do Sul.

6.4.2 - Relação entre a Geologia e o Relevo

As relações entre geologia/relevo/hidrografia e circulação subterrânea das águas, assumem particular interesse no presente quadro de estudo de impactos ambientais.

A estratégia de estudo das relações entre o relevo e as litologias deve se basear tanto em critérios de fotointerpretação analógica (MELFI et al. 1965) quanto sistemática (SOARES e FIORI, 1976). Além disso, tratando-se de região de complexidade tectono-estrutural dotada de cobertura de alteração geralmente espessa de vários metros e cobertura vegetal densa alterada por fatores antrópicos, os levantamentos de campo se tornam imprescindíveis para qualquer detalhamento geológico ou morfológico.

Nas áreas de filito, os corpos de quartzito marcam o relevo pelo aparecimento de topos alinhados e de fortes rupturas do relevo, evidenciadas pelas vertentes lngremes (erosão lateral acelerada). As ombreiras são pequenas a médias. Os rios ora formam vales encaixados quando atravessam diques ou corpos quartzíticos, ora formam vales abertos nos filitos. A drenagem que aí se instala varia de densa a pouca, chegando a lembrar localmente uma drenagem sobre rochas carbonáticas.

Entretanto, o padrão de filitos não é homogêneo devido às suas diferentes granulações, pois gradam de corpos sercíticos até metarenitos finos, originando rios ora encaixados, ora com um fundo mais amplo. Muitos topos apresentam vegetação campestre devido ao menor desenvolvimento de solos sobre os filitos e quartzitos, rochas quimicamente pobres e bastante estáveis em face da alteração geoquímica. Já os diques de dolerito ao cortarem as faixas de filito, tendem a formar sulcos rebaixados no relevo tendo em vista a menor resistência química desta rocha básica em relação ao quartzito e filito. Estes últimos muitas vezes apresentam característico revestimento vegetal de campos em área de pleno domínio da Floresta Ombrófila Mista.

Quanto ao calcário, o problema se torna mais complexo, pois seus afloramentos se tornam mais nítidos apenas quando se encontram protegidos por quartzitos ou até mesmo por diques de doleritos mais resistentes. Neste caso, os topos de morro são bem realçados e estes são formados de corpos de quartzito, formando vertentes íngremes ou mesmo abruptas. Esta situação tem um exemplo paradigmático, para casos que se repetem em toda a região, no Morro Grande, próximo à Gruta do Bacaetava, na bacia do Alto Capivari, a leste da área estudada.

Sobre setores carstificados das rochas carbonáticas, a presença de sumidouros pode interromper o curso de água superficial. Entretanto, ao contrário do que ocorre nos modelos gerais de Karst, elaborados em áreas que não correspondem ao clima subtropical úmido aqui presente (FRITZSONS et al., 2002), os poljes realmente fechados são raros. A espessa cobertura de alteração e os horizontes pedológicos retardam a infiltração hídrica e quase sempre persiste algum escoamento superficial, constituindo a calha fluvial do riacho Água Comprida ao norte de Colombo, o exemplo mais típico. Em geral o relevo nas rochas carbonáticas é mais suavizado e quase plano.

Os diques de dolerito, de grande resistência mecânica, porém sensíveis à alteração química, também orientam o relevo, denotando os topos alinhados quando cortam os carbonatos, mas não de forma tão marcante quanto no quartzito. Chegam a formar espigões alongados de topo convexo, não havendo o desenvolvimento de cristas. As ombreiras são dispersas, não em grande número e pequenas a médias. Quando cortam filitos e quartzitos, os diques de dolerito geralmente dão lugar ao desenvolvimento de sulcos alongados no relevo, que funcionam como calhas fluviais. Isto se verifica nas áreas menos íngremes e menos sujeitas à erosão mecânica, porém, conforme pode ser verificado através da comparação entre o modelo numérico de terreno, elaborado pelo Projeto e o mapa geológico, quando os diques de dolerito cortam encostas mais escarpadas em filitos, os diques formam saliências no relevo. Estes fatores são de extrema importância para a avaliação das formas cársticas e no reconhecimento de substrato carbonático, pois existem poucos afloramentos naturais de calcários na região.

Enfim, a compartimentação geral do relevo na área de estudo mostra que as bacias hidrográficas se organizam tendo nas suas partes superiores áreas de substrato filítico ou quartzítico, com drenagens que se dirigem até depressões mais amplas formadas sobre rochas carbonáticas, muitas vezes ladeadas por filitos, quartzitos e outras rochas mais resistentes. Este esquema, que se sucede em faixas sucessivas, orientadas ENE-WSW, tem grande importância prática, pois a ocupação do solo, tanto para uso rural quanto urbano, se dá preferencialmente sobre as faixas carbonáticas.

6.4.3 - Compartimentação e Carstificação

O contexto morfológico assim delineado, condiciona uma compartimentação onde se verifica um padrão reticulado losangular, com relevo positivo linear nas direções NW-SE e NE-SW, modificando-se para um relevo negativo, nas áreas interiores à estes. A repetição, de forma homogênea e constante, das direções acima comentadas, corresponde ao padrão principal de evolução do aparelho cárstico na região.

Cada losango constitui uma unidade com características similares as demais, porém com comportamento independente, do ponto de vista hídrico, refletindo as direções estruturais mais freqüentes da área conforme anteriormente comentado.

A exposição dos pacotes carbonáticos, intensamente fraturados em função dos diversos eventos da evolução geotectônica do grupo Açungui, até a exposição às condições de superfície sob clima úmido, estabelecido a partir do período Quaternário, ocasionou nos mesmos, significativos processos de dissolução. Entretanto verifica-se que a carstificação é muito mais intensa na bacia do Ribeira relativamente à dos calcários posicionados na bacia do Iguaçu. Tal fato deve ser atribuído ao maior gradiente topográfico do Ribeira, facilitando a circulação em profundidade das águas subterrâneas e a dissolução dos carbonatos.

A carstificação aliada aos processos erosivos superficiais diferencia de forma drástica o relevo, em comparação com as demais sub-regiões do Primeiro Planalto Paranaense.

Por outro lado, a ampliação acentuada do intemperismo químico, pela susceptibilidade à dissolução apresentada pelos mármores, conduz a uma evolução rápida das formas, incrementando a energia potencial gravitacional associada ao relevo e originando a instabilidade geotécnica da região, a ser abordada de forma mais detalhada na seqüência.

6.4.4 - Formas Cársticas

A região se caracteriza por uma singularidade que praticamente não ocorre de forma extensiva em outra região de urbanização mais intensa no Brasil. Trata-se da presença do Karst, importante feição distintiva da área que implica em circunstâncias ambientais diferenciadas. Assim, complementando o quadro morfológico da região na área de abrangência dos mármores, temos o desenvolvimento das formas cársticas em cujos terrenos, no caso de rochas carbonáticas muito compactas ou metamorfisadas, as formas de absorção da entrada (precipitação) do sistema hidrogeológico são

representadas, principalmente, pelas interseções de descontinuidades tectônicas (juntas e falhas) e pelas formas topográficas cársticas desenvolvidas pela ação da água. FORD & WILLIAMS (1989) designam de cársticas, além das feições formadas pelos processos de dissolução (químicos), aquelas geradas por processos de abatimentos (físicos).

Segundo LLADÓ (1970), as formas cársticas de absorção podem ser classificadas em abertas e fechadas. As formas abertas, entre elas os sumidouros, permitem uma penetração rápida e livre da água para o interior do sistema. Já as formas fechadas, com destaque para as dolinas, uvalas, poljes e vales cegos, apresentam uma absorção lenta da água.

As dolinas constituem uma depressão fechada, de forma circular e com larguras variáveis desde alguns metros até centenas de metros de diâmetro, sendo formas típicas do relevo cárstico. A formação das dolinas ocorre a partir de uma fissura ou de interseção de diaclases ou fraturas. Nestes pontos os fenômenos de dissolução são máximos, podendo dar origem a uma depressão circular ou em forma de funil, que com seu aprofundamento tem origem o abismo ou sima. Neste ponto de dissolução máxima há maior remoção e conseqüente transporte de carbonatos em direção à drenagem subterrânea levando à abertura de um espaço vazio nas rochas, num processo de retroalimentação positiva.

As dolinas variam quanto à sua profundidade e seu diâmetro, sendo que em clima temperado elas tendem a ser mais alargadas e no tropical mais profundas.

Os simas podem apresentar pequena área circular na superfície e se alagar em profundidade num processo de erosão remontante, originando cavernas subterrâneas que, quanto mais próximas à superfície e mais largas podem sofrer colapso ou desabamento.

Há basicamente duas formas de dolinas que são relacionadas à sua gênese: dolinas de dissolução e de subsidência. Segundo KOHLER (1989), na formação do modelo cárstico os processos químicos de corrosão interagem com os processos físicos de abatimento. Portanto, uma dolina de dissolução pode sofrer um abatimento, bem como uma dolina de subsidência pode ter suas bordas suavizadas pelos processos de corrosão.

A coalescência de duas ou mais dolinas gera as uvalas que se destacam por apresentarem formas alongadas. Sua origem representa evolução mais rápida em superfície que em profundidade. A formação de uvalas aumenta a capacidade de absorção da água na região calcária e implica num Karst mais evoluído.

Quanto ao termo poljes ou polia quando no plural, este designa uma planície cárstica ou uma depressão muito grande, resultante da dissolução externa das águas calcárias. O fundo do poljes se apresenta como uma bacia nivelada, coberta por aluviões ou preenchida de *terra rossa* constituindo formas de absorção de água de maior extensão das áreas cársticas. A origem pode ser devido a processos estruturais da rocha assim como processos de corrosão. Nas planícies podem ser encontrados dolinas, sumidouros e mesmo eventuais córregos. Quando o fluxo de água excede sua capacidade de escoamento, os poljes sofrem inundação temporária, originando lagos cársticos efêmeros. Quando se situam próximos às zonas de contato com cristas filíticas e quartzíticas ou com as próprias encostas íngremes carbonáticas, estão presentes fontes e drenagens de pequeno porte (às vezes intermitentes).

Na área em estudo, a presença de metadolomitos intercalados a quartzitos e filitos propiciou o desenvolvimento dessas formas cársticas ao longo de zonas deprimidas no terreno. Entretanto deve ser lembrado que a natureza dolomítica das rochas da Formação Capiu não é tão favorável a carstificação quanto calcários mais calcíticos como é o caso da Formação Água Clara, situada a oeste, fora do setor de estudo.

Estas correspondem praticamente à totalidade das formas cársticas presentes na área, pois as feições típicas de Karst exposto, tais como o laplès e "torres", não ocorrem. Entretanto quando a drenagem de superfície se desenvolve mais no interior destas áreas, chega-se a iniciar de forma incipiente uma drenagem de padrão subdendrítico. Nas áreas carbonáticas evidencia-se a facilidade de interrupção de um curso de um rio por um corpo quartzítico ou por um dique.

6.4.5 - Hidrografia

A rede de drenagem formada pelo conjunto de canais de escoamento hídrico concentrado, rios e córregos, exprime a permeabilidade do terreno e os obstáculos existentes à livre circulação da água, sejam eles naturais ou artificiais.

Os cursos d'água de maior destaque do rio Paraná (rios Paranapanema, Tibagi, Piquiri e Iguçu), são rios antigos, que cruzam as escarpas limítrofes do segundo e terceiro Planalto paranaense, em vales de ruptura (antecedentes). Normalmente as linhas de queda destes rios são rejuvenescidas por meio de levantamentos epirogenéticos (MAACK, 1981).

O fato da área de estudo estar situada entre os interflúvios da Bacia do Prata, representada pela sub-bacia do Alto Iguaçu e do rio Ribeira, confere ao conjunto uma posição de alto topográfico situado quase sempre acima da cota 1000m.

Observa-se claramente que as drenagens são controladas pelo complexo arcabouço litológico-estrutural da região. O padrão de drenagem é complexo devido ao condicionamento morfológico entre as cristas quartzo-fílicas e as lombadas, mais salientes, alongadas NW-SE compostas pelos doleritos (no setor estudado são poucas as evidências de alguma maior diferenciação dos doleritos), com variação local para anastomosado nas porções mais planas de domínio da rocha carbonática.

As chuvas podem apresentar períodos de alta concentração, o que seria favorável para a ocorrência de fortes inundações tendo em vista o caráter montanhoso do relevo, aliado a presença de fundos de vale de fundo plano com pouco gradiente altimétrico para jusante. Isto na verdade não se verifica devido ao caráter cárstico das bacias com sua capacidade de absorver toda uma parte destes picos de concentração pluvial. Esta capacidade poderia ser melhorada por um programa adequado de recomposição da cobertura florestal original no que se refere às matas ciliares ou floresta ombrófila mista aluvial. A vegetação ribeirinha exerce uma importante função de retenção dos fluxos de cheia restabelecendo as condições necessárias a uma maior infiltração ao longo da rede de drenagem.

Esta infiltração pode beneficiar diretamente o aquífero pois a rede hidrográfica está em grande parte ajustada a planos de fraturamento. Neste sentido, a manutenção da vegetação nas encostas íngremes de sul e sudeste constitui um fator a mais para manutenção de umidade no solo nestes sítios de evapotranspiração natural mais reduzida.

O perfil das vertentes apresenta um desenvolvimento onde se acentua o gradiente da mesma na região das cristas compostas por quartzitos e filitos, suavizando na região de afloramento dos mármores.

A densidade de drenagem sobre calcários é baixa, caracterizando boas condições de infiltração e recarga das estruturas de armazenamento subterrâneo, no caso, representada pelas estruturas carstificadas desenvolvidas nos mármores dolomíticos da Formação Capiru.

Os rios e córregos superficiais não são tão raros, principalmente nos locais onde os metadolomitos ocorrem associados aos quartzitos e filitos, pois estes formam um capeamento impermeável que impede a absorção da água.

A formação da rede de drenagem subterrânea ocorre devido à infiltração da água, através de pontos de absorção (diáclases, dolinas, sumidouros, etc.), que promove a dissolução química da rocha carbonática e desenvolve verdadeiros canais ou condutos verticais e horizontais, seguindo os planos estruturais da rocha.

É comum na paisagem cárstica a presença de vales secos, os quais podem conter o traçado de antigos rios que desapareceram. Esse processo de perda da drenagem, geralmente, desenvolve-se cada vez mais à montante. Apesar dos vales mostrarem-se secos em superfície, sob o fundo dos mesmos, por vezes, segundo sua orientação, desenvolvem-se rios subterrâneos.

De maneira geral, na área em estudo, as rochas carbonáticas carstificadas constituem as zonas rebaixadas, circundadas por grandes cristas de filitos e quartzitos, as quais atuam como divisores de água.

6.4.6 - Relação da Drenagem com as Litologias

A drenagem da área apresenta uma grande complexidade de padrões. Embora na pequena escala (1:100.000) o padrão apresente uma forma geral arborescente, ao nível de detalhe os diversos corpos litológicos imprimem padrões locais modulados por sua natureza litológica e orientação estrutural.

Desta forma, sobre áreas de filitos a tendência geral arborescente se verifica até a escala de 1:20.000. Estas áreas apresentam densidade de drenagem variável entre média a alta, dependendo da granulação litológica, pois quanto mais fina, mais impermeável e maior a densidade de drenagem. Este aspecto superficial pode ser utilizado como um dos critérios de mapeamento destas áreas.

Os corpos de quartzito, que aparecem geralmente intercalados entre os filitos, ocupam extensão areal muito menor apesar de chegarem a se alongar por alguns quilômetros formando cristas no relevo. Sua resistência mecânica e química garante posições proeminentes no relevo desde que possuam uma certa extensão areal. Tendo em vista a resistência dessas rochas formadas essencialmente por quartzo, mineral estável, e por sua posição cimeira formando o terço superior de encostas, também apresentam drenagem reduzida, sendo que esta normalmente não ultrapassa elementos de drenagem de segunda ordem.

Nas áreas dominadas por quartzitos, a orientação estrutural destes corpos variando entre NE-SW e E-W, imprimem padrões retangulares e sub-retangulares bem desenvolvidos. Isto é típico para esta área, com forte influência tectônica ou mais precisamente estrutural. Nota-se também uma tendência de uma rede paralela próxima aos corpos de quartzitos, seja no filito, seja no calcário.

Nas áreas carbonáticas, tem-se que densidade de drenagem é reduzida, dada a possibilidade de desenvolvimento de drenagem subterrânea cárstica. Entretanto, quando a drenagem de superfície se desenvolve mais no interior destas áreas, chega-se a iniciar de forma incipiente uma drenagem de padrão subdendrítico. Nas áreas carbonáticas evidencia-se a facilidade de interrupção de um curso de um rio por um corpo quartzítico ou por um dique, formando a montante, áreas de colúvio-aluviais acompanhadas ou não de pequenos banhados. Atualmente muitos banhados foram drenados para aproveitamento agrícola e às vezes até mesmo por construções, eliminando áreas que poderiam funcionar como boas bacias de recarga dos aquíferos.

Quanto aos corpos de dolerito, a espessura delgada dos diques geralmente não permite uma rede de drenagem própria. Entretanto, quando eles cortam corpos calcários formam morrotes ou espigões muito alongados e barram o livre escoamento das águas tanto superficiais quanto subterrâneas. Os diques podem também direcionar a drenagem de alguns corpos de água orientando cursos de água no mesmo sentido dos diques sobre rochas carbonáticas. Sendo ainda mais resistentes que os calcários em relação ao entalhe fluvial, os diques formam barreiras a rede de drenagem condicionando a formação de várzeas alveolares a montante e muitas vezes, quedas d'água situadas diretamente sobre os doleritos. Estes e a presença de dolinas, podem interromper o curso de água superficial. Nota-se ao longo de toda a região cárstica que pequenos rios que se desenvolvem sobre os calcários, remontam suas cabeceiras sobre os diques de dolerito acima situados no relevo. Fazem assim sugerir que diáclases e fraturas que cortam os calcários mesoproterozóicos também cortam os diques jurássicos. Entretanto esse fato deve ser atribuído apenas a erosão remontante, originada nos calcários e que recuou sobre os diques de dolerito, sem que haja uma continuidade estrutural de planos de fratura que atravesse indiscriminadamente calcários e doleritos. Este fato merece ser realçado, pois caso fosse real, evidenciaria uma atuação tectônica rúptil posterior a intrusão dos diques.

Quando estes diques cortam rochas mais resistentes, como filitos mais consolidados, eles apresentam menor resistência relativa do que as encaixantes, servindo de faixas de inserção preferencial de segmentos da rede de drenagem, fazendo aumentar a sua densidade.

Na rede hidrográfica estão presentes rios subseqüentes, quando se direcionam ao lado dos diques e corpos de quartzito, e são superimpostos quando cortam os corpos de quartzitos e diques de dolerito.

6.5 - COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

6.5.1 - Caracterização da Situação Atual dos Compartimentos Geomorfológicos

A ocupação inicial da área se iniciou com o estabelecimento dos primeiros grupos indígenas que sendo caçadores-coletores exerciam modificações na paisagem limitadas a queimadas localizadas. O ambiente predominantemente florestal perdurou até a chegada dos primeiros colonos europeus, que passaram a praticar maiores derrubadas e a prática sistemática de queimadas para fins de agricultura e pastoreio. A valorização da madeira de pinho e a chegada das ferrovias no século XIX levou à erradicação completa das formações florestais primárias, a uma perda de biodiversidade ainda não completamente avaliada e ao aumento da morfodinâmica externa, com processos erosivos ao longo de vertentes, incremento de transporte de sedimentos e assoreamento de concavidades do terreno e várzeas de rios. O estabelecimento da mineração de calcário e a proximidade de Curitiba, ocasionou um grande aumento no consumo de lenha e a substituição da Floresta Ombrófila Mista (FOM) por reflorestamentos rústicos de bracatinga, que de certa forma protegem também o solo de uma maior aceleração nos processos morfodinâmicos. Entretanto a urbanização pouco controlada, o adensamento da rede viária, a prática de aterros e a escarificação de áreas de empréstimo, a grande expansão do setor minerário pouco tecnificado, o aumento da circulação de veículos pesados, e o aproveitamento de águas subterrâneas do sistema cárstico, constituem fatores convergentes a um aumento dos processos superficiais incluindo as condicionantes de subsolo implícitas no sistema.

6.5.2 - Grandes Unidades Geoambientais

Foram reconhecidas na área do projeto seis grandes unidades geoambientais, que se caracterizam em seguida (ver Anexo):

- I. Serranias Alongadas – formadas basicamente por filitos e quartzitos da Formação Capiru, apresentando relevos orientados segundo o trend regional devido ao contraste de resistência entre as camadas mais quartzosas e as filitosas. No setor, formam grande parte dos divisores de água Ribeira-Iguaçu.

- II. **Morrarias Dissecadas** – constituídas principalmente por metassedimentos da Formação Votuverava porém incluindo faixa de rochas vulcânicas, ferro-silicáticas, quartzíticas, migmatíticas, sendo caracterizada em relação às demais pelo elevado gradiente altimétrico da alta bacia do Ribeira, que induz uma amplitude topográfica maior. Maciços montanhosos formados por litologias mais resistentes se destacam sobre o relevo de morros.
- III. **Zonas Cársticas** – incluem as faixas de terrenos formados principalmente por metadolomitos da Formação Capiru, e que se apresentam deprimidos em relação aos relevos laterais. As faixas principais se alongam no sentido do trend regional de NEE-SWW. Incluem os Platôs Cársticos - relevos de Tranqueira, Marmeleiro e parte elevada de Pinhal Grande, formados em grande parte por substrato calcário e que posicionados próximos ao divisor Ribeira-Iguaçu mantiveram uma posição topográfica elevada. Tendo em vista suas posições topográficas em relação a parte dos terrenos circundantes, as possibilidades de carstificação nos platôs profundos são maiores. Entretanto no interior das bordas de suas bacias de drenagem superficial, os índices de carstificação devem ser reduzidos.
- IV. **Serranias do Setuva** – unidade complexa situada a norte/nordeste da área de estudo e constituída por rochas metamórficas de maior grau: xistos, quartzitos compactos, gnaisses e migmatitos. Atinge as altitudes superiores no Morro do Setuva. Seu setor gnáissico-migmatítico se diferencia morfológicamente da área de substrato semelhante da Unidade Colinas de Curitiba por uma densidade de drenagem menor e maior amplitude de relevo.
- V. **Patamares e Esplanadas de Curitiba** – constitui a unidade geoambiental típica da cidade de Curitiba e de seu entorno imediato, formada sobre os sedimentos cenozóicos inconsolidados das Formações Guabirotuba e Tinguis (BECKER, 1982). Sua elevada permeabilidade interna assegura boas condições de infiltração de água e assim uma baixa densidade de elementos da rede de drenagem superficial, constituindo relevo formado por amplas vertentes plano-convexas e plano-côncavas de grande abertura e declividades geralmente reduzidas. Seus solos atingem elevados teores de alumínio trocável, favorecendo o aparecimento de vegetação de campos e tornando seus terrenos pouco atraentes para finalidades agrícolas tradicionais. Todos esses fatores facilitaram a ocupação e urbanização de grande parte da área desta unidade.
- VI. **Colinas do Entorno de Curitiba** – são os terrenos que ladeiam as áreas da unidade anterior e também se situam a sul e sudeste da Unidade de Serranias Alongadas. São constituídas por migmatitos e gnaisses bandados que apresentam anisotropias somente a nível local mas que mostram uma certa homogeneidade em escala mais ampla de centenas de metros até quilômetros. Seus planos de fratura e de estruturação às vezes contribuem para a formação de vertentes mais íngremes, chegando sobre alterações de termos litológicos mais melanocráticos, até a configurarem situações de maior risco geológico potencial.

6.5.3 - Sub-Unidades Ambientais

Cada uma das Grandes Unidades Ambientais da área foi subdividida em sub-unidades mais específicas (Anexo 1) e estas foram descritas cartograficamente em termos das seguintes geoformas:

- 1) Cima – correspondem aos topos mais altos da região, cobrindo áreas limitadas e oferecendo situações especiais em termos ecológicos e paisagísticos, requisitando as melhores medidas de conservação.
- 2) Topos – áreas superiores do relevo caracterizadas por serem ladeadas por vertentes de inclinação mais acentuada e pela ausência de elementos de drenagem concentrada, isto é, ravinas ou canais.
- 3) Altas vertentes e ombreiras – vertentes superiores e ombreiras dos relevos mais proeminentes e elevados normalmente pouco entalhadas por canais de drenagem.
- 4) Morrarias – sucessões de vertentes muito entalhadas com superfícies de topo reduzidas e ausência de várzeas alveolares.
- 5) Vertentes – superfícies convexas e convexo-côncavas que ladeiam os canais de drenagem (talwegues) e apresentam continuidade ou então até o topo superior ou em sentido inverso até ao fundo de vale correspondente, quando representados.

Vertentes Ingremes de exposição Sul-Sudeste, unidades especiais de mapeamento com inclinação maior ou igual a 45°, geralmente correspondendo as vertentes meridionais das serras e serrotes que seguem a tendência regional NEE – SWW das litoestruturas do Açunguí (SALAMUNI, 1995). Podem ocorrer também de forma mais localizada nos terrenos do embasamento Gnaíssico – Migmatítico. As razões mais completas destas individualizações serão fornecidas mais adiante.

- 1) Vertentes Laterais – constituem feições de grande interesse no entorno de áreas cársticas mais deprimidas. Apresentam inclinações acentuadas chegando a formar localmente relevos ingremes. São constituídas por calcários lateralmente protegidos por litologias mais resistentes tais como filitos, quartzitos e diques de doleritos. Constituem áreas de eleição para a instalação de mineradoras de calcário devido à facilidade de desmonte oferecida pela topografia. A atividade minerária leva a formação de relevo transformado com aumento das feições de rugosidade, microrelevo, geração de bacias e tanques fechados e a exposição de um Karst descoberto.

- 2) Baixas Vertentes – estas feições na carta de 1:50.000 somente foram reconhecidas sobre substrato de filitos da Formação Capiru. Representam os termos inferiores de vertentes que apresentam certa concavidade. Normalmente são marcadas superiormente por uma quebra de relevo negativa e outra positiva pouco acentuada abaixo. Muitas vezes representam glacis de ligação com fundos de vale na forma de rampas alúvio-colúviais.
- 3) Vertentes Externas – unidade especial de mapeamento próprias da borda meridional da faixa Capiru sobre filitos, reconhecida pela grande quantidade de pequenas nascentes em alvéolos diretamente voltados para a bacia do Iguaçu e ao norte da área para a bacia do rio Capivari. O relevo nesta unidade pode apresentar localmente aspecto montanhoso.
- 4) Vertentes Entalhadas – vertentes de perfil mais plano claramente condicionados por falhas ou fraturas do substrato rochoso
- 5) Vertentes Dissecadas – vertentes de perfil complexo contendo alta densidade de elementos de drenagem de primeira ordem.
- 6) Elevações Alongadas – unidade de relevo especial das faixas cársticas, constituída por substrato de dique de dolerito, formando elevações orientadas na direção NW-SE e paralelas entre si. São ladeadas por vertentes complexas voltadas para o exterior das unidades e constituídas de colúviões mistos de alteritos de rochas carbonáticas e dos doleritos.
- 7) Interflúvios – topos mais amplos e planos situados entre eixos de drenagem, às vezes mais amplamente reconhecidos como os denominados espigões.
- 8) Interflúvios planos – unidade especial dos terrenos pertencentes a bacia de Curitiba, representada por topos aplainados sobre substrato dos sedimentos da Formação Guabirotuba. Situam-se entre os principais eixos de drenagem que no setor estudado se orientam de norte para sul. Têm constituído sítios preferenciais para urbanização.
- 9) Fundos de Vale - correspondem aos fundos de vale de relevo plano que de forma alveolar ocorrem nos mais diversos geoambientes da região. Suas superfícies planas ou levemente inclinadas lateralmente são devidas ao acúmulo de aluviões e coluviões normalmente possibilitados por barragem litoestrutural do eixo do drenagem ou parcialmente a interferência de processos cársticos. Os fundos de vale às vezes podem conter depressões inundáveis ou várzeas denominadas regionalmente como pirizais.
- 10) Doliniformes – depressão ou grupo de depressões de forma circular a semi-circular, fechadas ou não, porém indicativas de substrato carstificado.
- 11) Poljes – fundos de vale fechados ou parcialmente fechados em zonas cársticas.

A compartimentação do relevo assim definida pode ser utilizada para múltiplas finalidades, pois além do significado em termos geológicos e geomorfológicos, as unidades cartografadas têm correspondência com as associações de solos, incorporando informações de levantamentos tais como em EMATER/EMBRAPA (1996).

ANEXO 1

UNIDADES GEOAMBIENTAIS

UNIDADE	SUB-UNIDADE	GEOFORMAS
1. SERRANIAS ALONGADAS	Maços Internos	1.1. Cimeiras e Altos topos 1.2. Altas vertentes e Ombreiras 1.3. Vertentes íngremes S/SE 1.4. Morrarias 1.5. Baixas vertentes
	Borda Meridional	1.6. Vertentes externas (Z. mananciais Zâreas) 1.7. Interflúvios 1.8. Vertentes 1.9. Vertentes íngremes S-SE 1.10 Fundos de Vale
2. MÓRRARIAS DISSECADAS	2.1 Serras Alongadas	2.1.5 Topos 2.1.6 Vertentes 2.1.7 Vertentes íngremes SE
	2.2 Maciço do Morro de Fe	2.2.1 Topos 2.2.2 Altas Vertentes
	2.3 Maciço Betara	2.3.1 Topos 2.3.2 Vertentes 2.3.3 Vertentes íngremes S-SE
	2.4 Morros	2.4.1 Topos e ombreiras 2.4.2 Vertentes Entalhadas 2.4.3 Vertentes dissecadas 2.4.4 Vertentes íngremes de S-SE
	2.5 Zona Vulcânica	2.5.1 Vertentes dissecadas 2.5.2 Vertentes 2.5.3 Fundos
	2.6 Morro Granítico	2.6.1 Topo 2.6.2 Vertentes
	2.7 Faixas Cársticas	2.7.1 Topos 2.7.2 Vertentes
	3. ZONAS CÁRSTICAS	Planaltos
Depressões Cársticas		3.5. Relevos laterais 3.6. Morrotes 3.7. Poljês
4. SERRANIAS DO SETUVA	4.1 Morro do Setuva	4.1.1. Cimeira 4.1.2. Altas Ombreiras 4.1.3. Baixas Vertentes 4.1.4. Vertentes íngremes S-SE
	4.2 Serotes e Morros	4.2.1. Cristas 4.2.2. Vertentes 4.2.3. Baixas vertentes
	4.3 Colinas	4.3.1 Topos 4.3.2 Vertentes 4.3.3 Vertentes íngremes SE 4.3.4 Fundos de vale
5. PATAMARES E ESPLANADAS DE CURITIBA	Setor Setentrional	5.1. Interflúvios planos 5.2. Entalhes laterais 5.3. Fundos de vale
6. COLINAS DO ENTORNO DE CURITIBA		6.1. Interflúvios planos 6.2. Entalhes laterais 6.3. Vertentes íngremes S-SE 6.4. Fundos de vale

Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba
RELATÓRIO FINAL RF 1 – LEITURA DO ESPAÇO – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

UNIDADE	SUB-UNIDADE	GEOFORMAS	LITOLOGIA	RELEVO	ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA	USOS DO SOLO PREDOMINANTES	
1. SERRANIAS ALONGADAS	Maçios Internos	1.1. Cimeiras e Altos topos	Quartzitos e filitos da F. Capru	Cumes acima de 1140m, Pd3	Topos isolados de Morro Azul, Morro do Cruzeiro, Sul da Serra do Beirão	Torres de telecomunicações, observação astronômica	
		1.2. Alas vertentes e Ombreiras		Elevações locais e interflúvios orientados E-W EEN-SWW	Vários topos e ombreiras superiores de semides ao longo da negão	Extração clandestina de lenha e madeira, Telecomunicações	
		1.3. Vertentes íngremes S/SE		Hogbacks, vertentes isoclineis e frentes de escamas em zonas de cavalgamentos	Vários segmentos de vertentes disseminados transversalmente na parte mediana da área de estudo	Extração clandestina de lenha e madeira, zonas dd	
		1.4. Morraias	Filtos e quartzitos subordinados	Vertentes convexas e múltiplas orientadas segundo o trend geológico	Ao longo de toda a faixa Capru representando o relevo médio deste setor		
		1.5. Baixas vertentes			Áreas mais arrasadas e rebainadas dos filitos Capru, ladeando relevos mais planos p. ex. ao N de Cço. Largo		
		1.6. Vertentes externas (Z. mananciais 2 áreas)			Unidade especial de orientação sul-sudeste voltada para a bacia do Iguaçu ao longo de toda a borda S da faixa Capru		
		1.7. Interflúvios			Cabeceiras e alvéolos de drenagem		Pecúria extensiva, fragmentos florestais, reflorestamentos, ocupação urbana e suburbana dispersa
		1.8. Vertentes			Espigões estreitos m a dm	Terenos longos e mais ou menos planos, semelhantes aos da Form. Guabiroba e alongados N-S ao N de Curitiba	
		1.9. Vertentes íngremes S-SE			Vertentes convexas	Laterais ao interflúvio na zona a N e NE do contato c/ o embasamento, às vezes abaixo de sedimentos Guabiroba	
		1.10 Fundos de Vale		Filtos eventuais, ciques de diabásio, alvéolos e colúmbas	Vertentes convexas curtas dm	Alguns vertente desta borda	
						Glebas industriais, áreas de invasão, pântanos,	

Consórci



PROCESL

ENGENHARIA E ARQUITETURA

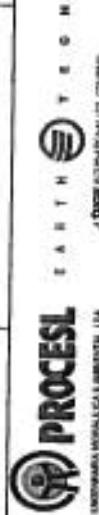
ENGENHARIA E ARQUITETURA

6 - 20/24

Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba
RELATÓRIO FINAL RF 1 – LEITURA DO ESPAÇO – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

UNIDADE	SUB-UNIDADE	GEOFORMAS	LITOLOGIA	RELEVO	ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA	USOS DO SOLO PREDOMINANTES	
2. MORRARIAS DISSECADAS	2.1	2.1.5 Topos	Quartzitos da F. Voluverava	Cristas longas km, estreitas m a dm formando interflúvios locais	Maciços montanhosos ocidentais de Itaperuçu	Capoeiras e campos e outras formações vegetais pioneiras	
		2.1.6 Vertentes	Metassedimentos da F. Voluverava (F. Belara)	Vertentes íngremes com faces entalhadas		Capoeiras e campos e matas secundárias	
		2.1.7 Vertentes íngremes SE				Idem anterior	
	2.2	2.2.1 Topos	Metacherts e filitos ricos em Fe	Crista longa km, de perfil transversal convexo		Campos rupestres, campos em altitude	
		2.2.2 Altas Vertentes				Campos rupestres, campos em altitude	
	2.3 Maciço Belara	2.3.1 Topos	Quartzitos e quartzomicaístos	Maciço íngreme elevado e de maior amplitude hipsométrica, com microrelevo rochoso nas encostas superiores		Campos, capoeiras e matas diversas, pecuária extensiva	
		2.3.2 Vertentes				Campos rupestres, campos em altitude	
		2.3.3 Vertentes íngremes S-SE				Campos e matas, pecuária extensiva	
	2.4 Morros	2.4.1 Topos e ombreiras	Quartzitos e filitos				Campos e matas secundárias
		2.4.2 Vertentes Entalhadas		Relevos residuais da bacia do Ribeira, formando conjuntos com vertentes convexas e concavo-concavas			Predomínio de campos, capoeiras e matas secundárias
		2.4.3 Vertentes dissecadas	Metassedimentos				Matas ciliares ao longo de linhas de drenagem superiores
		2.4.4 Vertentes íngremes de S-SE					Matas e capoeiras
	2.5 Zona Vulcânica	2.5.1 Vertentes dissecadas	Metabásicas	Faixas alongadas de relevos residuais com vertentes convexas			Matas, capoeiras, pastos
		2.5.2 Vertentes					Culturas de subsistência, pomares
		2.5.3 Fundos					Pecuária extensiva
2.6 Morro Granítico	2.6.1 Topo	Granito Rio Abaixo, biotita granito-róseo	Maciço isolado, forma subcônica		pequeno morro isolado de granito a oeste de Rio Branco do Sul.		
	2.6.2 Vertentes				Faixas alongadas e estreitas entre Rio Branco do Sul e Itaperuçu, e outras matas a oeste		
2.7 Faixas Cársticas	2.7.1 Topos	diques de dolerito	Diques de dolerito ladeados por colúvios mistos				
	2.7.2 Vertentes	marmores dolomíticos					
	2.7.3 Doliniformes						

Consórcio



6 - 21/24

Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba
RELATÓRIO FINAL RF 1 – LEITURA DO ESPAÇO – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

UNIDADE	SUB-UNIDADE	GEOFORMAS	LITOLOGIA	RELEVO	ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA	USOS DO SOLO PREDOMINANTES	
3. ZONAS CARSTICAS:	Planaltos	3.0 Elevações alongadas	diques de dolerito	Relevos convexos amplos, alongados em NW-SE, entre 10 e 40 m de realce	longas lombadas nos planaltos de Tranqueira e Pinhal Grande	fragmentos florestais, pecuária extensiva, cultivos anuais, pomares e ortas	
		3.1. Vertentes laterais	Metacalcários dolomíticos	Locais íngremes, com muitas frentes de lavra			
		3.2. Elevações	Metacalcários dolomíticos e corpos de filitos e quartzitos intercalados	Colinas cársticas com eventual presença de doliniformes e poljês		Mineração de calcário	
		3.3. Platôs		Suave ondulado	Terrenos mais planos de Tranqueira, Marmeleiro	Cultivos anuais, milho e feijão, algumas hortas, águas minerais, loteamentos urbanos precários em zona rural	
		3.4. Fundos	Metacalcários dolomíticos e aluviões recentes	Eixos de drenagem com banhados locais	baixadas com várzeas inundáveis e lagoas rasas	Várzeas pantanosas (pirizal), água mineral, suinocultura rústica	
	Depressões Cársticas	3.5. Relevos laterais	Metacalcários dolomíticos		Encostas íngremes, com escarificação de lavras	partes mais elevadas e laterais às diversas depressões cársticas de Colombo, Boichilinga, Almirante Tamandaré, etc. Ex. Minas de Morro Góde	Áreas preferenciais para mineração de calcário devido a facilidade de desmonte
		3.6. Morrotes	Metacalcários dolomíticos e corpos de filitos e quartzitos intercalados		Colinas cársticas com doliniformes ovais	Elevações em áreas cársticas diversas como ao norte de Baccatava, Morro Grande	Extativismo vegetal, hortas, pomares
3.7. Poljês		Metacalcários dolomíticos e aluviões recentes		Fundos de vale com drenagem aberta e forte carstificação	Diversos fundos de vale como os de Fervida, Várzea do Capivari, Tumiri em Colombo-Sede, Barigui em Al. Tamandaré-Sede.	Várzeas pantanosas muitas vezes aterradas para loteamentos urbanos, tanques de piscicultura.	

Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst
na Região Metropolitana de Curitiba
RELATÓRIO FINAL RF 1 – LETURA DO ESPAÇO – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

UNIDADE	SUB-UNIDADE	GEOFORMAS	LITOLOGIA	RELEVO	ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA	USOS DO SOLO PREDOMINANTES	
4. SERRANIAS DO SETUVA	4.1 Morro do Setuva	4.1.1. Cimeira	Serfita-biotita xistos e quartzo muscovita xistos e intercalações de xistos gnaissóides da F. Setuva	Montes elevados Pd3, com encostas íngremes, relevo montanhoso, com fundos de vale elevados, formas plano-convexas e cimeiras estreitas	Partes mais elevadas do Maciço do Setuva a sudeste de Rio Branco do Sul	Pecuária de média intensidade e extensiva, fragmentos florestais	
		4.1.2. Altas Ombreiras					
		4.1.3. Baixas Vertentes					
		4.1.4. Vertentes íngremes S-SE					
	4.2 Serrotes e Morros	4.2.1. Cristas	Quartzitos finos da F. Setuva	Cristas longas e curtas, alinhadas E-W	Topos isolados e alinhados segundo o trend do Setuva nas laterais da Baía de Rio Grande da Laura	predomínio de matas, pecuária extensiva	
		4.2.2. Vertentes	Xistos e quartzitos da F. Setuva	Formas alongadas e pouco dissecadas	Bordas de fundos de vale e demais vertentes na bacia superior do Rio Grande da Laura		pecuária, matas, extrativismo
		4.2.3. Baixas vertentes		Inclinações reduzidas			
	4.3 Colinas	4.3.1. Topos	Biotita-hornblenda, gnaisses bandados e migmatitos	Formas semelhantes à da unidade 6, porém com menor densidade de drenagem	Alveolares em torno de eixos principais de drenagem	toda a parte interna central e oriental do anticlinal do Setuva entre os municípios de Rio Branco do Sul e Bocaluva do Sul	Fragmentos florestais, pecuária de média e baixa intensidade e policulturas diversas
		4.3.2. Vertentes	estromatólicos do C. Atuba				
		4.3.3. Vertentes íngremes SE					
		4.3.4. Fundos de vale	Idem anterior e aluviões e coluviões				

Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba
RELATORIO FINAL RF 1 – LEITURA DO ESPAÇO – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

UNIDADE	SUB-UNIDADE	GEOFORMAS	LITOLOGIA	RELEVO	ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA	USOS DO SOLO PREDOMINANTES	
5. PATAMARES E ESPLANADAS DE CURITIBA	Setor Setentrional	5.1. Interflúvios planos	Argilitos, arcóseos, margas, areias e cascalhos da F. Tinguis	Amplas colinas abertas com segmentos planos em interflúvios locais	áreas setentrionais dos municípios de Curitiba e Campo Largo e Sul de Colombo, Almirante Tamandaré, oeste de Campina Gde. do Sul	Eixos viários, sítios, chácaras, loteamentos urbanos, eixos comerciais	
		5.2. Entalhes laterais	Argilitos, arcóseos, margas e areias da F. Guabirubata	Vertentes longas hm, suaves, com poucos entalhes		áreas urbanas e suburbanas em processo de urbanização rápido	
		5.3. Fundos de vale	idem anterior e aluviões e coluviões laterais	Fundos abertos e com rampas laterais	idem anterior ao longo do principais eixos de drenagem; Palmital, Atuba, Tumiri, Barigui, Passaúna, Verde	Glebas industriais, loteamentos precários, áreas de invasão, pântanos	
	6. COLINAS DO ENTORNO DE CURITIBA	Setor Setentrional	6.1. Interflúvios planos	Biotita-hornblenda, gnaisses bandeados e migmatitos	Interflúvios longos (até km), estreitos dm a Hm, muitos dispostos N-S, levemente inclinados de N para S	áreas setentrionais dos municípios de Curitiba e Campo Largo e Sul de Colombo, Almirante Tamandaré, oeste de Campina Gde. do Sul	Eixos viários, sítios, chácaras, loteamentos urbanos, eixos comerciais
6.2. Entalhes laterais			estromatólicos do C. Atuba	Vertentes inclinadas a íngremes, convexas e muito dissecadas		Sítios, chácaras, loteamentos precários, áreas de invasão, pedreiras de brita atuais e abandonadas	
Setor Setentrional		6.3. Vertentes íngremes S-SE		Vertentes inclinadas a íngremes, convexas e muito dissecadas			
		6.4. Fundos de vale	Aluviões areno-argilosos, localmente com concentração de matéria orgânica	Fundos estreitos dm a hm, alongadas até km, sem rampas de ligação ou com colúvios localizados	idem anterior, ao longo dos principais eixos fluviais	Glebas industriais, antigas olarias, loteamentos precários, áreas de invasão, pântanos	

7 - CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS REGIONAIS

7.1 - INTRODUÇÃO

A MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. adaptou as propostas de ZUQUETTE (1987 e 1993) para uma metodologia de mapeamento geotécnico dirigido ao uso e ocupação do solo, aplicável às condições brasileiras, desenvolvendo o conceito de materiais inconsolidados, que foi aplicado nos mapeamentos geológicos-geotécnicos que realizou em convênio com a COMEC entre 1997 e 1999 (Áreas 3 e 4, 1997 e 1999).

Os materiais inconsolidados, foram definidos como "resultantes do intemperismo das rochas da região, além dos solos no sentido pedológico". Em outras palavras, o conceito visa diferenciar a caracterização dos solos em termos geológico-geotécnicos da classificação pedológica.

Com base nas características físicas dos materiais inconsolidados, correspondentes a perfis típicos de alteração das rochas da região, foram confeccionados mapas de materiais inconsolidados, baseados no conhecimento do processo de origem dos materiais, na natureza da rocha original, a textura e as características do material inconsolidado (cor, composição, espessura, nível de alteração, presença de matações, seu comportamento em ensaios físicos, etc.).

No entanto observou-se que a simples utilização das características físicas das seções típicas, não representava adequadamente o comportamento geotécnico de campo dessas unidades em condições de declividade acentuada. Para resolver esta situação, a MINEROPAR desenvolveu uma metodologia combinando a classificação dos materiais inconsolidados, com a declividade e a geologia, para obter um produto que designou por "adequabilidade para uso e ocupação do solo". Na realidade trata-se de um indicador das condições geotécnicas de um dado local, sob a forma de unidades de comportamento geotécnico.

No presente projeto foi necessário desenvolver uma unidade nova de adequabilidade para atender as características dos filitos da área do dobramento de Setuva, a norte de Bocaiúva do Sul.

O Convênio MINEROPAR – COMEC realizou em 1997-1999 o mapeamento da adequabilidade geotécnica da área das cartas A098, A100, A101 e A103 na escala 1:20.000. O presente estudo estendeu esse trabalho às folhas A089, A090, A093, A096 e A098, ao mesmo tempo que reprocessou o levantamento anterior da MINEROPAR, para atualizá-lo em relação às alterações da geologia efetuadas durante o presente projeto.

7.2 - METODOLOGIA

A seguir transcreve-se a metodologia adotada pela MINEROPAR (Convênio COMEC - MINEROPAR, 1997-1999) para a definição das unidades geotécnicas e seu comportamento. Como já referido, no presente projeto foi necessário desenvolver uma nova unidade geotécnica, não existente no mapeamento do Convênio COMEC-MINEROPAR (1997-1999), para descrever mais adequadamente os xistos e filitos de Setuva.

A adequabilidade para o uso e ocupação do solo na região do Karst foi obtida por meio do cruzamento de informações de geologia e dos materiais inconsolidados, com base nos parâmetros obtidos em ensaios geotécnicos e nas classes de declividades.

Para este fim foram caracterizadas onze unidades de terreno (Quadro 7.01), com características bastante uniformes em termos de litologia e material inconsolidado (gênese, textura, espessura, argilo-minerais, resistência à penetração - SPT, escavabilidade), subdivididas em faixas de declividades. Os mapas desse Projeto resultaram da aplicação e extensão dos conceitos desenvolvidos no programa da COMEC à área do presente estudo.

As unidades de terreno foram avaliadas quanto à adequabilidade para:

- loteamentos residenciais
- construção de estradas
- disposição de resíduos
- obras enterradas

Em relação aos problemas de riscos geológicos, geotécnicos e ambientais, serve de base à avaliação da suscetibilidade de:

- erosão
- enchentes e inundações
- movimentos de massa
- afundamentos de terreno (colapsos de solo e subsidências)
- poluição de aquíferos
- fundações

Quanto à potencialidade de recursos naturais, consideraram-se:

- recursos hídricos superficiais e subterrâneos
- recursos minerais relativos a materiais de construção (argilas para cerâmica vermelha e metacalcários para diversos usos)

Quadro 7.01 – Resumo das Unidades de Terreno

Unidades	Litologias
A	Sedimentos aluvionares de fundo de vale, com coberturas de solos nidromórficos.
GD	Solos residuais e/ou transportados sobre argilas da Formação Guabirotuba.
CR	Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses e migmatitos.
DR	Solos residuais sobre rochas carbonáticas.
DT	Solos transportados sobre rochas carbonáticas.
MP	Solos residuais e saprolitos de metapelitos.
QZ	Rochas quartzíticas.
DB	Solos residuais ou transportados sobre diques de diabásio.
XI	Domínio de rochas xistosas de composição variável.
SR	Siltitos da Formação Camarinha.
GMA	Gnaisses graníticos ou augengnaisses com coberturas de solos residuais e subordinados, solos transportados.

Fonte: Dados da MINEROPAR. Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

7.3 - UNIDADES GEOTÉCNICAS

O detalhamento das unidades de terreno caracterizadas no Mapa de Adequabilidade são demonstradas a seguir.

UNIDADE DE TERRENO DR
CLASSIFICAÇÃO
<p>Solos residuais sobre rochas carbonáticas. Relevo na forma de morros com colinas arredondadas e vertentes convexas. Esta unidade é composta de solos residuais, maduros ou jovens, argilosos a muito argilosos, secundariamente siltosos a médios, de cor avermelhada, amarela, por vezes, variegada. É comum a presença de concentrações locais de sílica (semelhante à areia, fina, friável e sacaróide), resultante da dissolução das rochas carbonáticas. Os solos residuais são lateríticos, porosos, de baixa permeabilidade, com argilo-minerais: caulinita (1:1) e secundariamente esmectita (2:1) e gibbsita (1:1). As espessuras variam entre 0,5 e 20,0m (nas porções acima das zonas irregulares do topo rochoso).</p> <p>A consistência é baixa a média, com resistência à penetração (SPT), homogênea ao longo do perfil, atingindo o impenetrável no contato com a rocha fresca. A escavabilidade é de primeira categoria. O nível freático médio é 5,7m.</p>

PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recalque em fundações devido a irregularidades da espessura do solo em zonas irregulares do topo rochoso (formadas devido à dissolução cárstica) ▪ Migração de solo em fendas de dissolução e ruptura de teto de cavernas ▪ Possibilidade de substrato rochoso subafiorante, com presença de cavidades, cavernas e condutos cársticos ▪ Conflito com atividades de mineração de "calcário"
AValiação
<p>Terrenos com declividades de 0 a 30%</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SEVERAS RESTRIÇÕES para implantação de loteamentos residenciais. Toma-se viável desde que obedecidos critérios técnicos adequados e em consonância com planos de mineração e aproveitamento de recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) ▪ Necessidade de estudos preliminares de subsolo que permitam delimitar o topo rochoso (pavimento cárstico), para implantação de obras ou loteamentos ▪ Necessidade de obras especiais de fundações (ancoragem, estaqueamentos e outros) e obturações, injeções de caldas e argamassas em cavidades e vazios subterrâneos ▪ Dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada nas proximidades do topo rochoso (uso de explosivos) ▪ Necessidade de adequação para tamanho mínimo de lote e estudos detalhados para seleção de áreas de descarga de efluentes, esgotos e resíduos em geral ▪ Áreas vulneráveis à poluição de aquíferos (freático e cárstico), com presença de dolinas e sumidouros ▪ Inadequadas para a instalação de indústrias ou disposição de resíduos ▪ Áreas de alto potencial para mineração, principalmente em altas declividades ▪ Áreas suscetíveis a afundamentos cársticos (colapsos de solo e subsidências), naturais ou induzidos pela ação antrópica

UNIDADE DE TERRENO A
CLASSIFICAÇÃO
<p>Sedimentos aluvionares de fundo de vale, com camada superficial orgânica, hidromórfica, plástica, mole a muito mole, baixa permeabilidade, com espessuras de 1 a 2 m. Nível freático médio em torno de 2,5 m. Abaixo desta camada, tem-se argila intermediária mole a muito mole, plástica, baixa permeabilidade, com espessuras em torno de 1 m. Na base, pavimento de areia fina a grossa e/ou cascalhos fofos, por vezes compactos, porosos, permeabilidade média a elevada e espessuras inferiores a 1 m. Ocorre em todas as folhas da Área IV.</p> <p>A resistência à penetração (SPT), ao longo de todo o intervalo é baixa.</p>
PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nível freático raso ou aflorante ▪ Áreas suscetíveis a enchentes e inundações ▪ Áreas relacionadas a mananciais superficiais e subterrâneos, vulneráveis à poluição de rios e de aquíferos
AVALIAÇÃO
<p>Terrenos com declividade de 0 a 5 % (inclui a quase totalidade da unidade)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Áreas de equilíbrio hidrológico ▪ Áreas de preservação permanente e proteção de mananciais superficiais e subterrâneos, adequadas à construção de tanques ▪ Áreas de alto potencial hidrogeológico ▪ Áreas com potencial para a extração de argilas para cerâmica vermelha ▪ Áreas não recomendadas para loteamentos residenciais (exigem construções em aterros elevados e drenagem eficiente nas fundações; implantação de sistemas de escoamento de águas pluviais e servidas) ▪ Inadequadas para implantação de infra-estrutura enterrada ▪ Inadequadas à disposição de resíduos

UNIDADE DE TERRENO GD
CLASSIFICAÇÃO
<p>Materials inconsolidados da Formação Guabirotuba (solos residuais, transportados, argilas e arcósios), com espessuras variáveis desde métricas até mais de 30 metros, em geral depositados sobre uma superfície irregular de rochas alteradas (saprolitos) de gnaisses-migmatitos. Relevo de colinas suaves com topos aplainados e vertentes íngremes. Solo residual, maduro, argiloso (horizonte B), cor vermelha, permeabilidade baixa, argila de baixa atividade catiônica, comportamento isotrópico de expansão, consistência baixa, espessura de 0,5 a 3 m. Argilo-mineral predominante: caulinita. Contém inclusões de solos transportados. Possui comportamento distinto dos horizontes de arcósios, solos residuais jovens ou saprolíticos e das argilas características desta formação.</p> <p>Solo inferior, residual, jovem (saprolítico), com 2 a 5 m de espessura, de cor variegada, vermelho a violáceo, contendo grãos de quartzo e feldspato alterados. Baixa permeabilidade, consistência baixa a média, argila de alta atividade: esmectita (2:1), expansiva e retrativa. Os cátions trocáveis são predominantemente bivalentes Ca^{+2} e Mg^{+2} (limita expansão e força). É comum o empastilhamento e trincas de retração.</p> <p>Na base, argila de cor cinza-esverdeada, com grãos de feldspatos alterados, de alta atividade - esmectita (2:1), expansiva e retrativa. Os cátions trocáveis são predominantemente bivalentes Ca^{+2} e Mg^{+2} (limita expansão e força). É comum o empastilhamento e trincas de retração. Todo o perfil apresenta consistência média a alta e permeabilidade baixa. A escavabilidade é de primeira categoria e resistência à penetração (SPT) é crescente com a profundidade. Erodibilidade alta.</p> <p>Intercalações de arcósios e cascalhos em camadas descontínuas e lenticulares (quartzo + feldspato + caulim, proveniente da alteração de feldspatos), compactidade média a alta, com matriz argilosa, argilo-mineral: esmectita (2:1). Ocorrem inclusões de solos transportados (< 1,5 m). O nível freático médio encontra-se aproximadamente a 3,8 m de profundidade (dados da área II – Salazar Jr <i>et al.</i>, 1996).</p>
PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suscetível à erosão por ravinamento com a retirada da camada superficial de solo, em áreas sem proteção vegetal ▪ Potencialmente instáveis a escorregamentos em declividades superiores a 20%
Avaliação
<p>Terrenos com declividade de 0 a 20%</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adequados com restrições para a implantação de loteamentos residenciais e vias de circulação principais e secundárias. ▪ Adequados com restrições para implantação de infra-estrutura enterrada ▪ Suscetibilidade crescente à erosão com o aumento da declividade ▪ Baixos a moderados volumes a serem trabalhados em terraplenagem ▪ Necessidade de proteção vegetal nos cortes e aterros e necessidade de obras para estabilização de taludes ▪ Inadequadas para disposição de resíduos ▪ Ruim para material de empréstimo <p>Terrenos com declividades de 20 a 30 %</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SEVERAS RESTRIÇÕES na implantação de loteamentos e vias de circulação principais e secundárias ▪ Ruim para a implantação de infra-estrutura enterrada ▪ Inadequadas à disposição de resíduos ▪ Terraplenagem com grandes volumes a serem trabalhados ▪ Necessidade de projetos de contenção e estabilização de cortes e aterros ▪ Ruim para material de empréstimo ▪ Suscetibilidade alta à erosão, sendo necessárias obras de proteção de cortes. Devem ser evitados os decapeamentos extensivos (retirada do solo superficial e exposição das argilas)

UNIDADE DE TERRENO CR
CLASSIFICAÇÃO
<p>Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses e migmatitos. Relevo na forma de mar de morros com colinas arredondadas e vertentes convexas. Esta unidade exibe um perfil completo de intemperismo e formação de solos, desde a rocha sã (гнаisses-migmatitos), passando pela rocha alterada (saprolito), podendo ou não conter matacões, com espessura variável de 4 a mais de 30 m. A textura é média a siltosa, com argilo-mineral predominante caulinita (1:1). Os solos são residuais (jovem ou maduro), mostram textura argilosa, lateríticos, porosos, permeabilidade média, com argilo-mineral predominante caulinita (1:1). Ocorrem em todas as folhas da Área IV.</p> <p>Em geral ocorrem coberturas de solos transportados, com espessuras de cerca de 1 m. A resistência à penetração dos solos transportados e residuais gradua de baixa a média com a profundidade, podendo atingir o impenetrável a poucos metros.</p> <p>O nível freático médio é de cerca de 5,2 m, sendo mais profundo nas partes altas do terreno.</p>
PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suscetibilidade à erosão e potencialmente instáveis a escorregamentos e rastejos de solos em declividades superiores a 20 % ▪ Movimentos de massa e escorregamentos localizados
AValiação
<p>Terrenos com declividades de 0 a 20 %</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adequados para loteamentos residenciais com facilidades na implantação de infra-estrutura enterrada e vias de circulação principais e secundárias ▪ Baixa a média necessidade de terraplenagem, com compensação entre aterros e cortes ▪ Suscetibilidade baixa a erosão, havendo necessidade de proteção vegetal nos cortes e aterros <p>Terrenos com declividades de 20 a 30 %</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adequados com restrições para loteamentos residenciais e implantação de vias de circulação, evitando cortes transversais à encosta ▪ Ruim para implantação de infra-estrutura enterrada ▪ Terraplenagem com grandes volumes a serem trabalhados ▪ Inadequados para a disposição de rejeitos ▪ Necessidade de projetos de contenção e estabilidade de cortes e aterros ▪ Suscetibilidade à erosão, com necessidade de proteção vegetal nos cortes

UNIDADE DE TERRENO GMA
CLASSIFICAÇÃO
<p>Solos residuais com textura siltosa a argilosa com inclusões de solos transportados sobre gnaisses graníticos ou augen-gnaisses. Correspondem aos terrenos do Granitóide Guajuvira (folhas A133 e A134) e incluem também os termos predominantemente ácidos intercalados nos terrenos gnáissico-migmatíticos, cujas concentrações maiores foram individualizadas na folha A099, em faixa de direção aproximada N70E, na região de Ferraria. Relevo ondulado, vertentes retilíneas, inclinadas. Esta unidade exibe um perfil de intemperismo e formação de solos, desde a rocha sã (gnaiesses-graníticos), passando pela rocha alterada (saprolito), geralmente contendo matações, às vezes com grandes concentrações de megablocos (dimensões métricas), especialmente nas folhas A133 e A134.</p> <p>Estes solos são recobertos por solos transportados (coluviais), silticos e siltico-arenosos, com espessuras inferiores a 1 m. A resistência à penetração dos solos transportados, residuais e saprolito gradua de baixa a média com a profundidade, podendo atingir o impenetrável a poucos metros. O saprolito é siltoso a arenoso.</p> <p>Não foram obtidos dados relativos à profundidade do freático.</p>
PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none">▪ Suscetibilidade à erosão e sujeito a escorregamentos, queda de blocos e rastejos de solos em declividades elevadas▪ Problemas nas fundações e terraplenagem em função dos blocos
AValiação
<p>Terrenos com declividades de 0 a 20 %</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Adequados com restrições para loteamentos residenciais▪ Ruim para implantação de infra-estrutura enterrada e vias de circulação principais e secundárias <p>Terrenos com declividades de 20 a 30 %</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Inadequados para a maior parte das ocupações▪ Potencial para a exploração de saibro e rocha (pedreira)▪ Suscetibilidade à erosão, com necessidade de proteção vegetal nos cortes

UNIDADE DE TERRENO DT
CLASSIFICAÇÃO
<p>Solos transportados sobre rochas carbonáticas, em baixadas carbonáticas de relevo suave. Embora esteja sendo usado o termo solo transportado, estes espessos depósitos podem ser classificados como sedimentos recentes, devido à sua grande espessura e generalizada ocorrência, conforme foi discutido no item relativo à geologia da área. A unidade compreende solos de coloração variegada (avermelhada, amarelada e amarronada), imaturos, de textura predominantemente argilosa, lateríticos, porosidade elevada e baixa permeabilidade. Espessuras de 1 a mais de 30 m, dispendo-se diretamente sobre as rochas carbonatadas. Escavabilidade de primeira categoria e resistência à penetração (SPT) baixa a média, homogênea ao longo do perfil, sendo crescente com a profundidade, atingindo o impenetrável no contato com a rocha fresca. Argilo-minerais: caulinita (1:1) e secundariamente gibbsita e illita (2:1). Mostram interdigitação com solos residuais, em algumas áreas da folha A098, não delimitadas no mapa. Estes solos são argilosos a siltosos, avermelhados, às vezes com concentrações silicosas de alteração de metacalcários. Ocorrem nas folhas A098 e A101.</p> <p>São comuns linhas de seixos (<i>stone line</i>) de quartzo e metassedimentos, e paleocanais de pequenas dimensões preenchidos por seixos de quartzo. O nível freático médio é 5,7m.</p>
PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilidade de colapsos de solo e subsidências de terreno pela existência de rochas carbonáticas subjacentes ▪ Recalques em fundações ▪ Migração de solo em profundidade ▪ Áreas de Karst coberto, com possibilidade de contaminação do lençol freático e do aquífero cárstico
AVALIAÇÃO
<p>Terrenos com declividade de 0 a 30%</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SEVERAS RESTRIÇÕES para a implantação de loteamentos residenciais. Necessários critérios técnicos adequados e em consonância com planos de mineração e aproveitamento de recursos hídricos do Karst (superficiais e subterrâneos) ▪ Necessidade de estudos do subsolo até uma profundidade de cerca de 60 m (sondagens, geofísica, etc), para implantação de obras ou loteamento ▪ Necessidade de obras especiais de fundações (ancoragem, estaqueamentos e outros) e obturações, injeções de caldas e argamassas em cavidades e vazios subterrâneos ▪ Necessidade de adequação do tamanho mínimo de lote e estudo detalhado para seleção de áreas de descarga de efluentes e resíduos em geral ▪ Inadequadas para a disposição de resíduos ou instalação de indústrias poluidoras ▪ Áreas com alto potencial hidrogeológico ▪ Áreas suscetíveis a afundamentos cársticos (colapso de solo e subsidências), naturais ou induzidos pela ação antrópica (extração de água subterrânea, atividades de mineração, ocupação desordenada, etc.) ▪ Possibilidade de rupturas e avarias nas redes coletoras e de distribuição (água, esgoto) ▪ Áreas de carste coberto, vulneráveis à poluição de aquíferos, com presença de dolinas, fontes e sumidouros, favorecendo a infiltração das águas no subsolo ▪ Adequadas para ocupação rural com uso de técnicas de manejo do solo e monitoramento dos níveis de agrotóxicos utilizados nos plantios e lavouras

UNIDADE DE TERRENO MP
CLASSIFICAÇÃO
Solos residuais e saprolitos de metapelitos (filitos, metassilitos, metargilitos e metarritmitos), localmente com solos transportados com <i>stone line</i> de seixos e fragmentos de quartzo. Relevo forte de cristas alongadas, descontínuas ou não, ressaltadas na topografia. Encostas abruptas, retilíneas e convexas. Ocorrem nas folhas A060, A098, A099 e A101. Compreende solos residuais (maduros ou jovens), de cor castanho clara a amarelada, silteosos, alta porosidade, permeabilidade baixa, argila com alta capacidade de troca catiônica. Consistência baixa e espessuras inferiores a 1 m. Argilo-mineral predominante: caulinita (1:1). Os solos residuais gradam a saprolitos de cor amarelada a avermelhada, lateríticos, textura silteosa, baixa permeabilidade e alta porosidade. Espessuras superiores a 10 m. Argilo-mineral predominante: caulinita (1:1). Apresentam pronunciada foliação/acamamento, com inclinações entre 30° e 90°. Resistência à penetração (SPT), crescente com a profundidade. Escavabilidade de primeira categoria. Tendem a ser erodíveis.
PROBLEMAS ESPERADOS
▪ Possibilidade de escorregamentos ou movimentos de massa em cortes e vertentes, que interceptem no mesmo sentido os planos de foliação/acamamento.
AValiação
Terrenos com declividade de 0 a 30 % <ul style="list-style-type: none">▪ Adequadas com restrições para a implantação de loteamentos e vias de circulação▪ Adequação de cortes e taludes com altura limite de 3 m, principalmente no sentido do mergulho das camadas▪ Necessidade de projetos de contenção e estabilização de cortes e aterros e proteção vegetal▪ Projetos de loteamentos e vias de circulação em conformidade com a topografia▪ Baixa suscetibilidade à erosão▪ Adequadas para disposição de resíduos sólidos, cemitérios e outros, desde que obedecidos critérios técnicos e as características locais do terreno (declividade, espessura e tipo de cobertura, nível freático e outros).

UNIDADE DE TERRENO QZ
CLASSIFICAÇÃO
Rochas quartzíticas aflorantes na forma de lajes e blocos de dimensões métricas, por vezes formando campos de matações. Relevo de cristas alongadas com vertentes íngremes (altos topográficos). Ocorrem em todas as folhas, com exceção da folha A134, associados a corpos quartzíticos do Complexo Gnáissico-Migmatítico ou do Grupo Açungui (Formação Capiru). A unidade é constituída por quartzitos esbranquiçados a amarelados, de granulação fina a média, localmente friáveis, porosos, muitas vezes recristalizados, com baixa porosidade.
PROBLEMAS ESPERADOS
▪ Queda de blocos
AValiação
Terrenos com declividades de 0 a 30 % <ul style="list-style-type: none">▪ Inadequadas para a ocupação urbana e outras, principalmente em função da situação topográfica e altas declividades▪ Dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada (rocha aflorante)▪ Escavabilidade ruim (uso de explosivo)▪ Suscetibilidade à queda de blocos

UNIDADE DE TERRENO DB
CLASSIFICAÇÃO
<p>Solos residuais e transportados sobre diabásios, em cristas alongadas com morros de topo aplainado e vertentes convexas e íngremes. A unidade exibe perfil completo de alteração desde a rocha sã (diabásio), passando para rocha alterada (saprolito) e solo residual maduro. Ocorrem em todas as folhas mapeadas, com predomínio nas folhas A098 e A101.</p> <p>Os solos residuais, lateríticos, mostram coloração avermelhada, por vezes parda, textura argilosa, baixa permeabilidade, porosidade média e espessuras inferiores a 1 m. Argilo-minerais: caulinita (1:1) e esmectita (2:1).</p> <p>Os saprolitos apresentam textura silteosa a média, cor avermelhada a pardacenta, lateríticos, medianamente porosos e baixa permeabilidade, espessuras superiores a 5 m, com matações arredondadas apresentando decomposição esferoidal. Estes materiais podem estar recobertos por solos transportados, de cor amarronzada a castanho- avermelhada, matriz argilosa, envolvendo blocos e matações. Distribuem-se transversalmente aos diques de diabásio, formando franjas de colúvio com extensão lateral de até 250 m. A resistência à penetração (SPT) é crescente com a profundidade, com passagem brusca ao impenetrável no contato com a rocha fresca.</p>
PROBLEMAS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escorregamentos naturais ou induzidos em encostas ▪ Instabilidade de cortes e taludes ▪ Apoio de fundações sobre blocos isolados nas áreas de colúvio, provocando recalques
AVALIAÇÃO
<p>Terrenos com declividades de 0 a 30 %</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocupação urbana com restrições ▪ Possibilidade de implantação de sistemas lineares de loteamentos, com adequação do tamanho mínimo do lote ao longo da crista de topo aplainado ▪ Dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada e abastecimento de água ▪ Inadequadas à disposição de resíduos sólidos ▪ Adequadas à ocupação rural com técnicas de manejo do solo em áreas de alta declividade

Todas Unidades com Declividades Superiores a 30 %
Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inadequadas à ocupação urbana e implantação de vias de circulação devido aos inúmeros problemas geotécnicos associados e dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada ▪ Áreas impróprias à ocupação urbana, conforme a legislação vigente ▪ Áreas para preservação permanente

7.4 CONCLUSÃO

O Mapa de Adequabilidade para o Uso e Ocupação do Solo resume as informações geotécnicas para uso do planejador urbano. Dada a escala do mapa (1:20.000) convém ter em mente que o seu objetivo é prevenir, orientar e recomendar. No entanto, qualquer projeto de ocupação local na área em questão deverá necessariamente buscar informações mais específicas, em trabalho de detalhamento, para complementação dos dados aqui apresentados.

A aplicação da metodologia de determinação das unidades de adequabilidade à área de estudo permitiu dividi-la em regiões de características geotécnicas semelhantes. Como seria de esperar, essas unidades, agrupadas no Quadro 7.02 a seguir para sintetizar o resultado, exibem considerável correlação com a geologia e a declividade. O Mapa de Adequabilidade para o Uso e Ocupação do Solo mostra esse fato claramente.

Na faixa sul dos metacalcários dolomíticos, estendendo-se entre Campo Magro e Fervida (Karst encoberto), predominam dois tipos de unidades geotécnicas – DR e DT – correspondentes, respectivamente, a solos residuais sobre rochas carbonáticas e solos transportados sobre rochas carbonáticas em planícies cársticas de relevo suave. Ambos possuem severas restrições a urbanização, necessitando de estudos do subsolo para implantação de obras. São áreas de alto potencial hidrogeológico mas muito suscetíveis a contaminação e afundamentos cársticos.

Na área norte dos metacalcários dolomíticos (Karst aflorante), limitada pela Falha de Lancinha e bifurcando-se no Anticlinal de Setuva na direção de Bocaiúva do Sul, predominam solos do tipo DR, que em geral são áreas de relevo ondulado com severas restrições para ocupação urbana, aplicando-se também as observações mencionadas anteriormente sobre a sua fragilidade geotécnica e ambiental.

Intercalados nos metacalcários dolomíticos desenvolvem-se consideráveis áreas do tipo MP, constituídas de solos residuais e saprólitos de metapelitos. A NW da Falha de Lancinha existe também uma grande área dos mesmos solos que praticamente cobre a região norte do Projeto. Trata-se de áreas adequadas à ocupação urbana, com restrições, essencialmente relacionadas com a declividade e necessidade de desenvolvimento urbano em conformidade com a topografia, evitando-se assim a erosão.

No limite sudeste da área desenvolve-se uma considerável área do tipo CR, correspondente a solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses e migmatitos. Ocorrem também manchas deste tipo de solo no limite do projeto a NW de Bocalúva do Sul e na área de Conceição dos Correias. São áreas adequadas à urbanização sem restrições importantes quanto a ocupação do solo, exceto no caso de declividades excessivas.

Sobre a área anteriormente referida ocorrem também solos do tipo GD (solos residuais e/ou transportados sobre as argilas da Formação Guabirotuba. São áreas adequadas para urbanização com restrições devido a susceptibilidade crescente da erosão com aumento da declividade, sendo conveniente proteção vegetal nos cortes e aterros. Este tipo de solo possui severas restrições quanto ao uso do solo em regiões de declividade entre 20 e 30%, devido a grande susceptibilidade a erosão.

Quadro 7.02 - Características Geotécnicas Regionais

Unidade Geotécnica	Declividade (%)	Geologia	Local	Recomendações
A	0-5	Aluviões	Sedimentos de fundo de vale nos rios Conceição, Barigui, Água Comprida (a norte de Fervida), Capivarí e outros	Alto potencial hidrogeológico, preservação e proteção de aquíferos superficiais e subterrâneos, suscetíveis a afundamentos cársticos.
DR	0-10	Karst aflorante (pequenas manchas)	Faixa norte dos metadolomitos	Rochas calcárias com solos residuais, com severas restrições e susceptibilidade a afundamentos cársticos
DR	10-20	Karst aflorante (maior parte)	Faixa norte dos metadolomitos	Rochas calcárias com solos residuais, com severas restrições e susceptibilidade a afundamentos cársticos
DT	0-10	Karst encoberto	Faixa sul dos metadolomitos	Rochas calcária com solos transportados / sedimentos com severas restrições e alta susceptibilidade a afundamentos cársticos
DT	10-30	Karst encoberto	Faixa sul dos metadolomitos	Rochas calcária com solos transportados / sedimentos com severas restrições e alta susceptibilidade a afundamentos cársticos
DR	10-30	Karst aflorante	Faixa sul dos metadolomitos	Rochas calcárias com solos residuais, com severas restrições e susceptibilidade a afundamentos cársticos
MP	0-30	Rochas metassedimentares das Formações Capiru e Votuverava	Fm. Capiru em torno e entre os metadolomitos do Karst encoberto; Fm. Votuverava a E e N de Rio Branco do Sul	Rochas calcárias com solos residuais, com severas restrições e susceptibilidade a afundamentos cársticos
OZ	0-30	Quartzitos da Formação Capiru	Cristas quartzíticas com orientações W-ENE, ocasionalmente E-W intercalados nos filitos da Formação Capiru	Rochas quartzíticas. Restrição para ocupação urbana, escavabilidade ruim, susceptibilidade a queda de blocos
DB	0-30	Diques de Diabásio	Ao longo dos diques de diabásio ocorrentes na área com direção N-W-SE	Ocupação urbana com restrições, ocupação rural com técnicas de manejo de solo
CR	0-10	Rochas gnáissicas do Embasamento	Entre Campo Magro e Bocaiúva do Sul	Adequadas com pequenas restrições
CR	20-30	Rochas gnáissicas do Embasamento	De Bocaiúva do Sul para Leste	Adequadas com restrições
CR	20-30	Rochas gnáissicas do Embasamento	A Norte de Campo Magro	Adequadas com restrições
GD	0-20	Formação Guabirubá	Limite Norte de Curitiba	Adequadas com restrições
XI	0-30	Rochas Xistosas Indiferenciadas	Anticlinal de Setuva, Norte de Bocaiúva do Sul	Adequadas com pequenas restrições
SR	0-30	Formação Camarinha	Mancha a 6km N-W de Campo Magro - Sede	Adequadas com restrições, suscetíveis a erosão
GMA	0-30	Granito	Mancha a 4km W de Rio Branco do Sul e 4km NW de Conceição dos Correias	Adequadas com restrições para loteamentos urbanos

Fonte: Dados da MINEROPAR. Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

8. - PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

8.1 - INTRODUÇÃO

As cavernas, grutas e outras cavidades naturais são feições que sempre despertaram a atenção do ser humano pelas mais diferentes razões: pela sua beleza, como abrigo, como local de reunião ou defesa, como sítio para prática de cerimônias religiosas, pela aventura de penetrar nas entranhas da terra, e por motivos científicos e culturais. Essas razões não impedem que as cavernas sejam sistematicamente depredadas, quer por visitantes desconhecedores do seu valor científico e cultural, quer por atividades humanas que as usam sem idéia das conseqüências dessa degradação. Nunca é demais lembrar a cidade americana que no princípio do século XX utilizava uma grande caverna cárstica para despejar as águas servidas, orgulhando-se de ser a única cidade no mundo com sistema de esgoto de 30 milhões de anos.

Como também acontece em outras áreas de rochas carbonáticas no mundo, a região do Karst na RMC possui um considerável número de cavernas. O seu estudo e proteção tem importância científica, cultural, histórica e turística. A vulnerabilidade das rochas carbonáticas, e em particular das cavernas e outras estruturas cársticas, que facilmente servem de condutos ao transporte de agentes contaminadores superficiais, reforça a necessidade de sua localização e caracterização. Esse conhecimento, e os planos de manejo e proteção das cavernas, são elementos fundamentais do Plano de Zoneamento do Karst, para a proteção ambiental da área e salvaguarda da qualidade das águas subterrâneas.

8.2 – METODOLOGIA

Para organização do trabalho foram coletados e lançados no mapa digital da região dados sobre as cavidades naturais, assinaladas no Projeto Calcário da MINEROPAR, assim como as informações do GEEP (Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná) - Açungui contidas nas publicações dos 10 e dos 15 anos de atividades espeleológicas (GEEP, 1996; GEEP, 2001).

Além destes dados, foram utilizados elementos adicionais sobre cavidades naturais, provenientes dos levantamentos realizados pelos graduandos do curso de Geologia da UFPR durante décadas, sob a orientação do professor responsável pela matéria.

Destas diversas fontes foi obtido o posicionamento de 719 cavidades naturais, das quais 49 são cavernas. Para complementação destes dados, foi consultada a bibliografia pertinente, discriminada no fim deste volume, onde avultam as contribuições do Grupo GEEP-Açungui.

8.3 - ESPELEOLOGIA

8.3.1 - Distribuição Geográfica das Grutas

As 49 grutas assinaladas no mapa espeleológico (ver Anexo 1), distribuem-se pela bacia do rio Ribeira, em parte devido aos maiores gradientes desta bacia e à exposição mais aflorante das rochas cársticas. A maior parte das grutas deste grupo ocorre nos metadolomitos da Formação Capiru. Apenas três grutas no município de Rio Branco do Sul – Saivá, Toca e Toquinho – se situam nos metacalcários calcíticos da Formação Votuverava.

Entre as 10 maiores cavernas paranaenses, três situam-se na região do projeto (Tabela 8.01):

Tabela 8.01 - Grandes Cavernas na Área do Projeto

Nome	Projeção Horizontal (m)	Município
Gruta da Lancinha	1826	Rio Branco do Sul
Gruta de Campestrinho	614	Rio Branco do Sul
Gruta de Itaperussu	537	Itaperuçu

Fonte: GEEP, 1996

A região estudada caracteriza-se economicamente pela atividade histórica de extração mineral, principalmente de calcários e mármore. Segundo registros existentes o povoado de Rio Branco do Sul surgiu em 1790 em torno de arraiais de mineração. Relatos contemporâneos indicam que inicialmente a mineração se concentrava nas entradas de cavernas. Desde então o maior fator na degradação e destruição do patrimônio espeleológico tem sido resultado das atividades extrativas, em especial da mineração do calcário.

8.3.2 - Degradação do Patrimônio Espeleológico

As primeiras ações de avaliação do grau de degradação do patrimônio espeleológico da RMC partiram do grupo GEEP-Açungui, em 1988, com a idealização do Projeto "Pró-Memória Açungui". Em 1992, o trabalho "Diagnóstico da Degradação Ambiental das Cavidades Naturais Subterrâneas da Região Metropolitana de Curitiba-PR" indicou, numa análise preliminar, que 25% das cavernas conhecidas encontravam-se destruídas ou ameaçadas de destruição (GEEP-Açungui, 1992). O primeiro levantamento para confirmação destes dados foi realizado em 1993 tendo sido observada a destruição de 30% do patrimônio conhecido, sendo que 52 cavernas se encontravam com problemas de degradação ambiental. A mineração, sem planejamento e controle ambiental adequado, foi indicada como a principal causa da destruição do patrimônio espeleológico (SESSEGOLO et al., 1993).

A realização de uma complementação do estudo anterior, em 1995, indicou que 45% do total de cavernas cadastradas haviam sido destruídas. Entre o patrimônio destruído encontrava-se a Gruta dos Macacos, importante cavidade em termos dos vínculos históricos e religiosos entre a gruta e a comunidade local. SESSEGOLO et al. (1996) sintetizou os resultados dos levantamentos anteriores, mostrando que atividades de mineração haviam parcialmente destruído as grutas de Campestrinho, Toquinhas, ambas situadas no município de Rio Branco do Sul, e Ermida, no município de Campo Magro, todas situadas dentro da área do presente projeto. A destruição parcial da gruta de Campestrinho em Rio Branco do Sul por empresa mineradora caracterizou o desrespeito aos princípios mais elementares de proteção ambiental visto esta gruta se encontrar na área de tombamento da Gruta de Lancinha, conforme Edital de Tombamento de 23/06/88 do Conselho Estadual do Patrimônio. Só a incidência de uma ação civil pública fez a mineradora cessar as atividades.

O levantamento de 1995 identificou também entre o patrimônio ameaçado as grutas da Lancinha, Bacaetava e Jesuítas/Fadas, sendo as duas primeiras situadas dentro da área do Projeto. Entre as principais ameaças à integridade destas cavidades naturais estavam a visitação desordenada com destruição de espeleotemas e a deposição de resíduos com efeitos diretos na contaminação do aquífero Karst.

Em 1997 foram revisados os dados levantados constatando-se que, num universo de 77 cavidades da região, 40 encontravam-se destruídas, 16 parcialmente destruídas, 20 ameaçadas e apenas uma conservada (GEEP-Açungui, 1997)

A mineração sem controle ambiental adequado e o turismo desordenado constituem as maiores causas de degradação. Segundo SESSEGOLO et al. (2001), além da mineração, as principais ameaças à integridade das cavernas são a deposição de resíduos em estruturas e áreas cársticas, a expansão urbana, a poluição hídrica, e o uso e manejo inadequado do solo agrícola. A mesma autora alertou também para a possibilidade da exploração do aquífero cárstico vir a ser mais uma ameaça, ainda não adequadamente avaliada, aos locais espeleológicos. Esse perigo parece remoto dada a crescente conscientização ambiental sobre a necessidade de utilizar, na extração da água subterrâneo do Karst, procedimentos que garantam a sustentabilidade do aquífero. A proteção às grutas representa um elemento fundamental na manutenção do potencial do aquífero.

8.4 - GRUTA DE BACAETAVA

A área da gruta de Bacaetava, em Colombo é a única protegida legalmente dentro dos limites do presente projeto. O Decreto nº 1.143/99 criou o Parque Municipal de Bacaetava estabelecendo a proteção da área e disciplinando a visitação. SESSEGOLO et al, (2001) comentando sobre a gravidade da situação na área de Bacaetava menciona que, das 15 grutas conhecidas na região, apenas restaram a própria gruta de Bacaetava (Figura 8.01) e a gruta Y, esta parcialmente destruída.

Figura 8.01 - Entrada da Gruta de Bacaetava

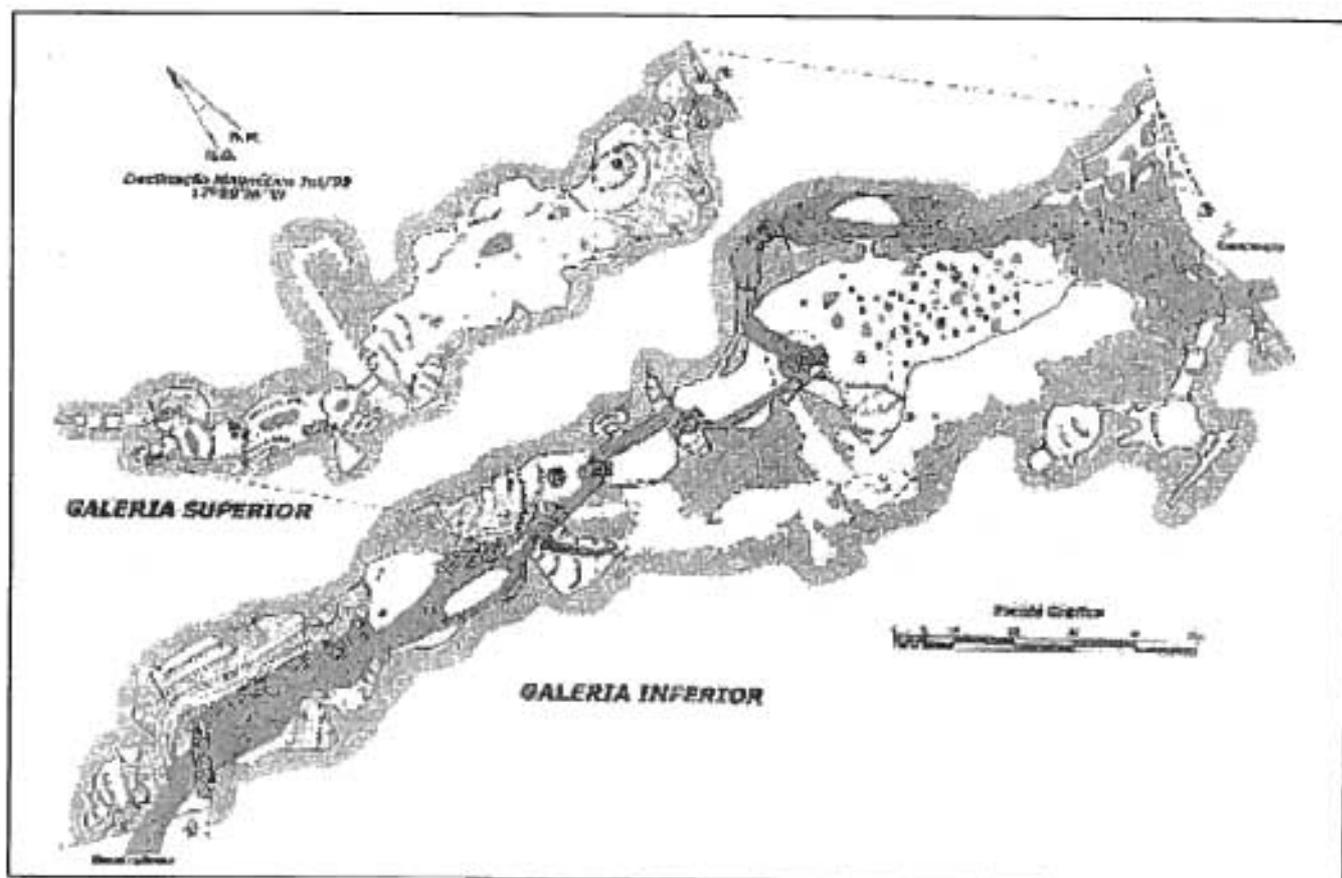


Fonte: www.fotoserumos.com/cavernas.htm

Em 1999 o Parque Municipal da Gruta de Bacaetava foi objeto de um estudo para o Plano de Manejo (Ecosistema e GEEP, 1999), durante o qual foi realizada a caracterização ambiental, incluindo o mapeamento da gruta. Verificou-se que a projeção horizontal da gruta atinge 672m, com desenvolvimento linear total de 695m e desnível absoluto de 25m. A gruta possui dois níveis (Figura 8.02). O nível inferior é atravessado pelo rio Bacaetava.

A visitação da gruta decorre organizadamente e prosseguem os trabalhos no sentido de limpar pichações e outros aspectos das degradações a que a gruta esteve submetida antes de ser protegida. O Plano de Manejo propôs uma frequência diária máxima de 250 visitantes em grupos de 20 durante 45 minutos, o que corresponderia a cerca de 7.500 pessoas por mês. O Circuito Italiano de Turismo de Colombo, tem uma média mensal de aproximadamente 6000 visitantes, para muitos dos quais a visita à gruta é uma das maiores atrações.

Figura 8.02 - Planta da Gruta de Bacaetava



Fonte: Plano de Manejo do Parque Municipal da Gruta do Bacaetava, Ecosistema /GEEP, 1999

Apesar da proteção estendida à gruta de Bacaetava, existem ainda problemas ambientais, comuns a outras grutas da área. A principal preocupação relaciona-se com os efeitos do lançamento de rejeitos, pelas empresas mineradoras, no rio Bacaetava e a poluição do mesmo pela ocupação antrópica vizinha.

A gruta situa-se nos metacalcários dolomíticos da Formação Capiru . A entrada do rio Bacaetava na galeria inferior faz-se por sumidouro. Internamente foram observadas as seguintes direções principais de fraturamento:

- N30-40E
- N10-20W

As fraturas apresentam atitudes subverticais, geralmente transversais ao acamamento e à galeria principal, definindo pequenas galerias e salões laterais (Figura 8.03).

Figura 8.03 - Gruta de Bacaetava



Fonte: Plano de Manejo do Parque Municipal da Gruta de Bacaetava, Ecossistema /GEEP, 1999

8.5 - GRUTA DA LANCINHA

8.5.1 - Aspectos Gerais

A Gruta da Lancinha, a segunda maior caverna conhecida no Paraná (1826m), é uma das cavidades naturais subterrâneas mais belas da Região Metropolitana de Curitiba. Nela foram registradas, segundo levantamentos da fauna realizados, 75 espécies, o que a coloca, até ao momento, como sendo a segunda cavidade em diversidade biológica do Brasil (ROCHA, 1996).

Esta caverna foi classificada pelo projeto de estudo da degradação ambiental de cavidades naturais subterrâneas (GEEP-AÇUNGUI, 1995), como de uso inadequado, e prioritária para conservação, por ser uma das três únicas cavidades que estão relativamente preservadas, destacando-se como uma das cavernas com maior potencial turístico na região.

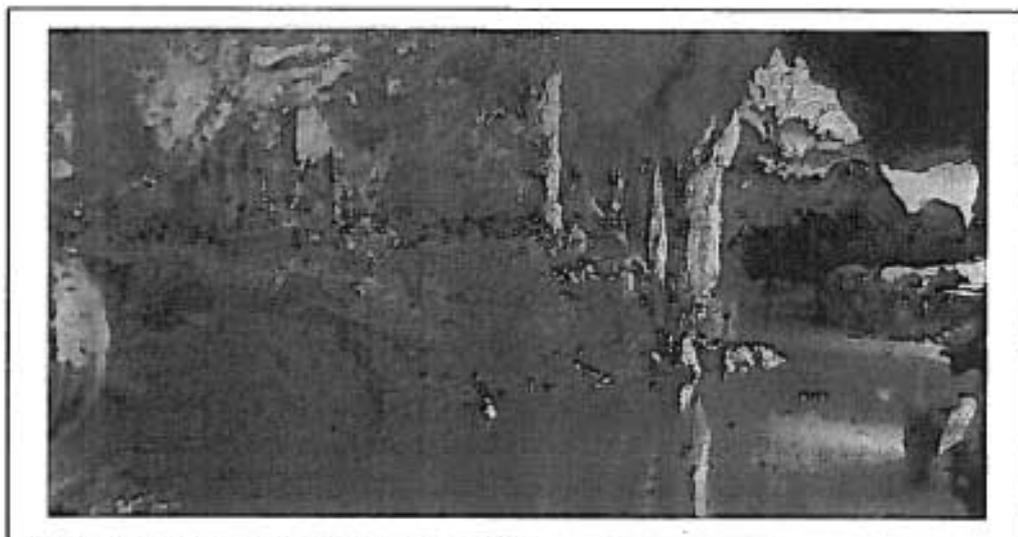
Por se tratar de um dos elementos mais importantes do patrimônio espeleológico, senão o mais importante, analisaremos em maior detalhe os seus aspectos ambientais e geológicos, que em grande parte se reproduzem nas restantes grutas da área de estudo.

REHME, (1993) tratou da vocação turística da Gruta da Lancinha, constatando que a gruta é conhecida desde meados do século anterior, quando o jornal "O Dezenove de Dezembro" revelava que essa caverna, assim como outras próximas, eram bastante visitadas, recomendando uma investigação mais ampla de seus aspectos peculiares. Em artigo o jornal "O Itibere" (1919), considerou as grutas da Lancinha e de Itaperussu, como atrativos turísticos naturais.

Investigada com maior detalhe em meados dos anos 80, por acadêmicos de geografia da Universidade Federal do Paraná, orientados pelo professor responsável pela matéria, estes verificaram a freqüente presença de visitantes. Embora pouco divulgada, essa caverna é constantemente visitada pela população em geral, devido à proximidade de Curitiba e da sede do Município de Rio Branco do Sul. Em meados da década de 90, conforme ZAKRZEWSKI et al. (1996), a caverna era visitada preferencialmente nos finais de semana e feriados, por um número médio de 40 pessoas ao dia, representadas em sua maioria por jovens na faixa etária de 15 a 20 anos. Nessas ocasiões é palco de atividades educativas, conduzidas por guias, espeleólogos e professores.

Apesar da Gruta da Lancinha (Figura 8.04) ter sido tombada pelo Conselho Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico em 1988, não existe uma organização com presença local para proteção da gruta.

Figura 8.04 - Caverna e sua morfologia interna, galeria principal segmento subterrâneo do Rio da Lança (Gruta da Lancinha - Rio Branco do Sul)



Fonte: www.cavernadalancinha.hpg.com.br

8.5.2 - Aspectos Ambientais

ZAKRZEWSKI et al (GEEP-Açungui, 1996) descreveram uma situação ambiental preocupante no entorno e dentro da gruta da Lancinha:

"O lago situado próximo da nascente do rio Lança, cerca de 3.400 metros a montante da gruta, foi alterado, sendo parte das suas margens utilizadas para deposição de rejeitos de mineração, o que também acontece ao longo da sua bacia. Muitas estradas localizam-se junto à drenagem, não sendo respeitadas as áreas de preservação marginal permanente, legalmente previstas.

À jusante encontram-se pequenas comunidades e propriedades rurais desprovidas de saneamento básico, contribuindo para a deterioração da qualidade do rio Lança. Além do lixo e esgoto, lançados no curso de água sem tratamento, muitas propriedades mantêm chiqueiros juntos aos corpos de água. No entorno da gruta, os rejeitos da exploração mineral ocorrida junto da ressurgência da cavidade foram depositados nas margens do rio, interferindo no seu curso.

Os três acessos para as principais entradas da gruta apresentam declives acentuados. O uso intensivo dessas trilhas pelos visitantes, juntamente com os processos de erosão pluvial, tem provocado o ravinamento ao longo dos caminhos.

Junto às entradas, em particular no sumidouro e na dolina desabada, surgiram improvisadas e inadequadas áreas de acampamento, causando a remoção da cobertura vegetal. O lixo oriundo dessas atividades é depositado nas cercanias da gruta. Além dessas intervenções, as vibrações provocadas pelo tráfego de caminhões na estrada que passa sobre a caverna, podem causar danos em sua estrutura e ornamentações.

Como consequência da visitação, constatou-se um número elevado de pichações nas paredes e na superfície de estalagmites e estalactites de maiores dimensões. Muitas galerias foram descaracterizadas pela destruição dos seus espeleotemas. Os circuitos internos menos impactados são aqueles que apresentam maior grau de dificuldade de acesso.

Grande quantidade de resíduos sólidos encontra-se no interior da caverna, parte destes carreados por enxurradas e os demais deixados pelos visitantes. Os restos orgânicos depositados provocam alterações na cadeia alimentar cavernícola.

Algumas canaletas de drenagem da estrada direcionam-se para as entradas das grutas, provocando, na época das chuvas, o carreamento de material para os seu interior, alterando o seu ambiente”.

8.5.3 - Proposta de Implantação de Parque da Lancinha

Em face da situação ambiental crítica, ZAKRZEWSKI et al (GEEP-Açungui, 1996) propuseram a implantação de um parque para a conservação do patrimônio ambiental, em particular espeleológico, na região onde se insere a gruta da Lancinha e seu entorno. O Parque Estadual da Gruta da Lancinha poderia ser implantado pelo poder executivo estadual, sem detrimento da participação da iniciativa privada, da municipalidade e da sociedade civil organizada. O parque com área de 592 ha, incluindo a gruta e a bacia hidrográfica a montante, corresponde aproximadamente à área de proteção delimitada no mapa que acompanha o presente tema.

8.5.4 - Aspectos Geológicos

A gruta da Lancinha situa-se na zona de falhamento da Lancinha, provocada pela falha regional transcorrente de mesmo nome. A gruta foi modelada nos dolomitos da Formação Capiru, mas observa-se, no local chamado Sala de Festas, rocha milonitizada com direção estrutural N40°E, claramente pertencente ao sistema da falha (RABELO e GENTHNER, GEEP-Açungui, 1999).

Segundo os autores acima citados, na gruta observam-se 3 sistemas principais de fraturas:

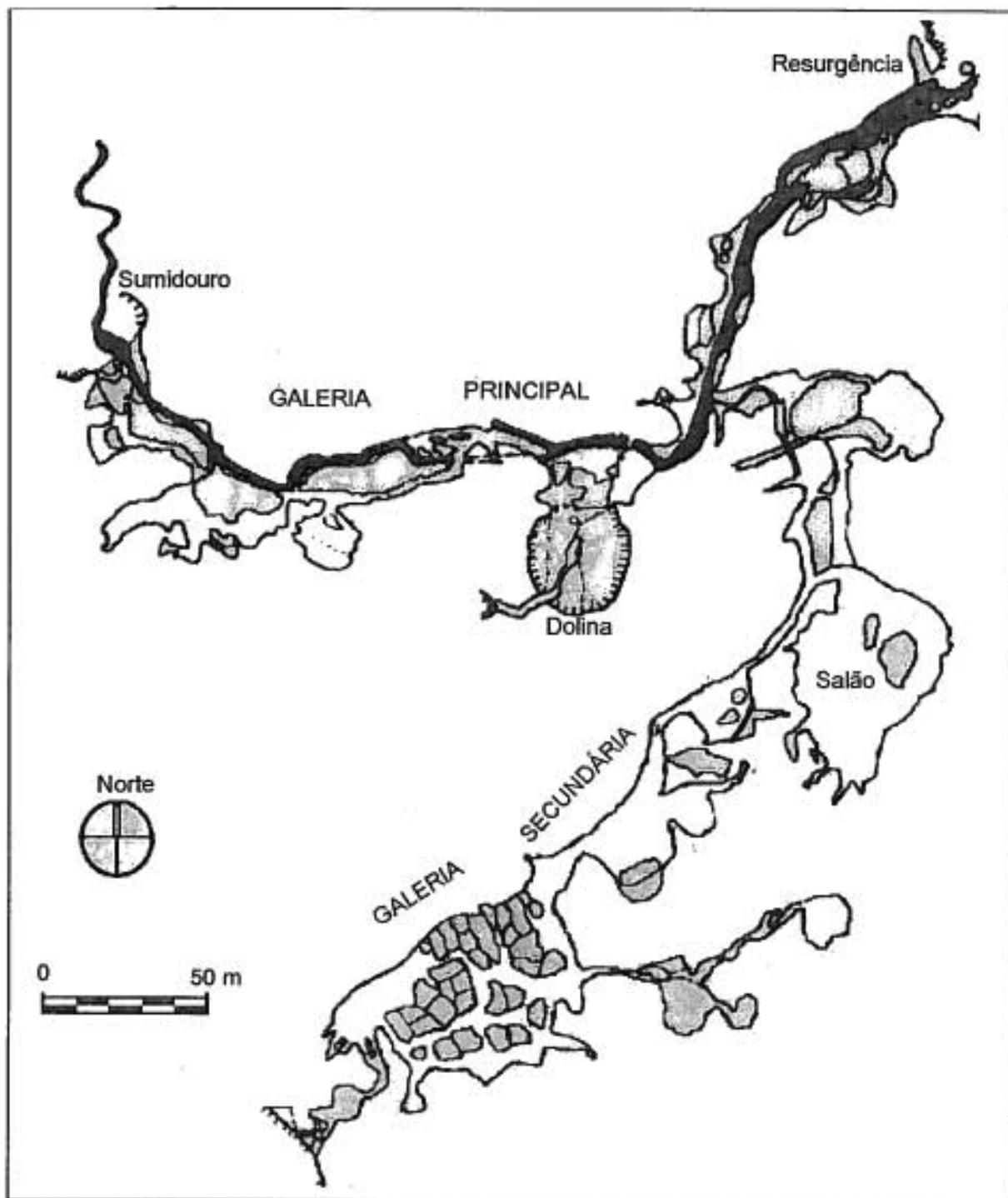
- N40-50E , relacionado aos movimentos transcorrentes da zona de falhamento da Lancinha;
- N40-50W, relacionado com fraturas abertas durante o Mesozóico, quando ocorreu a intrusão de diques de diabásio nessas direções;
- E-W, relacionado com fraturamentos secundários associados a quaisquer dos eventos acima indicados.

A predominância das direções N40-50E nas galerias da gruta confirma o controle estrutural imposto pelo falhamento da Lancinha, em contraste com as direções próximas de ENE freqüentemente observadas em outras grutas. O estudo dos fraturamentos em grutas e das direções das galerias é importante como subsídio para uma eventual avaliação das direções de carstificação do aquífero subterrâneo na área.

Na região externa da gruta observam-se diversas feições cársticas (Figura 8.05) – como dolinas, sumidouros e pequenos lapiás – alguns dos quais estão assinalados no mapa espeleológico do projeto.

Dentro da caverna pode-se interpretar a existência de 4 níveis de galerias a diferentes cotas altimétricas (RABELO e GENTHNER, GEEP-Açungui, 1999).

Figura 8.05 - Croqui do conjunto que compõe o sistema de cavidades (sumidouro, ressurgência, galerias, e salões), denominado de Caverna da Lancinha



Fonte: Adaptação do esboço de ZAKRZEWSKI et al., GEEP, 1996, pelo Consórcio Procesi / Earth Tech.

8.6 - LEGISLAÇÃO

SESSEGOLO e THEULEN (2001) examinaram as alternativas para proteção do patrimônio espeleológico brasileiro, apresentando um resumo do desenvolvimento da legislação relacionada com a proteção de cavernas, transcrito a seguir.

Verificaram que apesar da atividade espeleológica no país ocorrer de forma organizada há mais de 30 anos, a proteção das cavernas, do ponto de vista jurídico, surgiu muito posteriormente. Até 1987 não existiam instrumentos legais específicos de proteção, razão pela qual apenas uma parcela das cavidades eram protegidas por meio do uso e da interpretação indireta de leis que disciplinavam temas correlacionados.

Em seguida descreveram o desenvolvimento da legislação de proteção das cavernas até ao presente, começando pela primeira norma específica de proteção, a Resolução nº 05 de 06/08/1987, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. O programa foi formulado por uma Comissão Especial, definida pela Resolução do CONAMA de nº 009, de 24/01/1986, para tratar de assuntos relacionados à preservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro.

O Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico previa como objetivos: identificação, cadastro, inventário, proteção, recuperação e gerenciamento do Patrimônio Espeleológico Nacional. De forma específica, previa convênios com instituições governamentais e não-governamentais, visando a realização de estudos e pesquisas integradas, além de trabalhos de divulgação e conscientização.

A mesma Resolução (05/87) sugere, entre outros itens apontados, que o DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral) incluía no novo Código de Mineração:

- que os sítios arqueológicos, depósitos fossilíferos e as cavernas sejam regidos por legislação específica e que sejam adotadas as respectivas definições estabelecidas pela Sociedade Brasileira de Espeleologia;
- um item obrigando o detentor do título minerário a informar a presença de monumentos geológicos, depósitos fossilíferos, sítios arqueológicos e cavernas;
- disposições levando em conta a presença dos bens de valor natural, científico e cultural, a fim de estender às atividades de mineração e lavra a tarefa de proteção ao patrimônio natural e cultural, e o dever de comunicar, sempre que for o caso, aos órgãos competentes.

A Constituição Federal Brasileira de 1988, considerou as cavidades naturais subterrâneas como bens da União (Artigo 20, X) e constituiu, no Artigo 216, os sítios de valor histórico, paisagístico, arqueológico, paleontológico e científico, como patrimônio cultural brasileiro. Desde então, diversos Estados brasileiros incluíram em suas Constituições artigos referentes à proteção de cavernas.

Em 15/06/1990, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, sancionou a Portaria Normativa nº 887, objetivando promover a realização de um diagnóstico sobre a situação do Patrimônio Espeleológico Nacional, identificando áreas críticas e definindo ações e instrumentos necessários para sua proteção e uso adequado. Constituiu o Sistema Nacional de Informações Espeleológicas e limitou o uso das cavidades naturais subterrâneas apenas aos casos de estudo técnico-científicos e atividades de cunho espeleológico, ético-cultural, turístico, recreativo e educativo. Disciplinou ainda a coleta de material geológico, mineralógico, faunístico e florístico. Declarou a obrigatoriedade da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental para ações ou empreendimentos de qualquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previstos ou existentes em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico, que direta ou indiretamente pudessem ser lesivos a essas cavidades.

Ainda, determinou que a área de influência de uma cavidade natural seja definida por estudos técnicos específicos, obedecendo às peculiaridades e características de cada caso. O Parágrafo Único do Artigo 6º, da referida Portaria, considera que essa área, até que sejam efetivados os estudos técnicos previstos em seu *caput*, deverá ser identificada a partir da projeção em superfície do desenvolvimento linear da cavidade considerada, ao qual será somado um entorno adicional de proteção de, no mínimo, 250 m.

Em 01/10/1990, foi sancionado pelo Vice-Presidente da República o Decreto nº 99.556, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, entre outras providências. Esse decreto remete a utilização das cavidades e de sua área de influência à legislação específica e somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do respectivo equilíbrio ecológico. Confirma a obrigatoriedade da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental, inclusive para empreendimentos já existentes, em prazo a ser estipulado pelo CONAMA. Designa o IBAMA como responsável pela preservação, conservação, fiscalização e controle do uso do patrimônio espeleológico brasileiro, entre outros aspectos.

Em 05/06/1997, o IBAMA sancionou a Portaria nº 057, instituindo o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas – CECAV, bem como seu regimento interno.

Finalmente o Projeto de Lei nº 5.071-E/90, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas brasileiras, encontra-se em trâmite no Congresso Nacional.

8.7 – CONCLUSÕES

A despeito de existirem desde 1990 os instrumentos legais para a conservação das cavernas brasileiras pouco progresso tem ocorrido.

A única caverna protegida é a de Bacaetava, beneficiada pelo Decreto nº 1.143/99 do Município de Colombo instituindo o Parque Municipal de Bacaetava. A gruta da Lancinha, a maior e mais bela caverna da região encontra-se entre o patrimônio ameaçado, apesar de se situar em área tombada, conforme Edital de Tombamento de 23/06/88 do Conselho Estadual do Patrimônio.

Quase todos os tipos de ameaça às cavernas correspondem a ameaças ao aquífero do Karst, e como tal impactam no zoneamento do Karst. A proteção às grutas inclui-se dentro das medidas de proteção à região do Karst. No Anexo 1, a seguir, apresenta-se relação das grutas situadas na área do projeto.

ANEXO 1

Relação das Grutas situadas na Área do Estudo

NOME	MUNICÍPIO	UTM_Y	UTM_X	ALTITUDE	LITOLOGIA	NOME_GRUTA	UTME
Gruta do Bacaetava	Colombo	7208185.46	680587.54	898	Calcário Dolomítico	Bacaetava	680587,54
Gruta do Itaperussu	Itaperuçu	7208994.39	667328.39	1000	Calcário Dolomítico	Itaperussu	667328,39
Gruta do Córrego Comprido I	Rio Branco do Sul	7208672.53	680985.93	920	Calcário Dolomítico	Corrego Comprido	680985,93
Gruta da Toca	Rio Branco do Sul	7215083.83	670681.72	888	Calcário Calcítico	Toca	670681,72
Gruta da Água Boa	Almirante Tamandaré	7203180.03	685327.63	957	Calcário Dolomítico	-gua Boa	685327,63
Gruta Escura	Colombo	7208255.57	679944.67	925	Calcário Dolomítico	Escura	679944,67
Gruta de Toquinhas	Rio Branco do Sul	7215448.79	671190.37	822	Calcário Calcítico	Toquinhas	671190,37
Fenda do Capacete	Almirante Tamandaré	7203241.56	685328.38	988	Calcário Dolomítico	Capacete	685328,38
Gruta Y	Colombo	7208318.86	677482.26	987	Calcário Dolomítico	Y	677482,26
Gruta de Capivara I	Almirante Tamandaré	7208526.12	685984.25	971	Calcário Dolomítico	Capivara I	685984,25
Gruta do Itaperussu II	Itaperuçu	7208961.20	667521.91	1005	Calcário Dolomítico	Itaperussu II	667521,91
Gruta do Córrego Fundo I	Almirante Tamandaré	7204450.37	684815.67	925	Calcário Dolomítico	Córrego Fundo	684815,67
Gruta Queimada I	Rio Branco do Sul	7210146.52	669331.87	954	Calcário Dolomítico	Queimada I	669331,87
Gruta Queimada II	Rio Branco do Sul	7210175.89	669444.21	974	Calcário Dolomítico	Queimada II	669444,21
Gruta dos Ossos	Rio Branco do Sul	7211025.01	672870.31	1020	Calcário Dolomítico	Ossos	672870,31
Gruta de Pessegueiro	Rio Branco do Sul	7215014.89	676085.70	890	Calcário Dolomítico	Pessegueiro	676085,70
Gruta do Berto	Rio Branco do Sul	7210163.15	672887.31	975	Calcário Dolomítico	Berto	672887,31
Gruta da Casa	Rio Branco do Sul	7212479.24	689808.00	884	Calcário Dolomítico	Casa	689808,00
Gruta Rio Branco I	Rio Branco do Sul	7210344.90	673113.59	1006	Calcário Dolomítico	Rio Branco I	673113,59
Gruta de Capivara II	Almirante Tamandaré	7206524.74	686096.17	971	Calcário Dolomítico	Capivara II	686096,17
Gruta Boa Vista I	Rio Branco do Sul	7214505.24	675042.95	994	Calcário Dolomítico	Boa Vista I	675042,95
Gruta Cinco Níveis	Colombo	7208261.52	679496.88	925	Calcário Dolomítico	Cinco Níveis	679496,88
Gruta de Capivara III	Almirante Tamandaré	7206588.68	685901.06	983	Calcário Dolomítico	Capivara III	685901,06
Gruta Paiol das Tocas	Almirante Tamandaré	7205729.62	688185.22	995	Calcário Dolomítico	Paiol das Tocas	688185,22
Gruta do Córrego Fundo II	Almirante Tamandaré	7204091.36	683771.89	917	Calcário Dolomítico	Corrego Fundo II	683771,89
Gruta Campina dos Pintos	Rio Branco do Sul	7209407.82	678572.75	994	Calcário Dolomítico	Campina dos Pintos	678572,75
Abismo Saiva	Rio Branco do Sul	7214965.71	667823.87	982	Calcário Calcítico	Saiva	667823,87
Gruta Rio Branco II	Rio Branco do Sul	7210314.49	673085.21	998	Calcário Dolomítico	Rio Branco II	673085,21
Gruta Boa Vista II	Rio Branco do Sul	7214546.46	674231.38	985	Calcário Dolomítico	Boa Vista II	674231,38
Gruta do Córrego Comprido II	Rio Branco do Sul	7208805.31	680259.90	938	Calcário Dolomítico	Corrego Comprido II	680259,90
Gruta da Dúvida	Rio Branco do Sul	7208771.93	680455.40	967	Calcário Dolomítico	Dúvida	680455,40
Gruta Samambaia Assassina	Rio Branco do Sul	7208709.27	680538.54	970	Calcário Dolomítico	Samambaia Assassina	680538,54
Gruta Carrossel da Couve	Rio Branco do Sul	7208678.88	680510.15	965	Calcário Dolomítico	Carrossel da Couve	680510,15
Fenda do Cristoph	Rio Branco do Sul	7208710.02	680482.57	961	Calcário Dolomítico	Cristoph	680482,57
Gruta do Batismo	Rio Branco do Sul	7208740.42	680510.97	965	Calcário Dolomítico	Batismo	680510,97
Gruta de Campestrinho III	Rio Branco do Sul	7213568.80	676066.93	965	Calcário Dolomítico	Campestrinho III	676066,93
Gruta Último Suspiro	Rio Branco do Sul	7210201.75	669836.45	978	Calcário Dolomítico	Último Suspiro	669836,45
Gruta de Bom Jardim I	Rio Branco do Sul	7209896.53	689636.67	973	Calcário Dolomítico	Bom Jardim I	689636,67
Gruta de Bom Jardim II	Rio Branco do Sul	7210022.05	689442.29	956	Calcário Dolomítico	Bom Jardim II	689442,29
Gruta do Estilo	Rio Branco do Sul	7211759.33	688316.14	944	Calcário Dolomítico	Estilo	688316,14
Gruta de Paiol do Fundo	Rio Branco do Sul	7211394.64	687947.66	962	Calcário Dolomítico	Paiol do Fundo	687947,66
Gruta Vinete e Um de Abril	Itaperuçu	7211366.64	687723.35	957	Calcário Dolomítico	Vinete e Um de Abril	687723,35
Gruta Touceira da Lagoa	Itaperuçu	7211397.41	687723.73	950	Calcário Dolomítico	Touceira da Lagoa	687723,73
Gruta da Panela Velha	Itaperuçu	7211305.11	687722.59	936	Calcário Dolomítico	Panela Velha	687722,59
Fenda da Parede I	Itaperuçu	7211305.45	687694.60	945	Calcário Dolomítico	Parede I	687694,60
Fenda da Parede II	Itaperuçu	7211366.99	687695.36	945	Calcário Dolomítico	Parede II	687695,36
Gruta de Itaperussu III	Itaperuçu	7208723.43	687486.70	1010	Calcário Dolomítico	Itaperussu III	687486,70
Ermida	Almirante Tamandaré	7203736.86	681725.31	0	Calcário Dolomítico	Ermida	
Lancinha	Rio Branco do Sul	7215669.55	672895.49	855	Calcário Dolomítico	Lancinha	

Fonte: GEEP-Açungui. In: MINEROPAR, 2001. Projeto Calcário – Distrito Mineiro Capiru.

9 - HIDROGEOLOGIA

9.1 - INTRODUÇÃO

A região de estudo inclui uma considerável superfície de rochas carbonáticas, caracterizada geralmente por um relevo plano a suavemente ondulado, e que vem sendo objeto de ocupação urbana crescente na área adjacente a Curitiba. A área de rochas carbonáticas contém também um aquífero de grande potencial, mas de extrema vulnerabilidade à ocupação urbana, o qual tem sido considerado uma alternativa importante para complementação do abastecimento de água à Região Metropolitana de Curitiba.

O presente estudo da hidrogeologia da região, baseado na uniformização e consolidação dos dados hidrogeológicos existentes, representa um componente básico para orientar o zoneamento, dimensionar os conflitos existentes entre o meio físico e o meio antrópico, e progredir no conhecimento do aquífero do Karst, até hoje insuficientemente conhecido.

9.2 - METODOLOGIA

A maior parte do presente trabalho sobre hidrogeologia do Karst é dedicada ao estudo das características dos metacalcários da Formação Capiçu, pela sua importância no zoneamento e no abastecimento de água à região.

Foi dada ênfase à definição dos domínios hidrogeológicos existentes e suas características. Nos metacalcários focalizaram-se os aspectos de vulnerabilidade, compartimentação, localização das zonas de recarga, piezometria e previsões sobre a capacidade de produção do aquífero.

A definição dos *domínios ou unidades hidrogeológicas* baseou-se no tipo de permeabilidade e natureza das rochas ocorrentes na região. A atualização do mapeamento geológico e o modelo digital do terreno executados durante o projeto contribuíram para uma melhor localização e caracterização dos limites das unidades hidrogeológicas.

As *zonas e pontos de recarga* foram localizadas pela identificação de estruturas cársticas e de feições geomorfológicas favoráveis, complementadas pela análise de surgências, piezometria e dados existentes.

Para localização de dolinas foram consultadas fontes publicadas e inéditas. Entre as publicadas estão o relatório do Projeto Calcário – Distrito Mineiro Capiru da MINEROPAR (2001), Mapa Geológico-Geotécnico na escala 1:20.000 executado pela MINEROPAR (1997/1999) para a COMEC, e os Relatórios de Progresso de Trabalho da Joanneum Research Institut (1998, 1999). Entre os trabalhos inéditos estão os dados geológicos e sobre estruturas cársticas coletados pelos graduandos do curso de Geologia da UFPR, durante várias décadas, sob a orientação do professor responsável pela matéria, que representaram também uma contribuição importante, responsável por cerca de 60% das dolinas assinaladas. Registramos também os dados sobre cavernas e dolinas apresentados pelo Professor Everton Passos, da mesma Instituição.

Para identificação de poljes, planícies aluvionares e outras estruturas de maiores dimensões recorreu-se à fotografia aérea existente, ao modelo digital do terreno e aos dados do mapa geológico confeccionados para o projeto.

A *piezometria* resultou da análise dos poços cadastrados nos bancos de dados da SANEPAR e SUDERHSA. Como grande parte deles, apesar de terem uma localização planimétrica precisa, não possuíam dados sobre a altitude da boca do poço, esta foi obtida por recurso ao modelo digital do terreno. Uma vez obtida essas informações calculou-se o nível hidroestático, que normalmente é informado como uma profundidade a partir da superfície. Admite-se que o nível hidroestático indicado corresponda à altitude piezométrica, uma vez que não há registros dos níveis hidroestáticos de cada horizonte aquífero intersectado durante a perfuração. Os valores obtidos devem ser considerados com alguma prudência pois correspondem a diferentes profundidades, a determinações em épocas do ano diversas e ainda a várias formas de aquisição dos dados.

Para a estimativa preliminar dos recursos de água subterrânea do aquífero do Karst, foram utilizados como base os valores unitários de 8,9 litros/segundo/km², reportados no relatório da JICA - Japan International Cooperation Agency (1995) e reproduzidos por outros autores. As determinações de precipitação, evapotranspiração e escoamento de base realizados no estudo de hidroclimatologia do projeto, indicando uma infiltração de cerca de 20%, também concordam com o valor acima mencionado. Esta estimativa porém, corresponde à utilização de métodos hidroclimáticos, sem suporte efetivo em dados hidrogeológicos de campo.

9.3 – DOMÍNIOS OU UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

O projeto cobre uma área de 1.046 quilômetros quadrados de rochas de idade Proterozóica, cortadas por diques doleríticos do Jurássico Cretáceo, e com coberturas ocasionais da Formação Guabirota do Quaternário (Pleistoceno), aluviões e sedimentos indiferenciados mais recentes. A Tabela 9.01 abaixo resume as características gerais das unidades geológicas da área do Projeto.

Tabela 9.01 - Características Gerais e Unidades Geológicas

Geologia	Idade	Distribuição Geográfica
Depósitos Aluvionares	Quaternário Holoceno	Distribuídos por toda a área
Formação Guabirota	Quaternário Pleistoceno	Algumas áreas dispersas no limite sul do projeto
Sedimentos Indiferenciados	Terciário-Quaternário	Em Bocaiúva do Sul
Intrusivas Básicas	Jurássico-Cretáceo	Diques doleríticos atravessando a área segundo SE-NW
Monzo e Sieno Granitos	Proterozoico Superior -Cambriano	Pequenas áreas em Morro Grande, Cerne e Rio Abaixo
Grupo Açungui – Formação Votuverava	Proterozoico Superior	Área a norte da falha da Lancinha, na folha de Rio Branco
Grupo Açungui – Formação Capiru	Proterozoico Superior	Faixa atravessando a área no sentido SSW-NEE
Grupo Setuva	Proterozoico Médio	Sinclinal de Setuva situado a norte de Bocaiúva do Sul
Complexo Gnáissico Migmatítico	Proterozoico Inferior-Arqueano	Limite sul do projeto e área a norte de Rio Branco

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

O mapa hidrogeológico confeccionado para o projeto definiu as unidades hidrogeológicas como sistemas aquíferos em função de suas características, tais como, o tipo de permeabilidade e natureza das rochas da região. Estabeleceram-se 5 grandes divisões:

- Aluviões
- Formação Guabirota
- Karst
- Embasamento Cristalino
- Fissural Indiferenciado

A unidade Karst, considerada como o grande sistema aquífero da área, foi por sua vez dividida em três sub-unidades :

- metacalcários dolomíticos da Formação Capiru;
- metacalcários calcíticos da Formação Votuverava;
- filitos e quartzitos da Formação Capiru.

Esta subdivisão, incluindo os filitos e quartzitos da Formação Capiru, justifica-se em função do arranjo espacial destas rochas com os metadolomitos da mesma unidade.

Já para a Formação Votuverava apenas os metacalcários calcíticos foram considerados como pertencentes ao aquífero do Karst, dada à sua ocorrência em lentes individualizadas, de pequenas dimensões. Em relação aos filitos e outras rochas que as envolvem, não existem as mesmas relações espaciais que caracterizam a Formação Capiru. Neste caso os filitos e quartzitos foram incluídos na unidade Fissural Indiferenciado.

Na Tabela 9.02 a seguir, inclui-se a descrição mais detalhada das características das unidades geológicas consideradas.

Tabela 9.02 - Unidades Hidrogeológicas

Sistema Aquífero	Litologia	Tipo de permeabilidade	Grau de confinamento	Ligação à rede Hidrográfica	Acesso ao Recurso (m)	Risco de Insucesso associado à pesquisa	Valores Indicativos de vazão de exploração por captação (m ³ /hora)	Mineralização Total (mg/l)
Aluviões	Argilas	Intersticial	Libre	Sim	5	Pequeno	20	Até 50
Guabirotuba	Ardozeos, Argilas e Cascalheiras	Intersticial	Libre / confinado	Não	Até 80	Pequeno	7,2	40 a 180
Karst	Metacalcáreo Dolomítico Fm. Capiru	Cárstica	Libre semiconfinado / confinado	Nas zonas de descarga	20-150	Pequeno	Média 100	120 - 300
	Metacalcáreo Calcítico - Fm. Votuverava	Cárstica	Libre semiconfinado / confinado	Raramente	20-150	Pequeno	100	120 - 300
	Filitos, Quartzitos Fm. Capiru	Fissural	Libre / confinado	Não	60-200	Grande	4	60
Embasamento cristalino	Gnaisses, Migmatitos	Fissural	Libre / confinado	Não	60-200	Médio	12	30 - 150
Fissural indiferenciado	Granitos	Fissural	Libre / confinado	Não	ND	Grande	ND	ND
	Dolerito							
	Outras							

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

O mapa hidrogeológico inclui também a localização das estruturas cársticas, das fontes e dos poços cadastrados. Os poços e fontes contêm a altitude piezométrica do aquífero e o mapa apresenta uma estimativa da direção do fluxo da água subterrânea na região do Karst.

Deve-se acrescentar que apesar de terem sido utilizados dados de 148 poços dos cadastros da SUDERHSA e da SANEPAR, a distribuição geográfica não é suficientemente densa para resolver todas as dúvidas sobre o desenvolvimento da superfície piezométrica.

9.4 – HIDROGEOLOGIA DO KARST

9.4.1 - Aspectos Gerais

O armazenamento e fluxo da água do aquífero do Karst é decorrente da dissolução da massa carbonática ao longo dos seus planos de fraturamento. Ao contrário dos demais aquíferos, apresenta a característica peculiar de variação de volume de armazenamento, ao longo do tempo, através do consumo da massa carbonática pelos processos de dissolução.

Do ponto de vista hidráulico, pode apresentar caráter livre ou confinado, dependendo do posicionamento do aquífero em relação às seqüências impermeáveis.

A litologia é o fator determinante para a diferenciação do comportamento hídrico destas formações, onde os pacotes carbonáticos permeáveis contrastam com as rochas impermeáveis do Embasamento Cristalino e diabásios que os envolvem e interceptam, respectivamente. Como já se mencionou, a diferença resulta da capacidade de dissolução dos metacalcários, constituídos essencialmente de carbonatos de cálcio e magnésio, minerais muito susceptíveis ao ataque das águas, por muito pouco acidificadas que sejam.

Outro fator importante em termos da capacidade hídrica resulta dos fraturamentos das rochas carbonáticas, resultantes dos fenômenos tectônicos que provocaram os dobramentos e falhas da região. A exposição das formações carbonáticas, intensamente fraturadas, a um clima úmido estabelecido a partir do período Quaternário, com predomínio de *superávit* de água no balanço hídrico, facilitou e, freqüentemente orientou, significativos processos de dissolução nos metacalcários.

9.4.2 - Distribuição Geográfica dos Metacalcários Dolomíticos

Na área do projeto o aquífero do Karst ocorre dentro dos metacalcários dolomíticos, que se distribuem em duas faixas, orientadas aproximadamente no sentido WSW-ENE:

- uma a sul, progredindo de Campo Magro, passando por Colombo e Fervida, terminando em Bocaiúva do Sul, exibindo larguras entre 2 e 5 quilômetros;
- outra a norte, paralela à primeira, com a largura aumentando no sentido nordeste de 3 para 7 quilômetros, cujo limite norte passa em Itaperuçu e Rio Branco do Sul, bifurcando-se junto às rochas do Grupo Setuva. O ramo sul desta faixa inflecte então para sudeste encontrando a faixa sul do aquífero em Bocaiúva do Sul.

As duas faixas exibem diferenças geomorfológicas. O dolomito da faixa norte apresenta-se geralmente quase aflorante, possui uma cobertura de solo residual pouco espessa e exibe um relevo ondulado. As rochas carbonáticas da faixa sul são freqüentemente cobertas por sedimentos argilo-arenosos, que atingem ocasionalmente 50m de profundidade, e caracterizam-se geralmente por um relevo plano. Note-se no entanto que existe uma faixa aplainada no sentido SE-NW, entre Tranqueira e Itaperuçu, interrompendo o relevo mais ondulado dos metadolomitos aflorantes.

Os metacalcários dolomíticos ocupam uma área de 187 km². Os metacalcários calcíticos da Formação Votuverava, a norte da falha da Lancinha, cobrem apenas 12 km².

Para apoio aos trabalhos de zoneamento, e também ao estudo da recarga, considerou-se importante definir, para as rochas da Formação Capiro, duas zonas separadas:

- Zona de Influência Direta – situada diretamente sobre os metacalcários dolomíticos, caracterizada portanto, por um lado, por maior vulnerabilidade ambiental e geotécnica, e por outro lado, por estar diretamente relacionada às características de recarga e produção do aquífero.
- Zona de Influência Indireta – compreendida pelas áreas de quartzitos e filitos intercalados metacalcários dolomíticos e pelas áreas das rochas do entorno, cuja drenagem corre para os calcários. Com exceções insignificantes, a zona de influência indireta é constituída por filitos e quartzitos.

A área do projeto e as destas zonas podem ser resumidas na Tabela 9.03 a seguir.

Tabela 9.03 - Zonas de Influência

Discriminação	Litologia Predominante	Área em Km ²
Zona de Influência Direta	Calcários dolomíticos, aluviões e diques	217
Zona de Influência Indireta	Filitos e Quartzitos	262
Zonas sem Influência no Aquífero	Migmatitos, Formação Setuva, Formação Guabirotuba	567
Total do Projeto	Rochas Proterozóicas, Intrusivas Básicas, Formação Guabirotuba, Aluviões	1046

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

9.4.3 - Compartimentação do Aqüífero do Karst

O contexto morfoestrutural delineado por LISBOA e BONACIM (1995), pressupõe uma compartimentação onde se verificam massas carbonáticas (metacalcários calcíticos e dolomíticos) com excelentes condições de permeabilidade, limitadas por fronteiras praticamente impermeáveis (cristas de filitos e quartzitos, entrecortadas por diques de diabásio).

Essas fronteiras correspondem às direções estruturais da região, onde se destacam as orientações SE-NW dos diabásios e as direções próximas de WSW-ENE dos filitos e quartzitos, das quais resultam células losangulares de rochas carbonáticas, limitadas a NE e SW por diabásios, e a NW e SE pelos filitos e quartzitos.

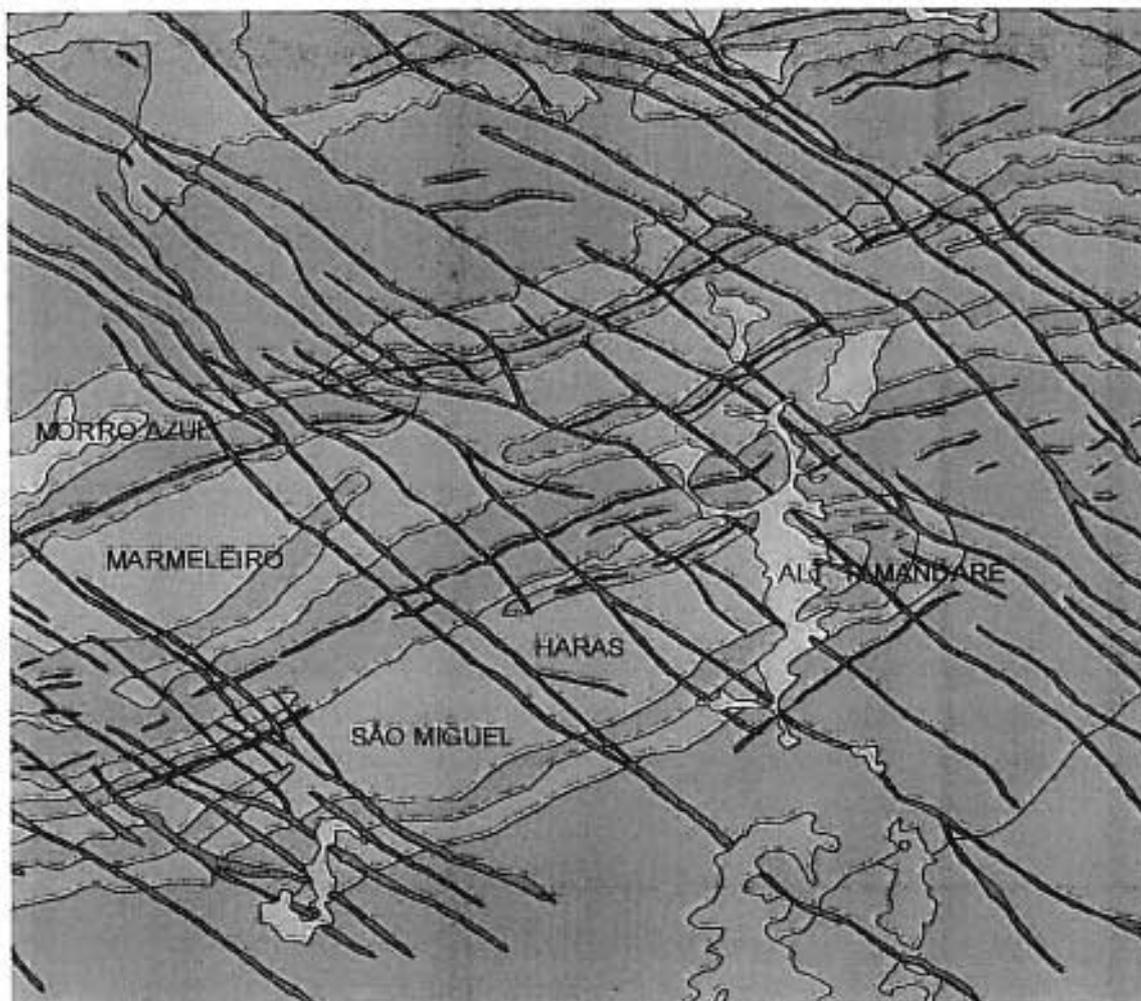
Neste contexto, a estrutura do aqüífero aparenta ser delineada por um padrão geométrico losangular de massas carbonáticas com comportamento hidráulico independente. O arcabouço hidrogeológico, em termos figurativos, se assemelharia a uma série de compartimentos interligados entre si através da drenagem superficial. Este conjunto de compartimentos interligados constituiria o aqüífero cárstico propriamente dito (LISBOA, A. A., 1997).

O modelo sugerido não representa uma exceção em aqüíferos de rochas cársticas. De um modo geral todos os aqüíferos desse tipo são compartimentados em blocos de permeabilidade diferente, resultantes de diferenciações locais dos processos de carstificação. O Karst da RMC tem a particularidade dessa compartimentação estar associada a limites geológicos com rochas essencialmente impermeáveis.

Este modelo, fortemente apoiado na estrutura geológica, deve ser confrontado com estudos que comparem vazões extraídas, respectivas áreas de contribuição, comportamento hidráulico e hidroquímico, à escala regional. Não se deve excluir que possam ser considerados modelos alternativos considerando os limites das células suficientemente permeáveis para permitir trocas com células contíguas, quando ocorrerem diferenças significativas de potenciais hidráulicos naturais ou, mais provavelmente, induzidos por bombeamento em poços.

Na Figura 9.01 a seguir, apresenta-se parte do mapa geológico da região, enfocando a área a oeste de Almirante Tamandaré, onde pode ser observado o padrão geométrico da compartimentação. Na Figura 9.02, mostra-se o Modelo Digital do Terreno da mesma área, onde o relevo exhibe claramente o mesmo padrão.

Figura 9.01 - Mapa Geológico da Região a Oeste de Almirante Tamandaré exibindo a compartimentação dos Metacalcários do Aquífero do Karst (em azul), limitados no sentido WSW-ENE pelos Filitos e Quartzitos da Formação Capiru (em castanho claro), e no sentido SE-NW pelos diques de Diabásio (em verde)



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procel / Earth Tech

Figura 9.02 - Modelo Digital do Terreno da mesma área da figura anterior, mostrando em relevo a compartimentação dos Metacalcários do Aquífero do Karst (áreas planas), limitados no sentido WSW-ENE pelos Filitos e Quartzitos da Formação Capiru (relevo acidentado), e no sentido SE-NW pelos diques de Diabásio (elevações lineares estreitas).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

9.5 - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DAS CÉLULAS DO KARST

LISBOA, A.A. (1997) considera que a nível de detalhe, a piezometria do aquífero Karst se apresenta compartimentada segundo unidades losangulares, de acordo com o condicionamento litológico e morfoestrutural existente.

Tal comportamento seria específico para cada unidade e independente entre si, sendo que o controle, mapeamento e monitoramento da piezometria do aquífero deveria ser feito segundo cada compartimento individualizado (LISBOA, A.A., 2002, comunicação pessoal).

Como exemplo inquestionável da compartimentação piezométrica e hidráulica do aquífero, é citado o teste de bombeamento na bacia do rio Tumirí, sede municipal de Colombo, referido no Relatório Progressivo nº 1 do Convênio Estado do Paraná/ Instituto Joanneum Research (1998), onde a operação de dois poços próximos, separados por um dique de diabásio, não evidenciou qualquer interferência.

Tentando dimensionar a quantidade e dimensões das células losangulares do aquífero dos metacalcários da Formação Capiro, recorreu-se ao mapeamento digital da área, realizado em considerável detalhe para o projeto.

Essa pesquisa indicou existirem 486 células com uma área média de 0,385 km², ocupando uma área total de 186,99 km² (Tabela 9.04). Verificou-se que as três maiores células ocorriam no limite leste da Formação Capiro, e que a sua maior dimensão resultava da falta de continuidade do mapeamento de alguns diques de diabásio, quer por não serem visíveis na fotografia aérea, quer por não terem sido detectados no campo. Estas células (de 8, 9 e 13 km² respectivamente) foram retiradas da amostragem e obteve-se a seguinte distribuição de áreas.

Tabela 9.04 - Distribuição da Área das Células

Classes de Células (em km ²)		Número de Células
de	a	
0,0	0,5	405
0,5	1,0	42
1,0	1,5	18
1,5	2,0	7
2,0	2,5	4
2,5	3,0	1
3,0	3,5	2
3,5	4,0	1
4,0	4,5	1
4,5	5,0	1
5,0	5,5	0
5,5	6,0	0
6,0	6,5	0
6,5	7,0	1
Total		483

Fonte: Elaboração do Consórcio ProceSl / Earth Tech

Portanto, as 483 células incluídas na amostragem correspondem a uma área de 153,87 km², com valor médio de célula de 0,319 km², mediana de 0,126 km² e desvio padrão de 0,0276.

A distribuição obtida indica que 84% das células tem áreas inferiores a 0,5 km² e apenas cerca de 2,3% ocupam áreas superiores a 2 km². O resultado indica que as grandes células (como Haras, São Miguel e Marmeleiro ilustradas na Figura 9.02) são raras. A grande maioria das células tem pequenas dimensões. É improvável que se obtenham nelas grandes vazões sustentáveis.

A possibilidade de agrupamento de células de pequenas dimensões em compartimentos maiores deve ser considerada. Nesse caso, para sustentar a exploração de grandes vazões será necessário que exista comunicação entre os aquíferos das pequenas células dentro do compartimento, provavelmente através de diaclasamentos ou pequenas fraturas nas paredes dos diabásios, ou nos quartzitos e filitos. A SANEPAR encontrou esse tipo de comunicação durante os trabalhos em curso em Itaperuçu. A nascente do rio Passaúna em filitos, com água de composição tipicamente cárstica, é outro exemplo desse tipo de conexão por fraturamento. No entanto, em termos gerais, a transmissibilidade dos metacalcários dolomíticos é muito superior à transmissibilidade através de fraturas nos diabásios ou nos filitos, pelo que o modelo de células relativamente independentes deverá ser predominante. Serão necessários mais estudos e pesquisas sistemáticas. O grau de independência ou interligação entre células terá de ser comprovada caso a caso, em trabalhos de detalhe.

9.6 – ZONAS E PONTOS DE RECARGA

9.6.1 - Aspectos Gerais

As zonas de recarga desempenham duas funções de certo modo antagônicas em termos ambientais. Por um lado são avenidas preferenciais para reabastecimento dos mananciais subterrâneos, garantindo assim a sustentabilidade das vazões do aquífero. Por outro lado, representam os locais de maior fragilidade do Karst em termos da sua vulnerabilidade à passagem de produtos poluidores, transportados pelas águas da recarga.

As características pluviométricas da região são favoráveis à adequada recarga dos aquíferos. A precipitação média da região é de 1.400 mm anuais, variando de um mínimo de 850 mm em anos de estiagem ao máximo de 2.000 mm nos anos mais chuvosos. Pela análise dos dados hidrológicos existentes, verifica-se a ocorrência de condições de estiagem em 1(um) ano a cada 10 (dez) anos. No ano de baixa pluviosidade pode haver *déficit* hídrico, o qual no entanto é plenamente compensado nos 9 (nove) anos subsequentes. No estudo do balanço hídrico da região realizado no decorrer do presente projeto concluiu-se que o excedente hídrico anual é da ordem de 531 mm. Estas características devem ser consideradas no manejo do aquífero, visando a regularização a longo prazo dos volumes de água disponíveis.

Geralmente as rochas cársticas exibem considerável fraturamento primário, cujas dimensões se alargam devido à dissolução química e corrosão mecânica associados ao movimento da água subterrânea. O Karst da área de estudo foi sujeito a diversos eventos tectônicos provocando intenso dobramento e fraturamento das rochas carbonáticas da região. É de supor que a permeabilidade primária resultante desses fenômenos seja maior do que em rochas cársticas menos afetadas por tectonismo.

Em outras palavras, é altamente provável que a recarga do Karst, na região em estudo, ocorra em qualquer ponto da região de rochas carbonáticas, com densidade de fluxos diferentes, conforme as características litológicas e geomorfológicas locais. A permeabilidade dessas regiões dependerá em grande parte das suas características estruturais.

Entre as estruturas cársticas superficiais mais comuns e visíveis, atuando como eficientes zonas de recarga menciona-se:

- Dolinas
- Sumidouros
- Poljes

Além destas estruturas cársticas típicas, as feições estruturais da região, tais como falhas, fraturas e bacias fechadas, constituem também importantes avenidas de recarga.

Também não podem ser descartadas outras feições geomorfológicas menos evidentes, possivelmente de menor eficiência na recarga, mas que permitem a recarga difusa do aquífero. A Figura 9.03, mais adiante neste capítulo, ilustra alguns dos tipos de estruturas de recarga.

9.6.2 - Localização das Zonas e Pontos de Recarga

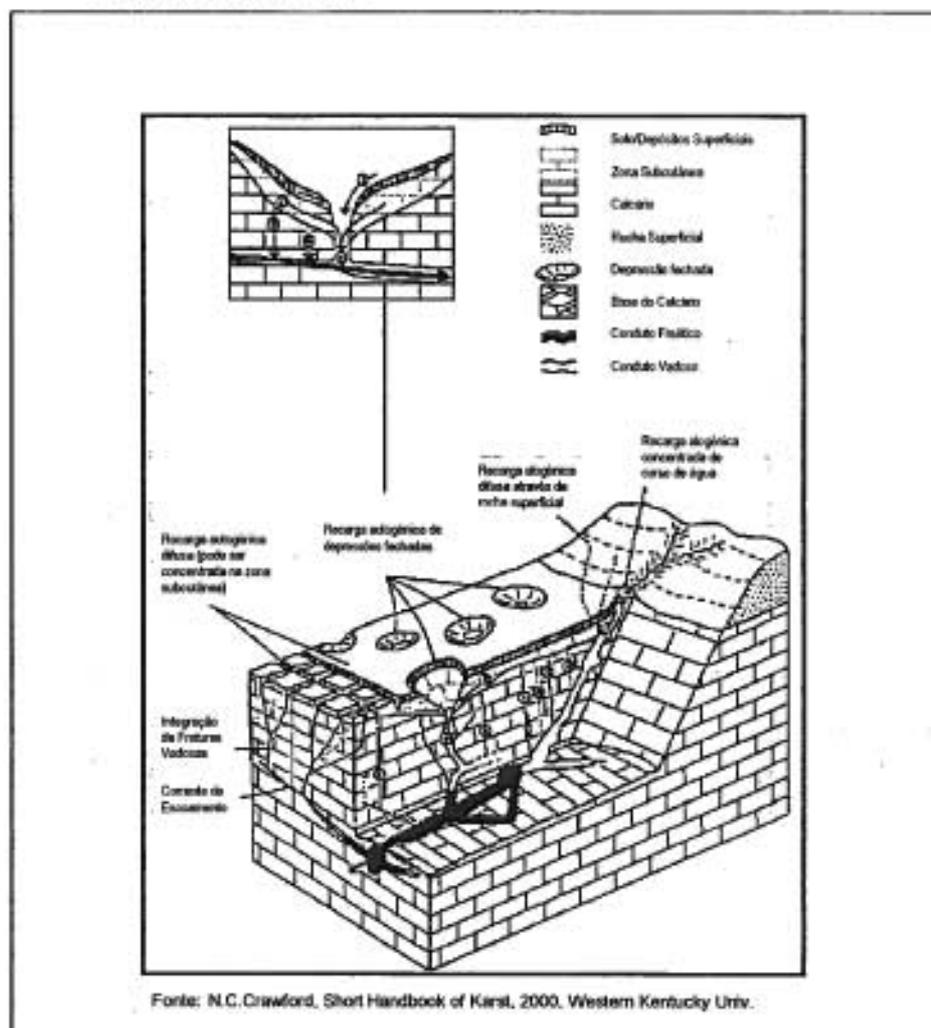
As zonas e pontos de recarga foram localizados pela identificação das feições cársticas acima descritas. Geralmente procurou-se localizá-las nos limites dos compartimentos morfoestruturais em função da sua topografia.

No entanto, apesar das zonas mais eficientes de recarga se situarem nas feições cársticas mencionadas, em virtude da compartimentação e fraturamento dos metacalcários dolomíticos, é evidente que a recarga também ocorrerá, ainda que com menor eficiência, em toda a célula. Em particular nas grandes células como Fervida, Almirante Tamandaré, Haras, Tranqueira e Marmeleiro, desenvolvidas em áreas planas, é mais correto admitir que a recarga se processa em praticamente todos os pontos da célula com diferentes graus de eficiência.

A consequência deste conceito tem consideráveis implicações ambientais, ou seja, todas as células do Karst podem atuar como locais de recarga e portanto capazes de transferir para a sub-superfície qualquer elemento poluidor arrastado pelas águas da chuva. Por essa razão, a ocupação do Karst tem de ser disciplinada para reduzir a contaminação do aquífero com poluentes superficiais.

A localização das áreas de recarga na região do projeto é tratada em maior detalhe em capítulo específico.

Figura 9.03 - Fluxo, Armazenamento e Recarga de Aquíferos em Rochas Carbonáticas



9.7 - PIEZOMETRIA

9.7.1 - Perfis Piezométricos

Como já foi referido, o estudo da piezometria da região baseou-se nos dados dos poços cadastrados na SUDERHSA e SANEPAR. Grande parte dos 148 poços cadastrados concentram-se nos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, e em especial na região de Fervida, pelo que a sua distribuição no restante da área é esparsa, dificultando a confecção de uma superfície piezométrica confiável.

Outro complicador é a ausência de registros sobre os níveis hidrostáticos das camadas aquíferas atravessadas durante a perfuração. Dependendo da profundidade do poço, das camadas atravessadas e dos horizontes captados, pode obter-se níveis piezométricos diferentes num mesmo poço.

Os dados de outras fontes também foram insuficientes, concentrando-se essencialmente na área de Colombo, onde foi realizado um projeto pelo Joanneum Research Institut (Relatório Progressivo Fase I e II, 1998, 1999). Comparando as altitudes das surgências naturais na área do projeto-piloto com os níveis piezométricos dos poços situados a pequena distância, verificou-se que a maioria exibiu valores mais altos. Este resultado sugere que, ou as fontes examinadas representam horizontes aquíferos superficiais sem relação com os horizontes captados nos poços ou, mais provavelmente, a diferença de níveis é condicionada pela anisotropia lateral e vertical do sistema hidrogeológico em termos de condutividade hidráulica.

Os poços existentes permitem traçar uma superfície piezométrica preliminar de caráter meramente indicativo, uma vez que num ou noutro caso se baseia nos dados de um único poço.

Algumas características da piezometria são evidenciadas pelos 4 perfis apresentados nas páginas seguintes. Os perfis foram traçados em várias direções, um dentro dos metacalcários apenas e os três restantes, atravessando do Embasamento para os metacalcários, ou atravessando do Embasamento para os metacalcários e as rochas cristalinas do lado oposto. As direções aproximadas dos perfis são as seguintes:

- Perfil 1 - direção N75°E, ao longo do flanco sul dos metacalcários entre Campo Magro e Bocaiúva do Sul.
- Perfil 2 – direção N15°W entre Curitiba, Almirante Tamandaré e Itaperuçu;
- Perfil 3 – direção N80°W entre Curitiba, Almirante Tamandaré, Marmeleiro, Retiro e Conceição (no canto NW de Campo Magro).
- Perfil 4 – direção N-S, entre Curitiba, Fervida, Bacaetava e Morro Grande (junto da divisa entre Colombo e Rio Branco do Sul).

O Perfil 1 (Figura 9.04) mostra a superfície piezométrica subindo de 931m em Campo Magro para 1008m em Tigre onde inicia uma descida para 965m em Campo Novo junto ao Passaúna. A piezometria continua descendo para São Miguel (955m), atingindo um mínimo de 940m em Almirante Tamandaré. Esta cidade situa-se num mínimo piezométrico com convergência de água em redor. O perfil continua, mas subindo para Boichininga a NE (985m) e Colombo onde atinge o valor mais alto (1024m). Nesse ponto inicia-se a descida do nível piezométrico para Fervida (975m) caindo para

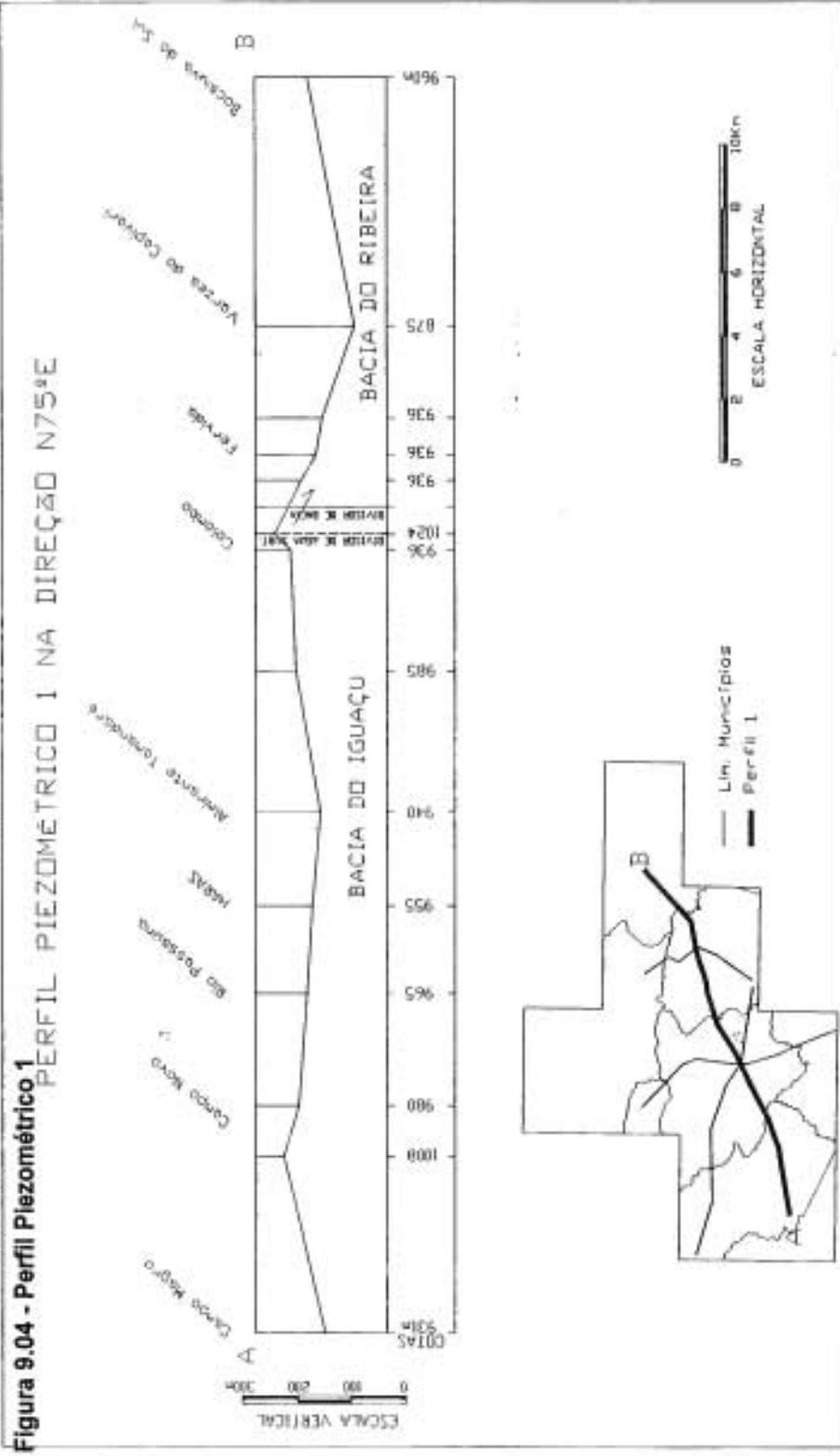
936m) e atingindo Várzea do Capivari com 875m. Este gradiente abrupto inicia-se ainda na bacia do rio Iguaçu, entra em Fervida (já na bacia do Ribeira) e termina na Várzea do Capivari. Entre Várzea do Capivari e Bocaiúva do Sul o nível piezométrico sobe de novo, atingindo no ponto final do perfil 960m. Um aspecto interessante da piezometria da área de Fervida relaciona-se com o fato do aquífero neste local receber contribuições da área em redor (de N, W e S), descarregando-as para leste na direção do Capivari. Em relação à Várzea de Capivari vemos que a área recebe tanto o fluxo vindo de Fervida a oeste como o fluxo oriundo de Bocaiúva do Sul a leste.

O Perfil 2 (Figura 9.05) começa no Embasamento em Curitiba com o nível piezométrico subindo de 901m para 965m no contato com a Formação Capiçu. Continuando para norte, passa-se pelo mínimo piezométrico de Almirante Tamandaré (940m), para retomar a subida para Tranqueira (variando de 980m para 1003m dentro desta área). De Tranqueira para norte inicia-se a descida do nível piezométrico para Itaperuçu (960m) De novo observamos que o gradiente do nível piezométrico inclina para a bacia do Ribeira ainda bem dentro da bacia do rio Iguaçu, imediatamente a norte de Tranqueira. No entanto no extremo sul de Tranqueira a superfície piezométrica inclina-se para o mínimo de Almirante Tamandaré.

O Perfil 3 (Figura 9.06) inicia-se na Colônia Antonio Prado em Curitiba com nível piezométrico de 980m descendo para 940m no mínimo de Almirante Tamandaré. Continuando para WNW, observa-se em Pacotuba um nível piezométrico ainda mais baixo 924m (o local situa-se dentro do mínimo de Almirante Tamandaré). Prosseguindo na mesma direção atinge-se a área de Marmeleiro onde se verifica uma altitude piezométrica de 1047m. A partir de Marmeleiro inicia-se a descida na direção WNW para Retiro(806m) e Conceição (765m). Note-se que neste caso, ao contrário dos descritos anteriormente, o escoamento subterrâneo de Marmeleiro para SW na direção de Pacotuba tem início bem dentro da bacia do rio Ribeira, correndo para a bacia do Iguaçu.

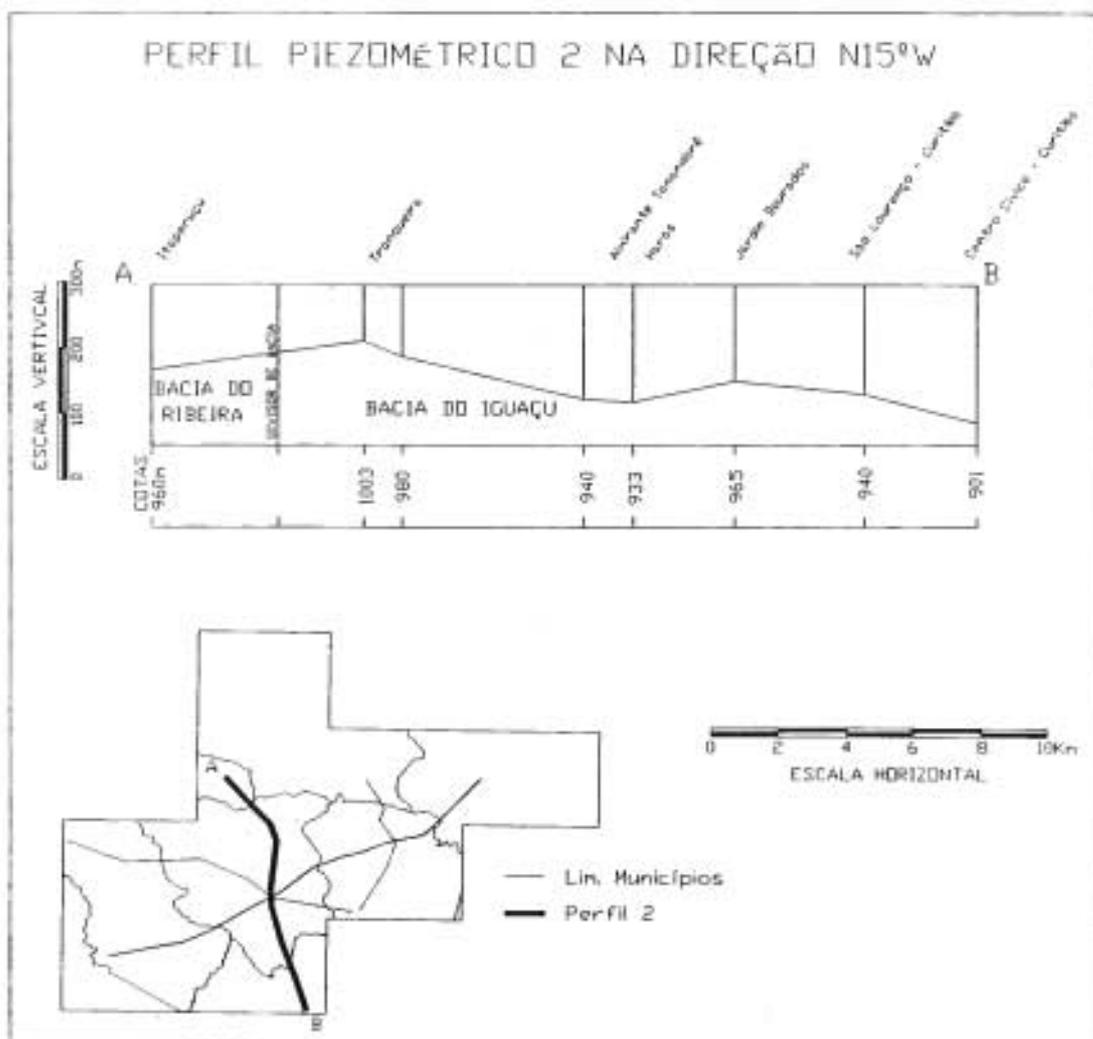
O Perfil 4 (Figura 9.07) tem uma direção próxima de S-N, começando em São João, Curitiba (990m) descendo para Fervida Sul (955m) e Fervida Norte (955m), subindo de novo para Barra do Capivari (1002m). Daí desce de novo para Bacaetava (887m) de onde volta a subir para Morro Grande na divisa de Colombo e Rio Branco do Sul. Neste caso, como no anterior, o gradiente piezométrico corre de Barra de Capivari, na bacia do Ribeira para a bacia do Iguaçu. As oscilações do nível piezométrico este perfil pode resultar de atravessar compartimentos independentes.

Os perfis descritos mostram claramente não haver coincidência entre as bacias hidrográficas e os gradientes de fluxo de água subterrânea e indicam as direções de fluxo nas principais áreas de abastecimento de água por poços.



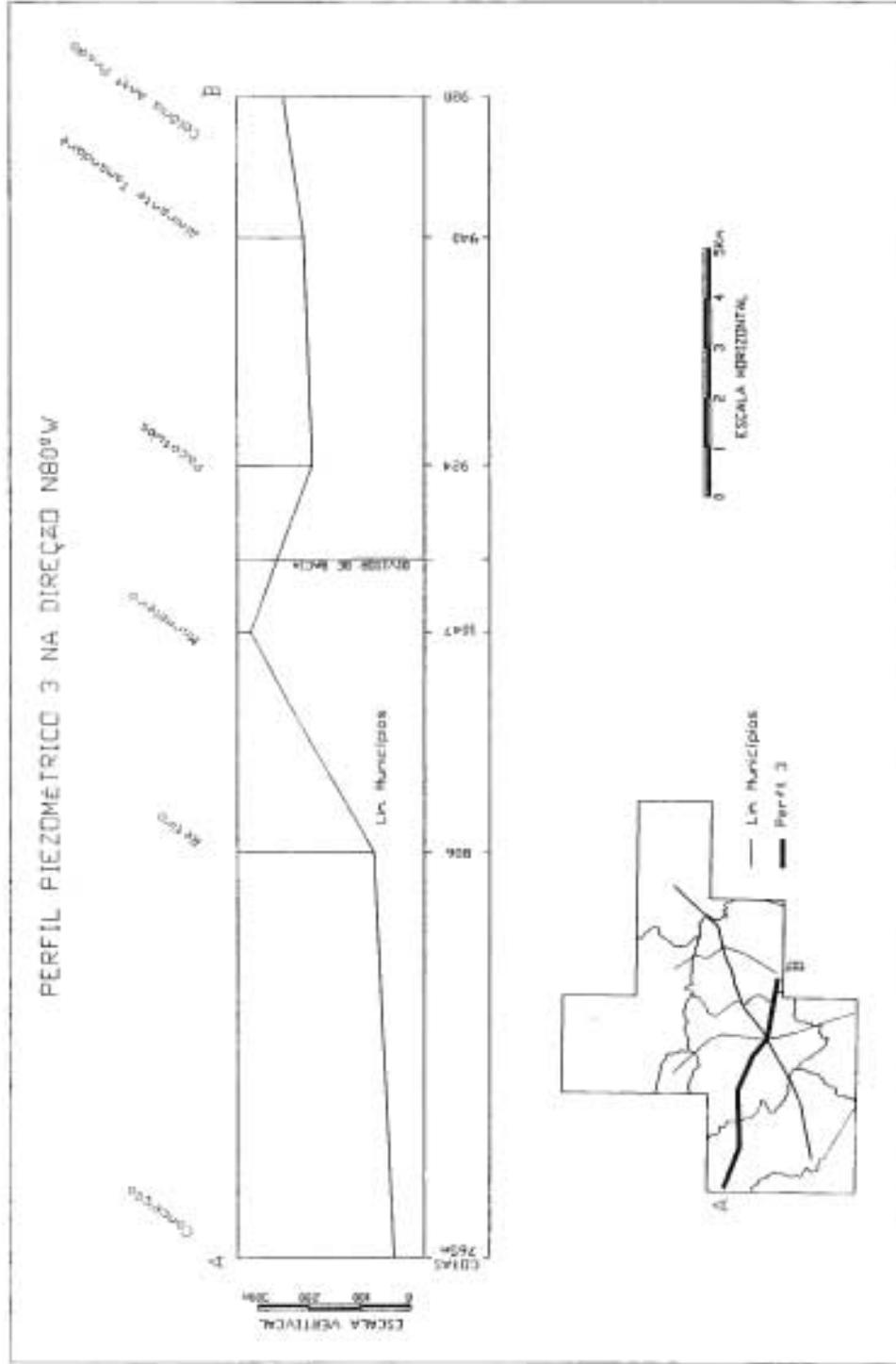
Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

Figura 9.05 - Perfil Piezométrico 2



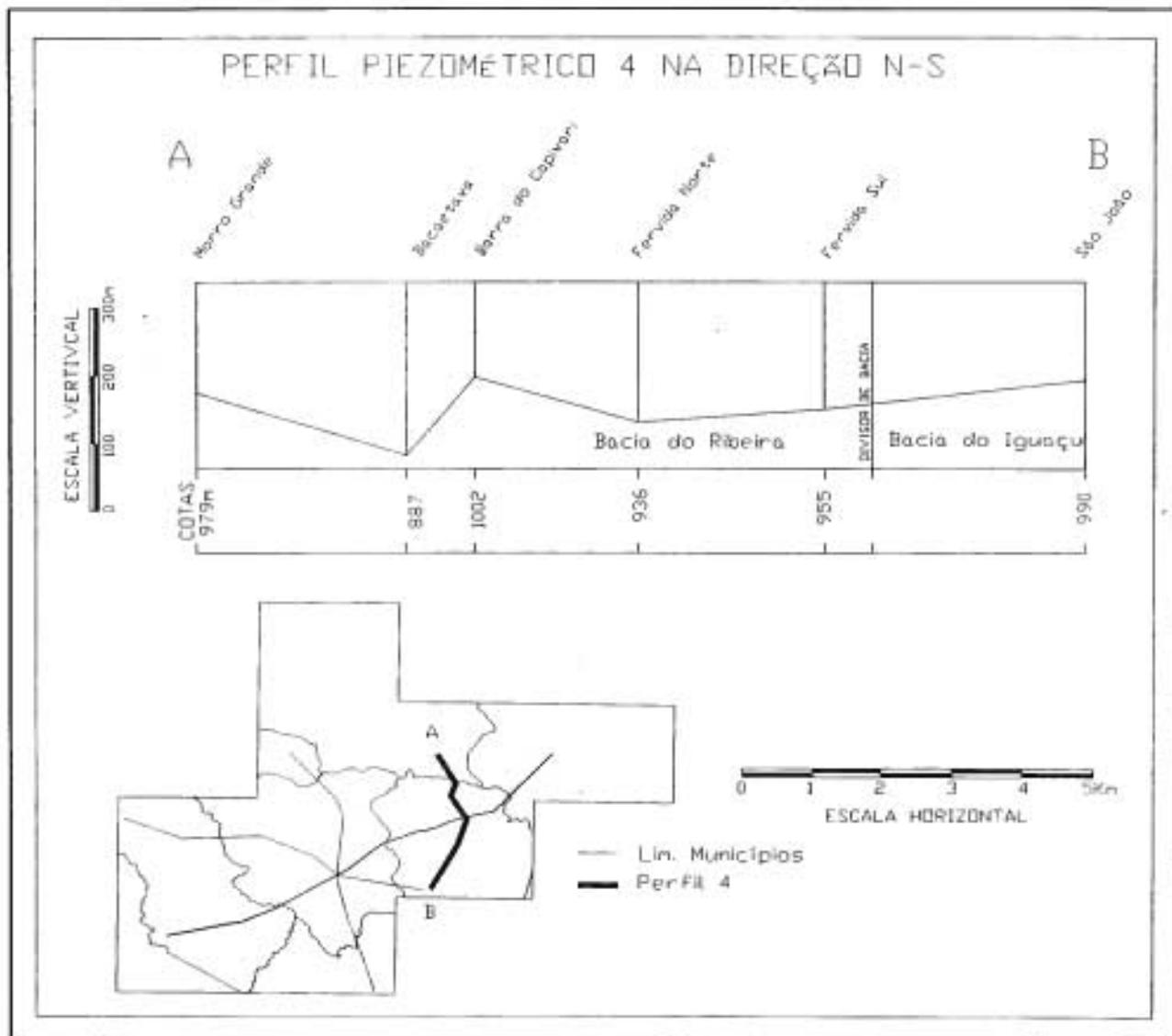
Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

Figura 9.06 – Perfil Piezométrico 3



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

Figura 9.07 – Perfil Piezométrico 4



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Proceso / Earth Tech

9.7.2 - Superfície Piezométrica na Área

Como já se mencionou, a superfície piezométrica obtida é preliminar e incompleta, devido à falta de elementos em diversos pontos da área do projeto. Além disso a interpolação de altitudes piezométricas num aquífero anisotrópico e compartimentado só pode ser considerada como uma generalização aproximada da situação. No entanto alguns aspectos da interpretação dos dados existentes merecem ser notados.

Na região dos metacalcários sobressai um alto piezométrico, demarcando a divisa entre as bacias de águas subterrâneas dos rios Ribeira e Iguaçu, de altitudes ligeiramente acima os 1000m, que pode ser traçado a partir da área de Tigre em Campo Magro, interrompido nas proximidades do rio Passaúna, e retomado do lado oposto do rio a altitude de 1000m. Desenvolve-se então para N35°E até inflectir para N120°E em Marmeleiro. Prosseguindo nessa orientação na direção de Colombo, acompanhando a divisa superficial das bacias, inflecte para N30°E junto à parte ocidental de Tranqueira e prolonga-se até pouco mais de 2,5 km ao norte de Fervida, a partir donde não se possui mais informação. Resumindo, a divisa das bacias de águas subterrâneas, que corresponde aproximadamente ao alto piezométrico descrito, situa-se dentro da bacia superficial do Ribeira na zona oeste do projeto, penetra na bacia do Iguaçu na área de Marmeleiro, segue a divisa superficial entre Marmeleiro e Colombo, e desvia-se de novo para N25°E, passando a ocorrer dentro da bacia do rio Ribeira.

Em Marmeleiro, que se situa aproximadamente na divisa subterrânea das bacias, o nível da superfície piezométrica cai para Retiro (em Campo Magro) na direção N80°W com um gradiente piezométrico de aproximadamente 30 m/km e idêntica inclinação no sentido SE.

Em Tranqueira o alto piezométrico inclina para NW com gradiente de cerca de 7 m/km e para sul com gradiente de aproximadamente 9 m/km.

Almirante Tamandaré encontra-se em um baixo piezométrico, cujo menor nível registrado se situa em Pacotuba. Como tal tem condições de ser alimentado de WSW pelo alto piezométrico da região do rio Passaúna, de NW por Marmeleiro (gradiente ~ 30m/lm), de N por Tranqueira (gradiente ~ 9m/lm), e de NE pela piezometria mais alta de Boichininga (gradiente ~ 10m/lm). Com os dados a sul é difícil concluir se o gradiente se inclina para o contato do Embasamento ou em sentido contrário. A piezometria em redor faz supor que o gradiente se dirige no sentido S-N.

Observa-se em Fervida uma situação semelhante. Os declives piezométricos de N, W e S caem para Fervida, respectivamente com os gradientes aproximados de 18, 24 e 9 m/km. Por sua vez do lado leste de Tranqueira o nível inclina para leste, para Várzea do Capivari, com gradiente de cerca de 20 m/km. Na ausência de compartimentação este dispositivo significaria descarga para o Capivari.

Várzea do Capivari parece também situar-se num mínimo piezométrico, com gradiente subindo para W à razão de 20m/km e para leste à razão de 13 m/km. No entanto os dados são escassos na área pelo que não é possível definir planimetricamente as suas características piezométricas.

Geralmente os mínimos piezométricos correspondem a zonas de maior permeabilidade do aquífero. Assim, com a precaução necessária devido à escassez existente de dados, os resultados observados em Almirante Tamandaré, Fervida e Várzea do Capivari podem apontar para maiores permeabilidades dessas zonas, em relação às restantes estudadas no projeto.

9.8 - HIDROQUÍMICA

9.8.1 – Considerações Preliminares

A água para abastecimento público tem de ter a sua qualidade avaliada sistematicamente. A água do aquífero do Karst deve seguir o mesmo critério, para que se conheça a tempo qualquer indício de contaminação e permitir medidas de controle.

Dentro da diretriz de consolidação dos dados existentes que orienta o projeto, o estudo da hidroquímica da água do Karst foi realizado examinando as análises de água dos poços, existentes nos arquivos da SANEPAR e SUDERHSA, quer diretamente, quer na transcrição nos bancos de dados de ambas as empresas.

9.8.2 - Características das Água do Karst

A hidroquímica da água subterrâneas do Karst, mostra claramente a sua dependência dos metacalcários dolomíticos onde se processa o seu fluxo e armazenamento.

Conforme as análises da água dos poços disponíveis nos bancos de dados da SANEPAR e SUDERHSA, trata-se de uma água bicarbonatada calco magnesiana. Exibe valores de sólidos dissolvidos totais entre 130 e 280 mg/l. O bicarbonato é o ânion predominante, com valores entre 100 e 230 mg/l. Os valores de dureza correspondem a uma água medianamente dura.

Os nitratos são relativamente baixos variando entre 2 e 8 mg/l, com valores médios na ordem de 2,5 mg/l. Esta característica mostra tratar-se de uma água isenta de efeitos de poluição ou contaminação antrópica. Observamos uma exceção numa água mineral de produção comercial cuja análise exibia o valor de 34 mg/l de nitratos, teor elevado mas ainda dentro do nível permissível.

Devido ao pequeno tempo de residência, e a alta solubilidade dos mármores dolomíticos, existe tendência a verificarem-se baixos teores de sílica, normalmente inferiores a 15 mg/l, pelo que alguns autores consideram este parâmetro ferramenta útil para diferenciar as águas do Karst de outras águas provenientes de rochas silicatadas como os filitos, quartzitos e granitos (Instituto Joanneum Research, Relatório Progressivo, Fase I, 1998).

As águas dos poços do Karst têm uma composição muito uniforme, situando-se dentro das especificações da OMS para consumo de água potável, mas a sua dureza pode torná-la contraindicada para pessoas sensíveis a águas duras. O teor de CaCO_3 da água do Karst varia entre 150 e 200 mg/l, o que a classifica como água levemente dura (Tabela 9.05).

Tabela 9.05 - Classificação da Dureza das Águas

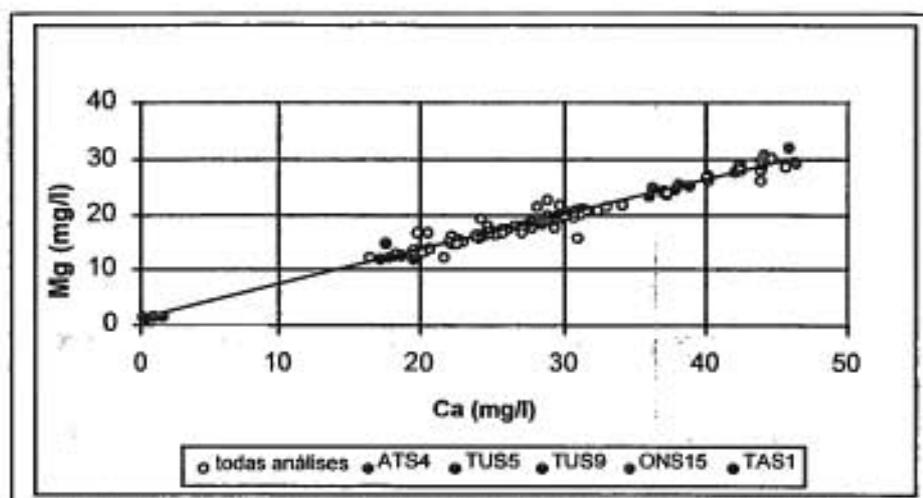
Dureza - dH	ppm de CaCO_3	tipo da água
0 – 4	0 – 70	muito mole
4 – 8	70 – 140	mole
8 – 12	140 – 210	levemente dura
12 – 18	210 – 320	dura
18 – 30	320 – 530	muito dura

Fonte: MILLERO, F.J., 2000

9.8.3 - Diferenças entre a Água do Karst e de Litologias Vizinhas

Através do Relatório Progressivo, Fase I (Instituto Joanneum Research, 1998), no projeto Karst de Colombo, foram efetuadas análises mensais em fontes selecionadas durante dois anos. Verificou-se que a composição química da água de cada fonte exibia, em geral, apenas uma pequena variação durante o tempo de observação, mas que a mineralização das fontes era bastante distinta, devido ao tipo de litologia onde se realizava a circulação.

Gráfico 9.01 – Relação Ca : Mg



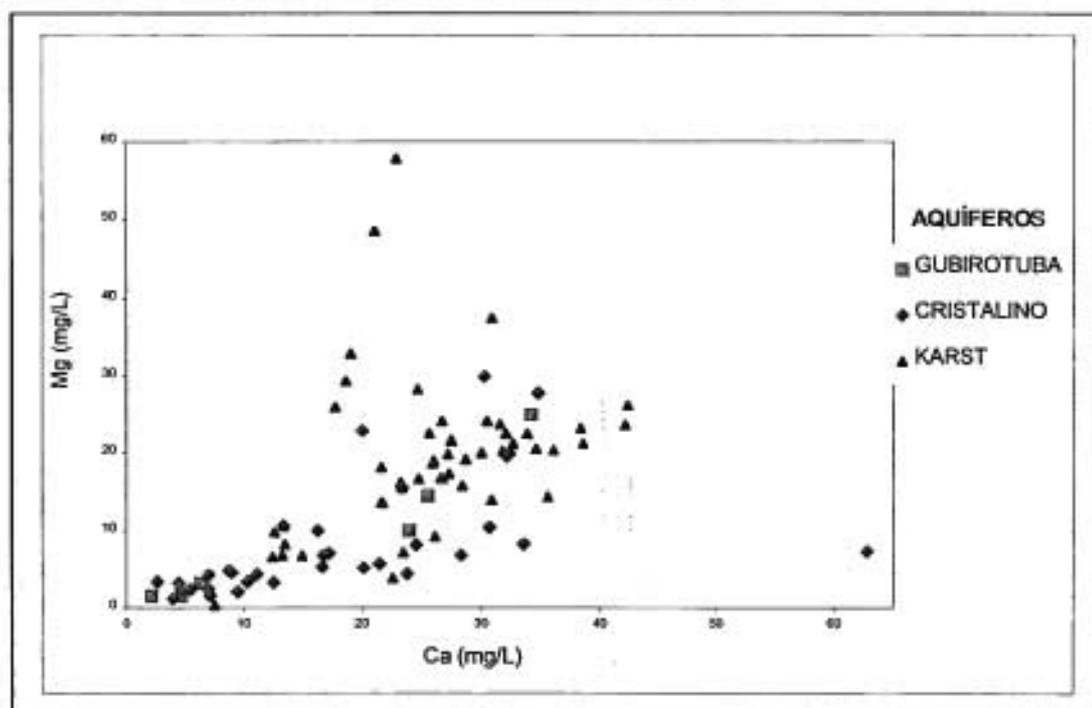
Fonte: Instituto Joanneum Research, Relatório Progressivo, Fase I, 1998

A água da fonte TUS 9, localizada na região de Fervida, proveniente duma bacia de captação formada por filitos e parcialmente por quartzitos, sem contato com os metacalcários dolomíticos, exibe uma mineralização é muito baixa. Por outro lado a fonte ATS 4, também localizada na área de Fervida, apresenta a mais alta mineralização dentre todas as analisadas. As restantes fontes estão situadas em uma linha de regressão (Gráfico 9.01) entre estes dois extremos e parecem ser misturas de diferentes partes destes dois tipos de água.

Realizou-se o mesmo tipo de comparação utilizando água de poços do Embasamento Cristalino, Formação Guabirotuba e no Karst, cujos resultados constam do Gráfico 9.02 a seguir. Notamos certas tendências de comportamento para a razão Ca: Mg. A água da Formação Guabirotuba concentra-se nos valores baixos de ambos, a do Embasamento distribui-se ao longo de uma linha de tendência de baixo Mg e a do Karst apresenta-se dispersa para valores altos de Ca e Mg. No entanto as águas de todas as litologias exibem considerável dispersão de valores, o que não permite a utilização desta correlação para definir sua origem.

A razão para a dispersão de valores poderá estar relacionada com extensa distribuição geográfica das amostras (principalmente das amostras do Embasamento, cuja litologia pode variar dentro da área) e mistura da água do Karst com a de outras litologias.

Gráfico 9.02 – Correlação Ca : Mg (Água de 104 poços)



Fonte: Cadastro de Poços da SUDERHSA

Os diagramas de Piper definem melhor o tipo de água. O primeiro dos diagramas, contendo dados de águas do Karst mostram a uniformidade da sua composição. Em contrapartida o segundo diagrama, com resultados de análises do Embasamento e da Formação Guabirotuba, indicam bem a diferença entre estas águas e as do Karst

Em anexo colocam-se diagramas de Piper e Stiff (Figuras 9.08 a 9.11), que ilustram as diferenças entre as águas das diferentes litologias consideradas.

9.9 - ESTIMATIVA DO MANANCIAL SUBTERRÂNEO DO KARST

Para efeito de quantificação do potencial hidrogeológico circulante disponível no aquífero Karst (excluindo-se portanto, o uso do volume armazenado), considera-se o índice da vazão de estiagem com sete dias de duração – Q_{10-7} por área de bacia, como representativo da disponibilidade subterrânea existente.

Os estudos realizados pela JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY e apresentados no relatório final *The Master Plan Study on the utilization of water resources in Paraná State* (1995) sobre as drenagens desenvolvidas na área de abrangência do aquífero Karst, apresentam um Q_{10-7} por área de bacia de $8,9 \text{ l/s/km}^2$.

Extrapolando esse resultado para estimar o potencial hídrico total das zonas carstificadas, cuja área de abrangência é de aproximadamente 5740 km^2 , obtém-se o valor de 51.086 l/s ou $51 \text{ m}^3/\text{s}$ (ROSA FILHO, E. F. da; LISBOA, A. A.; SCHOENAU O; 1996).

Segundo o mapa geológico produzido durante o projeto, a área de metacalcários dolomíticos, incluindo aluviões e diques, onde ocorre o aquífero do Karst é de 217 km^2 . A mesma sistemática acima adotada, conduz a uma estimativa preliminar do potencial hídrico da área dos calcários dolomíticos da ordem de $1931,3 \text{ l/s}$ ou seja $1,93 \text{ m}^3/\text{s}$.

Porém, a zona designada no presente estudo por Zona de Influência Indireta, é constituída predominantemente por rochas impermeáveis - filitos e quartzitos. Admite-se que a precipitação nestas rochas drene, quer subterraneamente quer superficialmente, para os metacalcários, acrescentando cerca de $2,33 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ter-se-ia assim na área do projeto uma disponibilidade hídrica do aquífero do Karst da ordem de $4,25 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por razões econômicas e técnicas esse potencial não será todo aproveitável para abastecimento urbano. A captação de água ao longo de toda a extensão do Karst levanta problemas logísticos de operação e onera a distribuição. Tecnicamente, a predominância de pequenas células pode também impor um limite à produção.

No momento, a exploração de água subterrânea para abastecimento urbano atinge $0,766 \text{ m}^3/\text{segundo}$ em 37 poços perfurados em 7 municípios (Tabela 9.06). A atual operação desses poços tem-se revelado competente e cuidadosa. Em particular, na maior parte dos poços tem sido mantido o nível dinâmico em valores de segurança, não se observando a necessidade de baixar o nível para manter produção. No entanto é evidente que na medida em que se aumente a produção com a perfuração de mais poços, há a possibilidade de secarem algumas fontes. O sistema aquífero do Karst possui uma determinada descarga natural que diminuirá na medida em que a extração de águas em poços seja incrementada. A escolha será entre as alternativas de extrair água para o abastecimento urbano ou manter todas as fontes.

Tabela 9.06 – Poços de Abastecimento d'água na Área do Projeto

Localidade	Nº de Poços	Vazão (m ³ /s)	Vazão Média Por Poço (m ³ /s)
Almirante Tamandaré (Sede)	5	0,106	0,0212
Almirante Tamandaré (Tranqueira)	5	0,117	0,0234
Bocaiúva do Sul	2	0,045	0,0225
Campo Largo	3	0,051	0,0170
Campo Magro	3	0,010	0,0033
Colombo (Sede/Fervida/Bacaetava)	11	0,216	0,0196
Colombo (Várzea Capivari)	2	0,088	0,0440
Itaperuçu	2	0,023	0,0115
Rio Branco do Sul	4	0,110	0,0275
TOTAL	37	0,766	0,0207

Fonte: Banco de Dados da SANEPAR, 2002

9.10 - AREAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

Em resultado dos estudos hidrogeológicos realizados no âmbito do presente trabalho, foram definidas as áreas de maior potencial para captações de água subterrânea, incluindo principalmente as células de maiores dimensões. Estes locais correspondem às áreas recomendadas para o abastecimento público de água.

Os locais recomendados, de oeste para leste são:

- Campo Magro
- Campo Novo
- Morro Azul
- Marmeleiro
- São Miguel
- Haras
- Almirante Tamandaré
- Tranqueira
- Itaperuçu
- Colombo
- Fervida
- Várzea do Capivari
- Bocaiúva do Sul

No entanto, os blocos situados em Almirante Tamandaré, Colombo e Bocaiúva do Sul, possuem alto potencial como locais de abastecimento d'água, porém a ocupação urbana dos referidos blocos recomenda a desativação gradual das captações ali existentes.

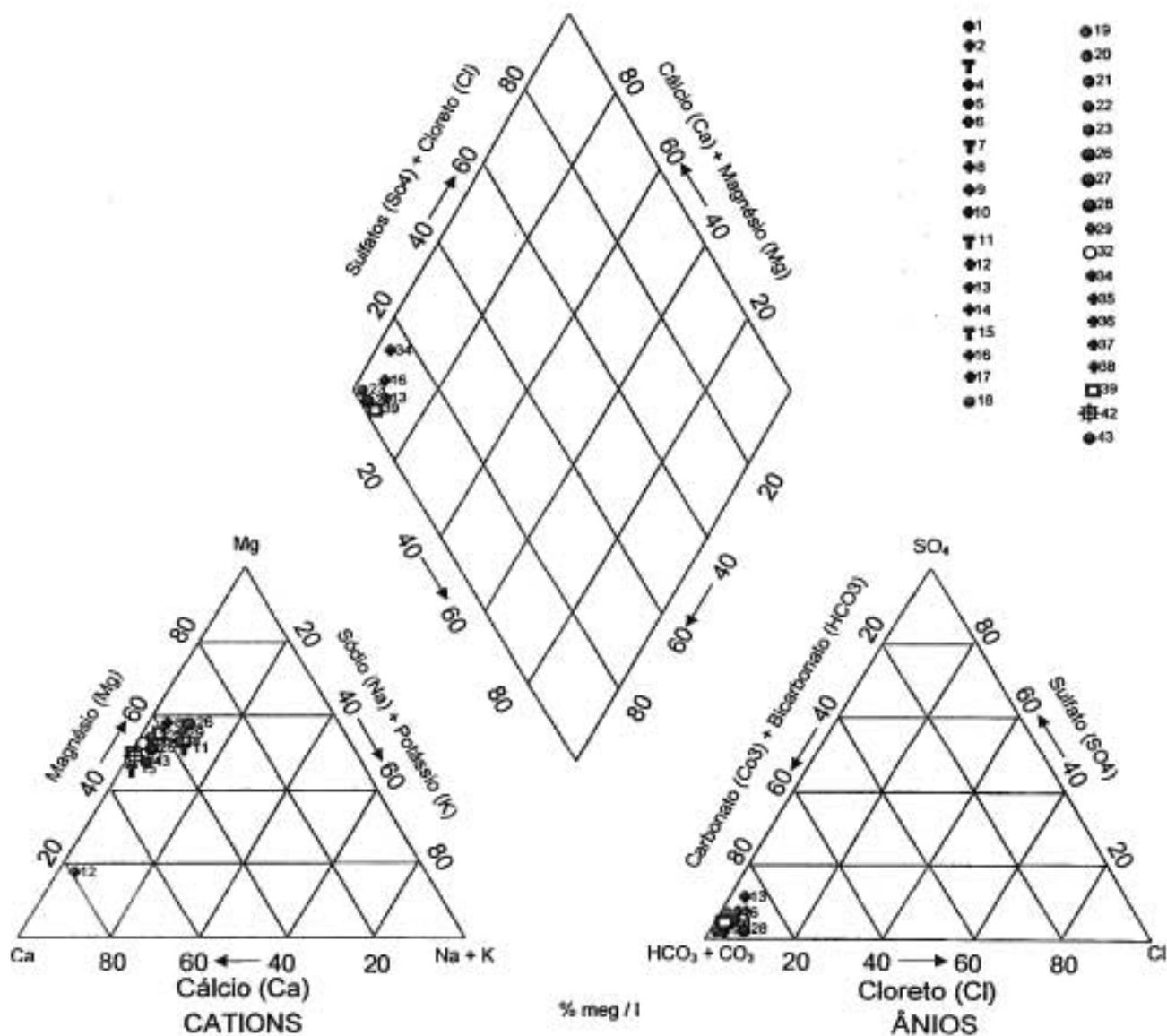
As áreas delimitadas no mapa devem ser objeto de cuidados especiais em termos ambientais, com rigorosas restrições em relação à ocupação urbana. A ocupação agrícola deveria ser encorajada, com proibição absoluta de uso de agrotóxicos.

Numa estimativa preliminar, as áreas de maior potencial tem uma disponibilidade de 2,4 m³/s. Para uma população, dentro da área do projeto, estimada em cerca 415.000 habitantes, o consumo doméstico situar-se-ia entre 0,96 e 1,44 m³/s, para uma faixa de variação de consumo diário por habitante entre 200 e 300 litros.

O aproveitamento do potencial excedente merece estudos mais aprofundados. Por um lado torna-se necessário informação sobre o consumo para irrigação nessas células, que decerto diminuirá o valor disponível para abastecimento urbano. Por outro lado as distâncias para distribuição econômica terão de ser avaliadas.

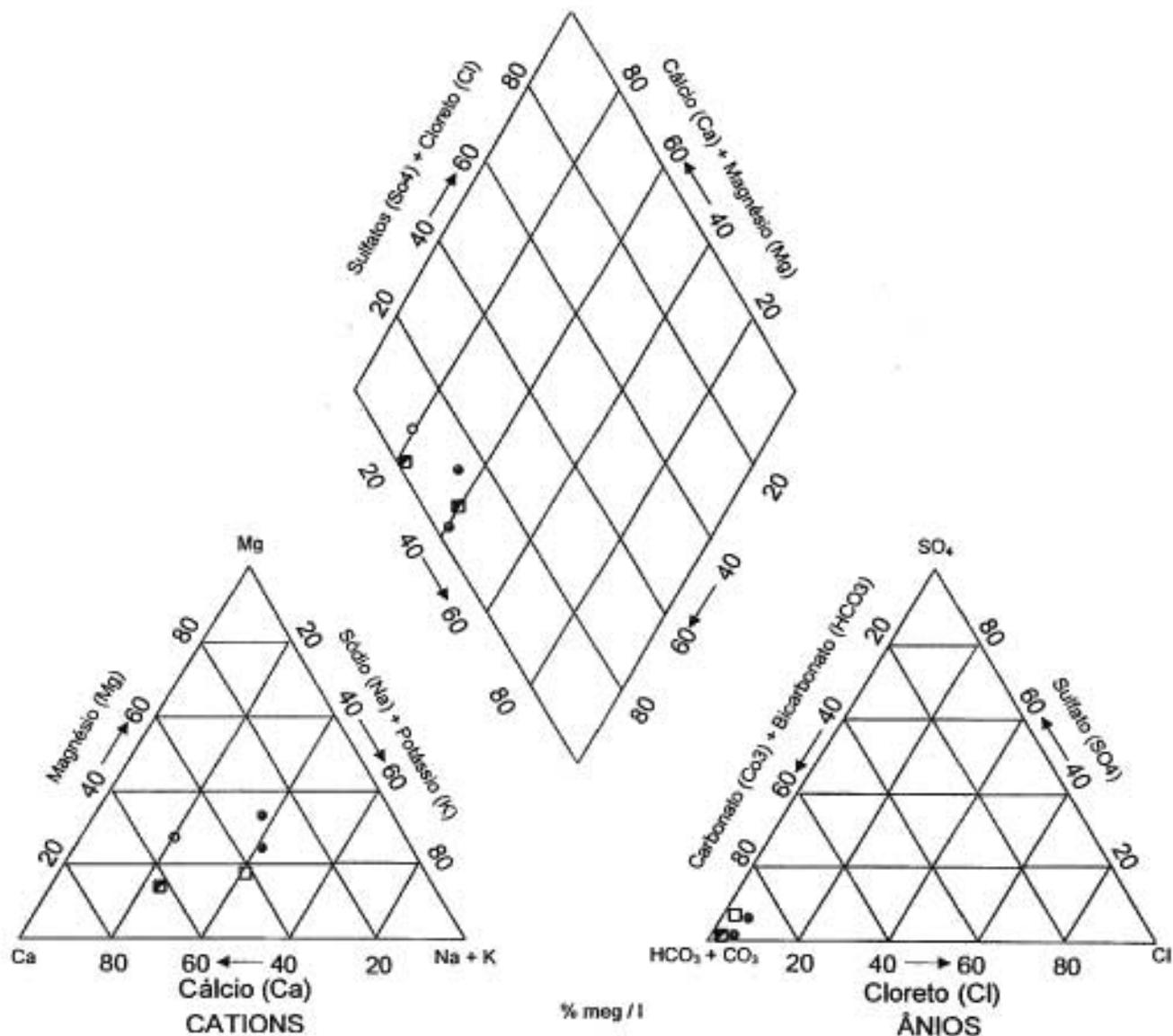
Em conclusão, os elementos disponíveis sugerem que o uso do aquífero do Karst da área do Projeto, seria uma solução marginal. Isto não invalida a sua grande importância para o abastecimento das cidades do Karst da RMC.

Figura 9.08 - Diagrama de Piper das Águas do Karst - CURITIBA



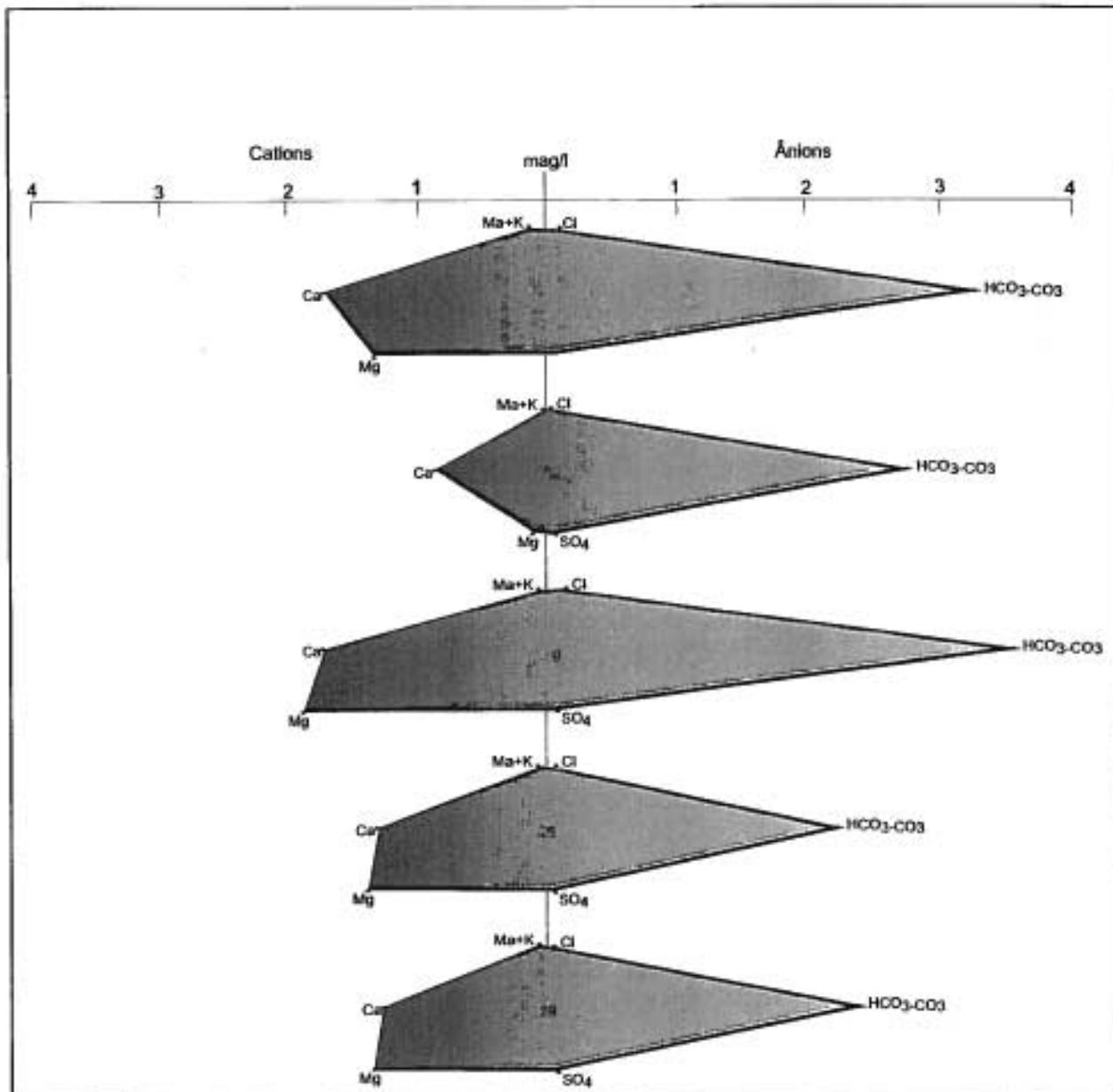
Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

Figura 9.09 - Diagrama de Piper das Águas do Embasamento e Formação Guabirotuba



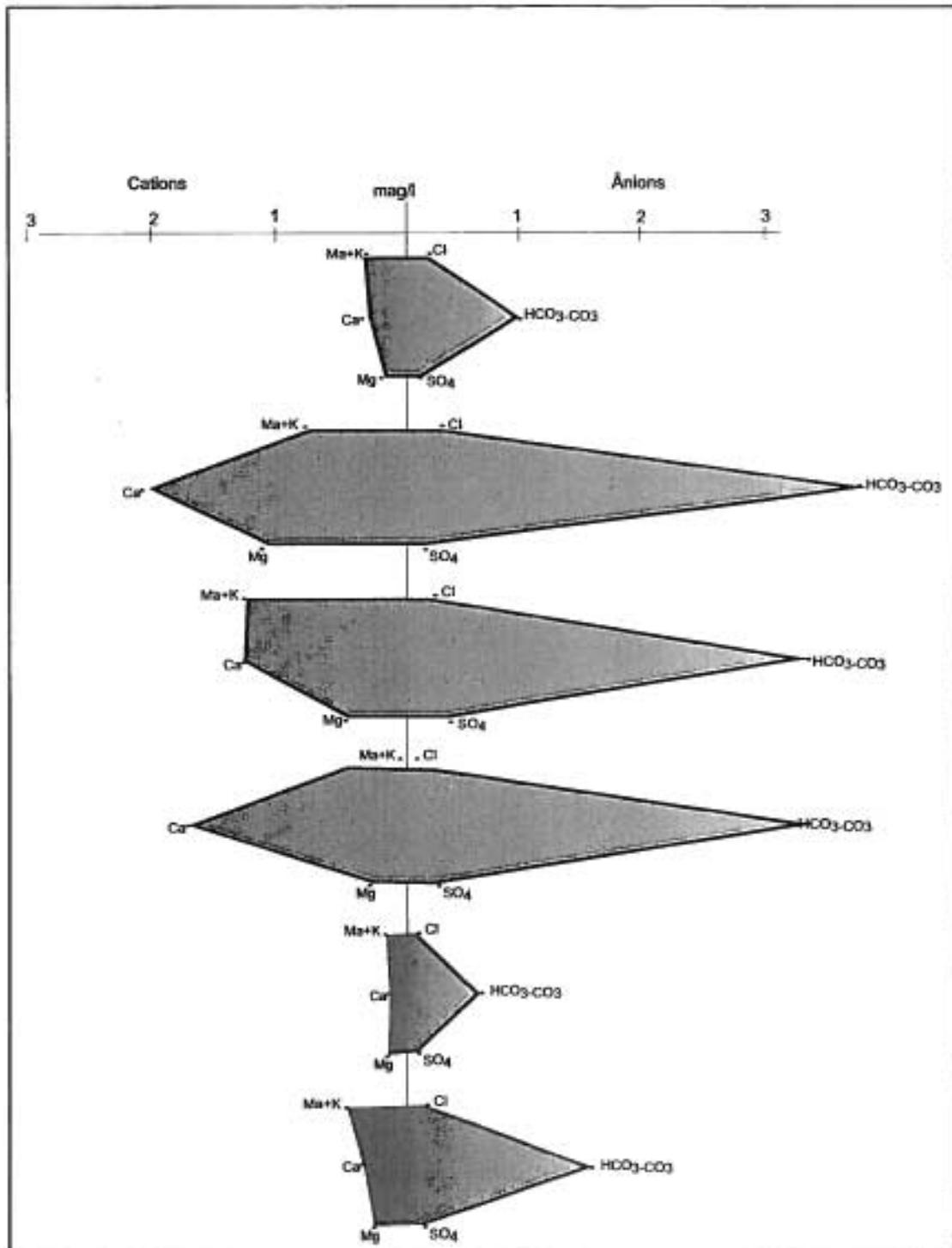
Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

Figura 9-10 – Diagrama de Stiff da Água do Karst



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procel / Earth Tech

Figura 9.11 – Diagrama de Stiff da Água do Embasamento e Formação Guabirotuba



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Proceso / Earth Tech

10. ÁREAS DE RECARGA DO AQUÍFERO DO KARST

10.1. INTRODUÇÃO

As Zonas e Pontos de Recarga do Aquífero do Karst correspondem às áreas onde os escoamentos superficiais se infiltram no subsolo, reabastecendo o aquífero. Esses locais são também áreas vulneráveis do Karst. Qualquer elemento poluente existente na superfície, ou arrastado pelos cursos de água, tem nesses locais fácil acesso aos condutos subterrâneos do aquífero.

A localização desses pontos possui implicações importantes no zoneamento, tanto sob ponto de vista de resguardar o aquífero de contaminação, como para orientar ações destinadas a proteger os pontos de recarga de ações antrópicas que possam afetar a taxa de infiltração da água.

A questão da recarga do Karst reveste-se de considerável dificuldade devido à complexidade da geologia, hidrogeologia e estrutura geológica da região. Trata-se de uma área de rochas calcárias, intercaladas com filitos e quartzitos, dobrada e falhada por diversos eventos tectônicos, e posteriormente invadida por diques doleríticos. Mais tarde foi sujeita a carstificação, que abriu os condutos e outros espaços que constituem o aquífero. Devido à seqüência de deformações sofridas, a permeabilidade do sistema cárstico adquiriu formas extremamente irregulares, desde feições de consideráveis dimensões a pequenas conexões de menor permeabilidade. A interação destas feições apresenta resultados de difícil interpretação se não forem estudadas em grande detalhe.

No âmbito do presente trabalho, de objetivos essencialmente regionais, houve a preocupação de analisar as grandes tendências, compatíveis com a escala do estudo. Sempre que possível foram incluídos dados de pequenas estruturas, de comportamento inquestionavelmente identificável. Os pormenores de aspecto contraditório, como por exemplo, a ocorrência quase sobreposta de dolinas e fontes, decerto devida a situações locais estratigráficas e estruturais, foram deixadas para os estudos mais detalhados que se seguirão ao presente projeto.

10.2. METODOLOGIA

A determinação das zonas e pontos de recarga beneficiou-se da confecção da carta planialtimétrica produzida na fase inicial do projeto, com base nas folhas 1:10.000 da COMEC. Utilizando essa carta, o modelo digital do terreno confeccionado a partir dela, o mapa geológico realizado para o projeto, complementados por interpretação da fotografia aérea, foi possível identificar-se certos tipos de estruturas cársticas de recarga, em particular, praticamente todos os poljes, planícies aluvionares, e outras estruturas de maiores dimensões, e algumas dolinas (Figura 10.01).

Para obter-se um maior número de dolinas recorreu-se a diversos estudos existentes, alguns dos quais inéditos, que já foram mencionados em capítulos anteriores, dentre eles o pertinente a Hidrogeologia.

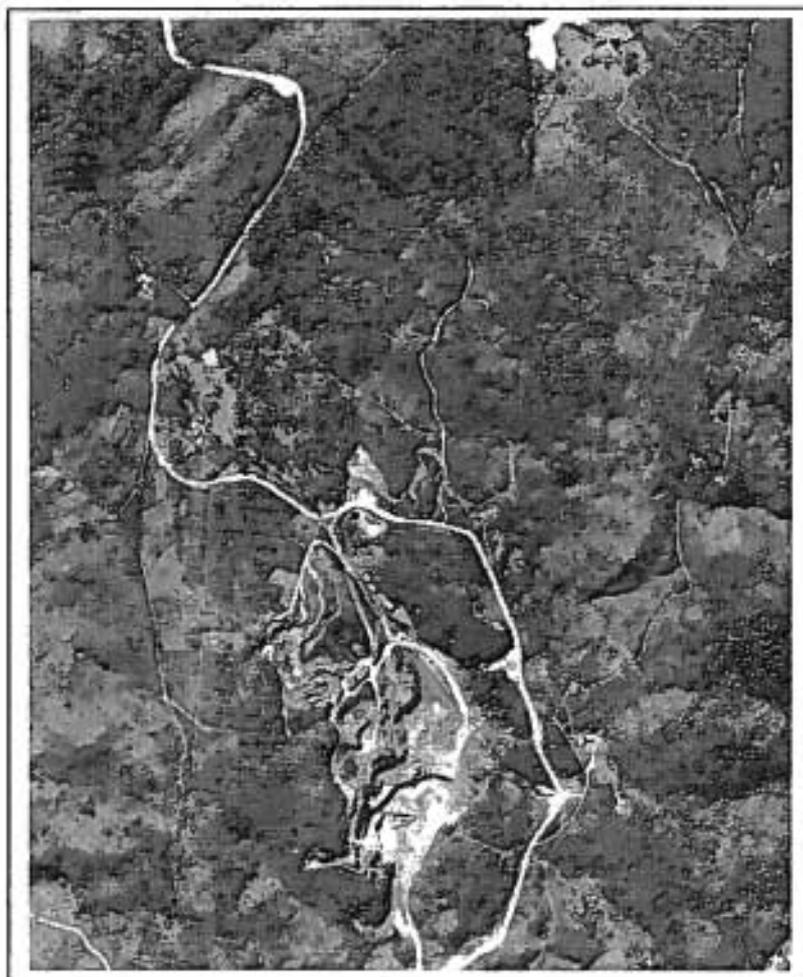


Figura 10.01
Campo de dolinas, visíveis n
fotografia aérea, perto da mina
de Saivá, próximo de Rio
Branco do Sul

Fonte: ITC, 1980. Escala 1:25.000

10.3 AMBIENTE HIDROLÓGICO

10.3.1 Balanço Hídrico

Apresenta-se a seguir os aspectos principais do estudo hidroclimatológico realizado para o projeto.

a) *Postos de Coleta de Dados*

Para avaliar o balanço volumétrico de água na área do Karst foi realizado um estudo hidroclimatológico, visando quantificar, através da análise de dados hidroclimatológicos existentes, os componentes característicos do Balanço Hídrico em um dado intervalo de tempo.

Os dados utilizados na avaliação do balanço hídrico são os existentes na rede de monitoramento hidroclimatológica da Região Metropolitana de Curitiba. Correspondem a postos selecionados que estão situados na área de interesse, relacionados na Tabelas 10.1, 10.2 e 10.3 a seguir.

Tabela 10.01 - Postos Pluviométricos

Código ANEEL	Posto	Município
02549004	Piraquara	Piraquara
02549006	Curitiba	Curitiba
02549012	Votuverava	Rio Branco do Sul
02549041	Faz.Exp.Fac.Agronomia	Quatro Barras
02549045	Bateias	Campo Largo
02549048	Ouro Fino de Baixo	Campo Magro
02549050	Colombo	Colombo
02549051	Bocaiúva do Sul	Bocaiúva do Sul
02549053	Eralzinho	Itaperuçu
02549054	Tigre	Cerro Azul
02549077	Juruqui	Almirante Tamandaré
02549080	Col. Dom Pedro	Curitiba
02549090	Colombo-COPEL	Colombo

Fonte: SUDERHSA, 2002

Tabela 10.02 – Postos Fluviométricos

Código ANEEL	Posto	Rio	Área (km ²)	Município
65021800	BR-277 C. Largo	Passaúna	76,5	Campo Largo
81019350	Ponte Açungui	Açungui	540	Campo Largo
81102000	Balsa Jacaré	Açungui	1751	Itaperuçu
81120000	Costas	Santana	402	Rio Branco do Sul
81290500	Mont. da ponte	Onças	16,4	Colombo
81291000	Chácara da Luz	Capivari	150,6	Tunas do Paraná
81299000	Barr. Capivari	Capivari	536	Bocaiúva do Sul

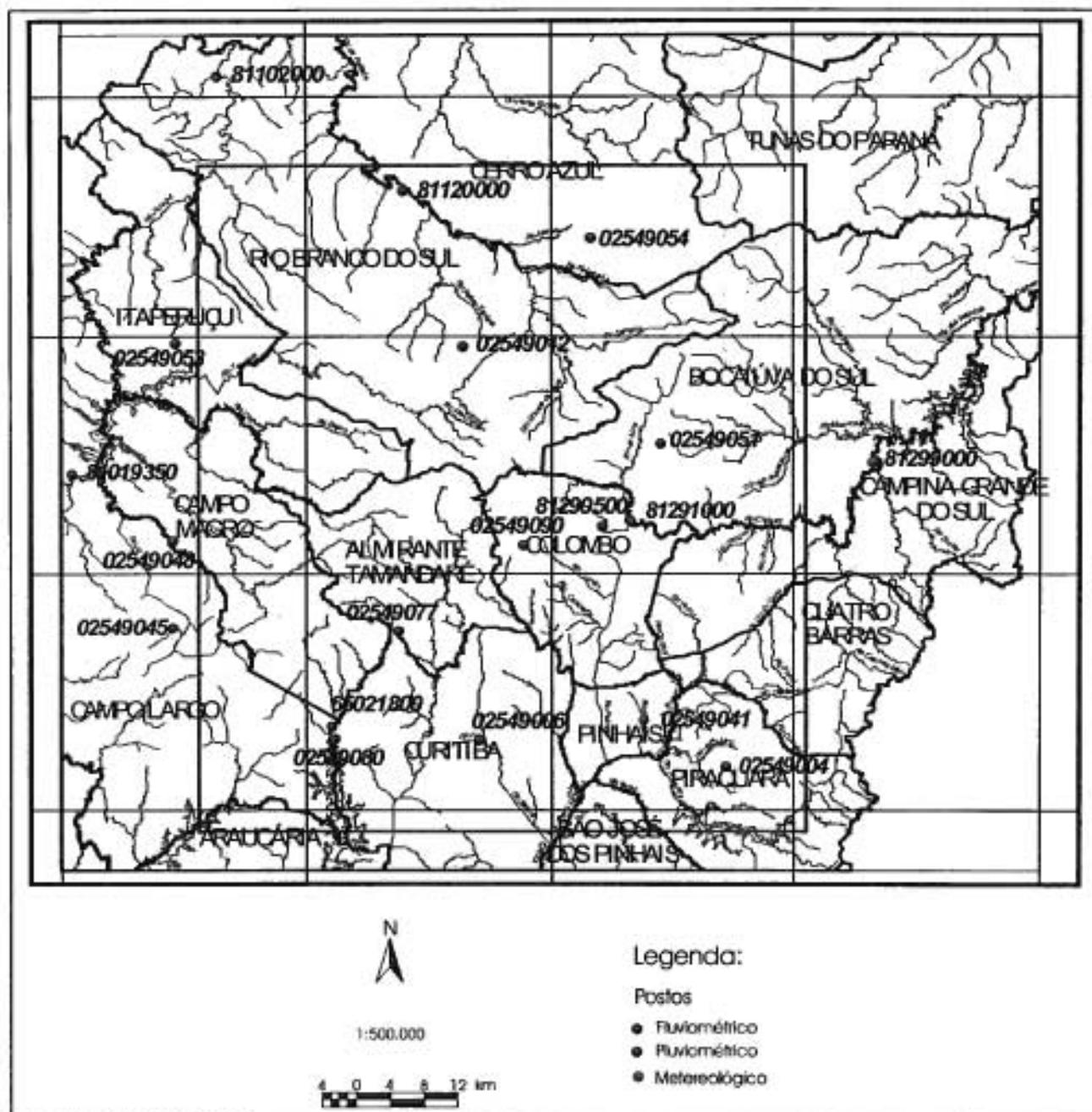
Fonte: SUDERHSA, 2002

Tabela 10.03 - Estação Meteorológica

Código ANEEL	Estação	Município
02549041	Faz. Exp. Fac. Agronomia	Quatro Barras

Fonte: SUDERHSA, 2002

Figura 10.02 - Mapa de Localização dos Postos Hidroclimatológicos



Fonte: SUDERHSA, 2002

b) Cálculo dos Componentes do Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico de um sistema físico, é avaliado através da quantificação dos componentes de entrada e saída do ciclo hidrológico local, utilizando o princípio da continuidade de massa e troca de energia, dos sistemas envolvidos no tempo e no espaço. O sistema físico neste estudo, corresponde à área do projeto.

Desprezando a variação do volume armazenado, quando a equação é aplicada para longos períodos de tempo em grandes áreas, tem-se uma solução simplificada para o problema, que conduz ao Balanço Hídrico simplificado, cujos componentes característicos são:

- Precipitação,
- Escoamentos superficial e subterrâneo e,
- Evapotranspiração.

Entende-se por escoamento superficial ou direto, todo excesso de água precipitada que o solo não consegue absorver e que se desloca pela superfície do terreno, podendo ser escoada pela calha do rio. Escoamento subterrâneo ou de base, é a parcela de água precipitada que infiltra no solo, caracterizada por uma zona saturada e que alimenta o escoamento do rio.

i) Precipitação

A precipitação média da área foi calculada através do método de Thiessen, utilizando séries de médias mensais, dos postos pluviométricos relacionados no Tabela 10-01. A Tabela 10.04 abaixo contém as precipitações médias mensais calculadas para a área, no período de 1960 a 2000.

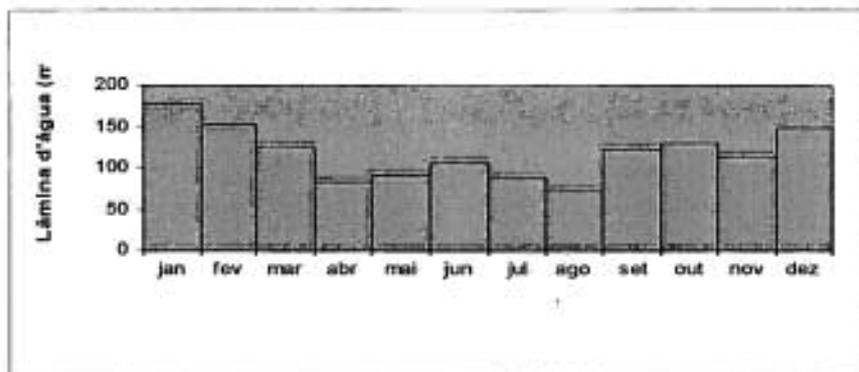
Tabela 10.04 - Precipitação Média Mensal (mm)

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
180	153	124	83	91	102	86	71	122	130	114	150	1406

Fonte: Dados SUDERHSA. Elaboração Consórcio ProceSl / Earth Tech

Os dados da Tabela 10.04, também podem ser visualizados no Gráfico 10.01 a seguir.

Gráfico 10.01 – Precipitação Média Mensal

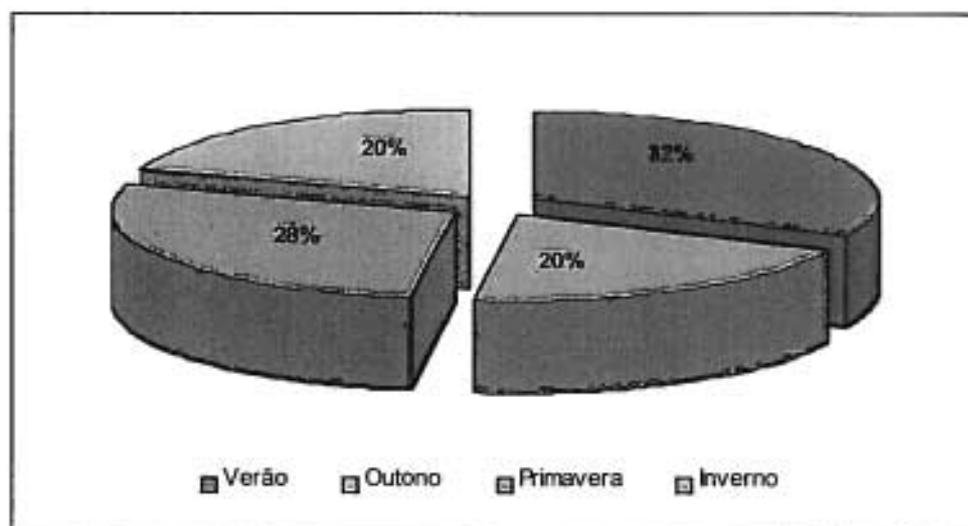


Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

A precipitação média anual da área é de cerca de 1406 mm. O período mais úmido, é o compreendido entre os meses da primavera e verão, precipitando 60% do total anual. As estações do outono e inverno com 40% restantes, apresentam semelhanças nos totais precipitados.

O ano mais chuvoso foi o de 1983 com 1918 mm e o mais seco, em 1985, com 850mm. Ainda analisando o período, o mês mais chuvoso foi maio de 1983, com 352 mm e o mais seco, agosto de 1988, com cerca de 2 mm. O Gráfico 10.02 a seguir, apresenta a distribuição sazonal da precipitação média da área.

Gráfico 10.02 – Distribuição Sazonal da Precipitação Média da Área



Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

ii) *Escoamentos Superficial e Subterrâneo*

Foram levantadas as vazões médias mensais dos postos fluviométricos relacionados na Tabela 10.02, correspondentes às bacias hidrográficas dos rios Açungui, Capivari e Iguaçu. As vazões levantadas estão na Tabela 10.05

Tabela 10.05 - Vazão média (mm/ano)

Posto	Rio	Área (km ²)	Vazão média	Bacia
BR-277 C. Largo	Passaúna	76,5	524	Iguaçu
Ponte Açungui	Açungui	540	656	Açungui
Balsa Jacaré	Açungui	1751	584	Açungui
Costas	Santana	402	501	Açungui
Mont. Ponte	Onças	16,4	673	Capivari
Chácara da Luz	Capivari	150,6	616	Capivari
Barr. Capivari	Capivari	536	758	Capivari

Fonte: SUDERHSA, 2002

A separação do escoamento de base do escoamento total, foi obtida graficamente de fluviogramas diários. Para tanto, foram selecionados postos representativos das bacias hidrográficas envolvidas, e analisados períodos com 10 anos de dados.

Os percentuais médios mensais da vazão de base, podem ser observados na Tabela 10-06 a seguir.

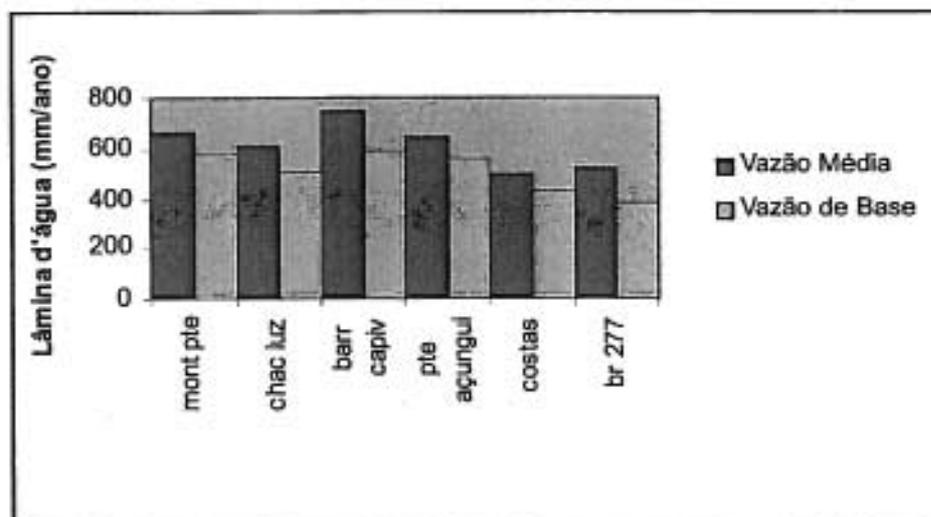
Tabela 10.06 - Vazão de Base (%)

Posto	jan	fev	mar	abr	maí	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Montante Ponte	86	82	84	90	95	86	83	86	78	85	90	90	86
Chácara da Luz	78	71	73	90	93	83	79	87	76	83	89	83	82
Barragem Capivari	72	70	71	88	85	83	78	83	72	77	78	76	78
Ponte Açungui	83	87	89	90	81	76	82	86	88	86	86	87	85
Costas	86	89	90	92	65	88	90	95	88	91	84	90	86
BR277-C. Largo	68	74	71	76	65	80	77	80	76	75	73	69	73

Fonte: Elaboração do Consórcio Procesi / Earth Tech

O Gráfico 10.03 a seguir, apresenta as vazões médias e suas respectivas vazões de base dos postos fluviométricos relacionados na Tabela 10.02.

Gráfico 10.03 – Vazão Média x Vazão de Base



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

iii) *Evapotranspiração*

Evapotranspiração é o processo de perdas de água para a atmosfera, através da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas. Esse componente foi quantificado através dos métodos de Penman (1948) para a evapotranspiração potencial (ETP) e Thornthwaite (1955) para evapotranspiração real (ETR).

O método de Penman, estima a evapotranspiração potencial que é a quantidade máxima de água evapotranspirada numa certa superfície.

Os dados meteorológicos utilizados em ambos métodos, foram da estação de Pinhais, relacionada na Figura 10.02, período 1971-2000.

A evapotranspiração potencial média mensal calculada para o período 1971 a 2000, pode ser observada na Tabela 10-07 abaixo.

Tabela 10.07 - Evapotranspiração Potencial Média (mm)

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
106	88	79	58	41	34	41	57	67	86	98	105	860

Fonte: Dados SUDERHSA. Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

A partir da evapotranspiração potencial, calculou-se a evapotranspiração real através da aplicação a nível mensal para o mesmo período da ETP, do método Thornthwaite-Mather (1955).

O método faz um balanço hídrico climático, considerando o solo como um reservatório natural para armazenamento do saldo de água, conforme sua capacidade de retenção e disponibilidade. O abastecimento dessa água (umidade) é feito pela chuva e sua remoção pela evapotranspiração.

O método aplicado, considera o solo como reservatório capaz de armazenar 125 mm de água.

A evapotranspiração real média mensal para o mesmo período da ETP, pode ser observada na Tabela 10-08 a seguir.

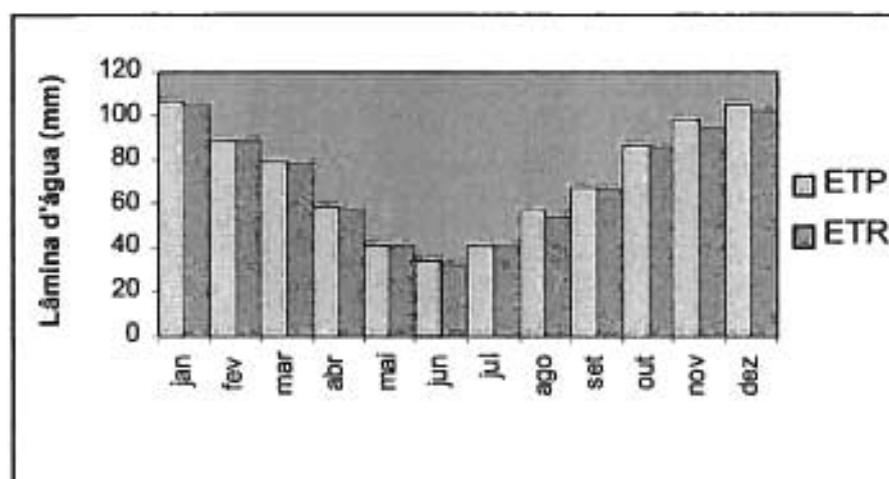
Tabela 10.08 - Evapotranspiração Real (mm)

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
105	88	78	57	41	33	41	54	66	85	95	102	845

Fonte: Dados SUDERHSA. Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

No Gráfico 10.04 a seguir, pode-se observar as evapotranspirações médias mensais, potencial (ETP) e real (ETR), nas respectivas tabelas.

Gráfico 10.04 – Evapotranspiração Média



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

c) Balanço Hídrico

O balanço hídrico é conhecido como uma técnica de avaliação de distribuição e movimento de água em diferentes fases, acima e abaixo da superfície do solo de uma bacia hidrográfica. A quantificação de seus componentes, visa conhecer o comportamento desse sistema, permitindo o racional gerenciamento e utilização dos recursos hídricos.

Nesta avaliação, a escala temporal utilizada na quantificação dos componentes foi a mensal e sua distribuição espacial, esteve condicionada naturalmente, com a localização dos postos hidroclimatológicos na área do projeto, regionalizando seus resultados.

A precipitação média é considerada distribuída ponderadamente sobre a área.

A evapotranspiração, obtida a partir de dados existentes da estação meteorológica de Quatro Barras, foi calculada para esse local, e transferida para a área do projeto, considerando suas características.

Na quantificação do componente de escoamento, foram utilizados dados existentes de postos fluviométricos próximos à área, em razão da carência de informações mais consistentes dentro dessa, admitindo os valores calculados como sendo os representativos da área do Karst.

Usando os totais anuais médios de longo período dos componentes de Precipitação e Evapotranspiração Real e aplicando a equação do Balanço Hídrico Simplificado, tem-se :

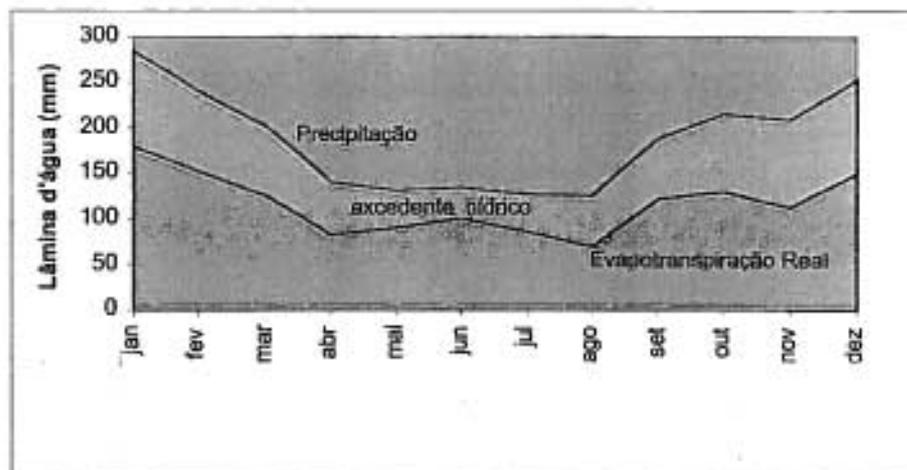
$$D = P_m - ETR_m$$

$$D = 1406 - 845 = 561 \text{ mm}$$

O componente resultante igual a 561 mm, corresponde ao excedente hídrico da área. É a parcela da precipitação, principal fonte de entrada de água no sistema, que se transforma em escoamento, tanto superficial como recarga de aquíferos.

No Gráfico 10.05 a seguir, pode-se observar o balanço hídrico da área, o qual apresenta ao longo do ano, superavit hídrico mensal.

Gráfico 10.05 – Balanço Hídrico



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesi / Earth Tech

Comparando esse excedente hídrico de 561 mm, com a média das vazões dos postos relacionados na Tabela 10.05, admitindo esse valor como correspondente da área do projeto, verifica-se que são valores próximos, apresentando uma diferença de menos de 10%.

i) *Precisão na Determinação dos Componentes do Balanço Hídrico*

A precisão é uma limitação dos resultados da avaliação do balanço hídrico. Alguns fatores contribuem, como a dificuldade de se estimar a evapotranspiração, tanto por falta de equipamentos para sua medição, quanto na escolha das inúmeras equações existentes no cálculo desse elemento. Outro fator é a falta de dados meteorológicos para a área a ser estudada, em razão das poucas estações ali existentes.

Os componentes precipitação e escoamento, normalmente não apresentam dificuldades no fechamento do balanço, pois são elementos obtidos por medições diretas em campo, através de aparelhos.

A precipitação é mais facilmente estimada para uma determinada bacia hidrográfica, pois os aparelhos de medição existem em maior número, são bem distribuídos e de fácil operação.

Para o componente escoamento, embora também obtido por medição direta, muitas vezes a bacia que se quer estudar não dispõe de posto fluviométrico, e os dados têm que ser obtidos por regionalização.

ii) Separação do Escoamento

A vazão de base, foi obtida através da separação gráfica dos fluviogramas de postos fluviométricos selecionados. Os percentuais calculados para cada posto, variaram entre 73% e 86%. O valor médio estimado para a área do aproveitamento é de 82% , representando a parcela que o escoamento subterrâneo contribui para o escoamento total. O valor corresponde a bacias com características de solos mais permeáveis.

Quanto às variações dos percentuais calculados, que podem ser características de cada bacia, os resultados podem ter sido influenciados por relações incorretas entre as vazões de base e as totais, já que os dados existentes foram gerados por leituras de cotas do rio, feitas por observadores. As cotas altas podem não ter sido registradas, e com isso o decréscimo da relação, vazão de base e vazão total.

d) Resumo dos Resultados e Conclusões

Dois aspectos merecem ser ressaltados dos resultados do estudo hidroclimatológico realizado:

- a existência de um excedente hídrico de 531mm anuais, que corresponde à soma de excedentes hídricos em todos os meses do ano e fornece um dado básico para as estimativas de recarga do aquífero;
- o fato da vazão média do escoamento superficial ser 82% da vazão de base, quando normalmente é da ordem de 10%, mostra o poder regularizador das surgências da água subterrânea na região

10.3.2 Taxas de Infiltração

Os estudos realizados pela JICA - Japan International Cooperation Agency e apresentados no relatório final *The Master Plan Study on the Utilization of Water Resources in Paraná State* (1995) sobre as drenagens desenvolvidas na área de abrangência do aquífero Karst, determinaram um potencial hídrico circulante disponível de 8,9 l/s/km². Valores semelhantes foram obtidos por vários autores. Esses valores correspondem a uma infiltração média de cerca de 20% da precipitação. Trata-se de uma estimativa conservadora, justificada pela carência de apoio hidrogeológico mais detalhado e também pela falta de número suficiente de estações hidroclimatológicas e fluviométricas na região.

B. SINGHAL e R. GUPTA (1999) citam diversas fontes de dados sobre as altas taxas de infiltração em rochas calcárias. Segundo BONI et al (1984) a taxa de infiltração em formações cársticas pode alcançar 80 % da precipitação. KHAIR e HADDAD(1993) reportaram taxas de infiltração até 40 a 44 % da precipitação média anual (1600 mm) em rochas carbonáticas do Líbano. Mesmo em zonas áridas as taxas de recarga podem ser elevadas, devido à alta permeabilidade da superfície. Por exemplo, em áreas de Karst da Arábia Saudita a recarga é de cerca de 45 % da precipitação total anual (Al SAAFIN, 1990). Na Tabela 10.09 do texto de B. SINGHAL e R. GUPTA (1999), são dados as seguintes taxas de infiltração, estimadas a partir de descarga de nascentes na zona mediterrânea:

Tabela 10.09 - Exemplos de Taxas de Infiltração em Países Mediterrânicos

Pais	Fonte	Precipitação Anual (mm)	Recarga (mm)	Taxa de Infiltração (%)
Tunisia	Unesco (1975)	463 - 633	108 - 264	23,0 - 42,0
Grécia	Unesco 1975)	1150 - 1400	583 - 723	50,7 - 51,6
Israel	Unesco (1975)	600 - 750	229 - 335	30,5 - 53,0

Fonte: SINGHAL, B. e GUPTA, R., 1999

As características hidroclimáticas da região do Karst são muito diferentes das dos países mediterrânicos e como tal não se pode supor encontrar aqui taxas de infiltração tão elevadas. No entanto, os valores com que se têm trabalhado no Karst, da ordem de 20%, são conservadores, resultantes da falta de adequado controle de campo. Há no entanto a possibilidade da taxa de infiltração média na área ser um pouco mais elevada. Nesse caso, obter-se-iam valores mais elevados de disponibilidade hídrica do aquífero.

A Tabela 10.10 a seguir exemplifica o efeito do valor da infiltração na disponibilidade hídrica do aquífero.

Tabela 10.10 - Disponibilidade Hídrica em Função de Taxas de Infiltração

Precipitação (mm)	Taxa de Infiltração (%)	Infiltração (mm)	Disponibilidade Hídrica		
			l/s/km ²	m ³ /hora/km ²	m ³ /dia/km ²
1400	20	280	8,9	32,0	767
1400	25	350	11,1	40,0	959
1400	30	420	13,3	47,9	1151

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

10.3.3 Zonas de Influência Direta e Indireta

No decorrer do estudo foram definidas na área do Karst as Zonas de Influência Direta e de Influência Indireta. A primeira, situada diretamente sobre os metacalcários dolomíticos, corresponde essencialmente às áreas de infiltração direta da precipitação. A segunda, composta de rochas impermeáveis (principalmente filitos e quartzitos) é definida pela bacia de drenagem para a Zona de Influência Direta. Portanto o limite externo da Zona de Influência Indireta define a bacia de concentração do aquífero do Karst, ou seja, área geral de coleta da precipitação.

A área de Influência Direta cobre 217 km² e a área de Influência Indireta 262 km², pelo que a área geral de coleta de precipitação soma 479 km².

10.4. AMBIENTE HIDROGEOLÓGICO

10.4.1 Hidrogeologia da Região

a) Unidades Hidrogeológicas

O mapa hidrogeológico confeccionado para o projeto definiu as unidades hidrogeológicas como sistemas aquíferos em função de suas características como o tipo de permeabilidade e natureza das rochas da região. Estabeleceram-se 5 grandes divisões conforme observa-se na Tabela 10.11.

Tabela 10-11 - Definição das Unidades Hidrogeológicas

Unidade Hidrogeológica	Tipo de Permeabilidade
Aluviões	Intersticial
Formação Guabirotuba	Intersticial
Karst	Cárstica e Fissural
Embasamento Cristalino	Fissural
Fissural Indiferenciado	Fissural

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

A unidade Karst, o sistema aquífero de interesse na região, foi por sua vez dividida em três sub-unidades :

- metacalcários dolomíticos da Formação Capiru;
- metacalcários calcíticos da Formação Votuverava;
- filitos e quartzitos da Formação Capiru.

Esta subdivisão, incluindo os filitos e quartzitos da Formação Capiru, justifica-se em função do arranjo espacial destas rochas com os metadolomitos da mesma unidade.

b) Distribuição Geográfica do Aquífero do Karst

Na área do projeto o aquífero do Karst ocorre dentro dos metacalcários dolomíticos, que se distribuem em duas faixas, orientadas aproximadamente no sentido WSW-ENE:

- uma a sul, progredindo de Campo Magro, passando por Colombo e Fervida, terminando em Bocaiúva do Sul, exibindo larguras entre 2 e 5 quilômetros;
- outra a norte, paralela à primeira, com a largura aumentando no sentido nordeste de 3 para 7 quilômetros, cujo limite norte passa em Itaperuçu e Rio Branco do Sul, bifurcando-se junto às rochas do Grupo Setuva. O ramo sul desta faixa inflecte então para sudeste encontrando a faixa sul do aquífero em Bocaiúva do Sul.

As duas faixas exibem diferenças geomorfológicas. O dolomito da faixa norte apresenta-se geralmente quase aflorante, possui uma cobertura de solo residual pouco espessa e exibe um relevo ondulado. As rochas carbonáticas da faixa sul são freqüentemente cobertas por sedimentos argilo-arenosos, que atingem ocasionalmente 50m de profundidade, e caracterizam-se geralmente por um relevo plano, sendo às vezes designado por Karst Encoberto. Note-se no entanto que existe uma faixa aplainada no sentido SE-NW, entre Tranqueira e Itaperuçu, interrompendo o relevo mais ondulado dos metadolomitos aflorantes, cujas características são idênticas às do Karst Encoberto da faixa sul.

c) Compartimentação

LISBOA e BONACIM (1995), propõem uma compartimentação para o aquífero, onde os metacalcários, com excelentes condições de permeabilidade, são limitadas por barreiras praticamente impermeáveis, constituídas por cristas de filitos e quartzitos, entrecortadas por diques de diabásio.

Essas barreiras correspondem às direções estruturais da região, onde se destacam as orientações SE-NW dos diabásios e as direções próximas de WSW-ENE dos filitos e quartzitos, das quais resultam células losangulares de metacalcários, limitadas a NE e SW por diabásios, e a NW e SE pelos filitos e quartzitos.

Segundo o modelo proposto, as células tem comportamento hidráulico independente.

10.4.2 Estruturas de Recarga

a) *Estruturas Cársticas*

Geralmente as rochas cársticas exibem considerável fraturamento primário, cujas dimensões se alargam devido à dissolução química e corrosão mecânica associados ao movimento da água subterrânea. O Karst da área de estudo foi sujeito a diversos eventos tectônicos provocando intenso dobramento e fraturamento das rochas carbonáticas da região. É de supor que a permeabilidade primária resultante desses fenômenos seja maior do que em rochas cársticas menos afetadas por tectonismo. Em outras palavras, é altamente provável que a recarga do Karst, na região em estudo, ocorra em qualquer ponto da região de rochas carbonáticas, com densidade de fluxos diferentes, conforme as características litológicas e geomorfológicas locais. A permeabilidade dessas regiões dependerá em grande parte das suas características estruturais.

Entre as estruturas cársticas superficiais mais comuns e visíveis, atuando como eficientes zonas de recarga mencionaremos:

- Dolinas
- Sumidouros
- Poljes

b) *Outras Estruturas de Recarga*

Além destas estruturas cársticas típicas, as feições estruturais da região, tais como falhas, fraturas e bacias fechadas, constituem também importantes avenidas de recarga.

Também não podem ser descartadas outras feições geomorfológicas menos evidentes, possivelmente de menor eficiência na recarga, mas que permitem a recarga difusa do aquífero.

10.4.3 Zonas e Pontos de Recarga

As zonas e pontos de recarga foram localizados pela identificação das feições cársticas descritas. Geralmente procurou-se localizá-las nos limites dos compartimentos morfoestruturais em função da sua topografia, conforme mostra o mapa temático.

No entanto, apesar das zonas mais eficientes de recarga se situarem nas feições cársticas mencionadas, em virtude da compartimentação e fraturamento dos metacalcários dolomíticos, é evidente que a recarga também ocorrerá, ainda que com menor eficiência, em toda a célula. Em particular nas grandes células, como Fervida, Almirante Tamandaré, Haras, Tranqueira e Marmeleiro, desenvolvidas em áreas planas, é mais correto admitir que a recarga se processa em praticamente todos os pontos da célula, com diferentes graus de eficiência. A compartimentação das células, que ficam rodeadas pelos filitos mais elevados a S e a N, e pelas elevações lineares dos diabásios a W e E tende a evitar o escoamento da água das precipitações para fora da célula, reforçando a infiltração difusa.

10.5 ZONAS E PONTOS DE RECARGA DO KARST

10.5.1 Poljes e Aluviões

Para simplificar a descrição das áreas de poljes e aluviões apresenta-se os resultados na Tabela 10.12 a seguir, indicando a localização dos principais poljes em termos de município, localidade e área em quilômetros quadrados. Como já se mencionou, praticamente toda a área de calcários dolomíticos pode funcionar como local de recarga. As estruturas cársticas listadas a seguir são áreas de recarga mais eficiente. Nas restantes áreas ocorre um modo menos eficiente de recarga – a recarga difusa.

Tabela 10.12 – Localização e Dimensão dos Poljes e Aluviões

Município	Local	Área (km ²)
Almirante Tamandaré	Almirante Tamandaré	0,719
	Haras	0,201
	São Miguel	0,656
	Marmeleiro	0,506
	Morro Azul	0,603
	Campo Grande	0,853
	Tranqueira	1,492
	Cercadinho	0,541
	Boichininga	0,261
Colombo	Colombo Sede	1,425
	Colombo Sede Norte	0,899
	Colombo Sede Sul	0,184
	Fervida Central	1,141
	Fervida Centro Sul	1,008
	Fervida Leste	0,931
	Várzea Principal	0,225
	Capivari Norte	0,104
	Capivari Nordeste	0,258
	Aranha	0,508
Itaperuçu	Itaperuçu	0,950
Rio Branco do Sul	Santana	0,426
Bocaiúva do Sul	Sede	1,072

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

10.5.2 Pontos de Recarga

Como pontos de recarga foram selecionados locais onde ocorrem campos de dolinas ou sumidouros. Os principais pontos de recarga situam-se nos seguintes locais:

- Fundão - 3 km a N de Campo Novo
- Barra de Santa Rita, Campo Magro – quatro locais de dolinas e sumidouros entre 1 a 4 km a NE
- Bom Jardim – 4 km a E de Itaperuçu
- Capiru do Dias – 4 km de Rio Branco do Sul
- Mato Dentro – 4 km a NW de Almirante Tamandaré
- Botiatuva Mirim – 2 km a NW de Colombo

11. MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE

11.1 - INTRODUÇÃO

No caso do presente estudo, focalizado na região e no aquífero do Karst, a questão do abastecimento por mananciais de superfície faz parte da conjuntura a ser examinada, em face das possíveis limitações quantitativas, ambientais e econômicas, da utilização do aquífero do Karst.

O abastecimento público de água potável numa região em expansão demográfica, como acontece na RMC, reveste-se de uma complexidade que ultrapassa os simples aspectos técnicos do problema. Os conflitos entre o desenvolvimento e a qualidade do meio ambiente tem de ser administrados eficientemente sob pena de prejudicarem o aproveitamento do potencial de abastecimento de água. A manutenção dos mananciais superficiais e subterrâneos depende basicamente da política e prática de uso e ocupação do solo, acompanhadas de programas de saneamento adequados.

O planejamento do uso e ocupação do solo, deve sempre seguir a ótica de sustentabilidade ambiental. Essa visão aplica-se tanto às regiões urbanas ou em fase de ocupação, como às zonas industriais e às áreas rurais. Existem já na RMC exemplos de mananciais superficiais ameaçados pela degradação progressiva proveniente de atividades agrícolas, esgotos domésticos e industriais, inclusive com a participação de uma poluição difusa (DALARMI, 2001). Os mananciais subterrâneos, e em particular o Karst, são igualmente susceptíveis à poluição, com o agravante da sua recuperação ser muito mais longa e problemática.

11.2 - POTENCIAL HÍDRICO DOS MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE

11.2.1 - Plano Diretor de Águas 1991/1992

A RMC já foi objeto de 3 planos diretores sucessivos, em 1975, 1980 e 1992, tendo em vista horizontes da ordem de 20 a 30 anos. Imperou neles a visão de equilibrar as necessidades de desenvolvimento econômico e populacional da região, com a manutenção da qualidade de vida e das condições de meio ambiente. Cada um deles foi prematuramente ultrapassado, não pelas projeções de crescimento populacional, mas sim por inesperadas divergências em relação às previsões de direcionamento dos vetores de expansão urbana (DALARMI, 2001).

A estimativa de potencial hídrico apresentada no Plano Diretor de 1991/1992 obedeceu a vários critérios, entre os quais se salientam:

- estudo de todos mananciais disponíveis dentro de um raio de 50 km, distância considerada compatível com a viabilidade econômica e financeira de seu aproveitamento, em termos do porte demográfico da região;
- adoção da metodologia proposta pelo CEHPAR (Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza) no Projeto HG-64 para determinação de vazões mínimas e vazões regularizadas, a partir de dados hidrológicos regionalizados.

De acordo com a metodologia da CEHPAR, foi considerada como vazão mínima para abastecimento de água a vazão do rio referente a um tempo de retorno de 10 anos e um tempo de duração da estiagem de 7 dias. Admite-se que poderia ter sido adotado um tempo de retorno menor, mas a decisão de prevenir o risco de falhas no abastecimento de água levou a uma especificação mais conservadora.

O Plano Diretor determinou também as vazões específicas médias, e o nível de regularização proporcionado pelos volumes úteis disponíveis em cada aproveitamento previsto.

De acordo com os critérios mencionados, o Plano Diretor de 1992 avaliou o potencial hídrico da região em 42 m³/s, proveniente das bacias do Alto Iguaçu, Várzea e Açungui (Tabela 11.01). A inclusão dos rios Arraial e Capivari representaria um acréscimo de potencial da ordem de 23 m³/s, totalizando então 65 m³/s

Tabela 11.01 - Plano Diretor 1991/1992 – Características das Bacias Selecionadas

Nº	Aproveitamento Rios	Bacia (km²)	Vazão	(HTL)	Vu	Vd	Vu/Vd	QF/Q	Vazão	Vazão
			Específica (l/s/km²)	Média (m³/s)	Volume Útil (hm³)	Deflúvio médio Anual (hm³)			Regul. (Tr=30) (m³/s)	Remanes. (Q10;7) (m³/s)
1	Iral	112,6	19,6	2,21	51,3	69.695	0,74	0,88	1,94	1,77
2	Piraquara II	58,0	21,9	1,27	20,3	40.051	0,51	0,81	1,03	0,60
3	Pequeno	62,3	29,6	1,84	33,1	58.026	0,57	0,84	1,54	1,00
4	Alto Miringuava	71,9	26,7	1,92	34,3	60.549	0,57	0,83	1,60	1,45
5	Cerro Azul	67,3	21,5	1,45	24,2	45.727	0,53	0,82	1,19	1,08
6	Da Campina	27,2	17,7	0,48	12,8	15.137	0,79	0,90	0,43	0,39
7	Cotia Despique	154,7	16,9	2,61	71,0	82.309	0,86	0,90	2,36	2,15
8	Alto Maurício	36,0	16,6	0,60	26,0	18.922	1,37	0,98	0,59	0,54
9	Das Onças (Mandirituba)	29,0	16,8	0,49	14,3	15.453	0,93	0,92	0,45	0,41
10	Faxinal	63,3	17,2	1,09	30,5	34.374	0,89	0,94	1,02	0,93
11	Das Onças (Contenda)	75,6	16,8	1,27	19,3	40.051	0,48	0,80	1,02	0,93
12	Pianduva	25,4	16,2	0,41	14,4	12.976	1,11	0,95	0,39	0,35
13	Várzea	475,0	18,5	9,07	285,0	286.032	1,00	0,98	8,42	7,02
15	Do Poço	131,0	16,7	2,19	51,4	69.064	0,74	0,88	1,93	1,76
16	Médio Açungui	713,6	16,4	11,71	243,2	369.287	0,66	0,86	10,08	9,17
18	Alto Açungui	551,3	16,4	9,04	221,1	285.085	0,78	0,89	8,05	7,33
TOTAL									42,04	35,75

Fontes: Plano Diretor de Águas de Curitiba, vol IV, pag. 4.7, Quadro 4.2; pag 13.44, Quadro 13.36 Sobre fundo cinza, valores estimados no presente estudo.

11.2.2 - SANEPAR - Plano Diretor do Sistema Integrado de Abastecimento (PDSIAC)

A necessidade de introduzir ajustes no Plano Diretor de Águas de 1991/1992, levou a SANEPAR a iniciar em 1997 o Plano Diretor do Sistema Integrado de Abastecimento – PDSIAC, revisado em 2000.

O Plano, e sua revisão, apresentam estimativas de evolução das demandas hídricas tendo em vista o crescimento populacional e as estimativas de redução das perdas no Sistema Integrado de Abastecimento da SANEPAR, com horizonte de tempo definido para o ano de 2018.

Em termos de potencial hídrico o PDSIAC manteve as conclusões do Plano Diretor de Águas de 1991/1992, considerando no entanto vários cenários para a seqüência de implantação de barragens, mais adequados para a evolução populacional ocorrida, e adaptados à previsão atualizada do aumento de demanda.

11.2.3 - Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI 2001) - Potencial Hídrico

DALARMI (2001) abordou a questão do potencial hídrico da RMC introduzindo questionamentos sobre a degradação das áreas de mananciais. Ilustrando esse conceito, apresentou cenários da possibilidade de degradação das bacias de alguns rios com conseqüente redução do potencial hídrico da região.

Nos 10 anos decorridos após as projeções do Plano Diretor, registrou-se na RMC um crescimento médio anual da população da ordem de 78.000 habitantes. A dimensão desse fluxo poderia desestabilizar a infraestrutura de uma cidade menos organizada. Curitiba sofreu os efeitos desse impacto populacional de forma atenuada, devido às ações organizadas para enfrentar a desorganização urbana e a conseqüente degradação ambiental. No conjunto de medidas tomadas destacam-se as dirigidas à proteção das áreas de mananciais.

Entre as ações desenvolvidas salientam-se o progresso na legislação ambiental e de recursos hídricos, a criação de Áreas de Proteção Ambiental (APA's), de Unidades Territoriais de Proteção (UTP's), a realização de zoneamentos ecológico-econômicos, a instalação de programas de planejamento e execução de medidas de proteção ambiental e de saneamento (como o PROSAM e o PARANASAN), e a ação da COMEC no desenvolvimento, acompanhamento e coordenação de muitas destas atividades.

Para avaliar o possível efeito do ritmo de degradação no potencial hídrico da RMC, DALARMI (2001) propôs 3 cenários diferentes, indicados em maior detalhe na Tabela 11.02. Os cenários foram construídos a partir de uma disponibilidade hídrica de 34 m³/s, cuja origem não está claramente explicitada no texto. Supõe-se que ela possa compreender as seguintes previsões:

- Redução da vazão da bacia do Altíssimo Iguaçu de 7.2 para 5.6 m³/s, ou seja 1,6 m³/s, conforme estudo da consultora COBA;
- Exclusão do rio Cotia com vazão regularizada de 1,6 m³/s;
- Exclusão do rio Cerro Azul com vazão regularizada de 1,19 m³/s;
- Exclusão do rio da Campina com vazão regularizada de 0,43 m³/s;
- Redução da vazão da bacia do Açungui, do valor regularizado de 18,13 m³/s, constante do Plano Diretor, para o valor de 13,5 m³/s (redução de 4,63 m³/s) correspondente à vazão remanescente com 50% durante a estiagem.

O resultado final destas considerações é uma redução total de 8,35 m³/s, ou seja o potencial total de 34 m³/s.

Os três cenários propostos por DALARMI (2001) dependem do grau de controle ambiental que possa vir a ser estabelecido nas áreas de mananciais da RMC:

- o primeiro cenário, essencialmente estático, admite a manutenção de um controle ambiental perfeito, estabilizando conseqüentemente a projeção de disponibilidade hídrica proposta por DALARMI (2001) em 34 m³/s, com capacidade de atender a demanda até 2050;
- num segundo cenário, sob a premissa de manutenção do presente ritmo de degradação ambiental, prevê a eliminação de algumas bacias com a redução da vazão disponível para 29,30 m³/s, capaz de atender a demanda até 2040.
- finalmente, na hipótese pessimista considera a perda de quase todas as bacias do Alto Iguaçu, e a redução considerável do potencial da bacia do rio da Várzea. O potencial hídrico, seriamente afetado neste cenário, seria reduzido para 18,66 m³/s. Neste caso a demanda de água seria satisfeita apenas até 2024.

A previsão otimista já considera perdidos os mananciais do Cotia, Cerro Azul e Campina, como vimos na análise da origem do valor de 34 m³/s. Não existe consenso sobre esta visão, tanto mais que o Cotia está sendo utilizado pela indústria Audi e existem planos de aproveitamento do rio Cerro Azul.

O cenário pessimista parece excessivo dada a consciência de proteção ambiental que predomina nas autoridades responsáveis, a diversos níveis, e na própria população.

A proposição intermédia parece também ser negativa demais em face da evidente aceleração dos esforços no desenvolvimento de medidas de proteção ao meio ambiente nas áreas de mananciais.

No entanto os cenários traçados por DALARMI (2001) atingem objetivo para além da simples contabilização dos anos que restam até a demanda de água da RMC ultrapassar as disponibilidades. O exercício serve de fato para enfatizar que:

- a RMC tem limitada disponibilidade de água potável proveniente de mananciais de superfície;
- se não se acentuarem as medidas de proteção ambiental já em curso, em pouco mais de duas décadas a RMC terá esgotado o seu potencial hídrico.
- uma vez atingido o limite do seu potencial hídrico, não há solução econômica por captação de mananciais de superfície selecionados pelo Plano Diretor de 1992.

A Tabela 11.03, detalha os cenários de Dalarni.

Tabela 11.03 - Cenários das Conseqüências da Degradação Ambiental das Bacias

Cenários de Graus de Controle Ambiental	Premissas	Perda de Vazão (m ³ /s)	Vazão Disponível (m ³ /s)
1 Ideal	Aproveitamento total do potencial hídrico das bacias não excluídas antecipadamente no Plano Diretor de 1992	0	34,00
2 Médio	Perda total da bacia incremental do Alto Iguaçu (incluindo as bacias dos rios Iraizinho, do Meio, Itaquí, Pequeno e toda a bacia a jusante das barragens Iraí e Piraquara II) e a bacia do Alto Maurício	4,70	29,30
3 Manutenção do Atual Ritmo de Degradação Ambiental	Além da perda dos mananciais descritos no Cenário 2, prevêem-se as seguintes perdas: <ul style="list-style-type: none"> perda da represa de Iraí, devido à intensa pressão urbana sobre a sua bacia, incluindo proximidade de Curitiba, indústrias, sistema viário desenvolvido, uma sede municipal e loteamentos densamente ocupados; perda da represa de Passaúna, próximo do centro urbano de Curitiba, da cidade industrial de Curitiba e outras indústrias na bacia, inúmeros loteamentos densamente ocupados sem estrutura sanitária e afetada por intensa atividade agrícola; perda da bacia do rio Despique em virtude da proximidade do distrito industrial de São José dos Pinhais e de Fazenda Grande, além de se situar entre as BR-116 e BR-376; perda da bacia a jusante do Rio da Várzea, pela eutrofização proveniente da intensa atividade agrícola na região sobre as águas do relatório, além de degradação oriunda da BR-376 e pelos efeitos do oleoduto da Petrobrás. 	10,64	18,66

Fonte: Dalarni, O., 2001, Plano de Desenvolvimento Integrado.

11.2.4 - Estudos da Disponibilidade Hídrica do PPART (2002)

a) *Introdução*

No prosseguimento dos estudos realizados pelo PDI – Plano de Desenvolvimento Integrado, o PPART – Plano de Proteção Ambiental e Reordenamento Territorial, em execução pela COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba avaliou a disponibilidade hídrica dos mananciais da Região Metropolitana de Curitiba.

O estudo partiu do levantamento das disponibilidades hídricas quantitativas. Para tal foram analisadas as áreas de mananciais quanto aos seus potenciais hídricos e áreas de contribuição das bacias hidrográficas. Além de se efetuarem avaliações sobre as disponibilidades hídricas quantitativas, foi estudada a situação atual e futura de qualidade das águas das bacias consideradas como mananciais de abastecimento.

Foram desconsideradas as disponibilidades hídricas subterrâneas, uma vez que o principal aquífero subterrâneo da Região Metropolitana de Curitiba - o Karst - estava sendo objeto de estudos específicos, por parte da COMEC, para determinação do seu potencial.

b) Disponibilidades Hídricas Quantitativas

A Tabela 11.04 a seguir apresenta as conclusões desse estudo sobre as disponibilidades hídricas quantitativas.

Tabela 11.04 - Bacias de Manancial

Bacia	Manancial	Área de Contribuição (km ²)	Q mín (m ³ /s)	Q captável (m ³ /s)
Captação Irai	Irai	110,860	0,330	1,930
	Incremental Irai	3,960	0,010	0,005
	Rio Iraizinho	47,790	0,170	0,085
	Caiguava	26,830	0,100	0,600
	Piraquara II	58,000	0,230	1,030
	Piraquara Jusante	19,110	0,070	0,035
TOTAL IRAI	-	266,550	0,910	3,685
Bacia de Contribuição à Captação Iguaçu (sem Captação Irai)	Pequeno	62,300	0,290	1,540
	Pequeno Jusante	71,660	0,200	0,100
	Itaqui - Leste	40,000	0,146	0,073
	Palmital	93,000	0,372	0,186
TOTAL IGUAÇU	-	266,960	1,120	0,560
Bacia Rio Miringuava	Miringuava	71,900	0,300	1,600
	Miringuava Jusante	109,880	0,280	0,140
	Miringuava Mirim			
	Cerro Azul	67,300	0,230	1,190
	Campina	27,200	0,080	0,430
TOTAL MIRINGUAVA	-	276,280	0,890	3,360
Bacias Cotia-Despique	Cotia	228,420	0,560	0,710
	Despique Jusante			1,000
	Despique			0,650
TOTAL COTIA-DESPIQUE	-	228,420	0,560	2,360
Bacia do Rio Maurício	Alto Maurício	36,000	0,100	0,590
	Onças (Mandirituba)	29,000	0,080	0,450
TOTAL MAURÍCIO	-	65,000	0,180	1,040
Bacia do Rio Faxinal	Faxinal	63,300	0,170	1,020
Bacia do Rio do Poço	Rio do Poço	131,000	-	1,930
Bacia do Rio da Onças	Onças (Contenda)	75,600	0,200	1,020
Bacia do Rio Pianduva	Pianduva	25,400	0,070	0,390
Bacia do Rio Passaúna	Passaúna	148,000	0,380	2,000
Bacia do Rio Verde	Verde	257,000	0,730	1,090
	Itaqui - Oeste	44,670	-	-
TOTAL VERDE	-	301,670	0,730	1,090
Bacia do Rio Açungui	Açungui 1ª etapa	551,300	3,030	4,520
	Açungui 2ª etapa	713,800		9,770
TOTAL AÇUNGUI	-	1265,100	3,030	14,290
Bacia Capivari	Capivari 1ª etapa	905,090	-	5,150
	Capivari 2ª etapa			9,370
Bacia do Rio da Várzea	Várzea 1ª etapa	200,000	1,500	3,330
	Várzea 2ª etapa	275,000		7,460
TOTAL VÁRZEA	-	475,000	1,500	10,790
Bacia Arraial	Arraial	86,720	-	6,000
TOTAL		4.847,050	10,748	65,954

Fonte: COBRAPE, 1975

c) *Qualidade das Águas dos Reservatórios e das Bacias Incrementais*

Após determinação das disponibilidades hídricas quantitativas, e das vazões captáveis das fontes disponíveis, o estudo da PPART fez uma avaliação da situação da qualidade das águas de cada fonte (COBRAPE, 2002).

No Inventário sobre a Qualidade das Águas dos Mananciais, haviam sido descritas, inicialmente, informações obtidas a partir dos estudos e planos existentes dos órgãos envolvidos com recursos hídricos na RMC, como a SANEPAR, a SUDERHSA e o IAP, e os resultados anuais das análises físicas, químicas e biológicas.

O enquadramento dos cursos d'água foi realizado com base na Resolução CONAMA 20, de 18 de julho de 1986, que divide as águas no território brasileiro em águas doce, salobra e salgada, e as classifica de acordo com o seu uso pré-determinado.

Foram selecionadas apenas as bacias incrementais que contribuem com as captações do Iguaçu e do Iraí. Essa seleção se justifica por estarem tais bacias localizadas nos eixos de crescimento populacional propostos pelos cenários apresentados anteriormente.

Os parâmetros estabelecidos na classe 2 da Resolução CONAMA 20/86 são apresentados a seguir na Tabela 11.05, para efeitos de comparação com os resultados obtidos sobre estado atual de qualidade das bacias estudadas.

Tabela 11.05 - Teores Máximos Estabelecidos para Águas de Classe 2, de Acordo com a Resolução CONAMA 20/86

Parâmetros	Teores Máximos
DBO	Até 5 mg/l
Fosfato Total	Até 0,025 mg/l
Coliformes Fecais	Até 1000 NMP/100 ml
Coliformes Totais	Até 5000 NMP/100 ml
Oxigênio Dissolvido – OD	Superior a 5 mg/l
Sólidos Totais	Até 500 mg/l
Nitrato	Até 10 mg/l
N amoniacal	Até 1 mg/l

Fonte: Resolução CONAMA 20/86, COBRAPE, 2002

Na Tabela 11.06 apresenta-se os resultados médios típicos do monitoramento em pontos de medição selecionados nas bacias incrementais. Observa-se que a qualidade das águas nessas bacias apresentam-se afetadas pelo crescimento populacional no seu entorno.

Tabela 11.06 - Qualidade das Águas – Situação Atual das Bacias Incrementais

Estação de Monitoramento	Sub-bacia	DBO (mg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	OD (mg/l)
AI-49	Incremental Irai	2,10	0,070	3.000	2,30
AI-39	Iraizinho	5,20	0,090	500	7,70
AI-16	Piraquara Jusante	7,00	0,028	500	5,00
AI-17	Iguaçu	2,80	0,230	70.000	6,60
AI-42	Palmital	14,50	0,500	110.000	4,75
AI-72	Pequeno Jusante	2,70	0,150	1.700	7,60
AI-50	Miringuava Mirim	2,00	0,030	270	7,60

Fonte COBRAPE, 2002

Para quantificar os dados referentes à qualidade das águas, o estudo da PPART (COBRAPE, 2002) aplicou o modelo conceitual de Vollenweider com o objetivo de avaliar o grau de eutrofização a que estão submetidos os lagos formados para abastecimento público.

A eutrofização compreende um dos mais importantes processos que podem comprometer a qualidade da água em lagos e reservatórios. O modelo de Vollenweider é utilizado para medir o nível dessa eutrofização, classificando os lagos.

A classificação do estado trófico envolve o estabelecimento de níveis ou limites baseados no grau ou intensidade do processo de eutrofização e de suas conseqüências. Em geral, a caracterização de um corpo d'água em relação ao seu grau de eutrofização tem sido feita através da seguinte classificação:

- Oligotrófico: lagos limpos, de baixa produtividade;
- Mesotrófico: lagos de produtividade intermediária; e,
- Eutrófico: lagos de alta produtividade.

O modelo de Vollenweider relaciona a profundidade do reservatório (em metros), tempo de residência hidráulico (em anos), carga hidráulica (em metro / ano), carga permissível de fósforo, (em $mg/m^2/ano$) e carga excessiva de fósforo (em $mg/m^2/ano$), para obter valores que definem o grau de trofia do reservatório.

A aplicação do modelo conceitual de Vollenweider aos mananciais selecionados apresentou os resultados indicados na Tabela 11.07 a seguir.

Tabela 11.07 - Grau de Eutrofização – Modelo Vollenweider

Reservatório	Eutrofização – Vollenweider		
	L/L_p	L/L_E	Classificação
Pequeno	0,16	0,09	oligotrófico
Várzea 1	0,19	0,10	oligotrófico
Piraquara 1	0,37	0,20	oligotrófico
Capivari	0,41	0,22	oligotrófico
Várzea 2	0,47	0,25	oligotrófico
Miringuava	0,70	0,37	oligotrófico
Passaúna	1,22	0,65	mesotrófico
Cotia / Despique	1,23	0,65	mesotrófico
Iraí	1,66	0,89	mesotrófico
Faxinal	2,31	1,23	eurófico

Fonte: COBRAPE

Conclui-se que a maioria dos reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba considerados como mananciais de abastecimento atuais ou futuros estão classificados em bom estado quanto ao nível de trofia.

Situação crítica quanto à trofia seria encontrada no reservatório projetado na bacia do Rio Faxinal, enquanto que situações não desejáveis seriam encontradas nos reservatórios existentes do Iraí e Passaúna, bem como nos projetados nos Rios Cotia e Despique (COBRAPE, 2002).

d) *Fontes Hídricas Desconsideradas dos Cenários do PPART*

Após o estudo das disponibilidades quantitativas e qualitativas das fontes hídricas possíveis de serem utilizadas como mananciais de abastecimento, o estudo do PPART partiu para a definição das áreas realmente aptas à utilização como mananciais de abastecimento.

Assim, foram determinados dois grupos de fontes hídricas: um, relativo às fontes aptas a serem potencialmente consideradas como mananciais futuros; outro, relativo às fontes hídricas que não estariam aptas a serem consideradas como mananciais no período de abrangência do trabalho.

As fontes hídricas que não foram consideradas aptas são apresentadas na Tabela 11.08.

Tabela 11.08 - Fontes Hídricas Desconsideradas nos Cenários do PPART

Fonte Hídrica	Justificativa da Não Consideração
Miringuava Mirim Miringuava (jusante da barragem) Rios Cerro Azul e da Campina	Localizados no eixo de crescimento populacional e industrial, sofrendo efeitos nocivos.
Rio Cotia Rio Despique, inclusive a jusante da barragem projetada Rio Alto Maurício Rio das Onças, em Contenda	Pressionados pelo crescimento do Município de Fazenda Rio Grande, apresentam elevado potencial de degradação
Rio das Onças, em Mandirituba	Pela proximidade à BR-116, sujeita-se aos riscos implícitos da existência desta via de alto tráfego.
Rio Faxinal	Pressionado pelo crescimento de Araucária, apresenta alto potencial de eutrofização já com os usos atuais do solo em sua bacia hidrográfica.
Rio Pianduva	Já não considerado nos estudos do PDI-2000, por apresentar pequena vazão, também não se mostra apto.
Rio Itaqui – Oeste, no Município de Campo Largo	Apresenta pequena vazão e localiza-se muito próximo à área urbana de Campo Largo. Pode ser uma alternativa para abastecimentos isolados do Município de Campo Largo, mas não é apto à ser considerado nos estudos para o Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba
Rio Arraial	Pela sua utilização para geração de energia e pela suas localização à grande distância dos centros de consumo.

Fonte: COBRAPE, 2002

Retirando estas possíveis fontes hídricas do total considerado, obtém-se uma vazão média total de 51,32 m³/s de fontes aptas à captação. Este resultado é semelhante ao obtido por DALARMI (2001), no seu Cenário 1, que, se incluído a bacia do Capivari, atingiria 48,32 m³/s.

11.3 DEMANDA DE ÁGUA NA RMC

11.3.1 Plano Diretor de 1991/1992

Tem interesse rever as previsões de demanda total de água na RMC do Plano Diretor de Água de 1991/1992 para comparação com as projeções mais recentes. Os valores apresentados então foram os seguintes:

Tabela 11.09 – Previsão de Demanda Total de Água do Plano Diretor de 1991/1992 (m³/s)

Ano	1991	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Demanda (m ³ /s)	5,6	6,7	7,9	9,2	10,4	12,0	13,8

Fonte: Plano Diretor de Águas de 1991/1992

Vale mencionar que o consumo real em 2000 era cerca de 1 m³/s abaixo da projeção de 1992.

11.3.2 SANEPAR - Plano Diretor do Sistema Integrado de Abastecimento (PDSIAC)

O Plano Diretor do Sistema Integrado de Abastecimento – PDSIAC da SANEPAR, elaborado a partir de 1997 e revisto em 2000 desenvolveu estimativas de evolução das demandas hídricas tendo em vista o crescimento populacional e as estimativas de redução das perdas no Sistema Integrado de Abastecimento da SANEPAR, com horizonte de tempo definido para o ano de 2018. Na sua versão final, em 2000, incorporou informações dos censos do IBGE de 1991 e 1996.

Os resultados dos estudos da SANEPAR foram extrapolados pelo PPART – Plano de Proteção Ambiental e Reordenamento Territorial, em execução pela COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, para o ano 2020, para obter coincidência seu próprio horizonte temporal. Os valores obtidos indicam que, em 2020, a demanda do SIAC atingiria valores da ordem de 11,13 m³/s, utilizando como mananciais as represas Iraí, Passaúna, Piraquara, Miringuava e Cotia-Despique, complementadas em alguns locais com extração de água do Karst. Totalizando-se esses mananciais, a oferta hídrica atingiria 17,07 m³/s. (COBRAPE, 2002).

O PDSIAC abordou também o problema das perdas. Considerando as micromedições no período de junho de 1994 a junho de 1996, verificou que o consumo médio era de 133 l/hab/dia, com perdas globais estimadas em 40%, sendo 20% suas correspondentes perdas físicas. O consumo per capita acima referido corresponde de fato a um consumo bruto de 220 l/hab/dia, incluindo as perdas. Para o período de abrangência do estudo, a SANEPAR considerou que devido ao gradual melhoramento das condições de vida da população, haveria um aumento de 10% em relação ao *per capita* de 133 l/hab/dia verificado em 1996, com redução das perdas físicas de 20% para 10%.

11.3.3 - Projeções de Demanda de DALARMI (PDI 2001)

DALARMI, visando atualizar as projeções do Plano Diretor de Águas de 1992, utilizou critérios baseados em índices de crescimento comparativos e interpretativos, estatísticos e sócio-econômicos, para obter uma estimativa de demanda de água até 2050, para apresentar em 2001 um estudo da demanda de água a longo prazo, por extrapolação da projeção demográfica do IPARDES (2000/2010),

Observa-se na Tabela 11.10 que DALARMI (2001) estima, para o período entre 2000 e 2050, um aumento de 2,8 vezes na população e um correspondente acréscimo de demanda doméstica 4,3 vezes maior. A previsão de aumento de consumo de água potável de 200 para 300 litros por habitante por dia no período em consideração, constitui fator preponderante no resultado obtido. Nesse cenário, só a demanda de água para uso doméstico atingirá em 2050 o volume de 27,1 m³/s. Durante o mesmo período DALARMI (2001) estima um crescimento de 10 vezes no consumo industrial, correspondente a uma demanda de 6,8 m³/s em 2050, ou seja aproximadamente igual ao consumo total da RMC no ano 2000. Segundo a mesma projeção, a conseqüente demanda total da RMC atingirá em 2050, o volume de 33,9 m³/s, ou seja, um aumento de quatro vezes e meia em relação ao consumo atual de 7,5 m³/s.

Os resultados desta previsão constam do Tabela 11.10 a seguir.

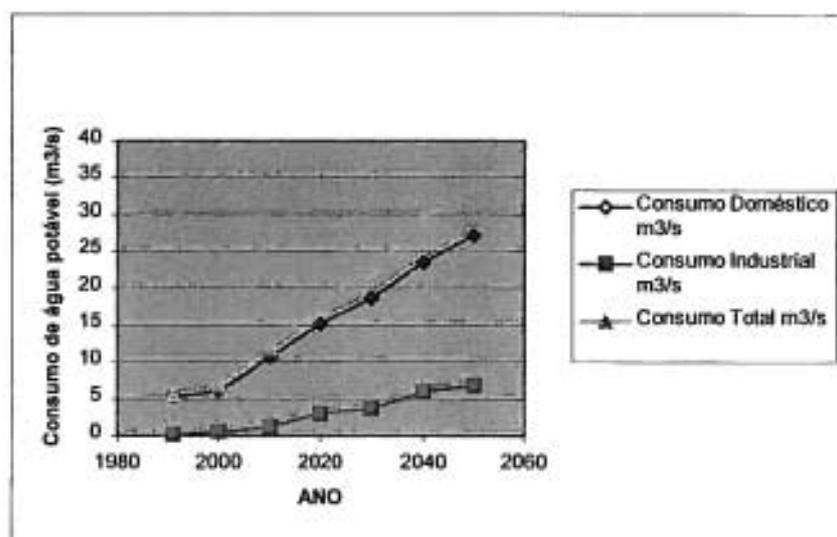
Tabela 11.10 – Previsão do Consumo de Água na RMC até 2050 por extrapolação dos dados do IPARDES (DALARMI, 2001)

Ano	Taxa de Crescimento (%)	Taxa de Crescimento	População	Consumo per capita (l/dia/cap)	Índice de atendimento (%)	Consumo doméstico (l/s)	Índice de Consumo Industrial (%)	Consumo Industrial (l/s)	Consumo Total (l/s)
2000			2.765.294	200	98	6.273	10	627	6.900
2005	3,05	0,0305	3.213.522	200	98	7.290	10	729	8.019
2010	2,83	0,0283	3.694.711	250	99	10.584	12	1.270	11.854
2015	2,6	0,026	4.200.658	250	99	12.033	15	1.805	13.838
2020	2,4	0,024	4.729.520	280	99	15.174	20	3.035	18.209
2025	2,1	0,021	5.247.419	280	100	17.006	20	3.401	20.407
2030	1,8	0,018	5.736.997	280	100	18.592	20	3.718	22.311
2035	1,7	0,017	6.241.506	280	100	20.227	25	5.057	25.284
2040	1,6	0,016	6.757.063	300	100	23.462	25	5.866	29.328
2045	1,5	0,015	7.279.276	300	100	25.275	25	6.319	31.594
2050	1,4	0,014	7.803.294	300	100	27.095	25	6.774	33.868

Fonte: DALARMI, O., 2001. Plano de Desenvolvimento Integrado

O Gráfico 11.01 ilustra a projeção de demanda de água apresentada por DALARMI (2001), mostrando claramente a aceleração no consumo prevista a partir do ano 2000.

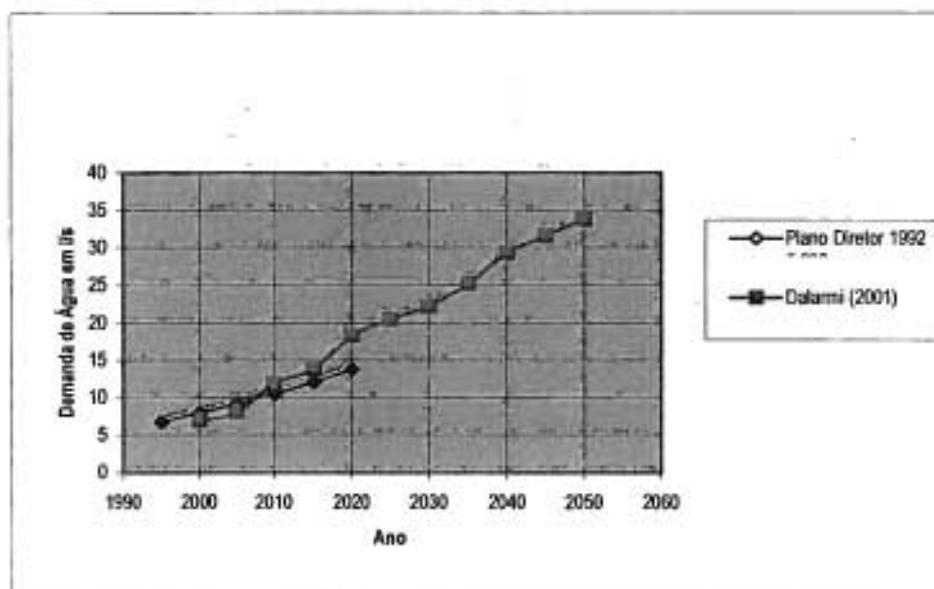
Gráfico 11.01 - Previsão de Consumo Total de Água na RMC entre 2000 e 2050



Fonte: DALARMI, O. 2001. Plano de Desenvolvimento Integrado

O Gráfico 11.02 indica claramente a maior razão de crescimento da demanda prevista por DALARMI em relação à projeção do Plano Diretor

Gráfico 11.02 - Previsão da Demanda Total de Água na Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: Plano Diretor de Águas, 1992; DALARMI, O. , 2001. Plano de Desenvolvimento Integrado

11.3.4 - Estudos do PPART sobre a Evolução das Demandas de Água e Redução de Perdas na RMC

O PPART – Plano de Proteção Ambiental e Reordenamento Territorial, em execução pela COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba analisou a evolução dos índices de consumo *per capita* da Região Metropolitana de Curitiba.

Nesse índice, estão representados não apenas o consumo da população para seu abastecimento doméstico, mas também os volumes que são utilizados para os demais usos urbanos, ou seja, comércio, serviços, poder público e usos industriais. Assim, a evolução das demandas considera os volumes globais que serão consumidos pelos possíveis usuários de recursos hídricos, até o ano de 2020.

Os mesmos cálculos foram estendidos à avaliação do impacto das perdas no sistema de abastecimento, projetando-se uma redução nos índices de perdas compatíveis com o desenvolvimento da tecnologia de controle e redução, nos moldes dos estudos já adotados pela companhia de saneamento (COBRAPE, 2002).

A SANEPAR planeja a redução média de 1% das perdas globais a cada ano. Atingindo-se esse objetivo as perdas globais da empresa seriam reduzidas a 20% em 2020, metade das quais seriam perdas físicas.

Foram desenvolvidas três hipóteses de comportamento da evolução da demanda de água da Região Metropolitana de Curitiba até 2020, denominadas Hipóteses A, B e C.

Em todas elas, foi considerada a taxa de perdas físicas de 20%, em 2002, chegando, em 2020, a uma perda de 10%, em concordância com as premissas anteriores.

Voltando à questão da evolução de demandas, partiu-se, para a determinação das hipóteses de evolução, da demanda atual encontrada no SIAC, de 6,3 m³/s, conforme informações da SANEPAR. Este valor, considerando a atual população da Região Metropolitana de Curitiba, corresponde a um índice *per capita* de 0,166 m³/hab/dia. A seguir, são descritas as hipóteses de evolução de demandas e redução de perdas.

Na primeira hipótese – Hipótese A - a demanda total de água da RMC adotada para 2020 será de 11,5 m³/s, considerando um acréscimo médio no consumo de 3,5 l/hab/dia, por ano.

A Hipótese B seguiu a mesma metodologia da anterior, porém o crescimento anual do índice *per capita* foi acrescido com o valor de 8 l/hab/dia, a cada ano.

Para a terceira hipótese, considerou-se que o crescimento demográfico extrapolaria as previsões do Consórcio, atingindo, em 2020, uma população de aproximadamente 5 milhões de habitantes. O crescimento do índice *per capita* foi mantido na ordem de 8 l/hab/dia, a cada ano, visto ser este valor já suficientemente alto para permitir uma extrapolação segura. Para este novo cenário populacional, com os índices adotados, a demanda de água da RMC será de 20,5 m³/s.

Tabela 11.11 – Hipótese A

Ano	População (hab)	Per Capita (m ³ /hab/dia)	Perdas	Demanda (m ³ /s)
2002	2.726.148	0,166	20%	6,300
2005	2.957.891	0,177	18%	7,166
2010	3.317.232	0,194	16%	8,624
2015	3.642.899	0,212	13%	10,075
2020	3.942.629	0,229	10%	11,514

Tabela 11.12 - Hipótese B

Ano	População (hab)	Per Capita (m ³ /hab/dia)	Perda	Demanda (m ³ /s)
2002	2.726.148	0,166	20%	6,300
2005	2.957.891	0,190	18%	7,713
2010	3.317.232	0,230	16%	10,221
2015	3.642.899	0,270	13%	12,857
2020	3.942.629	0,310	10%	15,580

Tabela 11.13 - Hipótese C

Ano	População (hab)	Per Capita (m ³ /hab/dia)	Perda	Demanda (m ³ /s)
2002	2.726.148	0,166	20%	6,300
2005	3.035.690	0,190	18%	7,916
2010	3.631.649	0,230	16%	11,190
2015	4.344.606	0,270	13%	15,334
2020	5.197.529	0,310	10%	20,539

A Hipótese B foi considerada a mais provável tendo em vista o universo de informações estudadas, e pela comparação de seus resultados com outros similares adotados em outros estudos.

11.3.5 Comparação entre as Previsões de Demanda

Na Tabela 11.14 a seguir comparam-se as projeções de demanda dos vários estudos realizados, começando pelo Plano Diretor de 1991/1992, passando pela estimativa do PDI (DALARMI, 2001) e concluindo com as hipóteses do PPART. O PPART favorece a projeção da Hipótese B, por ser a que mais se coaduna com os dados existentes e com outros estudos.

No horizonte de 2020 as diversas projeções recaem numa faixa de demanda entre 13,8 m³/s e 18,2 m³/s. A previsão B do PPART situa-se num valor intermédio entre os extremos.

Tabela 11.14 – Projeções de Demanda de Água na RMC

Ano	1991	1995	2000	2002	2005	2010	2015	2020
Plano Diretor 1992	5,6	6,7	7,9	8,4	9,2	10,4	12,0	13,8
DALARMI, PDI (2001)			6,9	7,3	8,0	11,9	13,8	18,2
PPART (2002) – Hipótese A				6,3	7,2	8,6	10,1	11,5
PPART (2002) – Hipótese B				6,3	7,7	10,2	12,9	15,6
PPART (2002) – Hipótese C				6,3	7,9	11,2	15,3	20,5

11.4 CONCLUSÕES

Os estudos realizados pelo PPART (2002) indicam uma disponibilidade hídrica bruta da ordem de 65,95 m³/s, incluindo as bacias do rio Capivari e Arroio. Trata-se de um valor muito semelhante aos 65,04 m³/s do Plano Diretor de 1991/1992 com a inclusão dos referidos rios.

O PPART desconsiderou a utilização de alguns rios situados em bacias sob forte pressão de ocupação antrópica, reduzindo a disponibilidade hídrica apta a ser captada para 51,32 m³/s. Este valor é superior aos de 48,32 m³/s, incluindo a bacia do rio Capivari, obtido por DALARMI (2001) no seu cenário mais otimista.

Os valores mais prováveis de demanda apontam para um consumo situado na faixa entre 13,8 a 18,2 m³/s em 2020. Estas vazões correspondem a um acréscimo médio anual de consumo entre 0,675 m³/s e 1,363 m³/s. A estimativa do PPART é de 15,6 m³/s, correspondente a um acréscimo anual de 1,163 m³/s.

As projeções resultando em taxas anuais de acréscimo de demanda acima de 1 m³/s afiguram-se excessivas. Se de fato ocorrerem, o plano de construção de barragens será afetado.

ANEXO
SOLOS E ASPECTOS GERAIS DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS
CONFORME LEVANTAMENTOS DA EMBRAPA:

As classes de solos encontradas no levantamento são apresentadas no Quadro 12.01 a seguir.

Quadro 12.01: Classes de Solos e Associações na Área do Karst

Unidade de Mapeamento	CLASSE DE SOLO
LRd ₁	LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.
Led ₁	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado.
Led ₂	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente textura argilosa relevo ondulado e suave ondulado (inclusões: CAMBISSOLO profundo A proeminente relevo ondulado – substrato Colúvio de metapelíticas; e de PV e TRd1)
Led ₃	Associação de LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A moderado textura média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado (inclusões: CAMBISSOLO DISTRÓFICO e ÁLICO Tb A proeminente e moderado textura argilosa – substrato metapelíticas) todos fase floresta subtropical perenifólia.
Led ₄	Associação de LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente textura argilosa + CAMBISSOLO ÁLICO e DISTRÓFICO A proeminente textura argilosa – substrato Sedimentos Alúvio/Coluvionares ambos fase floresta subtropical perenifólia relevo plano (Inclusões: CAMBISSOLO gleico).
Ter ₁	TERRA ROXA-ESTRUTURADA DISTRÓFICA A proeminente textura muito argilosa fase com pedregosidade relevo forte ondulado.
TRd ₁	Associação TERRA ROXA-ESTRUTURADA + TERRA BRUNA-ESTRUTURADA DISTRÓFICA e EUTRÓFICA A proeminente e chernozêmico textura muito argilosa e argilosa fase com pedregosidade floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado.

TRd₂	Associação de TERRA ROXA-ESTRUTURADA + TERRA BRUNA-ESTRUTURADA (TRd ₁) + LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO A proeminente e moderado relevo suave ondulado e ondulado todos textura muito argilosa e argilosa fase floresta subtropical perenifólia.
PE₁	PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A chernozêmico textura média/argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado (inclusões: Afloramentos de rochas Carbonáticas (calcários).
PE₂	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A chernozêmico + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A moderado e proeminente ambos textura média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado (inclusões: CAMBISSOLO ÁLICO substrato rochas metapelíticas (filitos).
PE₃	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO relevo ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO relevo ondulado e suave ondulado todos A proeminente textura argilosa.
PE₄	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ambos EUTRÓFICOS e DISTRÓFICOS A chernozêmico e proeminente textura média/argilosa + CAMBISSOLO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente e moderado todos fase floresta subtropical perenifólia relevo ondulado e forte ondulado.
PE₅	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A chernozêmico textura média/argilosa relevo forte ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A chernozêmico textura argilosa relevo montanhoso substrato Calcários + CAMBISSOLO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa relevo forte ondulado todos fase floresta subtropical perenifólia.
Ca₁	CAMBISSOLO ÁLICO Tb pouco profundo e raso A proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo ondulado e forte ondulado substrato filito.
Ca₂	CAMBISSOLO ÁLICO Tb pouco profundo e raso A proeminente textura argilosa fase campo relevo ondulado substrato filito.
Ca₃	Associação de CAMBISSOLO HÚMICO Tb pouco profundo e profundo fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano + GLEI HÚMICO fase floresta de várzea relevo praticamente plano ambos ÁLICOS textura argilosa substrato sedimentos quaternário.
Ca₄	Associação de CAMBISSOLO gleico Tb, pouco profundo A proeminente + GLEI HÚMICO ambos ÁLICOS textura argilosa fase florestas de várzea relevo praticamente plano substrato sedimentos do quaternário.

Ca₅	Associação de CAMBISSOLO raso e pouco profundo ÁLICO A moderado textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado + SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A moderado textura argilosa e média fase campo e floresta subtropical relevo forte ondulado e montanhoso substrato quartzitos e filitos.
Ca₆	Associação de CAMBISSOLO ÁLICO A moderado e proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo forte ondulado e ondulado + CAMBISSOLO raso e pouco profundo ÁLICO textura argilosa fase campo subtropical relevo forte ondulado (inclusão de SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS substrato filito).
Cd₁	CAMBISSOLO DISTRÓFICO EPIEUTRÓFICO raso a pouco profundo contato litóide A moderado textura argilosa com cascalho relevo forte ondulado substrato metapelíticas (inclusões de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO).
Re₁	Associação SOLO LITÓLICO + CAMBISSOLO raso e pouco profundo, ambos contato litóide EUTRÓFICOS A moderado textura argilosa cascalhenta relevo forte ondulado e montanhoso substrato calcário.
Ra₁	Associação de SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A moderado, textura argilosa cascalhenta + CAMBISSOLO raso contato litóide e lítico ÁLICO textura argilosa e média cascalhenta ambos fase campo altimontano relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS - substrato quartzito e filito.
Rd₁	Associação de SOLOS LITÓLICOS + CAMBISSOLO raso e pouco profundo ambos contato litóide DISTRÓFICOS e ÁLICOS "A" moderado textura argilosa cascalhenta fase campo subtropical relevo forte ondulado e montanhoso substrato filito e quartzitos (inclusões de AFLORAMENTOS DE ROCHAS - quartzito).
Rd₂	Associação de SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICOS e ÁLICOS A moderado textura média e argilosa (substrato quartzito) + CAMBISSOLO pouco profundo ÁLICO A moderado e proeminente textura argilosa todos fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado.
AR	Associação de AFLORAMENTOS DE ROCHAS + SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A proeminente e moderado fase campo subtropical relevo escarpado e montanhoso substrato quartzito.

Fonte: EIA, 1996

ASPECTOS GERAIS DA APTIDÃO AGRÍCOLA DO SOLO

A aptidão agrícola do solo no contexto do Estado do Paraná, para lavouras, é identificada em culturas de ciclos curtos (envolve por ano um e com dois cultivos), culturas de ciclo longo (pastagens cultivadas) e especiais de ciclo longo (parques e reservas equivalentes), compõem as aptidões específicas e ao nível de manejo a seguir descritas, conforme as peculiaridades das terras em análise, (o texto tem como referência em sua totalidade o Levantamento de Reconhecimento de dos Solos do Estado do Paraná EMBRAPA/IAPAR, 1984), sendo:

a) Lavouras

As terras para lavouras são indicadas para 34,20% da superfície da mesorregião, que abrange 919.684ha dos 14.691.058ha do espaço estadual e que corresponde a 73,30%, portanto o uso potencial é de quase a metade em relação ao estado.

As culturas de ciclos curto e longo podem ser exploradas em 91.110ha -10% da área propícia às lavouras, bastante inferior aos 44,80% do estado, (6.577. 775ha) permitem sua utilização com culturas de ciclos curto e longo e 2.377.350ha (23%).

Já as culturas de ciclo curto, com apenas um cultivo por ano, apropriam-se a 345.345ha, que correspondem a 37% com culturas de ciclo curto, com apenas um cultivo por ano. Em 8.435.968ha - 59,50% das terras apropriadas para lavouras há condições de uso mais intensivo, com dois cultivos por ano.

As culturas especiais de ciclo longas, representadas pela fruticultura de clima temperado, podem ser exploradas em 7.417.054 ha, aproximadamente um terço da área do Estado. Desse total, 96% constituem uso alternativo com as terras indicadas para lavouras de ciclo curto, principalmente com as propícias a dois cultivos por ano; os restantes 4%, com pastagem plantada e, secundariamente, com silvicultura.

As culturas de ciclo longo referem-se a 1.589.445ha -8% da extensão estadual, e parte dessa área coincide com as terras apropriadas ao pasto plantado. Dentro das terras indicadas para lavouras, a área ocupada com parques e reservas compreende 306.557ha, já descontados nas referências anteriores.

Na microrregião onde se insere a área do Karst, em questão predominam, contudo, terras mais adequadas para culturas especiais de ciclo longo (fruticultura de clima temperado), abrangendo 804.786ha, sendo que 82% desse valor correspondem às terras indicadas para lavouras, principalmente as que permitem a exploração com culturas de ciclo curto, com dois cultivos por ano. As terras indicadas para culturas de ciclo longo atingem 70.623ha, em áreas aptas também ao pasto plantado.

b) Pastagem Plantada

É um tipo de utilização do espaço agrícola de 475.537ha -17,70% da área da mesorregião, em que dos 2.814.668ha da área do Estado, indicados que representam 14,10% da (onde 57% dessas terras podem ser ocupadas com lavouras de ciclo longo, como uso alternativo, e 10% com culturas especiais de ciclo longo).

c) Silvicultura

Como terras indicadas para utilização com silvicultura tem condições de ocupar um espaço bastante expressivo na mesorregião, já que pode ser sugerida para 535.120ha -19,90% de sua área contra os 4,50% da superfície estadual que abrangem 886.054ha - As culturas especiais de ciclo longo podem ocupar 7% dessas terras.

d) Pastagem Natural

A pastagem natural é indicada para 34.287ha, que correspondem à sua área de ocorrência e representam aproximadamente 0,20% da área do Estado.

e) Terras sem Aptidão Agrícola

Ocupam 670.089ha ou 24,90% da extensão da mesorregião, o que é bastante diferenciado em relação aos 8% (1.596.869ha) do espaço estadual, onde 3% dessa área estão destinados aos parques e reservas. Já, na mesorregião os parques e reservas equivalentes abrangem 77.570ha.

APTIDÃO POR NÍVEL DE MANEJO

a) Lavouras

As terras da Mesorregião 401 adequadas ao sistema de produção com lavouras evidencia, sérias limitações, uma vez que a classe de aptidão boa, presente para os níveis de manejo B e C, é identificada somente em 3,40% de sua superfície, bastante diferente dos 26,80% da superfície estadual onde 92,10% das terras adequadas ao sistema de produção com lavouras, prevalecendo as da classe de aptidão boa, já que caracterizam 5.337.864 ha, o que representa.

O nível de manejo **A** pode ser adotado em 262.527ha (9,80%), na mesorregião em que predominam as terras incluídas na classe de aptidão restrita, as quais no estado abrangem 3.554.521 ha e perfazem 17,80% da superfície total.

Toda a área indicada para utilização com lavouras permite sua exploração com o emprego do nível de manejo **B**, correspondem a 26,80% da área no estado. No entanto, prevalecem as terras cujas características físicas enquadram-se na classe de aptidão restrita, uma vez que compreendem 19,50% da extensão da mesorregião.

Em 866.377ha -32,20% da área em análise, pode ser adotado o nível de manejo **C**, predominando as terras da classe de aptidão regular (20,90%), o que representa quase o dobro em relação aos 10,80% da área estadual seguindo-se as da classe de aptidão restrita (9,80%), sendo para o estado o percentual equivalente a 6,10%.

Em 377.746ha -65% das terras indicadas para lavouras, predominando as terras enquadradas na aptidão boa, por ocuparem 3.665.345ha, equivalentes a 18,40% do Estado. Seguem-se as terras da classe de aptidão restrita, enquanto que as de aptidão regular referem-se a 2.157.880ha

O nível de manejo **B** tem condições de ser adotado em 13.405.505ha - Na classe de aptidão regular registram-se 4.154.161 ha, que perfazem 20,90% do espaço em análise, com as terras da classe de aptidão restrita para esse manejo ocupando 3.913.480ha -19,70% do Estado.

As terras passíveis de serem exploradas com a adoção do nível de manejo **C** abrangem 11.702.510ha -82,30% do total de terras propícias à utilização com lavouras. Predominam as terras enquadradas na classe de aptidão regular, com 7.391.535ha, correspondendo a 37,10% da área do Estado. Seguem-se as terras classificadas na aptidão boa, ocupando 3.101.056ha -15,60% do total. Na classe de aptidão restrita identificam-se 1.209.919ha, que correspondem 6,10% da superfície total.

b) Pastagem Plantada

A esse tipo de utilização do espaço agrícola deve-se empregar o nível de manejo B. Para pastagens as terras que são classificadas nas aptidões: boa e regular, estas equivalem em área respectivamente 7,60% e 7,70%, para esse tipo de atividade agrícola. Na classe de aptidão restrita identificam-se 69.655ha, perfazendo 2,60% do total da mesorregião boa. No estado do Paraná esse se constitui em um sistema de produção adequado a 9,90% do Estado (1.980.383ha) apresentando ainda alternativa de uso com culturas especiais de ciclo longo.

c) Silvicultura

Constitui-se em um sistema de produção cuja exploração é também considerada para o nível de manejo B. Nessas condições predominam as terras classificadas na aptidão regular, com 275.086ha, correspondendo a 10,20% da extensão da mesorregião. Na classe de aptidão boa são registrados 170.467ha (6,30%) e, na classe de aptidão restrita, 3,60%.

d) Pastagem Natural

Com a aplicação do nível de manejo A, a pastagem nativa é indicada para 34.287ha, que representam somente 0,20% da área estadual.

Para a verificação da existência de unidades homogêneas na utilização do solo, na sua potencialidade e na estrutura fundiária, a composição da mesorregião adotada para esta porção do Estado do Paraná, onde está inserida a Região Metropolitana de Curitiba, considerando-se o código de identificação das microrregiões homogêneas, pela Fundação IBGE e as regiões administrativas adotadas pela EMBRATER, a área fica definida como parte da Mesorregião 401, sendo constituída pelas Microrregiões Homogêneas 268, 269, 270, 271, 272 e 275, abrangendo uma área de 2.690.400ha, que corresponde a 13,50% da superfície estadual.

Portanto, essa mesorregião compreende a baixada litorânea e as terras altas do primeiro planalto englobando a Serra do Mar.

Nessa mesorregião distinguem-se dois tipos de clima. Na área do planalto, em domínio do clima subtropical úmido, Cfb, (segundo a classificação de Koeppen) registram-se médias térmicas anuais em torno de 16 a 17°C. As temperaturas máximas anuais apresentam uma média de 23°C, enquanto a média anual das mínimas gira em torno de 11° e 20°C. A precipitação anual atinge 1.500mm, sendo que o Município de Cerro Azul, ao norte da região, apresenta o menor índice pluviométrico - 1.200mm. Os invernos são rigorosos, com ocorrência de geadas. Na baixada litorânea, com clima tropical superúmido, Af, (segundo a classificação de Koeppen) as médias térmicas anuais oscilam

entre 20° e 21°C. As médias anuais das máximas são de 26°C e as das mínimas, de 17°C. Não ocorrem geadas durante o inverno. O relevo na vertente atlântica da serra do Mar causa as chuvas orográficas, as quais decorrem da ação dessa barreira como obstáculos aos ventos dominantes de sudeste condutores de massas úmidas, provocando precipitações superiores a 3.000mm anuais região mais chuvosa do Estado.

No que diz respeito à vegetação, o litoral paranaense é parte do domínio da floresta Ombrófila Densa, sendo povoado, principalmente, por manguezais, alternados com vegetação psamófila. Os primeiros formam verdadeiras florestas arbustivas, de cinco a seis metros de altura.

A Floresta Ombrófila Densa avança sobre a Serra do Mar, onde a influência marítima eleva-se a altitudes de 1.000 a 1.200 metros, prolongando-se ao longo dos vales até altitudes mais elevadas como sub-formação montanhosa, e que desse modo alcança o Primeiro Planalto pelo Vale do Ribeira.

Para o interior do continente, a cobertura é caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista com presença da Araucária, entremeada por manchas de campos.

De modo geral na Floresta Ombrófila Mista o solo onde ocorrem os pinheiros pode ser considerado fértil, apresenta horizonte A é formado por um horizonte escuro, com 20 a 30 centímetros de espessura. Abaixo deste, o horizonte B apresenta-se com uma cor vermelha a Vermelha -amarela intensa e com grande espessura.

O tipo climático que ocorre na área é o Cfb de Koeppen, úmido, sem estação seca e com geadas freqüentes.

CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DE SOLOS ENVOLVIDAS

- **LV a13** - Associação Latossolo Vermelho-Amarelo Álico relevo ondulado + Cambissolo Alíco Tb relevo forte ondulado substrato filitos ambos, com o horizonte "A" proeminente textura argilosa fase campo subtropical.

A presente unidade ocorre na região sudeste, nos municípios de Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul e Campo Largo, sendo parte de uma área mapeada possui uma extensão total de 276 km², correspondendo a 0,14% da superfície do Estado.

Na área de ocorrência desta unidade, verifica-se uma ligeira predominância do Latossolo, ocorrendo estes nas partes mais suaves do relevo (normalmente nos espigões). O Cambissolo ocorre nas partes mais declivosas, apresentando perfis com profundidade efetiva menor que os do Latossolo. Constituem constam como inclusões nesta unidade: Podzólico Vermelho-Amarelo; Solos Hidromórficos; Solos Litólicos. Esses solos ocorrem em relevo de ondulado a forte ondulado. A altitude da unidade é da ordem de 950 a 1.000 m.

Quanto a litologia e material de origem os solos desta unidade são originados a partir de filitos do Pré-Cambriano.

Considerações sobre utilização

Acham-se em sua maior parte, com sua vegetação natural, sendo pouco utilizados com agricultura.

Estes solos apresentam problemas com a fertilidade, que é muito baixa. São bastante susceptíveis à erosão, por ocorrerem em relevo ondulado e forte ondulado, o mesmo ocorrendo com a mecanização. Para um melhor uso, sugere-se práticas conservacionistas, calagens e adubações para elevar o conteúdo de nutrientes.

- **LEd3 - Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico** - Com o horizonte "A" proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado. Estes solos possuem uma extensão de 190 km², que correspondem a 0,81% da área da classe Latossolo Vermelho-Escuro e 0,09% da superfície do Estado, localmente estão presentes, nos municípios, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Colombo e Bocaiúva do Sul.

Constituem variações desta unidade: Solos com horizonte A menos desenvolvido; h. Solos com horizonte "A" mais desenvolvido; c. Solos de textura mais leve; Solos intermediários para Cambissolo; e Solos superficialmente erodidos.

Nesta unidade ainda são registradas as inclusões de: Solos com "A" húmico; Solos com "A" moderado; e Solos álicos.

O material originário destes solos provém principalmente de resíduos intemperizados de rochas sedimentares, de natureza argilosa, do Permiano Inferior, podendo apresentar mistura com material arenoso.

O relevo é suave ondulado, com elevações de topos aplainados, vertentes longas e retas, vales em "V" aberto, declives suaves e altitudes variando entre 500 e 800 m.

A vegetação primária remanescente encontrada nesta área era do tipo floresta subtropical perenifólia, formada por árvores de grande e médio porte, rica em pinheiro, imbuia, cedro, canela, guaçatunga, erva-mate e outras.

Considerações sobre utilização

São solos que além de possuir boas condições físicas e um relevo favorável à mecanização, têm elevada capacidade de retenção de água e boa permeabilidade, apresentando porém baixa fertilidade natural, que poderá ser corrigida com o uso de fertilizantes e corretivos; portanto, podem ser perfeitamente usados com sistema tecnificado de agricultura.

- **TBSa₁** - Associação Terra Bruna Estruturada Similar Álica Textura Argilosa + Podzólico Vermelho-Amarelo Alico Tb textura média /argilosa ambos com o horizonte "A" proeminente fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado. Esta unidade de mapeamento possui uma extensão de 164 km², o que corresponde a 0,08% da superfície do Estado.

Estes solos ocorrem apenas na região sudeste, próximo a Curitiba, mais especificamente nos municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Campo Largo e Ponta Grossa.

O arranjo dos componentes solos desta associação encontram-se numa proporção estimada de 60% e 40%, respectivamente.

O primeiro componente ocorre normalmente nas partes menos declivosas, ficando para o segundo componente as encostas mais inclinadas de relevo forte ondulado.

Constituem inclusões nesta unidade:

- a. Cambissolo Álico substrato filitos e micaxistos;
- b. Solos Litólicos substrato filitos e micaxistos; e
- c. Terra Roxa Estruturada desenvolvida a partir de diques de rochas básicas (diabásios).

A Terra Bruna Estruturada Similar é desenvolvida a partir dos resíduos da meteorização de filitos, micaxistos e calcários, enquanto que o outro solo foi desenvolvido a partir do saprolito, dos migmatitos e granitos do Pré-cambriano Médio e Superior.

A área da unidade está sob a influência de clima úmido, sem estação seca e com geadas severas demasiadamente freqüentes, enquadrando-se no tipo climático Cfb, da classificação de Koeppen.

O relevo é forte ondulado, constituído por elevações de topos ligeiramente aguçados, vertentes médias e declives superiores a 25%. A altitude média é de aproximadamente 900 metros.

A cobertura com vegetação primária apresenta o tipo floresta subtropical perenifólia, formada por árvores de médio porte, com grande incidência de araucária, cedro, bracatinga e outras.

Considerações sobre utilização

Devido às severas limitações que apresentam, tais como a baixa fertilidade natural, a forte susceptibilidade à erosão e a restrita possibilidade de mecanização, estes solos são pouco aptos para a agricultura. Tendo em vista todas estas restrições, seria conveniente que nessas áreas a fauna fosse protegida e a flora melhorada, tanto pelo enriquecimento, quanto pelo adensamento com espécies nativas de valor econômico, as quais devem ser exploradas mediante técnicas extrativas não predatórias.

- **PE4** -Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico Tb com o horizonte "A" chernozêmico textura média/argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado e montanhoso.

Os solos desta unidade de mapeamento ocorrem em uma extensão de 151 km², o que corresponde a 2,23% da área da classe e 1,51% da superfície do Estado.

Distribuem-se na região sudeste (municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul e Cerro Azul) e centro-leste (município de Castro).

Constituem variações desta unidade, os solos intermediários para Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico.

São solos formados a partir de materiais provenientes da decomposição de gnaisses e granitos do Pré-Cambriano, com influência de rochas calcárias.

As áreas de ocorrência desta unidade estão sob a influência do tipo climático Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca e com média do mês mais quente inferior a 220°C.

Os solos dessa unidade ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso, formado por outeiros e/ou morros e em altitudes em torno de 1.000 m.

A vegetação primária é do tipo floresta subtropical perenifólia, com árvores de médio a grande porte.

Considerações sobre utilização

Apesar da boa fertilidade natural que apresentam, existem várias limitações a seu uso, pois o relevo fortemente movimentado, além de impedir o uso de maquinaria agrícola, favorece em muito o fenômeno da erosão. Aconselha-se, sempre que possível, a preservação da vegetação natural.

- **PV6-** Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico Tb com o horizonte "A" moderado textura média/argilosa com cascalho fase campo subtropical relevo forte ondulado e montanhoso. Os solos desta unidade ocorrem em uma extensão de 113 km², o que corresponde a 0,4.5% da área da classe e a 0,06% da superfície do Estado.

Ocorre na região sudeste (municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré e Campo Largo).

Constituem variações desta unidade:

Solos intermediários para Podzólico Vermelho-Amarelo a proeminente.

Como inclusões nesta unidade, têm-se:

- a. Solos Litólicos Distróficos;
- b. Cambissolo; e
- c. Podzólico Vermelho-Amarelo a proeminente.

São formados a partir de materiais provenientes da decomposição de granitos, do Pré-Cambriano.

As áreas de ocorrência desta unidade estão sob a influência do tipo climático ab, subtropical úmido, mesotérmico sem estação seca e com média do mês mais quente inferior a 22° C.

Ocorrem em áreas de relevo forte ondulado e montanhoso e em altitudes compreendidas entre 900 e 1.000 metros.

O tipo campestre subtropical é a vegetação primária desta unidade.

Considerações sobre utilização

O relevo muito acidentado, associado a pouca profundidade, além de impedirem a mecanização, facilitam a erosão e tomam inviáveis as utilizações agrícolas destes solos. A preservação da vegetação natural é o mais aconselhável, sem deixar de ser considerada a possibilidade de seu uso florestal.

- **PV7-** Associação Podzólico Vermelho-Amarelo Distrofíco Tb Relevo Ondulado + Latossolo Vermelho-Escuro Distrofíco relevo suave ondulado, ambos A proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia.

Os solos desta unidade de mapeamento ocorrem em uma extensão de 430 km², o que corresponde a 0,22% da superfície do Estado.

Ocorrem nas regiões sudeste (municípios de Campo Largo, Almirante Tamandaré e Rio Branco do Sul) e centro-leste (municípios de Tibagi e Telêmaco Borba).

Ocorrem em proporção estimada de 60% e 40%, respectivamente, sendo que a primeira ocupa as meia encostas e sopés das elevações e o segundo, as partes mais elevadas das colinas de pendentes longas.

São incluídos nessa unidade o Cambissolo e o Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico.

São formados: o Podzólico a partir de materiais provenientes da decomposição de migmatitos (embrechitos e epibolitos), do Pré-cambriano; e o Latossolo a partir de rochas calcárias, às vezes associados com filitos.

As áreas de ocorrência desta unidade estão sob a influência do tipo climático Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca e com média do mês mais quente inferior a 22°C.

Quanto ao relevo e altitude, o Podzólico ocorre em relevo ondulado, formado por colinas e/ou outeiros de topos arredondados e o Latossolo em relevo suave ondulado, de pendentes longas, ambos com altitudes entre 700 e 1.000 metros.

Vegetação primária é do tipo floresta subtropical perenifólia constituída por árvores de porte alto.

Considerações sobre utilização

As áreas ocupadas pelo Podzólico, dentro da presente associação, apresentam maiores problemas quanto a sua utilização, devido principalmente ao relevo, que além de dificultar em parte a moto mecanização, favorece também ao fenômeno da erosão. De maneira geral, os solos desta unidade podem ser bastante aproveitados, desde que usados racionalmente, utilizando-se técnicas conservacionistas, correção e adubação.

- **Ca8- CAMBISSOLO ALICO Tb A** proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado substrato filitos.

Área mapeada

Estes solos possuem uma extensão de 190 km², correspondendo a 0,90% da área da classe CAMBISSOLO e 0,10% da superfície do Estado.

Distribuição geográfica

A presente unidade é encontrada na região sudeste, especialmente nos municípios de Ponta Grossa, Bocaiúva do Sul e Almirante Tamandaré.

Variações e Inclusões

Constituem variações desta unidade:

- a) Solos intermediários para Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa;
- b) Solos intermediários para Podzólico Vermelho-Amarelo a moderado;
- c) Perfis mais rasos, próximos dos Solos Litólicos.

Constituem inclusões nesta unidade:

- a) Solos Litólicos Álicos substrato filitos;
- b) Terra Bruna Estruturada Similar; e
- c) Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico.

Litologia e material de origem

Os solos são desenvolvidos a partir dos produtos da intemperização de rochas metassedimentares, principalmente filitos.

Clima

A área da unidade está sob a influência de clima úmido, sem estação seca, com invernos rigorosos e com incidência bastante freqüente de geadas, enquadrando-se no tipo climático Cfb, da classificação de Koeppen.

Relevo e altitude

O relevo é forte ondulado, constituído por conjunto de outeiros e morros, de topos ligeiramente aguçados, com vertentes de comprimento médio e declives superiores a 20%. A altitude situa-se em torno de 950 a 1.000 m.

Vegetação primária é do tipo floresta subtropical perenifólia, formada por árvores de pequeno e médio porte.

Considerações sobre utilização

A maior parte da área da unidade acha-se recoberta com vegetação primária ou secundária. Sendo estes solos muito pouco utilizados com agricultura.

Além da baixa fertilidade natural aliada a teores elevados de alumínio trocável, são muito susceptíveis à erosão, sendo a motomecanização inviável em mais de 70% da área que ocupam. São, portanto, inaptos para lavouras e pastagens e regulares para silvicultura.

- **Ca10- CAMBISSOLO ALICO Tb** A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo forte ondulado e montanhoso substrato filitos,

Estes solos possuem uma extensão de 12 km², correspondendo a 0,06% da área da classe CAMBISSOLO e < 0,01% da superfície do Estado.

A presente unidade ocorre nas regiões centro-leste e sudeste, especialmente nos municípios de Bocaiúva do Sul, Sengés, Cerro Azul, Rio Branco do Sul, Campo Largo e Almirante Tamandaré.

Constituem variações desta unidade:

- a) Solos intermediários para Terra Bruna Estruturada Similar; e
- b) Solos mais rasos, próximos dos Solos Litólicos;

Constituem inclusões nesta unidade:

- a) Solos Litólicos substrato filitos;
- b) Cambissolo Álico substrato migmatitos.

Litologia e material de origem:

Os solos são desenvolvidos de saprolito resultante do intemperismo de filitos, do Grupo Açungui. Toda a área da unidade está sob a influência do tipo climático Cfb, da classificação de Koeppen.

O relevo é forte ondulado e montanhoso, constituído por morros e montanhas, com desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes. A altitude situa-se entre 850 e 950 metros.

A cobertura vegetal é predominantemente do tipo campo subtropical, intercalado por áreas de vegetação arbórea, do tipo floresta subtropical.

Considerações sobre utilização

A baixa fertilidade natural, as severas limitações ao uso de máquinas agrícolas e a alta susceptibilidade à erosão, são as causas responsáveis pela reduzida ou quase nula utilização destes solos com agricultura.

Em vista dessas limitações, são considerados inaptos para lavouras e pastagens e de utilização restrita para silvicultura.

- **Ca 37-** Associação Cambissolo Alíco Tb relevo forte ondulado + Solos Litólicos Distrofícos relevo montanhoso ambos com o horizonte "A" moderado e textura argilosa fase campo subtropical substrato filitos.

Estes solos possuem uma extensão de 1.178 km², que correspondem a 0,59% da superfície do Estado.

A presente associação ocorre na região sudeste, estando distribuída em algumas manchas nos municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul e Campo Largo.

Os solos integrantes desta unidade de mapeamento encontram-se numa proporção estimada de 55% e 45%, respectivamente. O primeiro componente ocupa normalmente o relevo forte ondulado e o segundo o montanhoso.

Constituem inclusões nesta unidade:

- a) Podzólico Vermelho-Amarelo Alíco textura argilosa com cascalho;
- b) Latossolo Vermelho-Amarelo pouco profundo; e
- c) Afloramentos de Rocha (migmatitos).

Os dois solos são formados a partir de material de origem dos produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui, com influência, em grau variável, de material retrabalhado.

A área da unidade encontra-se sob a influência do tipo climático Cfu, clima subtropical úmido, sem estação seca, com verões frescos com geadas severas demasiadamente freqüentes.

Predominam as superfícies de topografia movimentada, com formas acidentadas, constituídas por morros e montanhas, com declives fortes e muito fortes. A altitude da unidade varia de 800 a 950 metros, aproximadamente.

A vegetação primária é do tipo campo subtropical, com grande incidência de espécies arbustivas.

Considerações sobre utilização

Tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos da associação, a grande incidência de geadas, os graves riscos de erosão e a impossibilidade ou dificuldade de mecanização, conclui-se que as áreas dessa unidade são inaptas para a agricultura.

As áreas ocupadas pelo Cambissolo ainda podem ser utilizadas para silvicultura, mas as áreas montanhosas, onde predominam os solos Litólicos, não devem ser utilizadas nem mesmo com silvicultura.

12 - APTIDÃO AGRÍCOLA DO SOLO

12.1 - INTRODUÇÃO

Na identificação e delimitação das diversas unidades de Aptidão Agrícola dos Solos, na área do Karst foram considerados alguns componentes diferenciados em relação aos levantamentos convencionais, face às características dos dados disponíveis e a de natureza especial como área de recarga de um importante aquífero e a própria escala do zoneamento em questão. Ressalva-se que ao nível de detalhe do manejo das propriedades agrícolas, seja efetuado futuramente um levantamento convencional da aptidão do solo de cada propriedade envolvida.

Os procedimentos metodológicos adotados tiveram como base o mapa de aptidão agrícola das terras do Estado do Paraná (1981), e consideraram na análise elementos e processos desenvolvidos nos sistemas de relevo, relacionados à estrutura e às características dinâmicas das unidades geoambientais, sintetizadas como compartimentos geomorfológicos, hidrográficos do Karst.

Além de envolver integração das referidas bases cartográficas adaptadas à temática ora discutida, foram considerados aspectos técnicos e legais das áreas de preservação na delimitação das diversas unidades de Aptidão Agrícola dos Solos.

12.2 - IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS

Conforme o mapa do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná (escala 1:600.000), EMBRAPA/IAPAR, (1981), na área de estudo ocorrem as seguintes associações de solos:

- LVA 13- Associação Latossolo Vermelho Amarelo álico, relevo ondulado mais Cambissolo álico Tb, relevo forte ondulado substrato filitos ambos "A" proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical.
- CA37- Associação Cambissolo álico Tb, relevo forte ondulado + solos Litólicos distróficos, relevo montanhoso, ambos "A" moderado, textura argilosa fase campo subtropical, substratos filitos.
- Led3- Latossolo vermelho escuro distrófico, "A" proeminente, textura argilosa de floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado.

- PV7- Associação Podzólico Vermelho Amarelo distrófico Tb, relevo suave ondulado + latossolo vermelho escuro distrófico, relevo suave ondulado, ambos "A" proeminente, textura argilosa, fase floresta subtropical perenifólia.
- Ca5- Cambissolo álico Tb, "A" proeminente, textura argilosa, fase floresta subtropical perenifólia, relevo forte ondulado, substratos filitos.
- PVA21- Associação Podzólico vermelho amarelo álico Tb, textura média/argilosa, com cascalho, relevo forte ondulado + Podzólico vermelho amarelo latossólico, textura argilosa com cascalho, relevo ondulado, ambos "A" moderado, fase floresta subtropical perenifólia.
- PE4- Podzólico Vermelho amarelo eutrófico, Tb, "A" chernozênico, textura média/ argilosa, fase floresta subtropical perenifólia, relevo forte ondulado e montanhoso.

Devido à pequena escala do mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos, foi necessário redefinir as associações e inclusões na adaptação à escala do presente zoneamento.

Relacionada às superfícies de aplainamento registra-se a distribuição de Latossolos e Podzólicos. Nas encostas mais dissecadas e alvéolos erosivos ocorrem os Cambissolos.

Os solos de drenagem mais impedida como o Cambissolo gleico e gley húmico se desenvolvem nas várzeas sobre depósitos, colúvio aluvionares e aluviões.

Sobre filitos, ocorrem predominantemente solos de pouco uso agrícola, pois se tratam de solos ácidos e argilosos, as unidades mais representativas são os Cambissolos no relevo ondulado e os Solos Litólicos no relevo forte ondulado.

Nos fundos de vale junto a depósitos de material sedimentar, os solos variam de acordo com a origem do material e sua área de ocorrência. Nas áreas de ocorrência do calcário (em fundos de vale e adjacências, em relevo plano e suavemente ondulado), onde predominam os Cambissolos argilosos, ricos em matéria orgânica, os solos são muito utilizados para a prática da horticultura. De um modo geral nas planícies aluviais os solos são freqüentemente mal drenados.

Na região do Karst pode-se verificar que em extensões consideráveis a declividade do terreno ultrapassa 30%, caracterizando um elevado gradiente do terreno onde os processos erosivos predominam sobre os pedogenéticos. Nestas condições o solo é classificado em relação ao substrato rochoso como litossolo litóide ou lítico. No primeiro caso o solo encontra-se sobre o elúvio e no segundo sobre a rocha.

Os litossolos ocorrem mais freqüentemente nas vertentes íngremes relacionadas à dissecação dos níveis de pedimentação P2 e P1, bem como nos resíduos muito rebaixados dos pediplanos Pd2 e Pd1. De maneira particular, geralmente os litossolos encontram-se nas partes elevadas das linhas de serras ou nas cristas intermediárias. Os cambissolos característicos deste relevo, encontrados nas partes inferiores das vertentes, apresentam proporções consideráveis de minerais primários não intemperizados, sendo pouco profundos e possuindo horizonte B incipiente, ocorrendo em relevo menos íngreme com pendentes médias em torno de 20%.

Nos terrenos que apresentam inclinações superiores a 20%, são freqüentes os grotões de erosão, indicando a intensidade dos processos erosivos responsáveis pelo impedimento a um melhor desenvolvimento do perfil do solo.

Quando estas áreas são desmatadas e utilizadas para atividades agrícolas sem práticas conservacionistas, o escoamento superficial remove por erosão o material fino do solo, concentrando material detrítico grosseiro na superfície (face ao desencadeamento desse processo, não raro os agricultores observam que sobre suas terras "crescem" pedras ou seixos).

Em áreas de relevo suavemente ondulado ou quase plano, bem como nas rampas pouco inclinadas (<12%), os solos apresentam melhor desenvolvimento, devido a condições pedogenéticas mais favoráveis. Estas áreas contrastam com aquelas onde se desenvolvem os litossolos e cambissolos.

Os solos desenvolvidos nas áreas de relevo mais suave são caracterizados pelos horizontes de subsuperfície, principalmente aqueles do tipo B textural: latossolos, podzólicos e terra roxa similar. Estes solos apresentam-se como os de melhor aptidão agrícola e ocorrem nos locais onde a dissecação das superfícies aplainadas (Pedimentos e remanescentes de pediplanos), foi menos intensa, ou ainda nas rampas colúvio-aluvionares encontradas junto aos fundos dos vales, onde não há interferência do lençol freático.

Nas áreas de rochas carbonáticas, como a de dolomitos, em face de maior susceptibilidade destas rochas ao intemperismo, mesmo em condições de maior declive ocorrem solos com aspecto pedogenético mais desenvolvido, embora, neste caso esses solos sejam pouco espessos, e freqüentemente registrem-se associados a afloramentos rochosos. Os diques de diabásio apresentam condições similares quanto ao desenvolvimento pedogenético. Os solos formados sobre ambas as rochas, se classificam como terra roxa similar (EMBRAPA). No caso de áreas com relevo muito acidentado os diques desenvolvem solos do tipo brunizem.

Sobre os depósitos de aluvionares recentes dispostos nas pequenas planícies fluviais desenvolvem-se os solos hidromórficos. Sua distribuição areal evidencia certo acréscimo com o aporte de material procedente da erosão das vertentes, decorrente do uso inadequado do solo. Ainda é relativamente comum nestas áreas presença de pequenos cones de dejeção recentes (leques aluviais), constituídos de materiais provenientes da erosão dos solos das encostas, materiais estes que são dispostos sobre os depósitos holocênicos, onde ocorrem os solos aluviais.

No Mapa de Materiais Inconsolidados do Projeto Geotecnia da Região Metropolitana de Curitiba, a MINEROPAR (1997), em avaliação geotécnica dos solos quanto a adequabilidade para acomodação de loteamentos residenciais e a riscos geológicos, em Almirante Tamandaré identifica unidades que podem ser correlacionadas a áreas similares os demais centros urbanos da área (Colombo, Campo Magro, Rio Branco do Sul e Bocaiúva do Sul) sendo:

- Solos aluviais: hidromórficos, sobre aluviões e planícies cársticas, com espessura média de 2m;
- Solos residuais de metadolomitos: apresenta transição direta com o metadolomito e espessuras variando de 0,5 a mais de 20m;
- Solos residuais de metapelitos (filitos, metassiltitos, metargilitos e metarritmitos): ocorrem sobre o saprolito dos metassedimentos, com espessura inferior a 1m;
- Solos sobre rochas quartzíticas: rasos, pouco desenvolvidos, predominando rocha alterada;
- Solos transportados: solos coluvionares desenvolvidos sobre os metadolomitos, apresentam espessuras variando de 1 a mais de 30m.

12.3 - APTIDÃO DO SOLO

Na aptidão agrícola os solos ainda diferenciam-se quanto a maior ou menor permeabilidade, sendo deste modo mais ou menos favorável que o aquífero subjacente e ou a rede fluvial sejam atingidos por fluídos contaminantes ou poluentes, uma vez que os solos também possuem uma capacidade variável na retenção e filtragem destes elementos poluentes.

Nesse sentido, o sistema aquífero subterrâneo pode apresentar certa vantagem quanto ao uso da terra, em relação ao sistema hídrico superficial, em decorrência de que os poluentes ao atravessarem o solo poderiam ser filtrados pelos processos de aeração, decomposição aeróbica, filtração, troca de ions, adsorção e absorção alcançando a zona saturada, com melhores qualidades.

As águas de infiltração são os principais agentes da dinâmica do relevo cárstico quando nas rochas, em fendas ou diáclases, desencadeiam processos de dissolução superficial e subsuperficial BIGARELLA et al. (1994). À medida que as fendas vão se alargando, com a ação das águas pluviais de infiltração, originam-se dutos ou sumidouros, dando vazão a uma drenagem subterrânea de sentido vertical, (Figura 12-01). Assim, seguindo fendas e desenvolvendo dolinas e cavernas, resultam na redução de cursos de água superficiais naturalmente. Aspectos ruiniformes, esburacados e dolinas (depressões fechadas) fazem parte do modelado geral dessas áreas de infiltração e devem ser consideradas áreas de preservação, pois ao contrário dos solos quando estas desenvolvem dutos, permitem um fluxo direto das águas pluviais para o lençol subterrâneo.

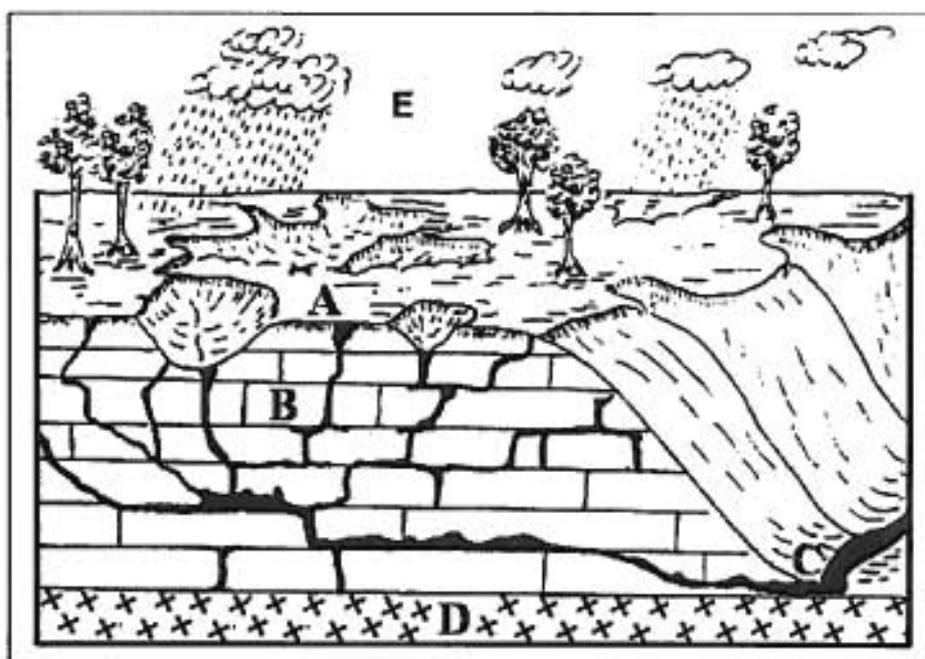


Figura 12-01: Esquema de águas subterrâneas numa região cárstica. Segundo BIGARELLA (1994), as principais condições para o desenvolvimento do modelado cárstico são:

- A= Rocha calcária permeável e solúvel na superfície; B= Rocha espessa, maciça, fissurada e fraturada
C= Surgência da água percolada através de fissuras ou alguns canais ou condutos; D= Rocha impermeável;
E= dissolução de CO₂ atmosférico

Pela sua própria formação, o sistema do Karst é bastante vulnerável à poluição. Segundo LETOURNEUR & MICHEL (1971), os processos de contaminação são mais rápidos e mais eficazes nas regiões cársticas onde as entradas de cavidades servem de pontes de penetração direta às águas de superfície poluídas.

Portanto, o aspecto litológico e edáfico, particular das áreas de Karst, poderão apresentar uma suscetibilidade diferenciada com relação à poluição, como mostra esta classificação litológica simplificada a seguir. Na Tabela 12.01 é indicada a probabilidade de migração extensiva de poluentes microbiológicos e biodegradáveis, podendo-se notar a alta suscetibilidade das rochas calcárias à contaminação, FOSTER (1993).

Os aspectos pedológicos devem ser considerados numa avaliação de vulnerabilidade (FALKENMARK;ALLARD, 1991). No caso de aquíferos cársticos, devido a processos microbiológicos e físico-químicos, o solo (zona insaturada) é mais eficiente no processo de atenuação de poluentes que a zona saturada; já ao contrário, o subsolo com sistema de fissuras das rochas calcárias facilita a rápida penetração dos poluentes no aquífero. (ASSAAD; JORDAN, 1994).

MONTAÑO (1994) considera que na zona não saturada há um maior potencial para:

- a) Interceptação, absorção e eliminação de vírus e de bactérias;
- b) Atenuação de metais pesados e outros químicos inorgânicos através de precipitação, absorção ou intercâmbio de cátions;
- c) Absorção e biodegradação de muitos hidrocarbonetos e compostos orgânicos sintéticos. No solo, a maioria dos processos é mais efetiva em zona biologicamente ativa devido à concentração de argila, de matéria orgânica e de sua maior população microbiana.

Tabela 12.01 - Simplificação da Classificação litológica e sua relação com a contaminação de águas subterrâneas

	Características	Baixa vulnerabilidade	Vulnerabilidade variável (dependente do grau de fraturamento)	Alta vulnerabilidade (a menos que esteja coberto por 2 m de sedimentos finos)
SOLOS	POROSOS NÃO CONSOLIDADOS	Sedimentos aluvionais Areias silto argilosas Solos residuais	Areias e cascalhos aluviais e flúvio glaciais	Cascalho coluvial
ROCHAS	POROSAS CONSOLIDADAS		argilas siltitos arenitos	Calcário poroso
	NÃO POROSAS CONSOLIDADAS		Rochas plutônicas e algumas vulcânicas	Rochas vulcânicas recentes Calcários

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech, Adap. FOSTER, 1993

As informações de literatura enfatizam os seguintes aspectos: textura, estrutura, presença de B textural, CTC, pH, teor de matéria orgânica, porosidade, condutividade hidráulica e profundidade dos solos.

Como exemplo, para se definir classes de vulnerabilidade entre os solos de uma mesma litologia, por exemplo, sobre rochas carbonáticas, primeiramente, as unidades pedológicas devem ser agrupadas em relação à profundidade em classes, de acordo com a descrição pedológica dos mesmos: rasos, rasos a pouco profundos, pouco profundos a profundos.

Entretanto, os solos diferem significativamente em relação ao seu poder depurador. CADILLON e PORTIER (1977), em trabalho realizado com diferentes tipos de solos, consideraram que a espessura, a textura e a estrutura influenciam diretamente na capacidade de filtração, de retenção de água e na permeabilidade do solo.

Em trabalho realizado com a aplicação de água residual urbana em sedimento de solo argiloso, RIZZI et al. (1991), constatou que solos com esta textura apresentam maior superfície de contato com os colóides, maior capacidade de troca iônica, maior capacidade de retenção de água e mais baixa taxa de percolação, sendo, portanto mais eficientes como meio depurador. Esta capacidade se amplia com o aumento da profundidade do solo.

A posição do solo no relevo também é outro fator importante a ser considerado, pois quanto maior a declividade, menor a possibilidade de infiltração vertical e, portanto maior escoamento sobre o terreno diminuindo a possibilidade de retenção ou imobilização dos poluentes ou contaminantes antes destes atingirem o sistema de drenagem.

As classes divididas em três podem ser as seguintes: 1) montanhoso a forte ondulado; 2) ondulado a suave ondulado, e 3) plano.

Estas classes de relevo correspondem às seguintes classes de declividade: plano, menor de 3%; suave ondulado, de 3 a 8%; ondulado, de 8 a 20%; forte ondulado, entre 20 e 45% e montanhoso, de 45 a 75%. (CURI 1993).

Além da profundidade do solo e posição no relevo, outras propriedades podem ser adicionados tais como textura, estrutura, presença de B textural, CTC, pH, teor de matéria orgânica, porosidade, condutividade hidráulica.

No detalhamento da definição de aptidão dos solos pode-se atribuir valores ou pesos a estes atributos e assim re-agrupar solos em classes, com diferentes graus de susceptibilidade ou vulnerabilidade à transmissão de poluentes.

Com base nestes atributos pedológicos os solos podem ser avaliados qualitativamente e relacionados a áreas com diferentes graus de carstificação (concentração de dolinas, densidade da drenagem superficial, etc).

12.4 - POTENCIAL DE USO DO SOLO

A determinação do potencial do uso do solo apresenta uma subdivisão da zona do Karst, baseada na análise dos dados fornecidos pelos mapas de declividade, solos, relevo, morfologia, geologia, vegetação e uso da terra.

Os diferentes parâmetros utilizados para o mapeamento contribuíram com os seguintes tipos de informações:

- A geologia, que fornece informações sobre os materiais constituintes do terreno, isto é, sobre as rochas, os minerais e sua natureza;
- A geomorfologia, que fornece informações dos aspectos topográficos assumidos pelas formações rochosas bem como revela a dinâmica ambiental, isto é, o comportamento dos materiais de superfície com relação aos processos erosivos, de transporte e de sedimentação;
- A análise da declividade do terreno, da qual foram obtidas informações com respeito ao grau e intensidade de remobilização dos materiais da superfície e delimitadas as classes definidas como limitantes pela legislação;
- O mapa de vegetação e o uso do solo, que indica a condição da cobertura vegetal e proteção do solo, bem como aponta as áreas comprometidas com atividades de mineração e das ocupações urbanas;
- O mapa de aptidão de solos, ainda que com as limitações da escala, do qual foram obtidas informações sobre a aptidão agrícola;
- Aspectos legais relativos à proteção dos recursos hídricos, determinados a partir da hidrografia traçada e complementada sobre a base topográfica;
- Aspectos relacionados ao patrimônio espeleológico, considerados igualmente como fatores determinantes à aptidão do solo.

Dada a finalidade do zoneamento, na delimitação das unidades de aptidão de uso do solo, procurou-se adotar critérios de análise global, buscando fornecer de maneira prévia, o potencial de recursos naturais da terra.

12.5 - PROCEDIMENTOS E PRESSUPOSTOS CONCEITUAIS

No seu sentido mais amplo a aptidão do solo acima de sua capacidade produtiva, determinada pela sua fertilidade e determinantes agronômicas ou geotécnicas, enquanto recurso natural para a transformação do espaço produtivo, deve ser avaliado quanto a sua disponibilidade relacionada aos sistemas ambientais.

Neste sentido, entende-se que o relevo local e suas diversas unidades identificadas na compartimentação geomorfológica, são elementos que integrados ao clima, vegetação e aos próprios solos constituem e interagem junto aos sistemas ambientais, cuja sustentabilidade e aptidão dependem da conservação e ou da estabilidade destes condicionantes. Este conjunto de recursos naturais compõem o suporte físico para as diversas atividades de uso da terra, as quais devem se submeter a um manejo integrado destes recursos para sua efetiva conservação e/ou preservação.

Conforme EMBRAPA (1981), "*a imobilidade dos recursos naturais restringe o raio de manobra do planejamento e condiciona, parcialmente, as decisões relacionadas com seu uso para a produção agrícola*". Assim, a aptidão dos solos deve ser determinada através de uma avaliação qualitativa dos recursos da terra.

Conceitualmente ainda na abordagem metodológica adotada, deve-se considerar que tais sistemas compõem o quadro paisagístico, constituindo o principal referencial para o zoneamento físico ambiental, no qual apresentam-se características resultantes de determinantes da dinâmica interativa dos processos físicos e biológicos, que recebem materiais e sofrem a ação de fatores decorrentes das atividades humanas neste espaço.

Deste modo, associado à aptidão natural do solo, conforme destaca PRIMAVESI (1980), o manejo adequado do solo é fundamental para que mesmo em solos com menor aptidão a produtividade seja mantida ou mesmo possa ser melhorada, enquanto que havendo um manejo inadequado mesmo os solos mais férteis poderão tornar-se improdutivo. A manutenção ou aumento da produtividade exige além da fertilidade e conservação da superfície do solo, a manutenção ou melhoria da bioestrutura do solo. Por conseguinte a determinação da aptidão não deve estar dissociada do nível de manejo a ser implementado.

Portanto, para delimitação dos grupos de aptidão agrícola, considerados no presente estudo, tomou-se como base a proposta sugerida pela EMBRAPA (1981), que considera como base para avaliação o Mapa de Solos do Estado do Paraná, em escala 1:600.000 executado pelo Convênio (EMBRAPA/IAPAR/SUDESUL, 1981) e as informações complementares contidas nos Tomos I e II (EMBRAPA/IAPAR/SUDESUL, 1984). Tal levantamento possibilitou a identificação de seis grupos de

aptidão agrícola (numerados de um a seis), onde o de menor valor numérico indica maior aptidão, portanto menos limitações, envolvendo ainda três níveis de manejo A, B e C, categorias estas identificadas conforme os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1981), os quais relacionados ainda a níveis de práticas conservacionistas níveis de possibilidades de mecanização das terras, possibilitam uma primeira aproximação na definição da aptidão agrícola dos solos, cuja descrição se inclui no Anexo 1.

12.5.1 - Níveis de Manejo

Como já foi referido, são considerados 3 níveis de manejo:

- Nível "A" - Desenvolvimento da atividade agrícola com baixo nível tecnológico, onde a técnica é fundamentada no trabalho braçal e nas queimadas, com eventual uso de tração animal com implementos agrícolas simples. Atividade remanescente do sistema de roças onde não existe qualquer preocupação com o melhoramento do solo para agricultura ou no uso de pastagens naturais, identificado em pequenas porções na área do Karst.
- Nível "B" - Desenvolvimento da atividade agrícola com médio nível tecnológico, práticas agrícolas principalmente condicionadas a tração animal, com pouco investimento em tecnologias e limitando a aplicação de técnicas de manejo, conservação e melhoramento do solo, pouco uso de fertilizantes, defensivos e corretivos em pastagens ou na terra em cultivo. Localmente foi observado ainda o uso freqüente das queimadas associado a este nível de manejo (em levantamento de campo realizado entre 30/09 e 05/10/2002, ao longo de aproximadamente 200 km de estradas vicinais no interior da área em questão foram registradas mais de 50 ocorrências de áreas preparadas com o uso do fogo).
- Nível "C" - Desenvolvimento da atividade agrícola com alto nível tecnológico de manejo, com uso da motomecanização em várias etapas da atividade agrícola. Cabe destacar a inserção na área em questão, nesta modalidade, o desenvolvimento da olericultura e o uso da irrigação.

Em função da limitação atribuída a cada uma das unidades da terra, resulta a classificação de sua aptidão agrícola ao uso intensivo, sendo ainda estas unidades diferenciadas em subgrupos quanto às categorias de aptidão identificadas como:

Boa - sigla da classe em letras maiúsculas {A,B e C}.

Regular – sigla da classe em letras minúsculas {a,b e c}.

Restrita – sigla da classe em letras minúsculas entre parênteses {(a), (b) e (c)}

Inapta – ausência de letras não permite o uso intensivo, embora possa comportar algum tipo de utilização menos intensiva.

12.5.2 - Níveis de Exigência do Uso de Práticas Conservacionistas

Em condições naturais os níveis de exigência quanto ao emprego de práticas conservacionistas baseiam-se, considerando que sejam utilizadas sob os níveis de manejo B e C, nos seguintes níveis quanto à ação de processos erosivos:

Baixo - C1 - Terras com limitação nula a ligeira, necessitando de medidas simples para a sua conservação, mediante o emprego de práticas culturais e de manejo simples como:

- aração mínima (mínimo preparo do solo);
- rotação de culturas;
- culturas em faixas;
- cultivo em contorno;
- pastoreio controlado.

Médio - C2 - Terras com limitação ligeira a moderada, as quais necessitam para sua conservação de medidas intensivas, envolvendo práticas de manejo de engenharia de solos e de água. Para esse nível estão previstas as seguintes práticas:

- terraços com base larga;
- terraços com base estreita (cordões);
- terraços com canais largos;
- diques.

Alto - C3 - Terras com limitação moderada a forte, necessitando para sua conservação do emprego de medidas muito intensivas e complexas, incluindo técnicas construtivas e de manejo da engenharia de solos e de águas de custo elevado. Pertencem a esse nível as seguintes práticas conservacionistas:

- terraços em nível;
- terraços em patamar;
- banquetas individuais;
- interceptadores (obstáculos);
- controle de voçorocas.

Muito Alto - C4- Indicadas com restrição para pastagem ou silvicultura e, nos casos mais desfavoráveis, para preservação da flora e da fauna. São terras com forte limitação quanto ao uso. Sob o ponto de vista econômico não justifica o uso intensivo, pois para a sua conservação demanda a utilização de práticas e técnicas de manejo com viabilidade questionável.

12.5.3 - Níveis de Possibilidades de Mecanização

Os níveis atribuídos para avaliar as possibilidades de utilização de máquinas e implementos agrícolas baseiam-se nas restrições que as terras apresentam para serem utilizadas sob o nível de manejo C. Foram considerados os seguintes níveis:

M1 -Alto -Terras praticamente sem limitação quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas, nas quais a declividade não ultrapassa a 6%. O rendimento efetivo do trator deve ser acima de 90%.

M2 -Médio -Terras com limitação ligeira a moderada quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas. A declividade situa-se normalmente entre 6 e 12% e o rendimento esperado do trator deve estar entre 70 e 90%.

M3 -Baixo -Terras com limitação moderada a forte quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas ordinariamente utilizados. O declive está normalmente entre 12 e 20% e o rendimento do trator situa-se entre 50 e 70%.

M4 -Muito Baixo -Terras com impedimentos muito fortes quanto à mecanização, onde os declives ultrapassam a 20% e o rendimento apresentado pelo trator está abaixo de 50%.

A morfologia do terreno permite separar a área em duas grandes subunidades:

- 1) Áreas de topo e de meia encosta;
- 2) Áreas de fundo de vale e de baixas vertentes.

A superfície total destas porções com aptidão a ocupação não é muito expressiva e apresenta a desvantagem de ser bastante descontínua. As áreas em questão estão representadas por pequenas manchas com grandes variações quanto à exigência de tratos em relação às opções para aproveitamento.

As áreas de topo e meia encosta caracterizam-se por declividades médias entre 6 e 20% com relevo suavemente ondulado e solos relativamente desenvolvidos (com horizonte B textural, latossólico e câmbico) com boa drenagem. Os raros problemas de drenagem limitam-se à porção centro sul da área junto aos afluentes do rio Iguaçu, alguns segmentos de planícies fluviais e em pequenas depressões no terreno acidentado.

As áreas de topo e meia encosta constituem muitas vezes a subunidade das áreas agrícolas e/ou pecuárias que apresentam melhores condições de uso. Sua ocorrência está ligada aos interflúvios geralmente constituídos por dolomitos e filitos afastados da drenagem principal.

Os solos mais férteis desenvolvem-se sobre os dolomitos (Foto 12.01), cujo relevo é geralmente mais rebaixado e apresenta áreas de fundo de vale mais amplas em que as baixas vertentes caracterizam-se pelas menores declividades (0 a 6%). Declives similares ao das ombreiras ou interflúvios mais amplos e elevados podem ser vistos na Foto 12-02.

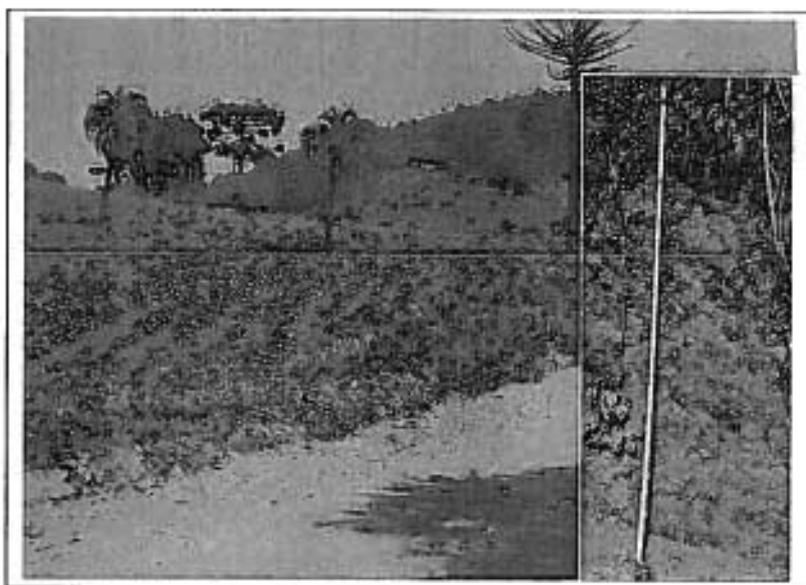
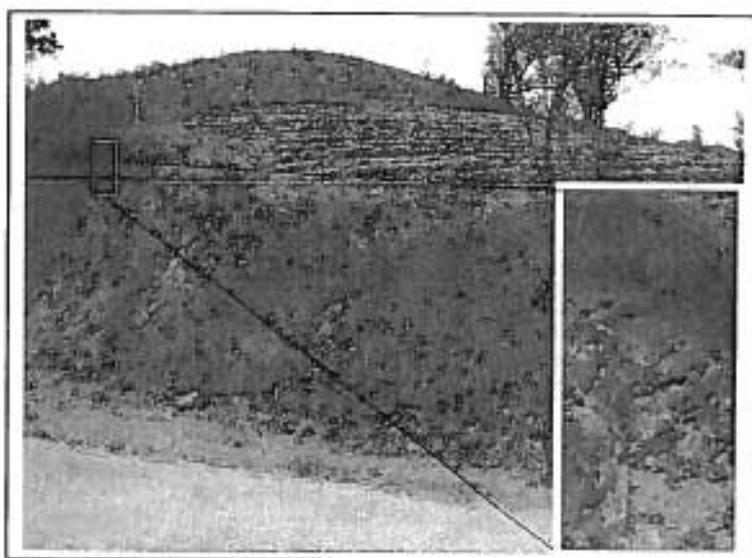


Foto 12.01
Área agrícola sobre solos vermelhos (Latosolos), derivados de calcários, perfil à direita, são os solos de maior fertilidade, cuja ocorrência é evidenciada pela presença da palmeira localmente conhecida como butiá.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

Foto 12.02
Litossolo sobre rocha metamórfica intemperizada, solo com 30 cm de profundidade em área com declives acima de 12% chegando a ultrapassar os 30%, utilizada para pastagem a mais de 40 anos, plantio de alface recente com irrigação, Salto de Santa Rita / Bocaiúva do Sul.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

Nas ombreiras e nos pequenos interflúvios, os solos derivados de rochas calcárias ou de diques de diabásio, ainda que por vezes apresentem problemas na acessibilidade são os de maior fertilidade e apresentam condições similares nos topos e meias encostas, amplos e com a diferença na aptidão de apresentarem diferenças texturais e em sua estrutura. Nestes solos o cultivo pode ser realizado com menores restrições (exceto quando da presença de dolinas ou outras formas do Karst), embora tenha sido observada certa escassez d'água em períodos secos. Esta, entretanto, poderia eventualmente ser suprida em captações de uso coletivo à montante.

Em áreas marginais mais amplas junto aos talwegues, nos terraços de várzea ou nas rampas colúvio-aluvionares, quando há a presença do lençol freático ocorrem solos hidromórficos. Os riscos das inundações restringem o uso da subunidade para o cultivo generalizado nestes solos. Entretanto, a construção de diques ou a correção da drenagem melhoraria as condições locais de uso, onde deve ser respeitada a faixa de proteção legal da mata ciliar, indicada no mapa de aptidão, a qual efetivamente deverá ser delimitada no local, face à escala adotada no zoneamento.

Nos terraços (Foto 12.03) e rampas (Foto 12.04), os solos quando isentos do problema de hidromorfismo, apresentam condições similares aos interflúvios amplos, nos quais é recomendado o cultivo desde que observadas as medidas convencionais de conservação e manejo. Nestes locais a irrigação pode ser facilitada pela ocorrência de cursos fluviais próximos e que em parte independe do bombeamento.

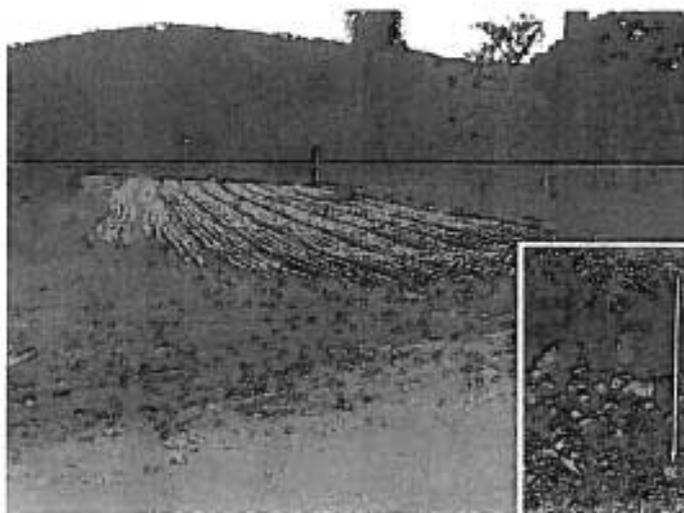
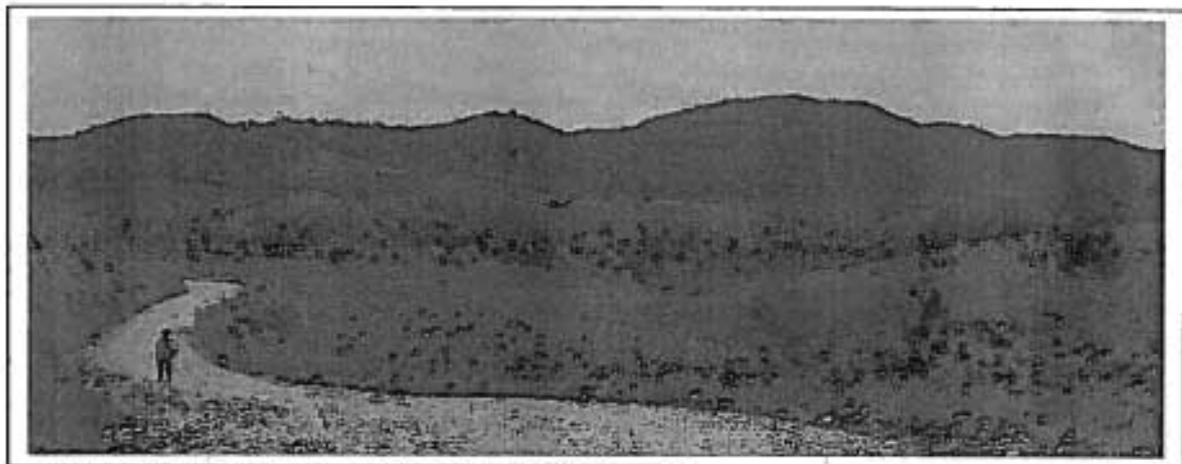


Foto 12-03

Cultivo de alface em terraços adentrando a planície do Rio Capivari em Salto de Santa Rita / Bocalúva do Sul, a direita abaixo detalhe do perfil de solo (referência treina 1 metro), solo com horizonte "A" escuro denotando alguma concentração de matéria orgânica, perfil este desenvolvido sobre terraço com depósito rudáceo (seixos).

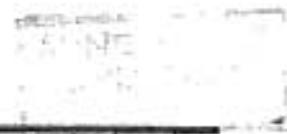
Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

Foto 12-04: Região limítrofe entre os municípios de Campo Magro e Almirante Tamandaré. Solos em rampas de colúvios ao centro na porção mais rebaixada e ombreiras na parte intermediária com aptidão bastante favorável ao uso agrícola, em área genericamente classificada como bastante limitada na escala do macrozoneamento, esses solos são derivados de materiais provenientes de calcários e diabásios.

ANEXO



ANEXO
SOLOS E ASPECTOS GERAIS DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS
CONFORME LEVANTAMENTOS DA EMBRAPA:

As classes de solos encontradas no levantamento são apresentadas no Quadro 12.01 a seguir.

Quadro 12.01: Classes de Solos e Associações na Área do Karst

Unidade de Mapeamento	CLASSE DE SOLO
LRd ₁	LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.
Led ₁	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado.
Led ₂	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente textura argilosa relevo ondulado e suave ondulado (Inclusões: CAMBISSOLO profundo A proeminente relevo ondulado – substrato Colúvio de metapelíticas; e de PV e TRd1)
Led ₃	Associação de LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A moderado textura média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado (inclusões: CAMBISSOLO DISTRÓFICO e ÁLICO Tb A proeminente e moderado textura argilosa – substrato metapelíticas) todos fase floresta subtropical perenifólia.
Led ₄	Associação de LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente textura argilosa + CAMBISSOLO ÁLICO e DISTRÓFICO A proeminente textura argilosa – substrato Sedimentos Alúvio/Coluvionares ambos fase floresta subtropical perenifólia relevo plano (Inclusões: CAMBISSOLO gleico).
Ter ₁	TERRA ROXA-ESTRUTURADA DISTRÓFICA A proeminente textura muito argilosa fase com pedregosidade relevo forte ondulado.
TRd ₁	Associação TERRA ROXA-ESTRUTURADA + TERRA BRUNA-ESTRUTURADA DISTRÓFICA e EUTRÓFICA A proeminente e chernozêmico textura muito argilosa e argilosa fase com pedregosidade floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado.

TRd₂	Associação de TERRA ROXA-ESTRUTURADA + TERRA BRUNA-ESTRUTURADA (TRd ₁) + LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO A proeminente e moderado relevo suave ondulado e ondulado todos textura muito argilosa e argilosa fase floresta subtropical perenifólia.
PE₁	PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A chernozêmico textura média/argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado (inclusões: Afloramentos de rochas Carbonáticas (calcários).
PE₂	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A chernozêmico + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A moderado e proeminente ambos textura média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado (inclusões: CAMBISSOLO ÁLICO substrato rochas metapelíticas (filitos).
PE₃	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO relevo ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO relevo ondulado e suave ondulado todos A proeminente textura argilosa.
PE₄	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ambos EUTRÓFICOS e DISTRÓFICOS A chernozêmico e proeminente textura média/argilosa + CAMBISSOLO DISTRÓFICO e ÁLICO A proeminente e moderado todos fase floresta subtropical perenifólia relevo ondulado e forte ondulado.
PE₅	Associação de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A chernozêmico textura média/argilosa relevo forte ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A chernozêmico textura argilosa relevo montanhoso substrato Calcáreos + CAMBISSOLO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa relevo forte ondulado todos fase floresta subtropical perenifólia.
Ca₁	CAMBISSOLO ÁLICO Tb pouco profundo e raso A proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo ondulado e forte ondulado substrato filito.
Ca₂	CAMBISSOLO ÁLICO Tb pouco profundo e raso A proeminente textura argilosa fase campo relevo ondulado substrato filito.
Ca₃	Associação de CAMBISSOLO HÚMICO Tb pouco profundo e profundo fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano + GLEI HÚMICO fase floresta de várzea relevo praticamente plano ambos ÁLICOS textura argilosa substrato sedimentos quaternário.
Ca₄	Associação de CAMBISSOLO gleico Tb, pouco profundo A proeminente + GLEI HÚMICO ambos ÁLICOS textura argilosa fase florestas de várzea relevo praticamente plano substrato sedimentos do quaternário.

Ca₅	Associação de CAMBISSOLO raso e pouco profundo ÁLICO A moderado textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado + SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A moderado textura argilosa e média fase campo e floresta subtropical relevo forte ondulado e montanhoso substrato quartzitos e filtos.
Ca₆	Associação de CAMBISSOLO ÁLICO A moderado e proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo forte ondulado e ondulado + CAMBISSOLO raso e pouco profundo ÁLICO textura argilosa fase campo subtropical relevo forte ondulado (inclusão de SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS substrato filito).
Cd₁	CAMBISSOLO DISTRÓFICO EPIEUTRÓFICO raso a pouco profundo contato litóide A moderado textura argilosa com cascalho relevo forte ondulado substrato metapelíticas (inclusões de PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO).
Re₁	Associação SOLO LITÓLICO + CAMBISSOLO raso e pouco profundo, ambos contato litóide EUTRÓFICOS A moderado textura argilosa cascalhenta relevo forte ondulado e montanhoso substrato calcário.
Ra₁	Associação de SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A moderado, textura argilosa cascalhenta + CAMBISSOLO raso contato litóide e litico ÁLICO textura argilosa e média cascalhenta ambos fase campo altimontano relevo montanhoso e forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS - substrato quartzito e filito.
Rd₁	Associação de SOLOS LITÓLICOS + CAMBISSOLO raso e pouco profundo ambos contato litóide DISTRÓFICOS e ÁLICOS "A" moderado textura argilosa cascalhenta fase campo subtropical relevo forte ondulado e montanhoso substrato filito e quartzitos (inclusões de AFLORAMENTOS DE ROCHAS - quartzito).
Rd₂	Associação de SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICOS e ALICOS A moderado textura média e argilosa (substrato quartzito) + CAMBISSOLO pouco profundo ÁLICO A moderado e proeminente textura argilosa todos fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado.
AR	Associação de AFLORAMENTOS DE ROCHAS + SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A proeminente e moderado fase campo subtropical relevo escarpado e montanhoso substrato quartzito.

Fonte: EIA, 1996

ASPECTOS GERAIS DA APTIDÃO AGRÍCOLA DO SOLO

A aptidão agrícola do solo no contexto do Estado do Paraná, para lavouras, é identificada em culturas de ciclos curtos (envolve por ano um e com dois cultivos), culturas de ciclo longo (pastagens cultivadas) e especiais de ciclo longo (parques e reservas equivalentes), compõem as aptidões específicas e ao nível de manejo a seguir descritas, conforme as peculiaridades das terras em análise, (o texto tem como referência em sua totalidade o Levantamento de Reconhecimento de dos Solos do Estado do Paraná EMBRAPA/APAR, 1984), sendo:

a) Lavouras

As terras para lavouras são indicadas para 34,20% da superfície da mesorregião, que abrange 919.684ha dos 14.691.058ha do espaço estadual e que corresponde a 73,30%, portanto o uso potencial é de quase a metade em relação ao estado.

As culturas de ciclos curto e longo podem ser exploradas em 91.110ha -10% da área propícia às lavouras, bastante inferior aos 44,80% do estado, (6.577. 775ha) permitem sua utilização com culturas de ciclos curto e longo e 2.377.350ha (23%).

Já as culturas de ciclo curto, com apenas um cultivo por ano, apropriam-se a 345.345ha, que correspondem a 37% com culturas de ciclo curto, com apenas um cultivo por ano. Em 8.435.968ha - 59,50% das terras apropriadas para lavouras há condições de uso mais intensivo, com dois cultivos por ano.

As culturas especiais de ciclo longas, representadas pela fruticultura de clima temperado, podem ser exploradas em 7.417.054 ha, aproximadamente um terço da área do Estado. Desse total, 96% constituem uso alternativo com as terras indicadas para lavouras de ciclo curto, principalmente com as propícias a dois cultivos por ano; os restantes 4%, com pastagem plantada e, secundariamente, com silvicultura.

As culturas de ciclo longo referem-se a 1.589.445ha -8% da extensão estadual, e parte dessa área coincide com as terras apropriadas ao pasto plantado. Dentro das terras indicadas para lavouras, a área ocupada com parques e reservas compreende 306.557ha, já descontados nas referências anteriores.

Na microrregião onde se insere a área do Karst, em questão predominam, contudo, terras mais adequadas para culturas especiais de ciclo longo (fruticultura de clima temperado), abrangendo 804.786ha, sendo que 82% desse valor correspondem às terras indicadas para lavouras, principalmente as que permitem a exploração com culturas de ciclo curto, com dois cultivos por ano. As terras indicadas para culturas de ciclo longo atingem 70.623ha, em áreas aptas também ao pasto plantado.

b) Pastagem Plantada

É um tipo de utilização do espaço agrícola de 475.537ha -17,70% da área da mesorregião, em que dos 2.814.668ha da área do Estado, indicados que representam 14,10% da (onde 57% dessas terras podem ser ocupadas com lavouras de ciclo longo, como uso alternativo, e 10% com culturas especiais de ciclo longo).

c) Silvicultura

Como terras indicadas para utilização com silvicultura tem condições de ocupar um espaço bastante expressivo na mesorregião, já que pode ser sugerida para 535.120ha -19,90% de sua área contra os 4,50% da superfície estadual que abrangem 886.054ha - As culturas especiais de ciclo longo podem ocupar 7% dessas terras.

d) Pastagem Natural

A pastagem natural é indicada para 34.287ha, que correspondem à sua área de ocorrência e representam aproximadamente 0,20% da área do Estado.

e) Terras sem Aptidão Agrícola

Ocupam 670.089ha ou 24,90% da extensão da mesorregião, o que é bastante diferenciado em relação aos 8% (1.596.869ha) do espaço estadual, onde 3% dessa área estão destinados aos parques e reservas. Já, na mesorregião os parques e reservas equivalentes abrangem 77.570ha.

APTIDÃO POR NÍVEL DE MANEJO

a) *Lavouras*

As terras da Mesorregião 401 adequadas ao sistema de produção com lavouras evidencia, sérias limitações, uma vez que a classe de aptidão boa, presente para os níveis de manejo B e C, é identificada somente em 3,40% de sua superfície, bastante diferente dos 26,80% da superfície estadual onde 92,10% das terras adequadas ao sistema de produção com lavouras, prevalecendo as da classe de aptidão boa, já que caracterizam 5.337.864 ha, o que representa.

O nível de manejo **A** pode ser adotado em 262.527ha (9,80%), na mesorregião em que predominam as terras incluídas na classe de aptidão restrita, as quais no estado abrangem 3.554.521 ha e perfazem 17,80% da superfície total.

Toda a área indicada para utilização com lavouras permite sua exploração com o emprego do nível de manejo **B**, correspondem a 26,80% da área no estado. No entanto, prevalecem as terras cujas características físicas enquadram-se na classe de aptidão restrita, uma vez que compreendem 19,50% da extensão da mesorregião.

Em 866.377ha -32,20% da área em análise, pode ser adotado o nível de manejo **C**, predominando as terras da classe de aptidão regular (20,90%), o que representa quase o dobro em relação aos 10,80% da área estadual seguindo-se as da classe de aptidão restrita (9,80%), sendo para o estado o percentual equivalente a 6,10%.

Em 377.746ha -65% das terras indicadas para lavouras, predominando as terras enquadradas na aptidão boa, por ocuparem 3.665.345ha, equivalentes a 18,40% do Estado. Seguem-se as terras da classe de aptidão restrita, enquanto que as de aptidão regular referem-se a 2.157.880ha

O nível de manejo **B** tem condições de ser adotado em 13.405.505ha - Na classe de aptidão regular registram-se 4.154.161 ha, que perfazem 20,90% do espaço em análise, com as terras da classe de aptidão restrita para esse manejo ocupando 3.913.480ha -19,70% do Estado.

As terras passíveis de serem exploradas com a adoção do nível de manejo **C** abrangem 11.702.510ha -82,30% do total de terras propícias à utilização com lavouras. Predominam as terras enquadradas na classe de aptidão regular, com 7.391.535ha, correspondendo a 37,10% da área do Estado. Seguem-se as terras classificadas na aptidão boa, ocupando 3.101.056ha -15,60% do total. Na classe de aptidão restrita identificam-se 1.209.919ha, que correspondem 6,10% da superfície total.

b) Pastagem Plantada

A esse tipo de utilização do espaço agrícola deve-se empregar o nível de manejo B. Para pastagens as terras que são classificadas nas aptidões: boa e regular; estas equivalem em área respectivamente 7,60% e 7,70%, para esse tipo de atividade agrícola. Na classe de aptidão restrita identificam-se 69.655ha, perfazendo 2,60% do total da mesorregião boa. No estado do Paraná esse se constitui em um sistema de produção adequado a 9,90% do Estado (1.980.383ha) apresentando ainda alternativa de uso com culturas especiais de ciclo longo.

c) Silvicultura

Constitui-se em um sistema de produção cuja exploração é também considerada para o nível de manejo B. Nessas condições predominam as terras classificadas na aptidão regular, com 275.086ha, correspondendo a 10,20% da extensão da mesorregião. Na classe de aptidão boa são registrados 170.467ha (6,30%) e, na classe de aptidão restrita, 3,60%.

d) Pastagem Natural

Com a aplicação do nível de manejo A, a pastagem nativa é indicada para 34.287ha, que representam somente 0,20% da área estadual.

Para a verificação da existência de unidades homogêneas na utilização do solo, na sua potencialidade e na estrutura fundiária, a composição da mesorregião adotada para esta porção do Estado do Paraná, onde está inserida a Região Metropolitana de Curitiba, considerando-se o código de identificação das microrregiões homogêneas, pela Fundação IBGE e as regiões administrativas adotadas pela EMBRATER, a área fica definida como parte da Mesorregião 401, sendo constituída pelas Microrregiões Homogêneas 268, 269, 270, 271, 272 e 275, abrangendo uma área de 2.690.400ha, que corresponde a 13,50% da superfície estadual.

Portanto, essa mesorregião compreende a baixada litorânea e as terras altas do primeiro planalto englobando a Serra do Mar.

Nessa mesorregião distinguem-se dois tipos de clima. Na área do planalto, em domínio do clima subtropical úmido, Cfb, (segundo a classificação de Koeppen) registram-se médias térmicas anuais em torno de 16 a 17°C. As temperaturas máximas anuais apresentam uma média de 23°C, enquanto a média anual das mínimas gira em torno de 11° e 20°C. A precipitação anual atinge 1.500mm, sendo que o Município de Cerro Azul, ao norte da região, apresenta o menor índice pluviométrico - 1.200mm. Os invernos são rigorosos, com ocorrência de geadas. Na baixada litorânea, com clima tropical superúmido, Af, (segundo a classificação de Koeppen) as médias térmicas anuais oscilam

entre 20° e 21°C. As médias anuais das máximas são de 26°C e as das mínimas, de 17°C. Não ocorrem geadas durante o inverno. O relevo na vertente atlântica da serra do Mar causa as chuvas orográficas, as quais decorrem da ação dessa barreira como obstáculos aos ventos dominantes de sudeste condutores de massas úmidas, provocando precipitações superiores a 3.000mm anuais região mais chuvosa do Estado.

No que diz respeito à vegetação, o litoral paranaense é parte do domínio da floresta Ombrófila Densa, sendo povoado, principalmente, por manguezais, alternados com vegetação psamófila. Os primeiros formam verdadeiras florestas arbustivas, de cinco a seis metros de altura.

A Floresta Ombrófila Densa avança sobre a Serra do Mar, onde a influência marítima eleva-se a altitudes de 1.000 a 1.200 metros, prolongando-se ao longo dos vales até altitudes mais elevadas como sub-formação montanhosa, e que desse modo alcança o Primeiro Planalto pelo Vale do Ribeira.

Para o interior do continente, a cobertura é caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista com presença da Araucária, entremeada por manchas de campos.

De modo geral na Floresta Ombrófila Mista o solo onde ocorrem os pinheiros pode ser considerado fértil, apresenta horizonte A é formado por um horizonte escuro, com 20 a 30 centímetros de espessura. Abaixo deste, o horizonte B apresenta-se com uma cor vermelha a Vermelha -amarela intensa e com grande espessura.

O tipo climático que ocorre na área é o Cfb de Koeppen, úmido, sem estação seca e com geadas freqüentes.

CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DE SOLOS ENVOLVIDAS

- **LV a13** - Associação Latossolo Vermelho-Amarelo Álico relevo ondulado + Cambissolo Álico Tb relevo forte ondulado substrato fílicos ambos, com o horizonte "A" proeminente textura argilosa fase campo subtropical.

A presente unidade ocorre na região sudeste, nos municípios de Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul e Campo Largo, sendo parte de uma área mapeada possui uma extensão total de 276 km², correspondendo a 0,14% da superfície do Estado.

Na área de ocorrência desta unidade, verifica-se uma ligeira predominância do Latossolo, ocorrendo estes nas partes mais suaves do relevo (normalmente nos espigões). O Cambissolo ocorre nas partes mais declivosas, apresentando perfis com profundidade efetiva menor que os do Latossolo. Constituem constam como inclusões nesta unidade: Podzólico Vermelho-Amarelo; Solos Hidromórficos; Solos Litólicos. Esses solos ocorrem em relevo de ondulado a forte ondulado. A altitude da unidade é da ordem de 950 a 1.000 m.

Quanto a litologia e material de origem os solos desta unidade são originados a partir de filitos do Pré-Cambriano.

Considerações sobre utilização

Acham-se em sua maior parte, com sua vegetação natural, sendo pouco utilizados com agricultura.

Estes solos apresentam problemas com a fertilidade, que é muito baixa. São bastante susceptíveis à erosão, por ocorrerem em relevo ondulado e forte ondulado, o mesmo ocorrendo com a mecanização. Para um melhor uso, sugere-se práticas conservacionistas, calagens e adubações para elevar o conteúdo de nutrientes.

- **LEd3 - Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico** - Com o horizonte "A" proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado. Estes solos possuem uma extensão de 190 km², que correspondem a 0,81% da área da classe Latossolo Vermelho-Escuro e 0,09% da superfície do Estado, localmente estão presentes, nos municípios, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Colombo e Bocalúva do Sul.

Constituem variações desta unidade: Solos com horizonte A menos desenvolvido; h. Solos com horizonte "A" mais desenvolvido; c. Solos de textura mais leve; Solos intermediários para Cambissolo; e Solos superficialmente erodidos.

Nesta unidade ainda são registradas as inclusões de: Solos com "A" húmico; Solos com "A" moderado; e Solos álicos.

O material originário destes solos provém principalmente de resíduos intemperizados de rochas sedimentares, de natureza argilosa, do Permiano Inferior, podendo apresentar mistura com material arenoso.

O relevo é suave ondulado, com elevações de topos aplainados, vertentes longas e retas, vales em "V" aberto, declives suaves e altitudes variando entre 500 e 800 m.

A vegetação primária remanescente encontrada nesta área era do tipo floresta subtropical perenifólia, formada por árvores de grande e médio porte, rica em pinheiro, imbuia, cedro, canela, guaçatunga, erva-mate e outras.

Considerações sobre utilização

São solos que além de possuir boas condições físicas e um relevo favorável à mecanização, têm elevada capacidade de retenção de água e boa permeabilidade, apresentando porém baixa fertilidade natural, que poderá ser corrigida com o uso de fertilizantes e corretivos; portanto, podem ser perfeitamente usados com sistema tecnificado de agricultura.

- **TBS_a** - Associação Terra Bruna Estruturada Similar Álica Textura Argilosa + Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Tb textura média /argilosa ambos com o horizonte "A" proeminente fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado. Esta unidade de mapeamento possui uma extensão de 164 km², o que corresponde a 0,08% da superfície do Estado.

Estes solos ocorrem apenas na região sudeste, próximo a Curitiba, mais especificamente nos municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Campo Largo e Ponta Grossa.

O arranjo dos componentes solos desta associação encontram-se numa proporção estimada de 60% e 40%, respectivamente.

O primeiro componente ocorre normalmente nas partes menos declivosas, ficando para o segundo componente as encostas mais inclinadas de relevo forte ondulado.

Constituem inclusões nesta unidade:

- a. Cambissolo Álico substrato filitos e micaxistos;
- b. Solos Litólicos substrato filitos e micaxistos; e
- c. Terra Roxa Estruturada desenvolvida a partir de diques de rochas básicas (diabásios).

A Terra Bruna Estruturada Similar é desenvolvida a partir dos resíduos da meteorização de filitos, micaxistos e calcários, enquanto que o outro solo foi desenvolvido a partir do saprolito, dos migmatitos e granitos do Pré-cambriano Médio e Superior.

A área da unidade está sob a influência de clima úmido, sem estação seca e com geadas severas demasiadamente freqüentes, enquadrando-se no tipo climático Cfb, da classificação de Koeppen.

O relevo é forte ondulado, constituído por elevações de topos ligeiramente aguçados, vertentes médias e declives superiores a 25%. A altitude média é de aproximadamente 900 metros.

A cobertura com vegetação primária apresenta o tipo floresta subtropical perenifólia, formada por árvores de médio porte, com grande incidência de araucária, cedro, bracatinga e outras.

Considerações sobre utilização

Devido às severas limitações que apresentam, tais como a baixa fertilidade natural, a forte susceptibilidade à erosão e a restrita possibilidade de mecanização, estes solos são pouco aptos para a agricultura. Tendo em vista todas estas restrições, seria conveniente que nessas áreas a fauna fosse protegida e a flora melhorada, tanto pelo enriquecimento, quanto pelo adensamento com espécies nativas de valor econômico, as quais devem ser exploradas mediante técnicas extrativas não predatórias.

- **PE4** -Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico Tb com o horizonte "A" Chernozêmico textura média/argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado e montanhoso.

Os solos desta unidade de mapeamento ocorrem em uma extensão de 151 km², o que corresponde a 2,23% da área da classe e 1,51% da superfície do Estado.

Distribuem-se na região sudeste (municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul e Cerro Azul) e centro-leste (município de Castro).

Constituem variações desta unidade, os solos intermediários para Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico.

São solos formados a partir de materiais provenientes da decomposição de gnaisses e granitos do Pré-Cambriano, com influência de rochas calcárias.

As áreas de ocorrência desta unidade estão sob a influência do tipo climático Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca e com média do mês mais quente inferior a 220°C.

Os solos dessa unidade ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso, formado por outeiros e/ou morros e em altitudes em torno de 1.000 m.

A vegetação primária é do tipo floresta subtropical perenifólia, com árvores de médio a grande porte.

Considerações sobre utilização

Apesar da boa fertilidade natural que apresentam, existem várias limitações a seu uso, pois o relevo fortemente movimentado, além de impedir o uso de maquinaria agrícola, favorece em muito o fenômeno da erosão. Aconselha-se, sempre que possível, a preservação da vegetação natural.

- **PV6-** Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico Tb com o horizonte "A" moderado textura média/argilosa com cascalho fase campo subtropical relevo forte ondulado e montanhoso. Os solos desta unidade ocorrem em uma extensão de 113 km², o que corresponde a 0,4.5% da área da classe e a 0,06% da superfície do Estado.
Ocorre na região sudeste (municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré e Campo Largo).

Constituem variações desta unidade:

Solos intermediários para Podzólico Vermelho-Amarelo a proeminente.

Como inclusões nesta unidade, têm-se:

- a. Solos Litólicos Distróficos;
- b. Cambissolo; e
- c. Podzólico Vermelho-Amarelo a proeminente.

São formados a partir de materiais provenientes da decomposição de granitos, do Pré-Cambriano.

As áreas de ocorrência desta unidade estão sob a influência do tipo climático ab, subtropical úmido, mesotérmico sem estação seca e com média do mês mais quente inferior a 22° C.

Ocorrem em áreas de relevo forte ondulado e montanhoso e em altitudes compreendidas entre 900 e 1.000 metros.

O tipo campestre subtropical é a vegetação primária desta unidade.

Considerações sobre utilização

O relevo muito acidentado, associado a pouca profundidade, além de impedirem a mecanização, facilitam a erosão e tomam inviáveis as utilizações agrícolas destes solos. A preservação da vegetação natural é o mais aconselhável, sem deixar de ser considerada a possibilidade de seu uso florestal.

- **PV7-** Associação Podzólico Vermelho-Amarelo Distrofíco Tb Relevo Ondulado + Latossolo Vermelho-Escuro Distrofíco relevo suave ondulado, ambos A proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia.

Os solos desta unidade de mapeamento ocorrem em uma extensão de 430 km², o que corresponde a 0,22% da superfície do Estado.

Ocorrem nas regiões sudeste (municípios de Campo Largo, Almirante Tamandaré e Rio Branco do Sul) e centro-leste (municípios de Tibagi e Telêmaco Borba).

Ocorrem em proporção estimada de 60% e 40%, respectivamente, sendo que a primeira ocupa as meia encostas e sopés das elevações e o segundo, as partes mais elevadas das colinas de pendentes longas.

São incluídos nessa unidade o Cambissolo e o Podzólico Vermelho-Amarelo cámbico.

São formados: o Podzólico a partir de materiais provenientes da decomposição de migmatitos (embrechitos e epibolitos), do Pré-cambriano; e o Latossolo a partir de rochas calcárias, às vezes associados com filitos.

As áreas de ocorrência desta unidade estão sob a influência do tipo climático Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca e com média do mês mais quente inferior a 22°C.

Quanto ao relevo e altitude, o Podzólico ocorre em relevo ondulado, formado por colinas e/ou outeiros de topos arredondados e o Latossolo em relevo suave ondulado, de pendentes longas, ambos com altitudes entre 700 e 1.000 metros.

Vegetação primária é do tipo floresta subtropical perenifólia constituída por árvores de porte alto.

Considerações sobre utilização

As áreas ocupadas pelo Podzólico, dentro da presente associação, apresentam maiores problemas quanto a sua utilização, devido principalmente ao relevo, que além de dificultar em parte a moto mecanização, favorece também ao fenômeno da erosão. De maneira geral, os solos desta unidade podem ser bastante aproveitados, desde que usados racionalmente, utilizando-se técnicas conservacionistas, correção e adubação.

- **Ca8- CAMBISSOLO ALICO Tb A** proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo forte ondulado substrato filitos.

Área mapeada

Estes solos possuem uma extensão de 190 km², correspondendo a 0,90% da área da classe CAMBISSOLO e 0,10% da superfície do Estado.

Distribuição geográfica

A presente unidade é encontrada na região sudeste, especialmente nos municípios de Ponta Grossa, Bocaiúva do Sul e Almirante Tamandaré.

Variações e Inclusões

Constituem variações desta unidade:

- a) Solos intermediários para Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa;
- b) Solos intermediários para Podzólico Vermelho-Amarelo a moderado;
- c) Perfis mais rasos, próximos dos Solos Litólicos.

Constituem inclusões nesta unidade:

- a) Solos Litólicos Álicos substrato filitos;
- b) Terra Bruna Estruturada Similar; e
- c) Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico.

Litologia e material de origem

Os solos são desenvolvidos a partir dos produtos da intemperização de rochas metassedimentares, principalmente filitos.

Clima

A área da unidade está sob a influência de clima úmido, sem estação seca, com invernos rigorosos e com incidência bastante freqüente de geadas, enquadrando-se no tipo climático Cfb, da classificação de Koeppen.

Relevo e altitude

O relevo é forte ondulado, constituído por conjunto de outeiros e morros, de topos ligeiramente aguçados, com vertentes de comprimento médio e declives superiores a 20%. A altitude situa-se em torno de 950 a 1.000 m.

Vegetação primária é do tipo floresta subtropical perenifólia, formada por árvores de pequeno e médio porte.

Considerações sobre utilização

A maior parte da área da unidade acha-se recoberta com vegetação primária ou secundária. Sendo estes solos muito pouco utilizados com agricultura.

Além da baixa fertilidade natural aliada a teores elevados de alumínio trocável, são muito susceptíveis à erosão, sendo a motomecanização inviável em mais de 70% da área que ocupam. São, portanto, inaptos para lavouras e pastagens e regulares para silvicultura.

- **Ca10- CAMBISSOLO ALICO Tb** A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo forte ondulado e montanhoso substrato filitos.

Estes solos possuem uma extensão de 12 km², correspondendo a 0,06% da área da classe CAMBISSOLO e < 0,01% da superfície do Estado.

A presente unidade ocorre nas regiões centro-leste e sudeste, especialmente nos municípios de Bocaiúva do Sul, Sengés, Cerro Azul, Rio Branco do Sul, Campo Largo e Almirante Tamandaré.

Constituem variações desta unidade:

- a) Solos intermediários para Terra Bruna Estruturada Similar; e
- b) Solos mais rasos, próximos dos Solos Litólicos;

Constituem inclusões nesta unidade:

- a) Solos Litólicos substrato filitos;
- b) Cambissolo Álico substrato migmatitos.

Litologia e material de origem:

Os solos são desenvolvidos de saprolito resultante do intemperismo de filitos, do Grupo Açungui. Toda a área da unidade está sob a influência do tipo climático Cfb, da classificação de Koeppen.

O relevo é forte ondulado e montanhoso, constituído por morros e montanhas, com desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes. A altitude situa-se entre 850 e 950 metros.

A cobertura vegetal é predominantemente do tipo campo subtropical, intercalado por áreas de vegetação arbórea, do tipo floresta subtropical.

Considerações sobre utilização

A baixa fertilidade natural, as severas limitações ao uso de máquinas agrícolas e a alta susceptibilidade à erosão, são as causas responsáveis pela reduzida ou quase nula utilização destes solos com agricultura.

Em vista dessas limitações, são considerados inaptos para lavouras e pastagens e de utilização restrita para silvicultura.

- **Ca 37-** Associação Cambissolo Álico Tb relevo forte ondulado + Solos Litólicos Distrofícos relevo montanhoso ambos com o horizonte "A" moderado e textura argilosa fase campo subtropical substrato filitos.

Estes solos possuem uma extensão de 1.178 km², que correspondem a 0,59% da superfície do Estado.

A presente associação ocorre na região sudeste, estando distribuída em algumas manchas nos municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul e Campo Largo.

Os solos integrantes desta unidade de mapeamento encontram-se numa proporção estimada de 55% e 45%, respectivamente. O primeiro componente ocupa normalmente o relevo forte ondulado e o segundo o montanhoso.

Constituem inclusões nesta unidade:

- a) Podzólico Vermelho-Amarelo Álico textura argilosa com cascalho;
- b) Latossolo Vermelho-Amarelo pouco profundo; e
- c) Afloramentos de Rocha (migmatitos).

Os dois solos são formados a partir de material de origem dos produtos da meteorização de filitos, do Grupo Açungui, com influência, em grau variável, de material retrabalhado.

A área da unidade encontra-se sob a influência do tipo climático Cfu, clima subtropical úmido, sem estação seca, com verões frescos com geadas severas demasiadamente freqüentes.

Predominam as superfícies de topografia movimentada, com formas acidentadas, constituídas por morros e montanhas, com declives fortes e muito fortes. A altitude da unidade varia de 800 a 950 metros, aproximadamente.

A vegetação primária é do tipo campo subtropical, com grande incidência de espécies arbustivas.

Considerações sobre utilização

Tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos da associação, a grande incidência de geadas, os graves riscos de erosão e a impossibilidade ou dificuldade de mecanização, conclui-se que as áreas dessa unidade são inaptas para a agricultura.

As áreas ocupadas pelo Cambissolo ainda podem ser utilizadas para silvicultura, mas as áreas montanhosas, onde predominam os solos Litólicos, não devem ser utilizadas nem mesmo com silvicultura.

13 - DEMOGRAFIA

13.1 - INTRODUÇÃO

O meio físico da área de estudo possui características e vulnerabilidades que variam geograficamente. A definição espacial da densidade demográfica urbana e rural e a compreensão de sua evolução, representam informações importantes para o zoneamento da região, uma vez que os municípios que integram a área de influência do Karst apresentam altos índices de crescimento populacional.

O mapa de densidades demográficas urbanas e rurais apresentado no presente trabalho tem como base os setores censitários disponibilizados pelo IBGE no Censo 2000, os quais possibilitaram a espacialização da população dos municípios de interesse. Nesse trabalho foram utilizados a Malha Municipal Estatística – MME, os "shape files" dos Setores Censitários da Zona Rural da Região Sul e das Zonas Urbanas de Municípios com mais de 25.000 habitantes e a Base de Informação por Setor Censitário do IBGE. Uma dificuldade encontrada na confecção do mapa referiu-se à escala fornecida para os setores censitários rurais (1:2.500.000), o que demandou ajustes e correções para compatibilizar com a escala 1:10.000. Outro problema foi a falta de correspondência entre os códigos de alguns setores e os códigos da base de dados, implicando na consulta manual aos arquivos base do IBGE. Outras informações foram retiradas de relatórios e projeções do IPARDES.

13.2 - DINÂMICA DEMOGRÁFICA

A população da Região Metropolitana de Curitiba – RMC – passou de 317.442 para 1.440.626 habitantes no período de 1950 a 1980, concentrando-se em Curitiba e arredores. Quanto à taxa de urbanização no mesmo intervalo de tempo, apenas 10% da população metropolitana residia em áreas urbanas em 1950, excluindo-se Curitiba. Já em 1980, esse valor superou os 70%, embora grande parte dessa população urbana tenha se fixado fora da sede municipal, nos bairros contíguos a Curitiba (ULTRAMARI e MOURA, 1994).

No período de 1950 a 1980, juntamente com Curitiba, tiveram destaque quanto ao crescimento os municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo, Colombo, Piraquara e São José dos Pinhais, conforme mostra a Tabela 13.01 a seguir.

Tabela 13.01 - População Total segundo Municípios da RMC – 1950 – 1980

MUNICÍPIOS	1950	1960	1970	1980
Almirante Tamandaré	8 812	10 220	15 299	34 168
Araucária	11 524	16 553	17 117	34 799
Balsa Nova	-	-	4 704	5 288
Bocaiúva do Sul	20 490	18 346	10 697	12 119
Campina Grande do Sul	-	7 982	7 891	9 798
Campo Largo	26 365	32 272	34 405	54 839
Colombo	6 331	8 719	19 258	62 881
Contenda	-	8 361	7 224	7 556
Curitiba	180 575	361 309	609 026	1 024 975
Mandirituba	-	-	11 036	15 452
Piraquara	11 199	11 573	21 253	70 640
Quatro Barras	-	-	4 066	5 710
Rio Branco do Sul	16 378	20 429	25 133	31 767
São José dos Pinhais	35 768	28 888	34 124	70 634
RMC	317 442	524 657	821 233	1 440 626

Fonte: IBGE

A Tabela 13.02, desenvolvida a partir de dados do IPARDES, mostra a população total da RMC em 2000, com todos os municípios que a compõem atualmente, inclusive a Lapa.

Tabela 13.02 - População Residente por Situação do Domicílio e Sexo, segundo os Municípios da RMC - 2000

Municípios	Urbana	Rural	Masculino	Feminino	Total
Adrianópolis	1 614	5 392	3 611	3 395	7 006
Agudos do Sul	1 463	5 754	3 792	3 425	7 217
Almirante Tamandaré	84 627	3 512	44 063	44 076	88 139
Araucária	85 996	8 141	47 480	46 657	94 137
Balsa Nova	3 185	6 970	5 199	4 956	10 155
Bocaiúva do Sul	3 562	5 485	4 758	4 289	9 047
Campina Grande do Sul	26 510	8 597	17 802	17 305	35 107
Campo Largo	77 133	15 580	46 456	46 257	92 713
Campo Magro	2 503	17 861	10 346	10 018	20 364
Cerro Azul	3 916	12 429	8 479	7 866	16 345
Colombo	174 971	8 382	91 230	92 123	183 353
Contenda	6 316	6 932	6 692	6 556	13 248
Curitiba	1 586 898	-	760 677	826 221	1 586 898
Doutor Ulysses	700	5 284	3 162	2 822	5 984
Fazenda Rio Grande	58 952	3 666	31 658	30 960	62 618
Itaperuçu	16 109	3 025	9 685	9 449	19 134
Lapa	24 037	17 740	21 176	20 601	41 777
Mandirituba	6 273	11 282	9 041	8 514	17 555
Pinhais	100 601	2 270	50 784	52 087	102 871
Piraquara	33 779	39 027	37 602	35 204	72 806
Quatro Barras	14 509	1 640	8 138	8 011	16 149
Quitandinha	3 046	12 221	7 988	7 279	15 267
Rio Branco do Sul	20 039	9 282	15 124	14 197	29 321
São José dos Pinhais	183 259	20 939	102 280	101 918	204 198
Tijucas do Sul	1 846	10 412	6 465	5 793	12 258
Tunas do Paraná	1 422	2 193	1 920	1 695	3 615
RMC	2 447 266	244 016	1 355 608	1 411 674	2 767 282
PARANA	7 782 005	1 776 121	4 735 030	4 823 096	9 558 126

Fonte: IPARDES, 2000

Comparando ambas as tabelas, verifica-se que de 1950 a 2000 a população da RMC passou de 317.442 para 2.767.282 habitantes, sendo que a maior parte dela está nos municípios que integram a mancha urbana de Curitiba, com participação significativa daqueles situados na área do Karst, como Colombo e Almirante Tamandaré.

Ambos os municípios, no período de 1980 a 2000, apresentaram taxas de crescimento da ordem de 5,87% e 4,25%, respectivamente, superiores às de Curitiba, como mostra a Tabela 13 - 03 a seguir. Na década seguinte, essa tendência de crescimento permaneceu, com o surgimento porém de outros dois focos importantes de atração: os municípios de Campo Magro – desmembrado de Almirante Tamandaré em 1995 – e Itaperuçu – desmembrado de Rio Branco do Sul em 1990 – que apresentaram taxas de 5,99% e 6,83% respectivamente no período.

Tabela 13.03 - População e Taxa de Crescimento segundo Municípios da Área de Estudo - 1980/2000

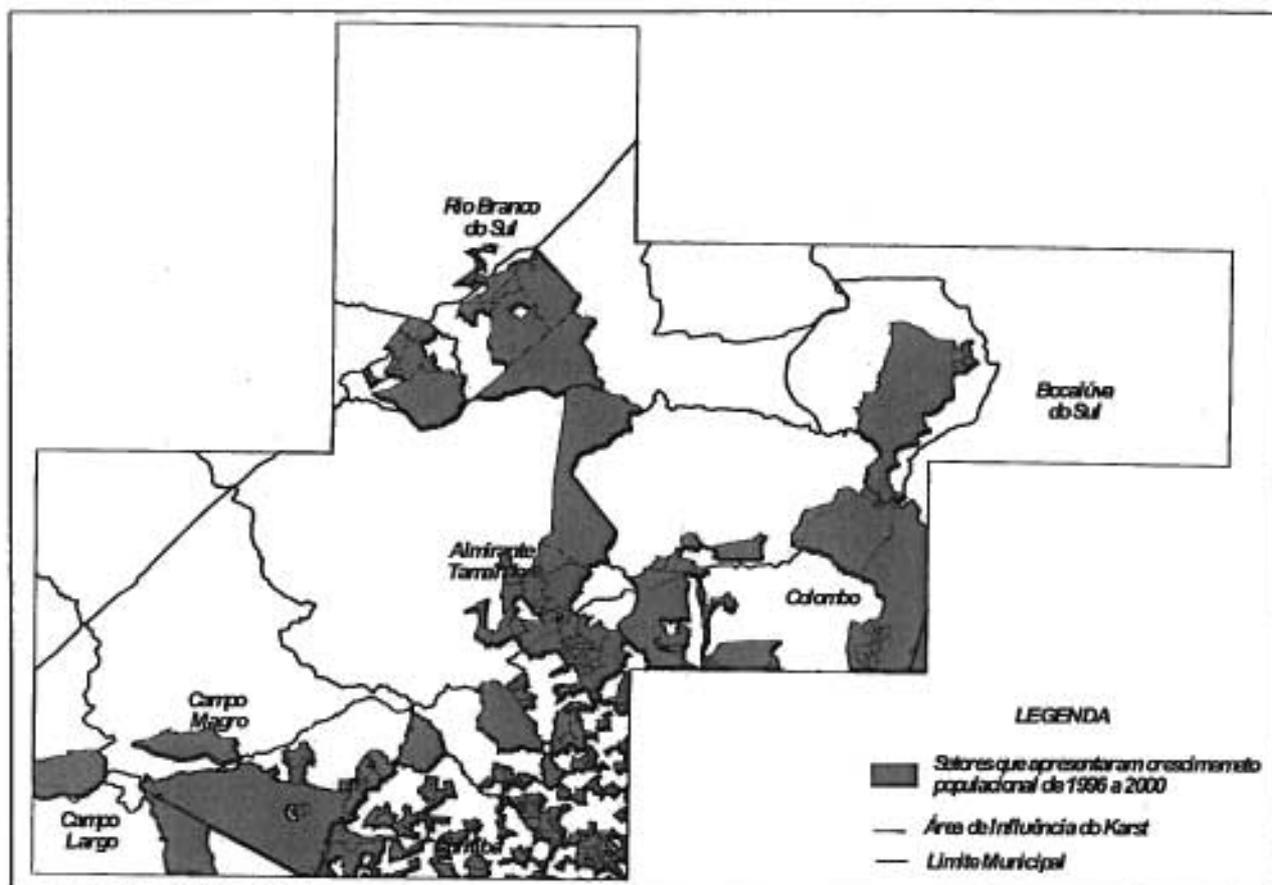
Município	População 2000			Taxa de crescimento da população (% a.a.)			
	Total	Urbana	Rural	Total		Urbana	Rural
				1980/1991	1991/2000		
Alm. Tamandaré	88.277	84.755	3.522	4,25	5,66	5,80	2,89
Bocaiúva do Sul	9.050	3.562	5.488	-3,92	1,68	4,19	0,33
Campo Largo	92.782	77.223	15.559	2,57	2,80	4,12	-2,00
Campo Magro	20.409	2.501	17.908	0	5,99	-11,97	17,21
Colombo	183.329	174.962	8.367	5,87	5,09	5,31	1,24
Curitiba	1.587.315	1.587.315	0	2,29	2,13	2,13	0
Itaperuçu	19.344	16.234	3.110	0	6,83	14,80	-7,09
Rio Branco do Sul	29.341	20.049	9.292	-1,28	0,70	0,62	0,89

Fontes: IBGE, 2000; IPARDES - Tabulações Especiais, 2000

Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul, por sua vez, tiveram um declínio de sua população, com taxas de -3,92% e -1,28%, respectivamente. Em Bocaiúva do Sul, esse fenômeno resultou da estagnação progressiva da região. Já no caso de Rio Branco do Sul, o decréscimo resulta do desmembramento de Campo Magro.

Na Figura 13-01 a seguir, com a delimitação da área de interesse do projeto, estão marcados os setores censitários que apresentaram crescimento no período de 1996 a 2000, espacializando os dados referentes às tendências de crescimento demográfico no período.

Figura 13.01 - Crescimento Populacional 1996 - 2000



Fonte: IBGE, 1996 e 2000.

No que diz respeito às projeções das taxas de crescimento total para 2005 e 2010, as tendências apontam para uma manutenção do cenário atual, com leve diminuição no ritmo de crescimento. Essa diminuição, aliás deverá ocorrer em todo o Estado do Paraná, que no período 1991/2000 apresentava taxas de 1,40% ⁸⁸ enquanto no período 2005/2010 deverá crescer apenas 0,99% ⁸⁹.

O fenômeno se deve à diminuição no crescimento vegetativo da população paranaense em geral, embora os fluxos migratórios em direção à Região Metropolitana de Curitiba e outros pólos regionais continuem sendo um fator decisivo na manutenção de taxas crescentes. Dentre as variáveis demográficas – mortalidade, fecundidade e migração – que interferem nas tendências de crescimento da região, esta última é a que mais se sobressai, influenciando os ritmos de crescimento da população e sua distribuição espacial.

Este processo está inserido em um fenômeno de migrações intraestaduais em direção à Região Metropolitana, evidenciado pelo fato de que na RMC se encontram a maior parte dos municípios paranaenses que mais cresceram no período de 1991 a 1996, com ênfase para Fazenda Rio Grande, Piraquara, Itaperuçu e Campina Grande do Sul, os quatro com taxas superiores a 10% ^{aa}. Esse elevado aumento populacional certamente não provém de um crescimento vegetativo, mas sim da acomodação do contingente migratório que tem aportado à região.

A Tabela 13.04 a seguir ilustra as projeções de crescimento para os municípios da área de interesse e as populações totais em 2000, de acordo com o IBGE, e em 2010, segundo projeções do IPARDES. Se concretizadas as projeções, essa população será de 2.610.481 habitantes em 2010.

Tabela 13.04 - Taxa de Crescimento da População Total segundo Municípios da Área de Estudo – 1980/2010

Município	Taxa de Crescimento da População Total				População 2000	População Prevista 2010
	1980/1991	1991/2000	2000/2005*	2005/2010*		
Almirante Tamandaré	4,25	5,66	6,29	4,92	88 277	153 046
Bocaiúva do Sul	-3,92	1,68	1,13	0,71	9 050	10 073
Campo Largo	2,57	2,80	1,88	1,61	92 782	111 018
Campo Magro	-	5,99	6,12	5,60	20 409	37 697
Colombo	5,87	5,09	8,89	6,21	183 329	381 894
Curitiba	2,29	2,13	1,72	1,61	1 587 315	1 858 337
Itaperuçu	-	6,83	8,64	5,10	19 344	37 542
Rio Branco do Sul	-1,28	0,70	-6,81	-1,91	29 341	18 864
TOTAL					2 031 847	2 610 481

Fonte: IBGE, 1991 e 2000; IPARDES, 2002.

Quanto à densidade demográfica, de acordo com a Tabela 13.05, Curitiba, Colombo e Almirante Tamandaré são os municípios mais adensados, enquanto Rio Branco do Sul e Bocaiúva do Sul apresentam valores entre 70 a 100 vezes menores que a capital metropolitana.

Tabela 13.05 - Área, Densidade Populacional e População Total segundo Municípios da Área de Estudo - 2000

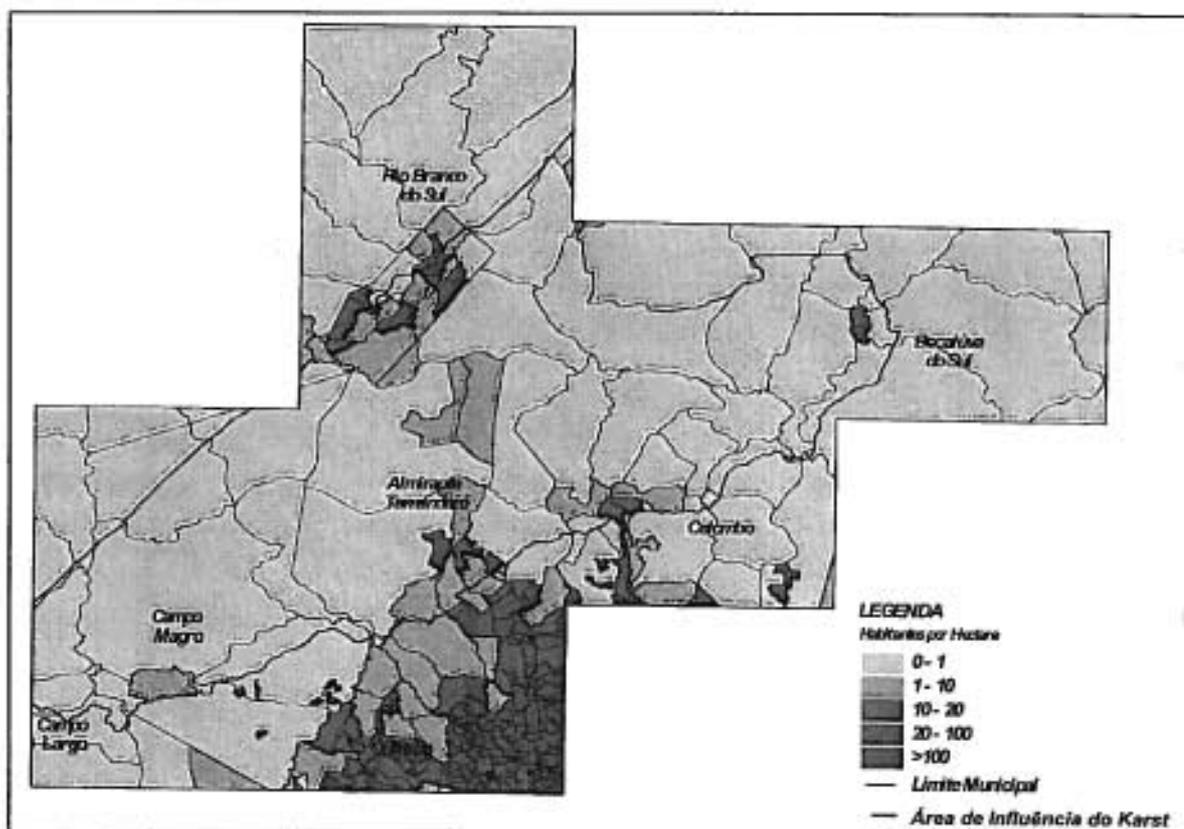
Município	Área (km ²)	Densidade populacional 2000 (hab./km ²)	População 2000		
			Total	Urbana	Rural
Almirante Tamandaré	188,65	467,93	88.277	84.755	3.522
Bocaiúva do Sul	825,26	10,97	9.050	3.562	5.488
Campo Largo	1.359,57	68,24	92.782	77.223	15.559
Campo Magro	258,76	78,87	20.409	2.501	17.908
Colombo	199,70	918,00	183.329	174.962	8.367
Curitiba	436,50	3.636,50	1.587.315	1.587.315	0
Itaperuçu	319,96	60,46	19.344	16.234	3.110
Rio Branco do Sul	817,40	35,90	29.341	20.049	9.292

Fonte: IBGE, 2000; IPARDES - Tabulações Especiais, 2000

As figuras a seguir ilustram a evolução da densidade urbano na área de estudo do Karst, com base nos dados do IBGE de 1996 e 2000 e das projeções para 2010. A Figura 13.02, apresentando as densidades por setor censitário de 1996, mostra a sede de Almirante Tamandaré perfeitamente integrada à malha urbana de Curitiba, enquanto em Colombo a integração entre a sede e a Capital ocorre de forma mais linear, ao longo da Rodovia da Uva (PR-417).

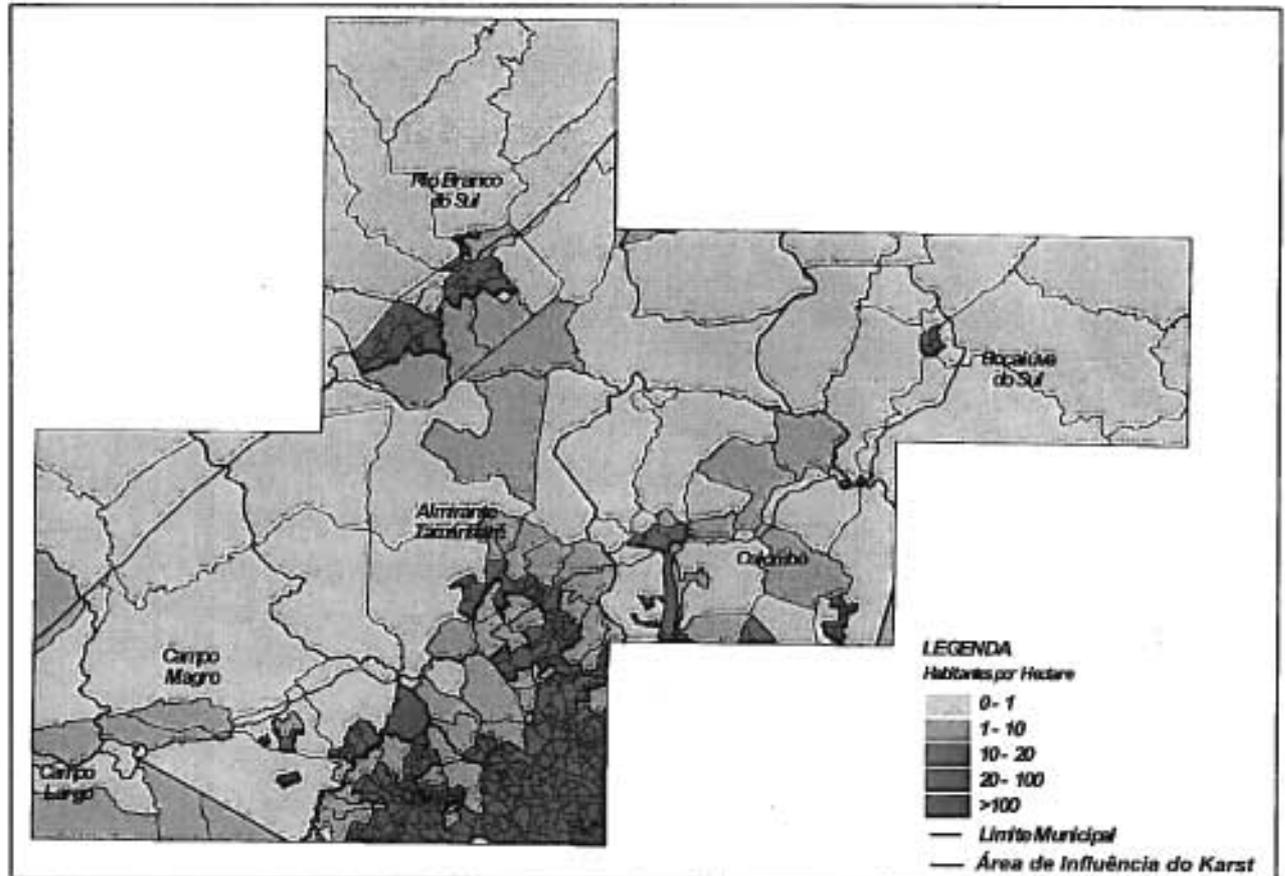
As sedes de Rio Branco do Sul e Itaperuçu formam um outro núcleo urbano significativo, evidenciando-se um prolongamento dessa ocupação em direção a Almirante Tamandaré, através da Rodovia dos Minérios (PR-092). Já as sedes dos municípios de Bocaiúva do Sul e Campo Magro constituem núcleos isolados.

Figura 13.02 - Densidade Demográfica segundo Municípios da Área de Estudo – 1996



Fonte: IBGE, 1996

Figura 13.03 - Densidade Demográfica 2000 segundo Municípios da Área de Estudo

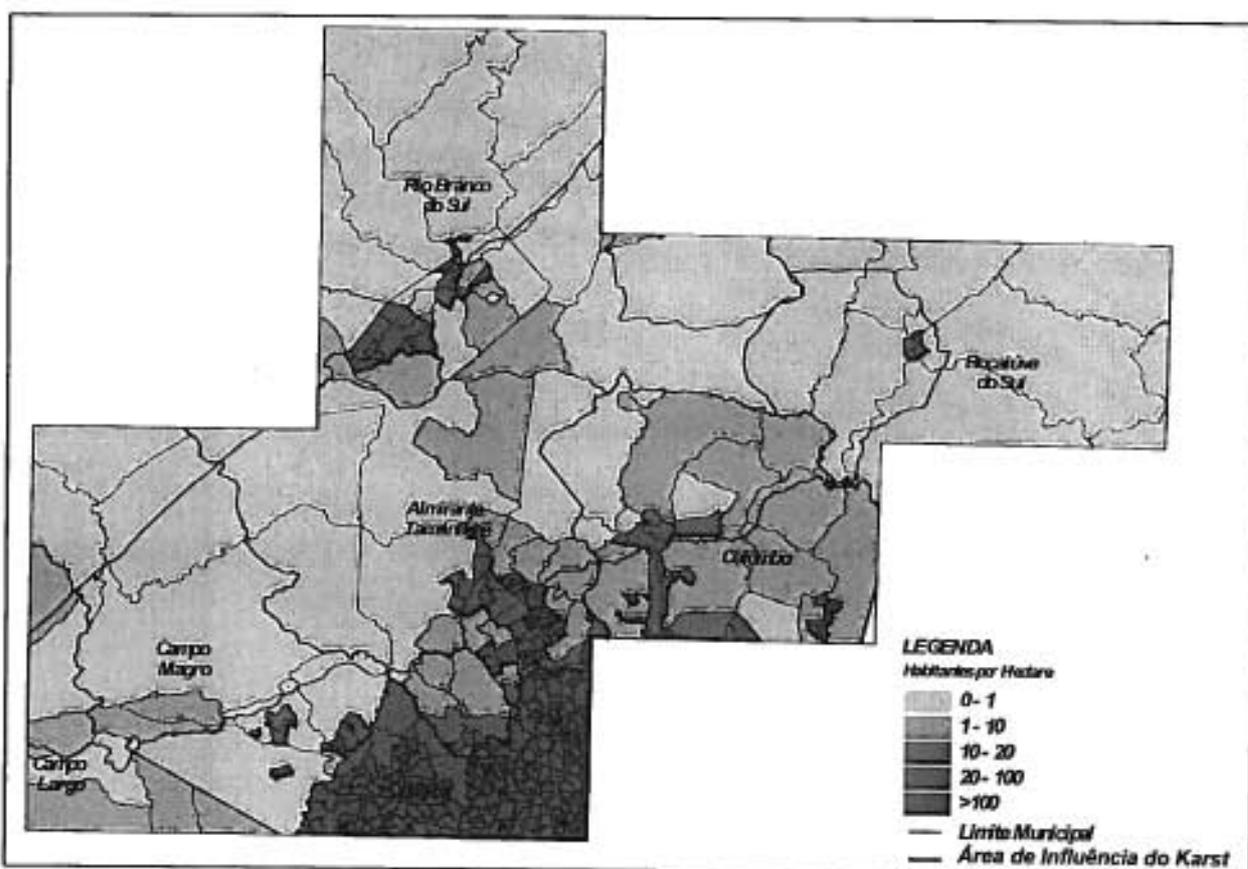


Fonte: Dados IBGE, 2000. Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

Na Figura 13.03 acima, que ilustra os dados de 2000, percebe-se a consolidação de eixos de adensamento entre os municípios de Itaperuçu e Rio Branco do Sul e nas áreas a norte e noroeste de Curitiba, em direção às sedes dos municípios de Colombo e Almirante Tamandaré, respectivamente. Outros setores de adensamento localizam-se a nordeste de Colombo, na localidade rural de Fervida, e em Campo Magro, ao longo da Estrada do Cerne (PR-090).

Conforme mostra a Figura 13.04, as atuais tendências deverão se manter, embora com um ritmo de crescimento menor.

Figura 13.04 - Densidade Demográfica Projetada segundo Municípios da Área de Estudo – 2010



Fonte: Dados IBGE, 2000. Elaborado pelo Consórcio Procel / Earth Tech

No que tange à diferenciação urbano-rural, à exceção de Bocaiúva do Sul e Campo Magro, os demais municípios têm a maioria de suas populações vivendo nas cidades ou em distritos urbanizados. Além de Curitiba, que se encontra 100% urbanizada, destacam-se Almirante Tamandaré e Colombo, cujas taxas de urbanização são respectivamente de 96,02%, e 95,43%. Campo Largo também apresenta alto grau de urbanização, da ordem de 83,20%, com o diferencial de grande parte dessa população estar localizada junto à sede, e não nas áreas contíguas a Curitiba, como ocorre com os dois municípios acima.

Campo Magro, que se emancipou em 1995, apresentou no período de 1991 a 2000 um aumento na população rural que na verdade diz respeito às ocupações lindeiras à Estrada do Cerne (PR-090), próximas ou em direção a Curitiba, tendo o extravasamento da população do pólo como fator agravante. Como essas áreas estão fora do perímetro urbano, acabam sendo contabilizadas como se fossem de característica rural. Em Itaperuçu, ao contrário, o acréscimo da população ocorreu em áreas do perímetro urbano, alcançando uma taxa de 14,80% no período 1991/2000. Este excedente populacional corresponde em grande parte aos oriundos de Rio Branco do Sul, que apresentou baixas taxas de crescimento total na época correspondente.

13.3 - INDICADORES SOCIAIS

Quanto às condições de vida, a Região Metropolitana de Curitiba apresenta índices satisfatórios em comparação com as demais regiões metropolitanas brasileiras. Porém, ao se analisar os municípios da área de estudo isoladamente, percebem-se valores bastante díspares, como mostram as Tabelas 13.06 e 13.07 a seguir.

Tabela 13.06 - Índice de Desenvolvimento Humano nos Municípios da Área de Estudo – 1991

Município	IDH-M	IDH-M Longevidade	IDH-M Educação	IDH-M Renda
Alm. Tamandaré	0,640	0,632	0,647	0,641
Bocaiúva do Sul	0,567	0,676	0,559	0,467
Campo Largo	0,710	0,656	0,679	0,796
Campo Magro	N/D	N/D	N/D	N/D
Colombo	0,693	0,657	0,679	0,744
Curitiba	0,819	0,696	0,796	0,965
Itaperuçu	N/D	N/D	N/D	N/D
Rio Branco do Sul	0,536	0,565	0,553	0,489

Fonte: IPARDES, 2001

Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M, este foi maior em Curitiba, que apresentou um valor geral de 0,819, influenciado pelo aspecto “renda” (0,965). O segundo melhor classificado foi Campo Largo, com um IDH-M de 0,710, também com destaque para o quesito “renda” (0,796). Colombo e Almirante Tamandaré aparecem na seqüência, respectivamente com valores gerais de 0,693 e 0,640.

O município com pior resultado foi Rio Branco do Sul, com um valor geral de 0,536. Este valor foi influenciado negativamente pelos aspectos “longevidade” (0,565) e “educação” (0,553), os piores dentre todos os municípios. No aspecto “renda”, Rio Branco do Sul ficou com um índice de 0,489, atrás somente de Bocaiúva do Sul (0,467). Bocaiúva do Sul, aliás, apresentou o segundo pior índice dentre os municípios da área de estudo, de 0,567. Campo Magro e Itaperuçu não foram contemplados porque à época da pesquisa, em 1991, ainda não haviam se emancipado.

Tabela 13.07 - Índice de Condição de Vida nos Municípios da Área de Estudo – 1991

Município	ICV	ICV LONGEVIDADE	ICV EDUCAÇÃO	ICV INFÂNCIA	ICV RENDA	ICV HABITAÇÃO
Alm. Tamandaré	0,701	0,748	0,552	0,728	0,739	0,737
Bocaiúva do Sul	0,610	0,787	0,459	0,599	0,593	0,611
Campo Largo	0,745	0,770	0,579	0,773	0,797	0,805
Campo Magro	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Colombo	0,726	0,770	0,579	0,763	0,790	0,728
Curitiba	0,835	0,805	0,747	0,850	0,869	0,902
Itaperuçu	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Rio Branco do Sul	0,602	0,683	0,455	0,642	0,599	0,631

Fonte: IPARDES, 2001

Na Tabela 13.07 acima, contendo outro indicador social, o Índice de Condição de Vida – ICV, percebe-se que a ordem de classificação dos municípios permanece a mesma, com Curitiba em primeiro lugar (0,835) e Rio Branco do Sul em último (0,602). Este indicador contempla porém outros dois aspectos – “infância” e “habitação” – nos quais Bocaiúva do Sul figura em último lugar.

Ainda com relação a indicadores sociais, a Tabela 13.08 abaixo apresenta os coeficientes de mortalidade infantil nos municípios da área de estudo, sendo que os piores índices estão em Itaperuçu e Bocaiúva do Sul, acima de 30 óbitos por mil nascidos vivos. Almirante Tamandaré, Campo Largo e Rio Branco do Sul aparecem em seguida, com cerca de 22 óbitos. Curitiba e Campo Magro estão em melhor posição, com aproximadamente 15 óbitos.

Tabela 13.08 - Coeficiente de Mortalidade Infantil nos Municípios da Área de Estudo – 1999

Municípios	Mortalidade Infantil (1000 nascidos vivos)
Almirante Tamandaré	21,91
Bocaiúva do Sul	32,26
Campo Largo	22,10
Campo Magro	15,92
Curitiba	14,53
Itaperuçu	35,34
Rio Branco do Sul	21,49

Fonte: IPARDES, 2000

14 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E VETORES DE OCUPAÇÃO

14.1 - COBERTURA VEGETAL DA REGIÃO DO AQUÍFERO KARST

14.1.1 - Contextualização Geral

A superfície da Região do Karst era originalmente ocupada por diferentes formas da vegetação natural, dentre as quais predominava a das florestas com araucária, onde o pinheiro-do-paraná, - *Araucaria angustifolia* - era a espécie dominante, e sob a qual inúmeras outras espécies arbóreas dividiam o espaço, configurando uma associação florestal densa, obviamente acompanhada de centenas de outras espécies vegetais, dentre arbustivas, herbáceas e epifíticas.

Com distribuição irregular, ocorriam manchas de campos naturais que, embora bem menos expressivos, eram marcantes a ponto de originarem designações regionais como Campo Largo, Campo Comprido e Campo Magro.

Entremeavam-se às formações citadas, de modo localizado e geralmente linear, áreas de várzeas e florestas de galeria em abaciados úmidos e às margens de determinados trechos dos flúvios, onde a caixa de inundação dos rios se pronuncia lateralmente.

Este quadro da vegetação regional foi definido por R. Maack já na década de 50, quando apresentou à comunidade científica primoroso mapa fitogeográfico do estado do Paraná (MAACK, 1950), o qual, apesar das dificuldades e recursos técnicos da época, constitui ainda o mais preciso e bem elaborado documento a respeito, servindo como referência até os dias atuais.

Também na década de 50, os botânicos Roberto Miguel Klein e Gerdt Hatschbach descreveram a vegetação do município de Curitiba e arredores (KLEIN & HATSCHBACH, 1962) e de partes dos municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo, destacando as extensas florestas com *Araucaria angustifolia* ou pinheirais e os campos limpos com capões e florestas de galeria, cuja distribuição já se encontrava definida no mapa de Maack. A representatividade destes tipos de vegetação nesta região do estado, em função de sua extensão e homogeneidade, as qualificaram como formações vegetais predominantes.

Quanto à origem dessas formações vegetais, remete-se a um tempo pretérito, mais exatamente ao período compreendido pela última grande glaciação, ocorrido entre 12.000 e 100.000 anos atrás. Durante este período, além de temperaturas mais baixas, o clima em geral era mais seco, o que não favorecia o desenvolvimento da vegetação, assim como também das demais formas de vida.

Somente após esta glaciação, com a elevação progressiva da temperatura e das condições de umidade, é que a vida em geral retomou um processo expansivo, em especial a vida vegetal, quando formações simplificadas como as campestres ou mesmo áreas desnudas foram sendo substituídas por outras mais complexas, onde a expressão máxima é representada pelas florestas, mesmo que de diferentes tipos.

É neste contexto que se insere a região do Aquífero Karst, situada predominantemente na porção nordeste do Primeiro Planalto Paranaense. Depreende-se, portanto, que tanto a formação do aquífero como a expansão da cobertura vegetal são coetâneas e igualmente relacionadas ao estabelecimento de um clima eminentemente úmido, denotando uma coerência dos componentes dos meios físico e biológico, simultânea e equilibrada.

14.1.2 – Caracterização da Situação Atual

A intervenção do homem nos últimos 2 séculos modificou drasticamente a cobertura vegetal da região do Karst, através da utilização das florestas, dos campos e das várzeas no aproveitamento de seus recursos madeiros e na sua transformação em pastagens, cultivos agrícolas e, mais recentemente, com a implantação de povoamentos florestais de espécies exóticas, visando produção de matéria prima para a indústria papeleira.

Remanescentes das formas da vegetação original são portanto escassos e, quando existentes, quase invariavelmente sofreram intervenções seletivas, com vistas ao aproveitamento das melhores madeiras. Constituem, desta forma, formações primárias em diferentes graus de alteração.

Já nos documentos de Maack e de Klein, elaborados a partir do primeiro recobrimento aerofotogramétrico dos estado do Paraná (1952), este quadro foi observado, cabendo às diferentes fases de regeneração da vegetação natural (capoeiras) o absoluto predomínio de cobertura da superfície que pouco difere da realidade, também se observa nesta região um fenômeno natural, espontâneo, representado pela regeneração natural da vegetação expressa principalmente pela reocupação da superfície pela bracatinga (*Mimosa scabrella*), uma árvore da família das leguminosas, de crescimento rápido e de colonização agressiva, a qual o homem aprendeu a cultivar

em função do alto poder calorífico do carvão produzido a partir de sua madeira, de consumo crescente através dos anos.

Em síntese, a cobertura vegetal da região do Karst é extremamente heterogênea e irregular, constituída por um complexo mosaico (Figura 14.01) das diferentes formas de vegetação citadas acima.

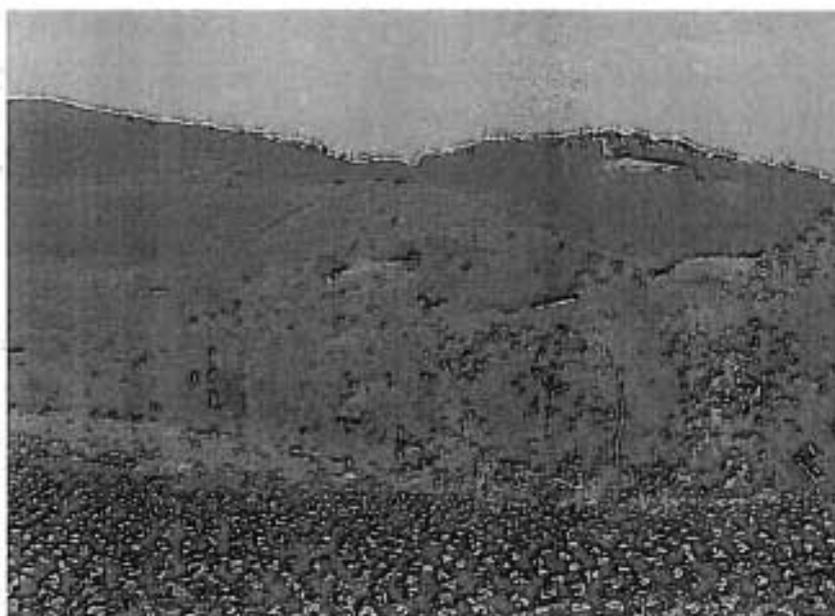


Figura 14.01

Paisagem característica da região do aquífero Karst, agregando, do primeiro para o último plano, a agricultura, vegetação secundária, remanescentes da vegetação primária, diferentes estágio de bracingais à esquerda e reflorestamento com espécies exóticas à direita.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

a) **Florestas com Araucária (Floresta Ombrófila Mista)**

Compreende as formações florestais onde é dominante *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), das quais observa-se atualmente apenas fragmentos profundamente alterados pela exploração seletiva (Figura 14.02). O pinheiro-do-paraná, contudo, é sempre presente, formando um estrato acima de 15 a 20 metros de altura, podendo ocorrer indivíduos emergentes acima de 25 metros. Diferentes espécies ocorrem associadas, entre as quais são comuns *Ocotea porosa*, *O. pulchella*, *O. odorifera*, *Dalbergia brasiliensis*, *Gochnatia polymorpha*, *Podocarpus lambertii*, *Ilex paraguariensis*, *Cedrela fissilis*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Matayba elaeagnoides*, *Sloanea lasiocoma* e *Tabebuia alba*.

Nos estratos inferiores são comuns inúmeros representantes de Myrtaceae, notadamente dos gêneros *Myrcia*, *Eugenia*, *Calyptranthes* e *Gomidesia*, acompanhados de Flacourtiaceae (*Casearia* e *Xylosma*), Arecaceae (*Syagrus romanzoffiana*), Sapindaceae (*Allophylus* e *Cupania*) e Aquifoliaceae. Fetos arbórescentes (*Dycksonia* e *Cyathea*) e gramíneas cespitosas (*Chusquea* e *Merostachys*) são frequentes.

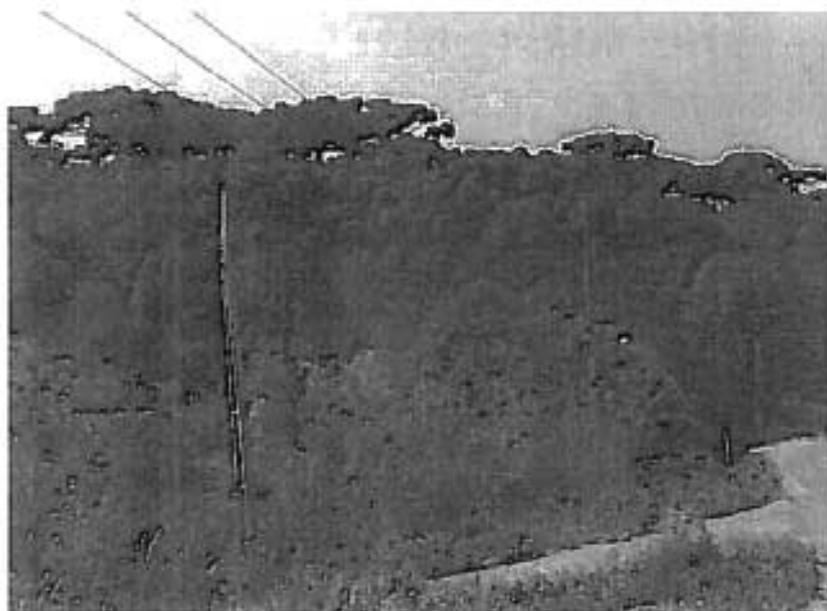


Figura 14-02

Raro remanescente de Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista), no município de Colombo.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

b) Vegetação das Planícies Aluviais

As vegetações de várzea (áreas de formações pioneiras com influência flúvio-lacustre) correspondem às formações herbáceas das áreas planas e abaciados hidromórficos influenciados pelo regime hídrico dos rios, de ocorrência generalizada em toda a região do Karst, tendo como características principalmente espécies das famílias *Cyperaceae* e *Poaceae* e a *Typhaceae* (*Typha domingensis*), cosmopolita das regiões tropicais e subtropicais do sul do Brasil. Na seqüência do processo natural de sucessão primária da vegetação, essas áreas vão sendo ocupadas por elementos lenhosos, promovendo a essas comunidades maior complexidade florística e estrutural. *Sebastiania commersoniana* (branquilho), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Erithryna christagalli* (corticeira) e *Salix humboldtiana* são as espécies predominantes neste processo, e cujo desenvolvimento, ao longo do tempo, tende a configurar as Florestas de Galeria ou ciliares (Floresta Ombrófila Mista Aluvial).

As *Florestas de Galeria* ou Floresta Ombrófila Mista Aluvial, também chamadas "matas ciliares" (Figura 14.03), são aquelas que se desenvolvem às margens de rios que percorrem terrenos de geomorfia plana até suave-ondulada, não raro lindeiros a várzeas (formações pioneiras), mais ou menos extensas (Figura 14.04). Podem apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades homogêneas influenciadas pelo alto grau de hidromorfia do solo, onde *Sebastiania commersoniana* (branquilha) e *Salix humboldtiana* são as espécies mais características, até associações mais complexas e evoluídas, quando o pinheiro-do-paraná tem participação mais expressiva na fisionomia, acompanhado de *Erythrina falcata* (corticeira), *Vitex megapotamica* (tarumã), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Allophylus edulis* (vacum) e *Blepharocalyx salicifolius* (guamirim), entre outras. Nas bordaduras dessas florestas é comum a presença de *Syagrus romanzoffiana* (jerivá) e de *Erythrina christagalli* (corticeira-do-brejo).

Praticamente todos os ambientes de planície aluvionar observados nas checagens de campo foram transformados em áreas de cultivos e/ou açudes, provavelmente em épocas anteriores à promulgação do Código Florestal Brasileiro, que determinou a obrigatoriedade da preservação permanente das margens de rios e de outros corpos d'água.



Figura 14.03

Planícies aluviais originalmente ocupadas por Floresta de Galeria (Floresta Ombrófila Mista Aluvial) e por Várzeas (Formação Pioneira com Influência Flúvio-lacustre), atualmente ocupada por atividades agropecuárias - Município de Colombo.



Figura 14.04

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

c) Vegetação Secundária (Sucessão vegetal)

Dentre as vegetações secundárias, destacam-se as *Capoeirinhas*, estágio inicial da sucessão vegetal, que correspondem às áreas onde houve supressão total da vegetação, seguida de um período mais ou menos longo de utilização pela agricultura. Após abandonadas, regeneram-se naturalmente por diferentes vias, dependentes do tipo e da intensidade do uso do solo que lhes antecedeu. Predominam representantes herbáceos das famílias Pteridaceae (samambaias), Poaceae (gramíneas) e Melastomataceae (pixiricas), entre outras (Figura 14.05), até a ocupação de plantas lenhosas (arvoretas) da família Asteraceae, as denominadas vassourinhas (gênero *Baccharis* spp), formando populações densas com até 2 - 3 metros de altura.

Compreendem formações efêmeras, com duração média de 2 a 5 (10) anos, sem aproveitamento comercial; cumprem, porém, importante função no processo sucessional, "preparando" o terreno para o estabelecimento de uma população arbórea mais diferenciada e longeva, que lhe sucede.

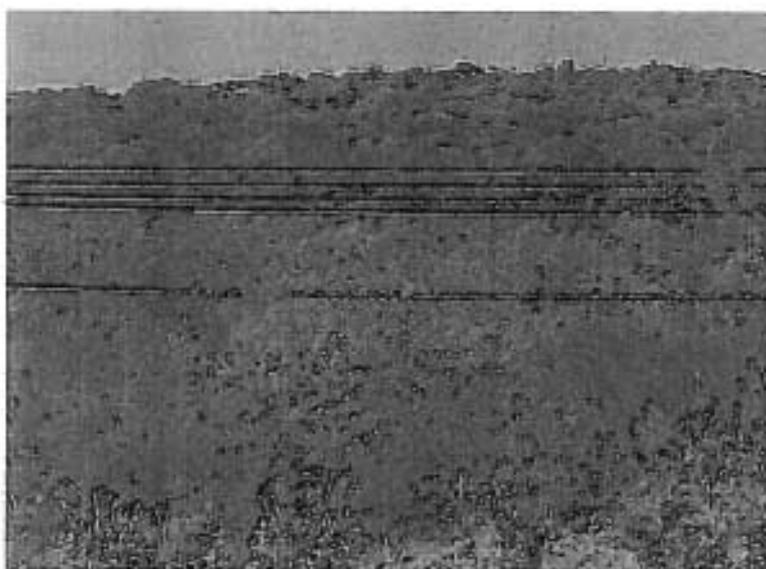


Figura 14.05

Em primeiro plano, a capoeirinha ou Estágio Inicial da Sucessão Vegetal com predomínio de vassourinha (*Baccharis uncinella*). Em segundo plano, um bractingal.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procel / Earth Tech

Outro tipo de formação secundária é caracterizada pelos *bracatingais*. Os *bracatingais* correspondem aos maciços puros de *Mimosa scabrella*, a *bracatinga*, espécie nativa de regeneração espontânea geralmente associada ao uso do fogo para limpeza de terrenos utilizados pela agricultura.

Correspondem ao Estágio Inicial da Sucessão Vegetal por efetivamente constituírem a primeira ocupação de terrenos abandonados, e por serem sucedidos, a médio prazo, por comunidades mais complexas, dando seguimento ao processo sucessional. Por fornecerem material lenhoso de consumo expressivo na Região Metropolitana de Curitiba, são cultivados de forma cíclica (entre 5 e 15 anos), perenizando-se, de certa forma, na paisagem (Figura 14.06). O milho é um cultivo normalmente consorciado no primeiro ano de crescimento dos *bracatingais*.



Figura 14.06
Bracatingal em regime de exploração.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio
Procesl / Earth Tech

Configurando um estágio médio de sucessão vegetal (Figura 14.07), destacam-se as *Capoeiras*, que sucedem a fase anterior da capoeirinha ou dos *bracatingais* (Estágio Inicial da Sucessão Vegetal), através da colonização por espécies arbóreas de crescimento rápido, em geral das famílias Asteraceae (gêneros *Piptocarpha*, *Vernonia* e *Gochnatia*), Anacardiaceae (gêneros *Schinus* e *Lithraea*), Sapindaceae (gêneros *Matayba*, *Cupania* e *Allophylus*) e Myrsinaceae (*Myrsine* spp), entre outras. Apresentam geralmente um único estrato arbóreo com em média 10 a 15 metros de altura, troncos com amplitude diamétrica baixa e epifitismo ainda modesto ou inexistente. As espécies que as constituem fornecem madeiras de baixo valor comercial, pelo que dificilmente são aproveitadas para desdobro; sendo mais comumente destinadas à produção de lenha.

Por último, num estágio avançado de sucessão vegetal, constam os *capoeirões*. Atingem maior porte (15 - 20 metros de altura) e são mais diversificadas, sendo já ocupadas e dominadas por espécies mais longevas e de maior valor comercial, como o cedro (*Cedrela fissilis*), a cangerana (*Cabralea cangerana*), canelas (Lauraceae) e o próprio pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Normalmente já apresentam mais de um estrato de copas, é maior a amplitude de diâmetros e o epifitismo já é presente na comunidade. Fisionomicamente começam a assemelhar-se com as floresta primárias, razão pela qual foram incluídos, para fins de mapeamento, na categoria Floresta, em função da escala de trabalho e das limitações do sensor utilizado.

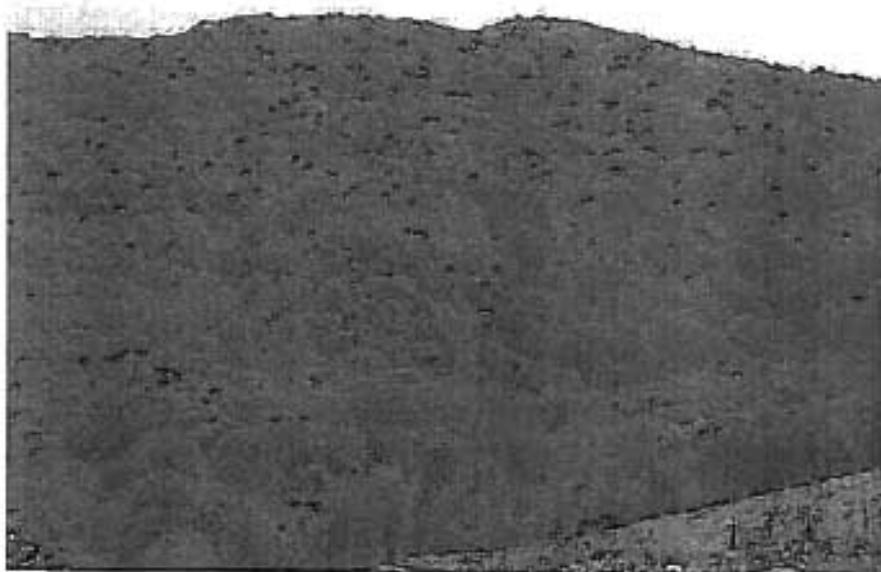


Figura 14.07
Aspecto de uma capoeira
(Estágio Médio da Suces-
são Vegetal).

Fonte: Elaborado pelo
Consórcio ProceSl / Earth
Tech

d) Ocupação por Atividades Agropecuárias

A ocupação por atividades agropecuárias é constituída pela somatória dos sistemas agrícolas produtivos do homem, incluindo reflorestamentos, quando são utilizadas predominantemente espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. No Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Vetores de Ocupação, constituem legenda diferenciada, sendo os cultivos anuais e as pastagens tratadas como Agropecuária e os povoamentos arbóreos tratados como Reflorestamento.

14.2 - USO ANTRÓPICO DO SOLO

14.2.1 - INTRODUÇÃO

A área de interesse do presente projeto situa-se na Região Metropolitana de Curitiba – RMC, a qual foi instituída legalmente em 1973 pelo Governo Federal. É compreendida pela porção sul do município de Rio Branco do Sul, sudoeste de Bocaiúva do Sul, leste de Itaperuçu, centro-norte de Colombo, Almirante Tamandaré quase na sua totalidade, sul de Campo Magro, noroeste de Curitiba e uma porção a nordeste de Campo Largo, totalizando oito municípios, situados na porção centro-norte da RMC.

Os municípios da região em estudo como um todo correspondem a 2,21% (Tabela 14.01) da área total do Estado e consolidaram-se nas suas atividades econômicas através da mineração, agricultura e silvicultura, as quais até hoje influenciam o padrão de ocupação, organização e dinamismo da região.

Tabela 14.01 – Municípios da Área de Estudo em relação ao total do Estado

Município	Área Total (Km ²)	Porcentagem da Área Total do Estado
Almirante Tamandaré	188,65	0,09
Bocaiúva do Sul	825,26	0,41
Campo Largo	1359,57	0,69
Campo Magro	258,76	0,13
Colombo	199,70	0,10
Curitiba	432,00	0,22
Itaperuçu	319,96	0,16
Rio Branco do Sul	817,40	0,41
TOTAL	4401,3	2,21

Fonte: PARANACIDADE, 2002; IPARDES, 2002

A colonização da Região Metropolitana de Curitiba é uma das mais remotas do Paraná, tendo sido motivada inicialmente pela mineração. Em meados do século XVII, já havia alguns arraiais de ouro consolidados, onde hoje se situam as cidades de Araucária, Bocaiúva do Sul, Curitiba e São José dos Pinhais. Na mesma época, esses e outros locais foram também habitados por bandeirantes que se fixaram na região, compondo o então povoado de Nossa Senhora da Luz e Bom Jesus dos Pinhais, que em 29 de março de 1693 foi elevado à categoria de vila.

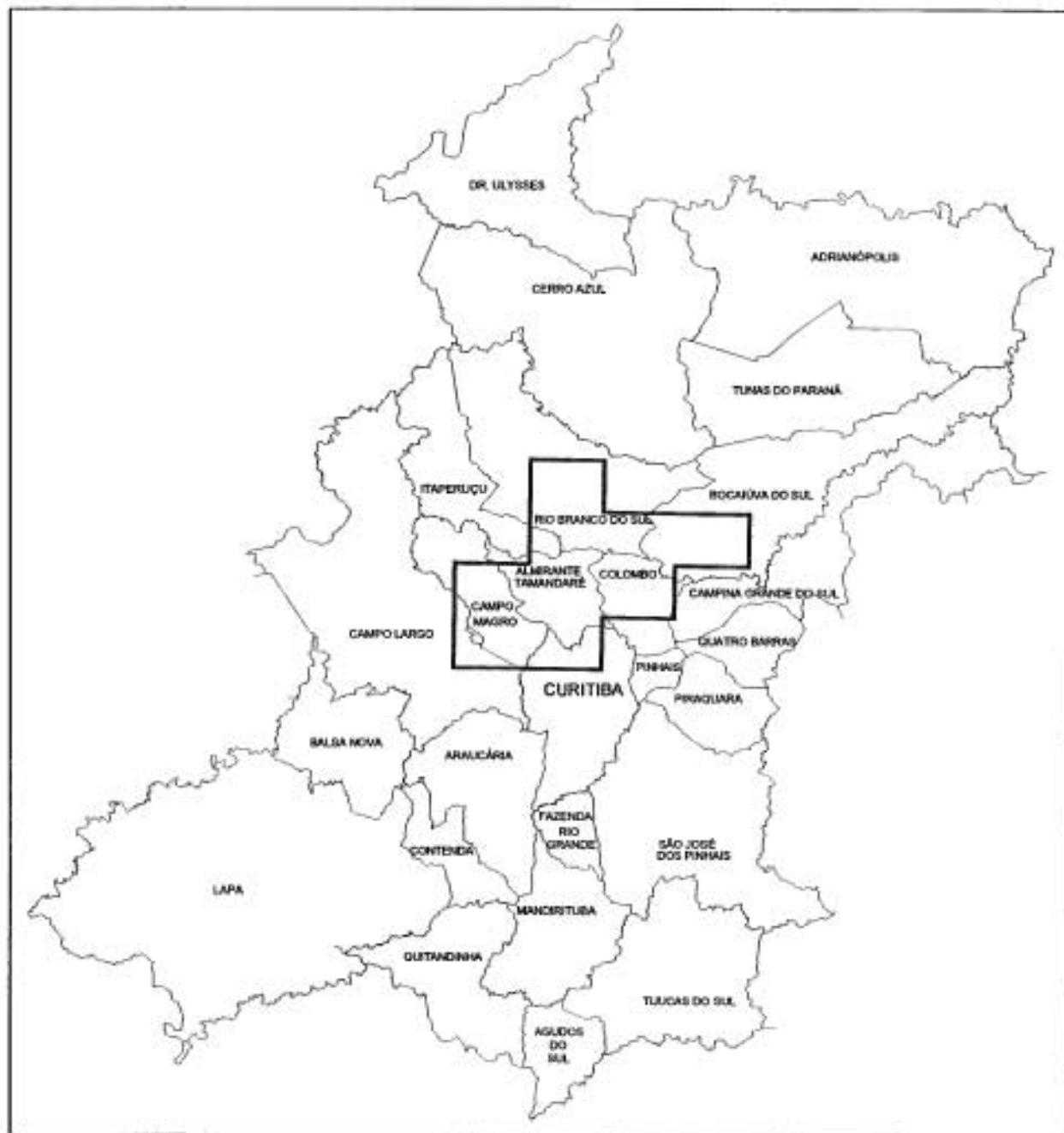
No século XVIII, a abertura do caminho dos tropeiros, ligando Viamão a Sorocaba, conferiu uma posição estratégica à região, que viu surgir muitos outros povoados, os quais correspondem hoje às cidades da Lapa, Campo Largo e Araucária. Outras atividades importantes para o desenvolvimento inicial da região foram a cultura da erva mate e a extração de madeira.

A emancipação do Paraná, em 1853, acarretou na promoção de Curitiba, antiga Vila da Nossa Senhora da Luz e Bom Jesus dos Pinhais, à condição de capital da nova província. Por essa época, o distrito de Curitiba compreendia o distrito sede, a vila de São José dos Pinhais, a freguesia de Campo Largo e as localidades de Tindiquera (Araucária) e Votuverava (Rio Branco do Sul).

Nessa mesma época, chegaram ao Paraná as primeiras levas de imigrantes – italianos, alemães, poloneses e de outras origens – os quais se dedicaram basicamente às atividades agrícolas, estabelecendo-se em colônias localizadas num raio de até 30 km do centro de Curitiba. Na década de 1870, ocorreram muitos desmembramentos, dando origem aos atuais municípios de Campo Largo, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul. Até o fim do século XIX, desmembraram-se ainda os distritos de Almirante Tamandaré, Araucária, Piraquara e Colombo, época em que Curitiba adquiriu o perímetro existente.

A partir de então, uma série de novos desmembramentos ocorridos no século XX, e o acréscimo de outros municípios, deu à região o aspecto atual, sendo que a última mudança foi a inclusão do município da Lapa, em 2002. Com esse acréscimo, a RMC hoje apresenta 26 municípios, conforme a Figura 14-08 a seguir:

Figura 14.08 - Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: Dados da COMEC-PDI. Elaboração do Consórcio Procel / Earth Tech

Em termos urbanos, porém, o núcleo metropolitano da RMC se tornou mais significativo no início da década de 1970, com o adensamento da malha urbana e a aceleração do processo de periferização dos municípios vizinhos ao pólo metropolitano, que tornaram-se mais dinâmicos e de maiores proporções. Essa periferização se deu em grande parte devido à especulação imobiliária, que

provocou um extravasamento da ocupação urbana em direção aos municípios vizinhos a Curitiba, muitos dos quais assumiram a função de cidades-dormitório.

O primeiro Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana – PDI/RMC – foi aprovado em 1978, tendo entre seus atributos a promoção do planejamento integrado da região, delineando as macrodiretrizes metropolitanas. A partir de então, diversos municípios, com apoio da COMEC, elaboraram seus planos diretores municipais, culminando com a aprovação das respectivas leis de zoneamento de uso e ocupação do solo.

No que se refere ao planejamento de uso e ocupação do solo, o PDI/RMC de 1978 mapeou a estrutura espacial da RMC segundo cinco subsistemas regionais:

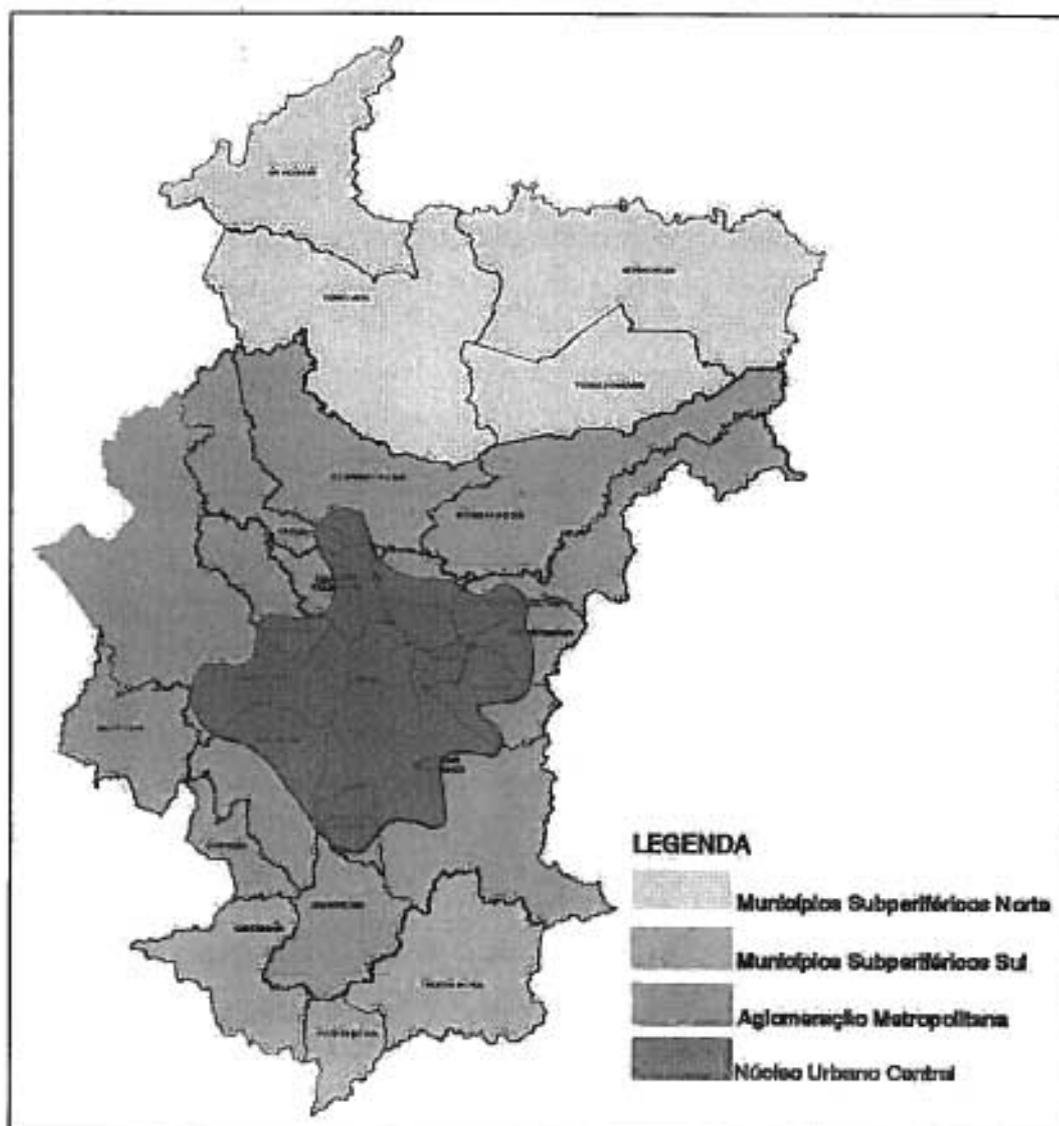
- **Leste:** corresponde a importantes mananciais hídricos e remanescentes florestais, localizados nas encostas da Serra do Mar, com significado vital para a RMC. A principal estratégia preconizada no Plano para o quadrante leste era a de preservação dos ecossistemas locais. No decorrer dos anos, porém, verificou-se um intenso processo de ocupação em direção a esse quadrante;
- **Oeste:** abriga a Cidade Industrial de Curitiba – CIC, o Centro Industrial de Araucária – CIAR e a área industrial de Campo Largo. As diretrizes do Plano previam para esse quadrante o desenvolvimento industrial, porém a implantação da represa do Passaúna, e a criação da Área de Proteção Ambiental – APA – em seu entorno, restringiu o cenário inicial;
- **Norte:** caracteriza-se pelo relevo acidentado e a presença de mananciais subterrâneos, havendo predominância de atividades extrativas florestais e minerais. A dinamização rural deveria ser a diretriz básica para este quadrante, buscando otimizar a utilização da matéria-prima mineral e florestal existente;
- **Sul,** caracteriza-se pelo relevo ondulado, voltado às atividades agrícolas. A principal estratégia do Plano era consolidar esse setor produtivo, embora a tendência atual seja de expansão do uso urbano e industrial;
- **Centro,** constituído por Curitiba, cidade-pólo metropolitana, onde predominam as atividades terciárias e quaternárias. O PDI/1978 propunha para esta área a contenção de seu crescimento físico. Entretanto, o processo de crescimento extrapolou os limites administrativos, provocando a conurbação com os municípios vizinhos.

Atualmente, face às importantes transformações sócio-econômicas ocorridas na última década, e da necessidade de fortalecer a dimensão ambiental no âmbito do planejamento regional, está em curso a revisão do PDI, a qual estabelece uma nova compartimentação espacial para a Região Metropolitana de Curitiba, classificada de acordo com três categorias (COMEC, 2001):

- **Núcleo urbano central** - compreende a malha urbana conurbada e os municípios com intensa relação com o pólo metropolitano;
- **Primeiro anel metropolitano** - compreende os municípios não limítrofes ao pólo, contudo apresentam um processo de inserção regional;
- **Segundo anel metropolitano** - compreende municípios mais recentes com urbanização incipiente e com configuração predominantemente rural.

Essa compartimentação visa elencar o grau de articulação entre os vários municípios da RMC quanto à integração do sistema viário e de transportes, aos fluxos de atividades econômicas e aos demais interesses pertinentes à região, conforme mostra a Figura 14.09 abaixo:

Figura 14.09 - Compartimentação da RMC

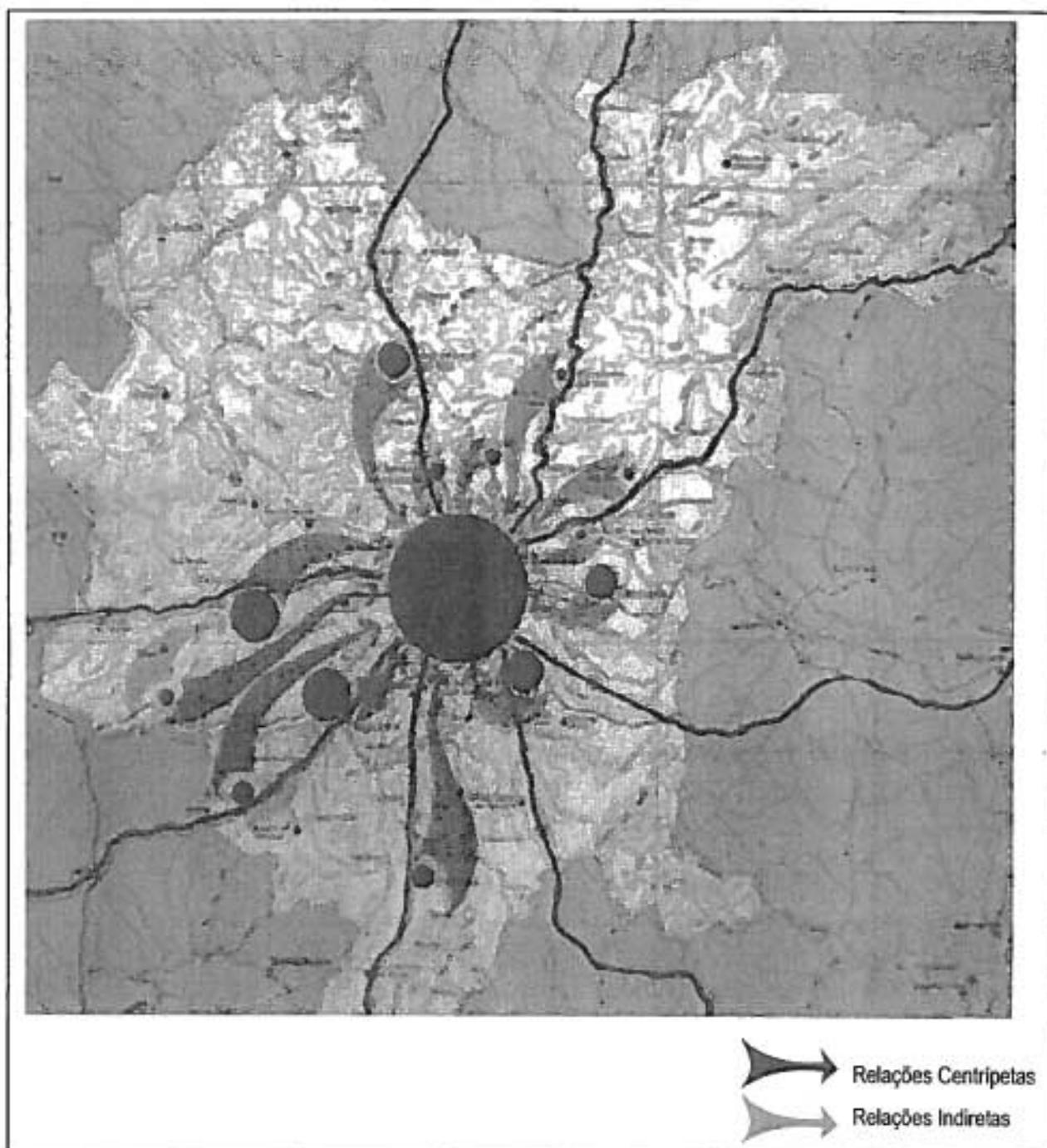


Fonte: COMEC-PDI / 2000.

Obs: Exceto o município da Lapa.

Com relação à estruturação urbana do núcleo central da RMC, a Figura 14.10 abaixo ilustra a intensidade das relações intermunicipais, cujo foco de atração é Curitiba.

Figura 14.10 - Estruturação da Rede Urbana no Núcleo Central da RMC



Fonte: COMEC-PDI / 2000.
Obs: Exceto o município da Lapa.

14.2.2 – Caracterização dos Municípios

A seguir apresentam-se as principais características quanto ao uso e ocupação do solo dos oito municípios da RMC que compõem a área do Karst:

Curitiba

Elevada à categoria de vila em 1693, e de cidade em 1842, já com o nome atual, a capital da Região Metropolitana apresenta uma estrutura urbana bem definida, desenhada através de sucessivos Planos Diretores. Segundo dados do IBGE, sua população total em 2000 era de 1.587.315 habitantes, sendo a taxa de crescimento anual na última década (2,13% ^{aa}) ligeiramente inferior que a da década anterior (2,29% ^{aa}).

A origem do processo de planejamento da cidade remonta à década de 1940, com a elaboração do Plano Agache. Em 1966, porém, desenvolveu-se o modelo atual de planejamento, a partir de um eixo bi-axial nos sentidos norte-sul e leste-oeste, por onde passam as linhas de transporte de massa e ao longo dos quais o adensamento e a verticalização são estimulados.

Com a revisão da Lei de Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo, realizada em 2000, novos eixos de crescimento foram criados, de modo a contemplar novas tendências de expansão e uma expectativa populacional de 6,5 milhões de habitantes, o quádruplo de sua população atual, que é de aproximadamente 1,6 milhões de habitantes.

Através deste novo instrumento legal, a área ao sul do município é a que receberá maiores incentivos ao adensamento, o qual se dará primordialmente ao longo do eixo da BR-116 e de outros eixos viários já consolidados, como as avenidas Marechal Floriano Peixoto, Comendador Franco e Wenceslau Braz.

No que se refere à proteção ambiental, a nova lei, de nº 9.800/2000, propõe a criação do Anel de Conservação Sanitário-Ambiental, para proteger as bacias de mananciais e as áreas de preservação, que se estenderá nas porções WNW e SSE do município. Esse Anel de Conservação tem a finalidade de manter as faixas de preservação permanente ao longo dos rios, visando o bom escoamento das águas superficiais, a recuperação da mata ciliar e a minimização da ocorrência de enchentes.

Assim, no que tange às diretrizes de crescimento, percebe-se que há ênfase para a região sul do município, o que vem sendo corroborado pela prática, uma vez que mais da metade dos novos loteamentos aprovados na última década situam-se nessa região, de acordo com dados da COMEC. Esses loteamentos possuem áreas médias em torno de 150m², denotando um perfil sócio-econômico popular.

Já a região norte de Curitiba, que compreende os bairros atingidos pela área de estudo do presente projeto (Lamenha Pequena, Botiatuvinha, São Braz, Santa Felicidade, São João, Cascatinha, Pilarzinho, Vista Alegre, Taboão, Abranches, Barreirinha, Cachoeira e Boa Vista), pela nova lei, corresponde em sua maioria a zonas residenciais de baixa a média-baixa densidade. Porém, cabe ressaltar que apenas uma pequena porção do bairro da Lamenha Pequena situa-se sobre terrenos cársticos, estando os demais bairros sobre rochas cristalinas.

Ao contrário da porção sul do município, a região norte ainda não atingiu o potencial de adensamento previsto pelo Plano Diretor de 1966. Segundo pesquisa efetuada em 2000, 20% dos lotes ociosos da cidade estão localizados na região, que apresenta densidade demográfica baixa, em torno de 30 hab/ha. As construções verticalizadas limitam-se ao eixo norte do sistema viário – Av. João Gualberto e Av. Paraná – embora seja ainda grande o número de lotes vagos ou sub-ocupados nesse eixo. No restante da área, predominam os usos residenciais de média a baixa densidades, com a presença de comércio e serviços vicinais. A região não possui usos industriais significativos, os quais estão presentes apenas nas porções oeste (Cidade Industrial de Curitiba) e sul da cidade.

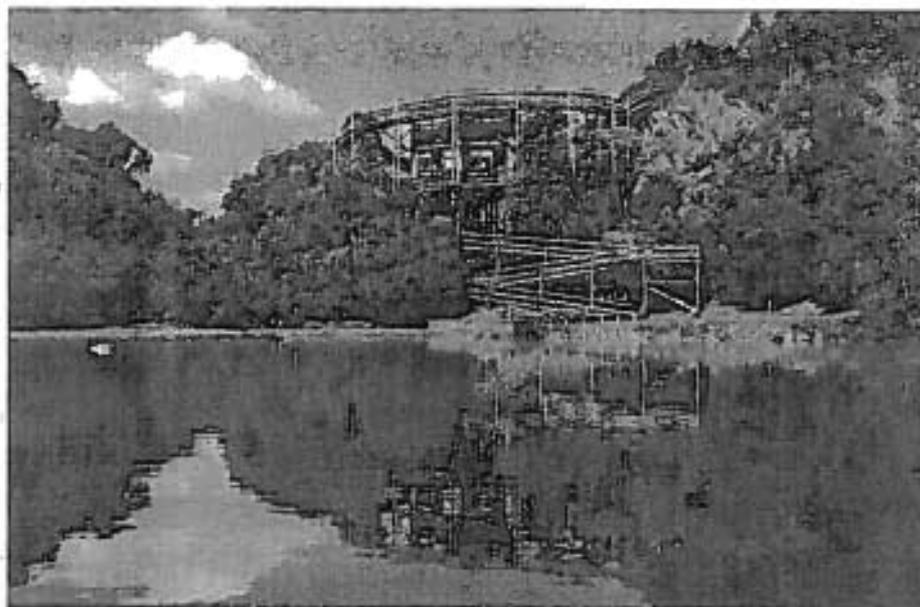
A estagnação relativa de bairros no extremo norte da cidade deve-se a inúmeros fatores, tais como a oferta de outros pólos de crescimento atraentes no mercado imobiliário e a maior distância em relação ao centro da cidade. Também é significativo o fenômeno de extravasamento populacional em direção aos bairros de municípios vizinhos contíguos à mancha urbana de Curitiba, tais como Almirante Tamandaré e Colombo, que acabam tendo a função de cidades-dormitório.

Outro fator importante que limita o adensamento dos bairros da região norte é a presença de muitos remanescentes de áreas verdes, cujos mecanismos legais de proteção oferecem restrições à ocupação, além da presença de áreas com declividades superiores a 30%. Com isso, percebe-se o crescimento de empreendimentos imobiliários de maior padrão – os chamados condomínios horizontais – cujo padrão de ocupação é de baixa densidade, principalmente em bairros como São Braz, Santa Felicidade, Pilarzinho e Vista Alegre.

Nesses bairros situam-se importantes equipamentos de lazer, ao longo dos rios Barigüi e Belém, projetados para contenção de enchentes, proteção de matas nativas e provisão de espaços recreativos à população, tais como os parques Tanguá, Tingüi, Barigüi e São Lourenço, o Bosque

Alemão, a Pedreira Paulo Leminski, a Ópera de Arame e o Bosque Zaninelli (Figura 14.11), entre outros.

Figura 14.11 - Universidade Livre do Meio Ambiente, no Bosque Zaninelli, em Curitiba



Fonte: COMEC-PDI, 2000

No entanto, ao longo de alguns eixos viários importantes nota-se a tendência de um maior adensamento, inclusive com a presença de atividades comerciais e de serviços significativas, tais como:

- Av. Paraná e Av. Erasto Gaertner, que fazem a ligação com Colombo através da Rodovia da Uva (PR-417) e com Bocaiúva do Sul através da Estrada da Ribeira (BR-476);
- Av. Anita Garibaldi e Av. Mateus Leme, principais eixos de acesso aos municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul e Itaperuçu, sendo que esta última avenida tem como continuidade a Rodovia dos Minérios (PR-092).;
- Av. Manoel Ribas, que parte em direção a Campo Magro através da Estrada do Ceme (PR-090) e consiste em importante eixo turístico e gastronômico.

No caso específico do bairro da Lamenha Pequena, que é atingido pela área de influência indireta do Karst, nota-se a forte presença do uso remanescente rural, sendo sua densidade bastante reduzida. É um bairro que integra a APA do Passaúna, sendo objeto de restrições à ocupação.

Colombo

O povoamento de Colombo teve início em 1878, a partir de um grupo de colonos italianos vindos de Morretes, no litoral do Paraná. Dentre os oito municípios que integram a área de estudo, é o segundo maior, com uma população total de 183.329 habitantes segundo o Censo do IBGE realizado em 2000. Deste montante, 174.962 habitam em áreas urbanas e 8.367 na zona rural.

Suas taxas de crescimento anual têm se mantido altas nas duas últimas décadas, sendo de 5,87% ⁹⁹ de 1980 a 1991 e de 5,09% ⁹⁹ de 1991 a 2000. Estes índices, quando espacializados, são maiores na zona urbana, que apresentou uma taxa de 5,31% ⁹⁹ no intervalo 1991-2000, contra 1,24% ⁹⁹ na zona rural.

Sua sede situa-se a 19 km do centro de Curitiba, embora a maior parte de seus habitantes viva mais ao sul, nos bairros contíguos à capital metropolitana, na região conhecida como Alto Maracanã. Esse fenômeno se explica pelo extravasamento da mancha urbana de Curitiba, processo que, segundo ULTRAMARI e MOURA (1994), resulta da maior flexibilidade de apropriação do espaço nos municípios periféricos, onde os preços dos imóveis e os impostos tendem a ser menores e as leis de uso e ocupação do solo costumam ser menos rígidas. Esta característica implicou em uma grande concentração das atividades econômicas nesta porção do município, mas por outro lado acabou preservando relativamente a sede e a área rural, justamente as regiões que correspondem à área de influência direta do Karst.

A ocupação ao longo da Rodovia da Uva também vem se acentuando na última década e, contrariamente aos demais bairros contíguos a Curitiba, apresenta valorização imobiliária acentuada e um padrão de ocupação mais elevado, com lotes mínimos de 1.000m². Essa ocupação seletiva, prevista no zoneamento municipal (insere-se numa Zona Residencial Urbana Especial), tem a função de conter o avanço populacional em direção à área situada sobre o Karst, mais ao norte.

Outros eixos viários que vem sendo fatores de adensamento populacional são a Estrada da Ribeira (BR-476), que parte de Curitiba em direção a Bocaiúva do Sul e atravessa a região do Alto Maracanã, e a própria BR-116, sentido São Paulo, ao longo da qual vem se formando uma mancha urbana integrada à do município de Pinhais, cuja predominância é de habitações de baixa renda, serviços e indústrias.

A sede de Colombo (Figura 14.12), localizada na porção centro-norte do município, abriga apenas 3% da população total, segundo dados do IBGE para 2000, e encontra-se sobre uma planície cárstica de relevo suave. Sua área central é bem servida por infra-estrutura de comércio e serviços,

apresentando em sua maioria loteamentos de padrão médio a alto. No entanto, os poucos loteamentos de baixa renda situados junto à sede (Jardim Dom Fernando e Florença) encontram-se em áreas de maior declividade, apresentando carência de saneamento.

Figura 14.12
Vista Geral da Sede de
Colombo



Fonte: PARANACIDADE, 2002

Dentre a área rural, merecem destaque a localidade de Fervida, comunidade rural bastante próspera no cultivo de horticulturas, e a da Várzea do Capivari, situadas a nordeste da sede. Ambas as localidades encontram-se sobre solos cársticos que oferecem severas restrições ao uso devido à permeabilidade das rochas e à possibilidade de contaminação do aquífero. Se comparados os dados de densidade dos anos 1996 e 2000, percebe-se que essas localidades sofreram um adensamento populacional, o que pode ser verificado in loco através da quantidade de residências novas ou em construção. Uma particularidade a respeito de Fervida é a intensificação do processo de tercelirização de mão de obra agrícola, devido ao aumento de produtividade. Assim, percebe-se já o surgimento de alguns casebres na região, habitados por essa mão de obra temporária.

Atualmente, a área urbana de Colombo é regida pela Lei nº 32/1978 que estabelece o zoneamento de uso e ocupação do solo urbano. Desde então, diversas leis e decretos alteraram e regulamentaram a proposta inicial, sendo que em 1996, foi instituída a Lei nº 600/96, que definiu um novo zoneamento. O município também possui uma lei orgânica, datada de 1990, que prevê a elaboração do Plano Diretor como instrumento de desenvolvimento e expansão urbana.

A área urbana de Colombo é compreendida pela sede, por uma faixa de aproximadamente 150 metros ao longo da Rodovia da Uva (PR-417) e por uma área na região sul do município, na divisa

com Curitiba. É nesta área contígua à Capital que se encontra a área mais adensada do município, contando inclusive com uma sub-prefeitura.

Além das zonas residenciais e comerciais, existem áreas dispersas no município, em meio à zona rural, correspondentes a duas Zonas Industriais e de Serviços (ZIS): uma situada a oeste, nas proximidades da Estrada da Ribeira (BR-476) e da BR-116, e outra ao norte, próxima à divisa com Rio Branco do Sul, destinada às atividades de mineração. Já na porção leste do município, situa-se a APA do Iraí, que é apenas tangenciada pela área de interesse, não estando localizada sobre o Karst.

Em termos turísticos, Colombo conta com o Circuito Italiano de Turismo Rural, estruturado em 1999, que se apoia na cultura local e nas potencialidades de sua paisagem. O circuito conta com vinícolas, pesque-pague, chácaras, restaurantes, pousadas, cultivo de produtos orgânicos e o Parque Municipal da Uva, além de potenciais naturais como a Cascata do Ribeirão das Onças e o Parque Municipal Gruta da Bacaetava, inaugurado para visitação pública em 13 de maio de 2000.

Campo Largo

Conhecida como a Capital da Louça e da Cerâmica, o município de Campo Largo (Figura 14.13) foi criado pela Lei nº 219/1870 e instalado em 1871, quando do desmembramento de Curitiba. Além da produção de cerâmica e cimento, a região abriga indústrias dos segmentos automobilístico e têxtil, sendo o segmento secundário responsável por 40% do PIB municipal. As principais atividades rurais do município são a cultura da batata e do milho, enquanto que no setor turístico destacam-se as estâncias hidrominerais, o Parque Cambuí e o Museu do Mate.

Sua população, de acordo com o IBGE, era de 92.782 habitantes em 2000, dos quais 77.223 em área urbana. A taxa de crescimento no período de 1991 a 2000 foi de 2,81% ^{aa}, ligeiramente superior a da década anterior (2,57% ^{aa}). As taxas de crescimento positivas porém, dizem respeito à área urbana, que cresceu 4,12% ^{aa} no período 1991-2000. Já na zona rural, as taxas no mesmo intervalo de tempo foram negativas, de -2,00% ^{aa}.

A sede municipal dista 32 km a oeste de Curitiba, sendo seu principal acesso viário a BR-277. Contudo, na porção oeste do município situa-se a localidade de Ferraria, conurbada com a capital metropolitana, tendo a Represa do Passaúna como divisa. Conforme análise de ULTRAMARI e MOURA (1994), dos municípios que compõem o anel imediatamente periférico a Curitiba, Campo Largo é o único que se mantém alheio ao processo de extravasamento da urbanização do pólo. À exceção do distrito de Ferraria, seu perímetro urbano não apresenta contiguidade ao de Curitiba, o que se constitui num umbral legal, reforçado pela presença da APA do Passaúna, instalada para proteção da represa. Os autores comentam ainda as modificações no padrão de uso e ocupação do

solo no entorno do lago, resultado da valorização imobiliária dos lotes e chácaras da região, que passaram a abrigar residências de alto padrão.

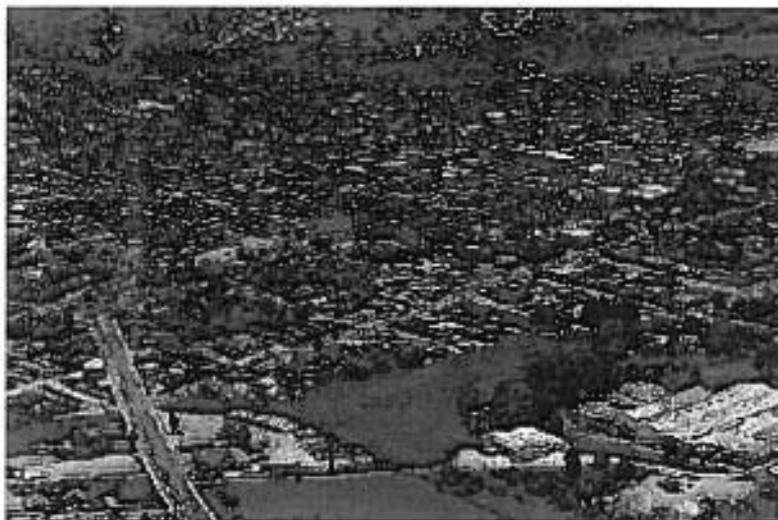


Figura 14.13
Vista Geral da Cidade de
Campo Largo

Fonte: PARANACIDADE, 2002

A área de interesse do projeto atinge apenas a extremidade nordeste do município, que tem características predominantemente rurais, sendo a localidade mais próxima a de Bateias. Este distrito situa-se à margem da Estrada do Cerne (PR-090), que leva ao município de Campo Magro. Na região encontra-se a Empresa de Águas Ouro Fino, a qual possui sete fontes de água mineral, provenientes do aquífero subterrâneo.

Com relação ao pólo automobilístico instalado no município recentemente, este situa-se bastante próximo do limite sudoeste da área de interesse do presente projeto, sinalizando a necessidade de efetuar estudos futuros com a finalidade de detectar conflitos entre os usos industriais na região e o Karst.

Em relação aos aspectos institucionais, o município não tem Plano Diretor Urbano, porém segue a Lei nº444/78 de Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo e as leis estaduais de proteção das Áreas de Preservação Ambiental do Rio Passaúna e do Rio Verde.

Campo Magro

Desmembrado de Almirante Tamandaré, o município de Campo Magro foi criado através da Lei nº 11.221/1995. De acordo com o IBGE, sua população em 2000 era de 20.409 habitantes, sendo 2.501 na área urbana, e sua taxa de crescimento no período 1991-2000 foi elevada, da ordem de 6,12%⁸⁸.

As atividades do município estão voltadas à agricultura, embora constem do cadastro de estabelecimentos 38 industriais, 103 comerciais e 18 de serviços.



Figura 14.14
Vista Geral da Cidade de
Campo Magro

Fonte: PARANACIDADE, 2002

A distância de sua sede ao centro de Curitiba é de apenas 10 km, sendo o acesso feito através da Estrada do Cerne – PR-090. Grande parte da área ocupada no município encontra-se junto à esta estrada (Figura 14.14), uma região que caracteriza-se pela fragilidade por estar em área de manancial de abastecimento público de água e cujo subsolo pertence à formação cárstica.

Ao longo deste eixo viário, nota-se uma recente ocupação na porção leste do município, nas áreas lindeiras à divisa com Curitiba, acenando para uma possível conurbação da sede municipal à mancha urbana desta cidade. Este fenômeno, bem como as altas taxas de crescimento, podem estar relacionados à sua relativa proximidade com a capital metropolitana.

No entanto, percebe-se um maior adensamento ao longo da Estrada do Cerne também em direção à localidade de Bateias, em Campo Largo, caracterizando a importância desse corredor viário para a região. Contudo, todo o percurso da estrada situa-se sobre áreas cársticas de alta restrição, além de atravessar áreas de preservação como a Área de Preservação Ambiental – APA – do Passaúna e a Unidade Territorial de Planejamento – UTP – de Campo Magro.

Devido às condições apresentadas, os parâmetros de uso e ocupação em Campo Magro são bastante restritivos, onde as regiões já ocupadas inserem-se nas Áreas de Urbanização Consolidada, as que possuem algum potencial em termos de uso caracterizam-se por Áreas de Ocupação Orientada e os locais mais frágeis estão dentro de Áreas de Restrição à Ocupação.

No entanto, o município não possui Plano Diretor Urbano, sendo que as demais questões urbanísticas obedecem à Lei nº 430/1996, que instituiu o zoneamento de uso do solo urbano para o município de Almirante Tamandaré, do qual Campo Magro era distrito.

Almirante Tamandaré

Almirante Tamandaré foi criado através da Lei nº 02/1947, tendo se desmembrado de Colombo. A população total do município em 2000, segundo o IBGE, era de 88.277 habitantes, dos quais 84.755 urbanos, sendo a taxa de crescimento no período 1991-2000 da ordem de 6,29% ²².

É um município que se desenvolveu ao longo da Rodovia dos Minérios (PR-092), integrando-se espacialmente ao município de Curitiba. A região conta com mais de 200 indústrias, sendo grande parte ligadas ao setor extrativista cal e calcário. Além das atividades industriais, as demais áreas do território destinam-se à agricultura, que tem entre seus principais produtos a cenoura, a batata e o tomate, e ao turismo, através do Circuito da Natureza e de outros empreendimentos tais como o Parque Santa Maria e as Fontes de Águas Minerais Timbu e Santa Paula. A cidade conta com quatro engarrafadoras de água mineral ao todo.

A sede municipal dista 17 km do centro de Curitiba, embora sua mancha urbana esteja integrada à do município-pólo, formando a localidade denominada Cachoeira. Esta conurbação se dá principalmente ao longo do eixo formado pela Avenida Anita Garibaldi e pela ferrovia Itaperuçu-Curitiba. A maior parte da ocupação urbana situa-se sobre área de influência indireta do Karst, mas a sede propriamente dita está localizada sobre uma planície cárstica, ora recoberta por sedimentos aluvionares, ora representada por poljes. A sede urbana também é atravessada pelo rio Barigüi, formador de vários parques urbanos de Curitiba, o qual forma um interessante cânion na altura da Rodovia PR-509 que deveria ser preservado.

Outro foco de ocupação importante está situado na localidade de Tranqueira, ao longo da Rodovia dos Minérios, em direção a Rio Branco do Sul. Esta é uma região de características semelhantes ao do distrito-sede – planície cárstica com depósito aluvionar e poljes – de grande fragilidade para o aquífero, que vem sofrendo um adensamento urbano nas últimas décadas. A intensificação do processo de urbanização em Itaperuçu e Rio Branco do Sul pode vir a fortalecer o adensamento desta região cárstica, ao longo dos eixos viários que interligam estes três núcleos urbanos.

Há também um outro vetor de expansão em direção a Colombo, ao longo da rodovia PR-509, que liga as sedes de ambos os municípios. Este crescimento para leste é bastante preocupante, uma vez que esta rodovia está situada em área crítica do Karst, bastante vulnerável à poluição.

Figura 14.15 - Circuito da Natureza, em Almirante Tamandaré



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Procesl / Earth Tech

A oeste, norte e nordeste, a presença de muitas áreas de grande declividade acabaram por restringir a ocupação urbana, que na última década intensificou-se ao longo do já mencionado eixo da Av. Anita Garibaldi, em direção SE e SSE. Esta tendência é confirmada por ULTRAMARI e MOURA (1994), que alertam para a tendência de preenchimento dos vazios intersticiais existentes entre Almirante Tamandaré e Curitiba.

O município institui o seu Plano Diretor através da Lei nº 429/1996, assim como seu zoneamento de uso do solo urbano (Lei nº 430/1996). Uma porção de seu território, a WSW da sede, integra a APA do Passaúna, compreendendo suas nascentes.

Itaperuçu

Caminho da Pedra Grande é seu nome indígena em tupi-guarani, referindo-se à formação geológica da região. Sua ocupação inicial foi realizada por famílias de origem italiana e posteriormente árabe. Região predominantemente agrícola, possui atividades relativas à extração de minerais, com destaque para a fábrica de Cimento Votorantim.

Localizado às margens da ferrovia que liga Curitiba a Rio Branco do Sul, do qual era distrito, o município foi criado através da Lei nº 9.437/1990. A população total em 2000, de acordo com o IBGE, era de 19.344 habitantes, sendo 16.234 vivendo em área urbana. A taxa de crescimento anual no período 1991-2000 foi de 8,64%^{aa}, bastante superior à da década anterior, da ordem de 2,39%^{aa}.

A sede municipal dista 37 km do centro de Curitiba, sendo seu acesso por uma rodovia secundária que margeia a ferrovia e encontra a Rodovia dos Minérios na localidade de Tranqueira, pertencente ao município de Almirante Tamandaré. A cidade possui outra ligação com Rio Branco do Sul, ao longo da qual se situa a fábrica da Votorantim (Figura 14.16). Ambos os eixos viários representam áreas de adensamento populacional, com ênfase para esse último, o que pode sugerir uma conurbação futura dos municípios de Itaperuçu e Rio Branco do Sul.

A localização das áreas industriais junto às residenciais configura-se em característica bastante peculiar de ocupação do solo na sede municipal, que está situada em parte sobre terrenos aluvionares, em parte sobre áreas cársticas residuais, de considerável restrição ao uso.

Ao norte, a oeste e, em menor grau, a leste, situam-se áreas de grande declividade, que se constituem em obstáculos à expansão urbana, embora muitas residências estejam se fixando nos sopés dos morros situados na porção norte da sede. Um fator de risco à urbanização nessa parte da cidade é a presença de uma faixa denominada Falha da Lancinha, justamente na transição entre as áreas de filitos – a NW– e o metacalcáreo dolomítico – a SE. A implantação de usos industriais, aterros sanitários ou edifícios de maior porte sobre essa falha geológica representa grave ameaça ao Karst e às próprias edificações, que podem vir a apresentar rachaduras e trincas.

Em relação aos aspectos institucionais, o Município conta com a Lei nº 206/1982, que estabelece normas de Localização e de Usos do Solo e atividades permitidas no município, tendo sido criada pelo município de Rio Branco do Sul, do qual Itaperuçu era distrito. Mais recentemente, a Lei nº 151/2001 alterou o Zoneamento Urbano Municipal.



Figura 14.16

Fábrica de cimento na área urbana do município de Itaperuçu

Fonte: Elaborado pelo Consórcio ProceSl / Earth Tech

Rio Branco do Sul

Criado pela Lei nº 02/1974, o antigo município de Votuverava teve origem a partir de um arraial formado ao longo de uma jazida de ouro. Sua principal riqueza mineral hoje consiste na extração do cimento e do cal, contando com algumas fábricas de beneficiamento. Entre as riquezas naturais, cabe citar a Gruta de Lancinhas e sua cascata, dentre muitas outras grutas situadas no município.

A população total do município em 2000 era de 29.341 habitantes, conforme dados do IBGE, dos quais 20.049 eram urbanos. A taxa de crescimento anual no período 1991-2000 foi da ordem de 0,70%^{aa}, superior à do período 1980-1991, que foi negativa, de -1,28%^{aa}. Um dos motivos para esse crescimento negativo foi o desmembramento do distrito de Itaperuçu, ocorrido em 1990.

A sede do município (Figura 14.17), que dista 33 km de Curitiba, situa-se em uma região bastante dobrada, entremeada por três tipos de substratos rochosos. Ao NNW ocorre o metacalcário calcítico, que é adequado à indústria cimenteira, cuja jazida mais importante é a da Votorantim. No centro-sul da cidade ocorrem os filitos e a SSE o metacalcário dolomítico, mais propício à fabricação para cal e calcário para corretivo do solo e que concentra áreas frágeis do Karst.



Figura 14.17
Vista Geral da Cidade
de Rio Branco do Sul

Fonte: PARANACIDADE, 2002

Enquanto a porção oeste da cidade possui áreas com grandes declividades, a porção leste conta com importante patrimônio espeleológico, dentre os quais a Gruta de Lancinhas, tombada por lei estadual. Com isso, as possibilidades de expansão da cidade recaem para NE, em direção contrária ao processo de crescimento atual, que tem se dado ao longo da Rodovia dos Minérios (PR-092), no sentido dos municípios de Almirante Tamandaré e Curitiba. Outro aspecto importante da base geológica a ser considerado na ocupação urbana da sede de Rio Branco do Sul é a presença da

Falha da Lancinha, situada na transição entre as áreas de filitos e de metacalcáreo dolomítico, que representa severas restrições ao adensamento e à implantação de usos industriais, aterros sanitários e demais ocupações de risco.

O Município conta com Lei de Zoneamento do Uso do Solo (Lei 482/98) e Lei de Parcelamento do Solo (Lei 481/98), ambas aprovadas em 1998.

Bocaiúva do Sul

O município de Bocaiúva do Sul, cujo nome é uma homenagem a Quintino Bocaiúva, então Ministro das Relações Exteriores do Governo Provisório, foi criado pela Lei nº 705/1934, tendo sido desmembrado do Município de Colombo. Sua povoação inicial coincidia com a do Arraial Queimado, antigo arraial de mineradores de ouro, remontando ao início do século XVIII.

Entre suas riquezas naturais, encontram-se rios como o Capivari e o Ribeira, de grande potencial hidroelétrico, e acidentes geográficos como o Salto do Inferno, as Cachoeiras do Feixo e do Uberaba e as Grutas dos Campinhos. A região é fértil em minerais tais como chumbo, prata, pedra ferro, mármore, argila, cobre, cal e barita, sendo que a indústria de minerais não metálicos é de grande importância para o município, juntamente com a indústria madeireira. A população do município em 2000, segundo o IBGE, era de 9.050 habitantes, dos quais 3.562 viviam em área urbana. Sua taxa de crescimento no intervalo 1991-2000 foi de 1,68%⁸⁸, superior à do período anterior, de -3,92%⁸⁹.

A cidade de Bocaiúva do Sul desenvolve-se sobre uma planície cárstica, estando totalmente rodeada por áreas de declividades média a altas, principalmente a SE, ao longo da Estrada da Ribeira (BR-476. O acesso à capital metropolitana, da qual dista 40 km, se dá por essa rodovia, antigamente o principal acesso à cidade de São Paulo. Com a inauguração da BR-116 na década de 1960, a rodovia perdeu sua importância estratégica, contribuindo para a estagnação da região.

Sob o ponto de vista da legislação urbanística, o Município conta com Lei de Zoneamento do Uso do Solo (Lei nº 067/1985) e Lei de Parcelamento do Solo (Lei nº 066/1985), sendo que a área de interesse do projeto não é atingida por nenhuma área de proteção específica.

14.2.3 - Apropriação do Território

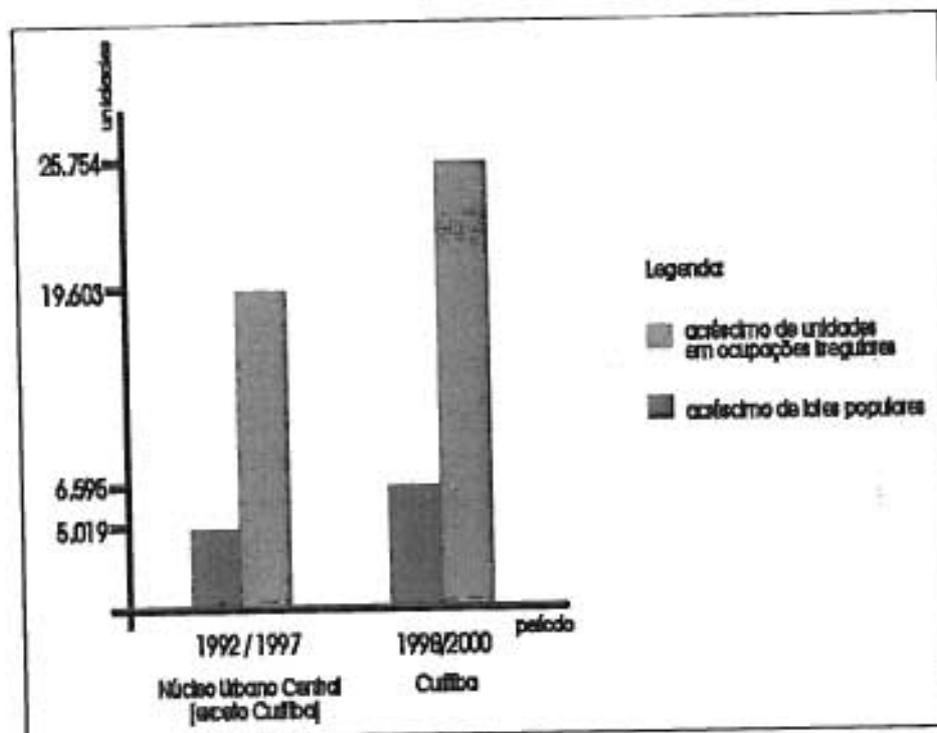
A fixação do contingente populacional nos municípios nem sempre ocorreu dentro de um ordenamento territorial planejado, sendo de extrema importância para o presente projeto a identificação da forma de apropriação do território e sua evolução, bem como a espacialização das ocupações irregulares na área de interesse do projeto.

Na década de 1980, a concentração de loteamentos ocorreu ainda em São José dos Pinhais, mas também a sudoeste de Curitiba, motivada pela consolidação das atividades industriais na região. Já a partir da década de 1990, merece destaque o município de Fazenda Rio Grande, indicando um vetor de crescimento em direção ao sul da RMC.

Segundo dados do Setor de Controle de Organização Territorial – COT – da COMEC, no ano de 1998 tramitaram 538 processos referentes a pareceres técnicos para aprovação de loteamentos e subdivisões na RMC. São José dos Pinhais foi o município com maior número de processos, com 128, ou 23,80% do total. Campo Largo apareceu em segundo lugar, com 84 processos, ou 15,60% do total, seguido de Colombo com 54 processos, equivalentes a 10% do total. Almirante Tamandaré, Curitiba e Fazenda Rio Grande somaram 128 processos, ou 23,80%, enquanto Araucária, Pinhais e Piraquara responderam por 88 processos, ou 16,40%. Dos demais municípios, todos encaminharam ao menos uma consulta formal à COMEC.

No entanto, a oferta de lotes regularizados não tem sido suficiente para acomodar o grande crescimento populacional da RMC, seja pela diferença entre oferta e demanda, seja pela dificuldade que as populações menos favorecidas têm em adquiri-los. Assim, tem aumentado o número de ocupações irregulares, as quais ocorrem muitas vezes em áreas de fragilidade ambiental, tais como fundos de vale, várzeas inundáveis e encostas. Essas ocupações geralmente encontram-se desprovidas de infra-estrutura de saneamento, o que causa enormes transtornos aos seus habitantes, mas também acarreta um grande impacto ambiental aos ecossistemas em que estão inseridas. A Figura 14.19 abaixo ilustra a desproporção entre o número de lotes populares produzidos e o crescimento das ocupações irregulares, em Curitiba e nos demais municípios do núcleo central.

Figura 14.19 - Déficit Habitacional em Curitiba e no Núcleo Central da RMC



Fonte: COMEC-PDI, 2000

De acordo com a Tabela 14-02 o município de Almirante Tamandaré é o que possui o maior percentual de área de ocupações irregulares em relação à área urbana, da ordem de 7,43%. Na seqüência, aparecem os municípios de Campo Magro, Curitiba, Colombo e Rio Branco do Sul com percentuais de 3,08%, 2,51%, 2,22% e 2,03%, respectivamente.

Tabela 14.02-Percentual de Área Invasada em relação a Área Urbana nos Municípios em Estudo

Município	Área do Município (ha)	Área Urbana (ha)	Área das Ocupações Irregulares (ha)	Percentual da Área Invasada em relação à Área Urbana (%)
Almirante Tamandaré	23 038	1 892	140	7,43
Bocaiúva do Sul	80 476	425	4	0,96
Campo Largo	122 432	8 758	58	0,66
Campo Magro	27 275	621	19	3,08
Colombo	19 805	6 742	149	2,22
Curitiba	43 355	38 764	971	2,51
Itaperuçu	39 013	373	5	1,26
Rio Branco do Sul	72 279	1 247	25	2,03

Fonte: COMEC, 2000

Se, em termos relativos, Almirante Tamandaré apresenta uma proporção significativamente maior em relação aos demais municípios, em termos absolutos Curitiba é a que possui a maior área de ocupações irregulares, correspondente a 971 hectares. No entanto, se forem analisados os números de ocupações irregulares e de unidades habitacionais, além de Curitiba e Almirante Tamandaré destaca-se também Colombo. Assim, enquanto Curitiba apresenta 58.530 unidades habitacionais em ocupações irregulares (Tabela 14.03), Almirante Tamandaré possui 5.321 e Colombo 6.274. O município de Curitiba, porém, não se apresenta como ameaça imediata ao Karst, já que a maioria das áreas de ocupação irregular encontram-se a sudoeste, na direção oposta a do aquífero.

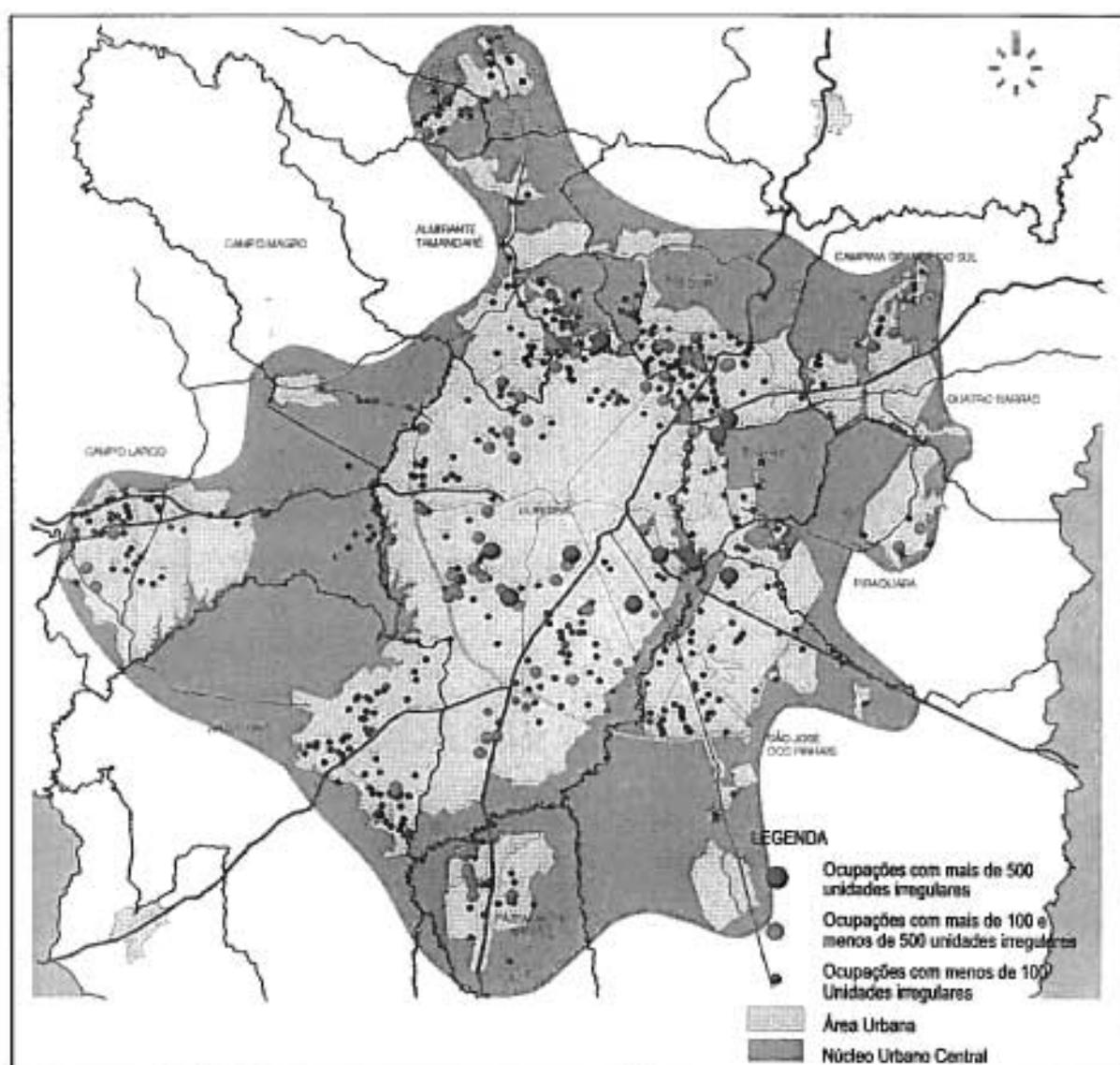
Tabela 14.03 - Tabela de Ocupações Irregulares nos Municípios em Estudo

Município	Número de Ocupações Irregulares	Número de Unidades Habitacionais
Almirante Tamandaré	110	5 321
Bocaiúva do Sul	7	127
Campo Largo	53	1 719
Campo Magro	9	730
Colombo	92	6 274
Curitiba	330	58 530
Itaperuçu	17	566
Rio Branco do Sul	13	817
Total Municípios Karst	631	74.084

Fonte: COMEC, 2000

A Figura 14.20 a seguir ilustra as ocupações irregulares no núcleo central da RMC. A maior parte das ocupações de grande porte, com mais de 500 unidades irregulares, situam-se na porção centro sul de Curitiba, enquanto outras estão nos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo e Pinhais, próximas à divisa com a Capital. As ocupações irregulares de médio e pequeno porte, contendo de até 500 unidades, estão espalhadas na periferia de Curitiba e ao longo de alguns eixos viários importantes, como a BR-116 sentido Porto Alegre, no trecho entre Curitiba e Fazenda Rio Grande, e a BR-116 sentido São Paulo, entre Curitiba e Campina Grande do Sul. Há também ocupações junto às sedes dos municípios vizinhos, como Campo Largo, Rio Branco do Sul e Itaperuçu.

Figura 14.20 - Ocupações Irregulares no Núcleo Central da RMC

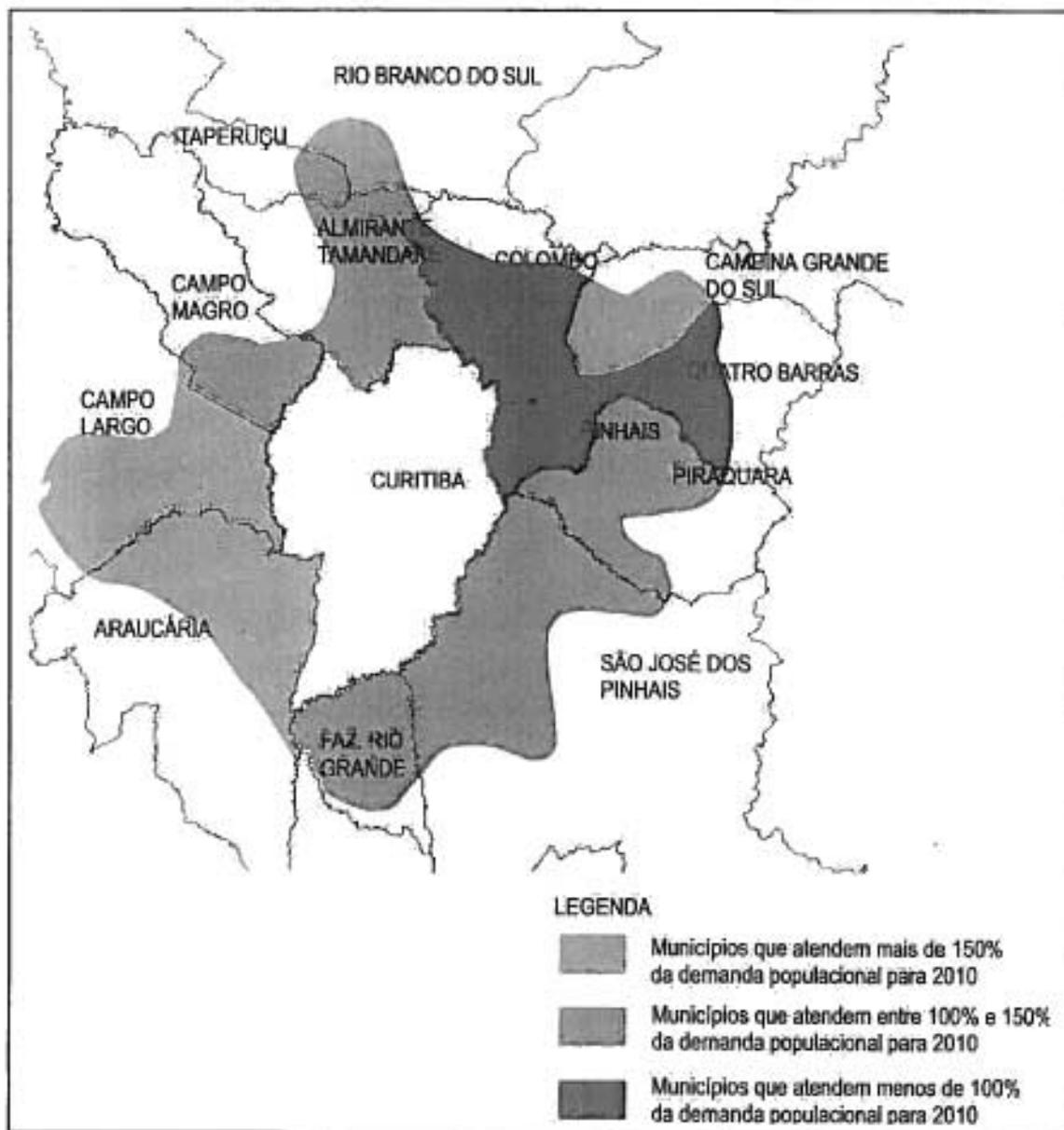


Fonte: COMEC-PDI / 2000.

Visando atender a dimensão social da sustentabilidade metropolitana, o documento preliminar do PDI/RMC propõe que o plano de habitação para a RMC deverá privilegiar habitações de baixa renda, com ênfase para três áreas de atuação. A primeira seria a abertura de novas áreas para urbanização intensiva em regiões sem comprometimento ambiental, situadas a sul e sudoeste de Curitiba. Essa expansão ocorreria formando um eixo que se estenderia de Campo Largo a São José dos Pinhais.

Outra intervenção seria a regularização fundiária e a urbanização de ocupações irregulares, buscando a integração dessas populações. Por fim, esse documento também sugere como diretriz a ocupação dos vazios urbanos através de parcerias entre o poder público e a iniciativa privada.

Figura 14.21 - Quantificação de Vazios Urbanos no Núcleo Central da RMC

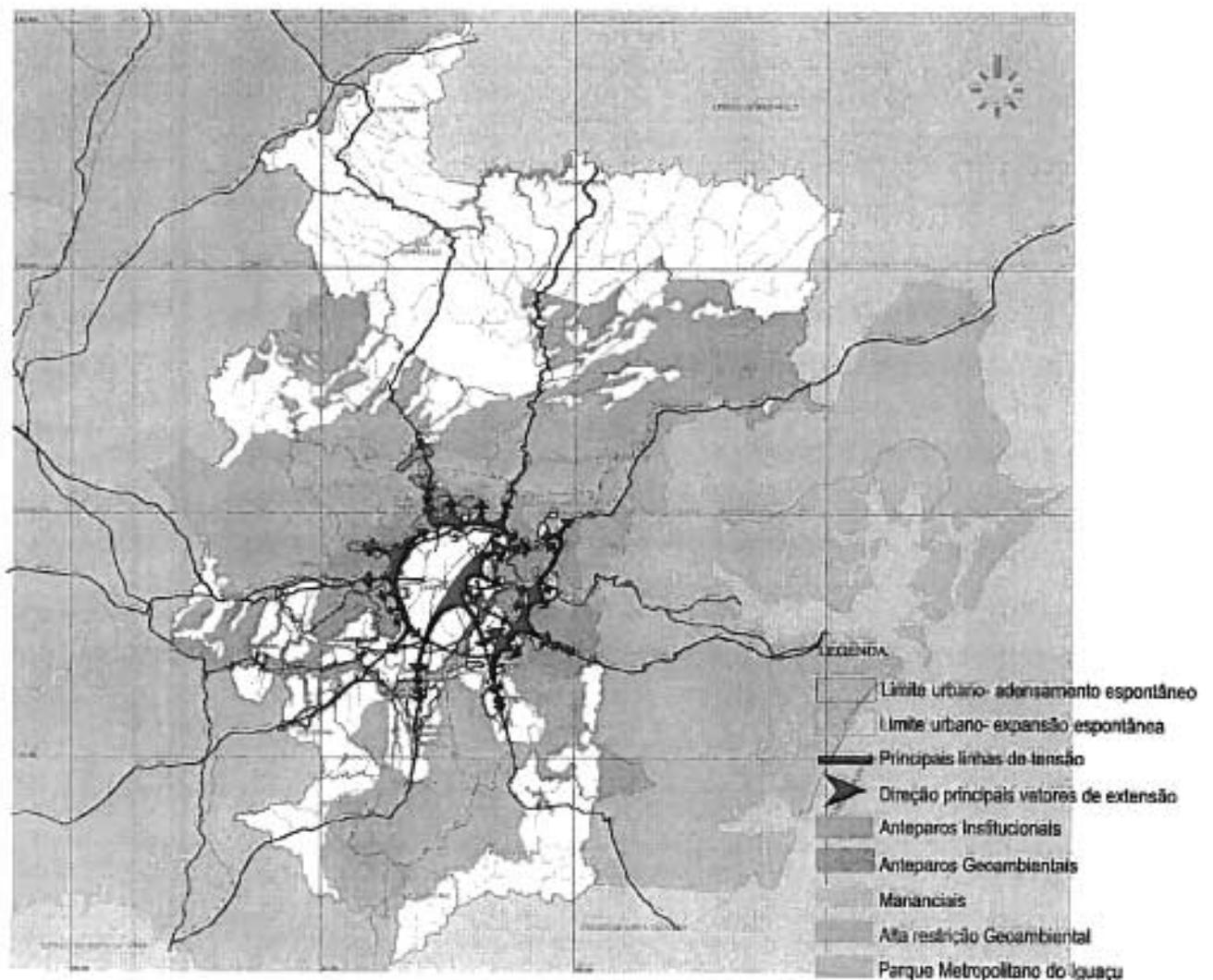


Fonte: COMEC-PDI / 2000.

14.2.4 - Vetores de Ocupação

As tendências de uso e ocupação do solo na Região Metropolitana podem ser avaliadas sob a sua evolução. A Figura 14.22 abaixo ilustra os principais vetores de expansão e adensamento para a região:

Figura 14.22 - Principais Tendências Urbanas ao Adensamento e Expansão na RMC



Fonte: COMEC-PDI / 2000

No que se refere à área urbana de Curitiba, as tendências de crescimento dos bairros atingidos pelo Karst, a noroeste do município, são menores. Por se tratar de área ondulada e com razoável quantidade de áreas verdes, resguardada por instrumentos legais de proteção, os usos predominantes nesta porção da cidade devem continuar sendo os residenciais de baixa densidade.

No entanto, em direção norte encontram-se os municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, cujos bairros conurbados a Curitiba apresentam altas taxas de crescimento demográfico, podendo acarretar pressões nos bairros da Capital limítrofes a estes municípios. O mesmo ocorre com Campo Magro, a WNW de Curitiba, cujo crescimento está impulsionando um vetor ao longo da Av. Manoel Ribas, em direção à Estrada do Cerne (PR-090)

No caso específico de Colombo, cabe ressaltar a densificação da mancha urbana formada em direção ao pólo metropolitano, ao longo de eixos viários importantes, como a Estrada do Ribeira, que parte de Curitiba em direção a Bocaiúva do Sul, e a Rodovia da Uva, que segue até a sede municipal. No caso desta última via, se mantido o atual zoneamento de Colombo, a expansão deverá ser menor, uma vez que os lotes a oeste da rodovia têm parâmetros bastante restritivos de ocupação. Essa contenção representa uma barreira ao avanço da ocupação sobre o Karst, sendo bastante positiva.

Contudo, além da previsão de adensamento em direção a Curitiba, Colombo apresenta um forte vetor de crescimento intramunicipal, em direção à porção nordeste do município, com destaque para a localidade de Fervida, uma região bastante frágil em relação ao Karst. Um fator de densificação dessa e de outras localidades rurais é o parcelamento de terras.

Com respeito à porção do município de Campo Largo atingido pela área de estudo, percebe-se uma ligeira tendência de densificação na localidade de Bateias, em direção a Campo Magro, ao longo da Estrada do Cerne (PR-090). A julgar pelo fato de que esta estrada acompanha a faixa de ocorrência do Karst, a localidade de Bateias também deve estar sobre área cárstica, o que poderá acarretar em conflitos de ocupação.

Da mesma forma, em Campo Magro deve permanecer a tendência atual de ocupação ao longo da Estrada do Cerne (PR-090), em direção à localidade de Bateias, localizada em Campo Largo, embora o maior vetor de ocupação seja em direção a Curitiba. Como mencionado acima, este eixo viário, que corre no sentido leste-oeste, situa-se sobre substrato cárstico, além de atravessar a APA do Passaúna, o que constitui um obstáculo à expansão urbana. Outro fator limitante à expansão de Campo Magro é a presença da APA do Rio Verde ao sul da cidade.

No caso de Almirante Tamandaré, tem importância o eixo viário representado pela Av. Anita Garibaldi, que segue em direção a Curitiba e cujo entorno deverá abrigar as maiores taxas de adensamento deste último município. Além da expansão em direção a Curitiba, nota-se a tendência de intensificação da ocupação ao longo da Rodovia dos Minérios (PR-092), em direção a Rio Branco do Sul e Itaperuçu, apesar da presença de muitas áreas de alta declividade. Outro local de adensamento situa-se ao longo da PR-509, que liga sua sede a do município de Colombo, resultando em três vetores de ocupação em Almirante Tamandaré: ao norte (Rio Branco do Sul e Itaperuçu), a leste (Colombo) e ao sul (Curitiba), sendo este último mais significativo.

Para Itaperuçu, nota-se a intensificação da ocupação ao longo das estradas que ligam ao município de Rio Branco do Sul, a nordeste, e à localidade de Tranqueira, a sudeste, que pertence a Almirante Tamandaré. Ao norte, a oeste e, em menor grau, a leste, situam-se áreas de grande declividade, que se constituem em obstáculos à expansão urbana, embora se perceba o avanço da ocupação dos sopés dos morros ao norte da cidade.

Em Rio Branco do Sul, de forma análoga, os vetores de expansão encontram-se em direção a Itaperuçu, a sudoeste, e à localidade de Tranqueira, ao sul, ao longo do eixo da Rodovia dos Minérios (PR-092). No entanto, o crescimento populacional de Rio Branco do Sul será proporcionalmente menor do que o de Itaperuçu, conforme pode ser analisado no capítulo referente à demografia.

Já com relação a Bocaiúva do Sul, em que pese o seu reduzido crescimento populacional, percebe-se a formação de um vetor de expansão ao longo da Estrada da Ribeira (BR-476), em direção a Curitiba.

Com relação à área de interesse como um todo, pode-se afirmar que boa parte da área cárstica propriamente dita está sujeita a menores pressões de crescimento urbano, por se encontrar distante da mancha de ocupação conurbada com Curitiba.

Contudo, o adensamento do triângulo formado pelos municípios de Rio Branco do Sul, Itaperuçu e a localidade de Tranqueira, e continuidade dessa ocupação em direção à sede de Almirante Tamandaré pode representar grandes riscos ao Karst tendo em vista a fragilidade do substrato rochoso nesta região. Caso esta tendência venha a se confirmar, seria preferível o adensamento do eixo Tranqueira – Rio Branco do Sul, uma vez que a sudoeste do eixo Tranqueira – Itaperuçu encontram-se áreas previstas para exploração do aquífero, cujo entorno deve ser preservado. Além disso, o substrato rochoso sobre o qual se localiza esta estrada é bastante frágil e sujeito a contaminação.

Outras manchas urbanas formadas a partir dos vetores de ocupação identificados também merecem atenção com relação ao Karst. Dentre elas, destaca-se a que está se intensificando entre a sede de Colombo e a localidade de Fervida, principalmente devido às características do solo e a presença de muitos poços de captação de água na região. Em segundo plano, cabe ressaltar a consolidação do núcleo formado ao longo da Estrada do Cerne (PR-092), em Campo Magro, que também causa preocupação em relação ao Karst.