

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA MATEMÁTICA E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGG)

**ALTERAÇÕES TECNÔGENICAS EM SISTEMAS
FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA,
MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL FLUMINENSE**

EDUARDO VIEIRA DE MELLO

**Orientadoras: Dr^a Maria Naíse de Oliveira Peixoto &
Dr^a Telma Mendes da Silva**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rio de Janeiro

Fevereiro/ 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA MATEMÁTICA E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGG)

**ALTERAÇÕES TECNOGÊNICAS EM SISTEMAS
FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA,
MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL FLUMINENSE**

Mestrando: EDUARDO VIEIRA DE MELLO

**Orientadoras: Prof^a Dr^a Maria Naíse de O. Peixoto &
Prof^a Dr^a Telma Mendes da Silva**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/UFRJ) requisito obrigatório para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

Aprovada por:

_____ - **Orientadora**
Prof^a Dr^a Maria Naíse de O. Peixoto (Dpt^o Geografia/ UFRJ)

_____ - **Co-orientadora**
Prof^a Dr^a Telma Mendes da Silva (Dpt^o Geografia/ UFRJ)

Prof. Dr. Nelson Ferreira Fernandes (Dpt^o Geografia/UFRJ)

Prof. Dr. Raúl Sánches Vicens (Dpt^o Geografia/UFF)

Prof. Dr. Renato Rodrigues C. Ramos (Museu Nacional/UFRJ)

F e v e r e i r o / 2 0 0 6

FICHA CATALOGRÁFICA

MELLO, EDUARDO VIEIRA DE

Alterações Tecnogênicas em Sistemas Fluviais no Município de Volta Redonda, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul Fluminense. [Rio de Janeiro] 2005.

xiii, 161 p., 29,7cm (Mestrado em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Instituto de Geociências (IGEO/UFRJ), 2006).

Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências.

- 1- Transformações em Sistemas Fluviais;
- 2- Tipologia de Canais Fluviais;
- 3- Intervenções Tecnogênicas;
- 4- Conectividade Fluvial;
- 5- Sensibilidade Ambiental;
- 6- Volta Redonda
- 7- Médio Vale do Rio Paraíba do Sul

I - IGEO/UFRJ/PPGG

II – Título (série)

RESUMO

ALTERAÇÕES TECNOGÊNICAS EM SISTEMAS FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA, MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL FLUMINENSE

EDUARDO VIEIRA DE MELLO

Orientadoras: Dr^a Maria Naíse de O. Peixoto

Dr^a Telma Mendes da Silva

O trabalho aborda questões relacionadas às mudanças da rede da drenagem nas bacias do Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita, no município de Volta Redonda, Médio Vale do rio Paraíba do Sul (RJ, Brasil). Propõe uma tipologia de canais baseada nas características morfológicas e no comportamento dos rios (estilos do rio – *river styles*), no grau de articulação e conectividade de diferentes segmentos de canais (*continuum* fluvial), e na estrutura geomorfológica das bacias. Elabora levantamentos de evolução urbana, compartimentos geomorfológicos, parâmetros morfométricos de bacias, feições deposicionais quaternária e tipos de rios utilizando fotografias aéreas (escalas 1:5.000/1999 e 1:60.000/1966) e bases topográficas nas escalas 1:5.000 e 1:50.000, discutindo seus relacionamentos com a evolução holocênica dos sistemas de drenagem e as intervenções tecnogênicas nos rios.

Os padrões de organização longitudinal dos tipos de canais refletem as condições de entulhamento e de esvaziamento dos vales e das cabeceiras de drenagem, iniciados antes da ocupação. O arranjo dos tipos de canais reconhecidos permite a compreensão dos efeitos de processos geomorfológicos e das alterações tecnogênicas, que embora pontuais e espacialmente descontínuas, são consideradas no contexto das transformações ao longo das redes da drenagem em momentos históricos distintos.

ABSTRACT

TECHNOGENIC CHANGES IN FLUVIAL SYSTEMS ON VOLTA REDONDA COUNTY, PARAÍBA DO SUL RIVER MIDDLE VALLEY (RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL)

EDUARDO VIEIRA DE MELLO

Supervisors: **D.Sc. Maria Naíse de O. Peixoto**

D. Sc. Telma Mendes da Silva

The work deals with drainage network changes at Brandão and Santa Rita basins, on Volta Redonda municipality, Middle Valley of Paraíba do Sul River (RJ, Brazil). Propose a channel typology on morphologic characteristics and behaviour of rivers (river styles), the connectivity and articulation of different channel segments (*continuum* fluvial) and on geomorphic structure by mapping urban evolution, geomorphic compartments, morphometric parameters, quaternary depositional features and river types using air photographs (1:5.000/1999 and 1:60.000/1966 scales/dates) and topographic charts (1:5.000 and 1:50.000 scales), presenting the relationships with holocenic evolution drainage systems and technogenic interventions in rivers.

The longitudinal patterns of channel types reflects the condition of trenching and emptying of valleys and headwaters, initiated before the occupation. The arrangement of channel types recognized must allow the understanding of geomorphic processes and interventions effects, which although punctual and spatially discontinuous, are viewed as consequences of transformations along the drainage networks, at different historical times.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 3.1:** Relação entre limites temporais e tipos dominantes de processos, com base nas proposições de TER-STEPANIAN (1988) e OLIVEIRA *et. al.* (2005) _____ 13
- FIGURA 3.2:** Relações entre magnitude dos processos, intervalo de recorrência e tempo de relaxação (1) e tempo de recuperação (2) para a geometria do canal fluvial e a densidade de drenagem, partir de *inputs* no escoamento (adaptado de CHORLEY *et. al.*, 1984). _____ 20
- FIGURA 3.3:** Esquema destacando a hierarquia dos relacionamentos entre o grau de sensibilidade e a taxa de recuperação, com base em mecanismos de retroalimentação e tempo de ajuste das formas (adaptado de CHORLEY *et. al.*, 1984) _____ 21
- FIGURA 3.4:** Relações entre o uso do solo e escoamento superficial e infiltração, retirado de OTONI e OTONI FILHO (2000) _____ 25
- FIGURA 3.5** Estrutura de reconhecimento da condição geomorfológica de rios. (in: BRIERLEY e FRYIRS, 1999, 2000; FRYIRS, 2003) _____ 33
- FIGURA 3.6:** Organização vertical e lateral de depósitos coluviais e aluvio-coluviais (aloformações) em cabeceiras de drenagem em anfiteatro - seção Bom Retiro (Bananal,SP). Modificado de MOURA (1990), in PEIXOTO (2002) _____ 36
- FIGURA 3.7:** Reconstituição esquemática do arcabouço sedimentar preservado no domínio de baixa encosta e de vales fluviais na região do médio vale do rio Paraíba do Sul, destacando os principais marcos evolutivos quaternários e idades radiocarbônicas, in MELLO *et. al.* (1995). _____ 37
- FIGURA 3.8:** Cabeceiras de drenagem em anfiteatro representativas da tipologia proposta por MOURA *et. al.* (1991). _____ 39
- FIGURA 4.1:** Mapa de hidrografia e sub-bacias do Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita – Volta Redonda (RJ). _____ 48
- FIGURA 5.1:** Bacia do Rio Paraíba do Sul, com a localização das principais cidades. (Programa Estadual de Investimento da Bacia do Rio Paraíba do Sul, www.hidro.ufrj.br, acessado em novembro de 2003). _____ 53
- FIGURA 5.2:** Localização do município de Volta Redonda no Estado Rio de Janeiro e das bacias Santa Rita e do Córrego Brandão. _____ 54
- FIGURA 5.3:** Localização dos principais rios do município de Volta Redonda (RJ). Fonte: www.portalvr.com, retirado em julho/2005. _____ 56
- FIGURA 5.4:** Bacias do Córrego Santa Rita e Ribeirão Brandão e suas redes hidrográficas, município de Volta Redonda (RJ). Elaborado a partir da base de dados fornecida pela EPD/Volta Redonda. _____ 57
- FIGURA 5.5:** Compartimentação topográfica da região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul fluminense entre Resende e Volta Redonda em escala 1:50.000. SILVA *et. al.* (1993), in PEIXOTO(2002). _____ 59

FIGURA 5.6: Mapa geológico da área compreendida o Planalto da Bocaina e o rio Paraíba do Sul na porção limítrofe entre os estados Rio de Janeiro e São Paulo, em escala 1:250.000. Compilação elaborada por GONTIJO, (1999).	60
FIGURA 6.1: Mapa de evolução urbana do Município de Volta Redonda.	78
FIGURAS 7.1 e 7.2: Mapa de compartimentação topográfica e Mapa de compartimentação geomorfológica, elaborados com base em SILVA (inédito).	87
FIGURA 7.3: Fragmento do mapa geológico, exposto na íntegra no capítulo 5 (figura 5.5), da área compreendida entre o Planalto da Bocaina (Serra do Mar) e o rio Paraíba do Sul, compilado por GONTIJO (1999).	88
FIGURA 7.4: Morfologia característica de alguns sub-compartimentos geomorfológicos reconhecidos na área de estudo.	90
FIGURAS 7.5 e 7.6: Mapas de Índice de Forma (K) e Índice entre o Comprimento e Área da Bacia (ICo) elaborados para as sub-bacias contribuintes do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ).	95
FIGURAS 7.7 e 7.8: Mapas de Densidade de Drenagem (Dd) e Amplitude Altimétrica Máxima (Hm) elaborados para as sub-bacias contribuintes do ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ).	96
FIGURAS 7.9 e 7.10: Mapas de Índice de Forma (K) e Índice entre o Comprimento e Área da Bacia (ICo) elaborados para as sub-bacias contribuintes da bacia do Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ).	98
FIGURAS 7.11 e 7.12: Mapas de Densidade de Drenagem (Dd) e Amplitude Altimétrica Máxima (Hm) elaborados para as sub-bacias contribuintes do Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ).	99
FIGURA 8.1: Mapa de tipologia de canais da bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ)	103
FIGURA 8.2: Mapa de tipologia de canais da bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ)	104
FIGURA 8.3: Perfil transversal do “vale” em que se insere o canal erosivo, desenho esquemático da seção de canal e foto ilustrativa do tipo	105
FIGURA 8.4: Perfil transversal do vale de uma seção de canal inciso e desenhos esquemáticos com variações encontradas	108
FIGURA 8.5: Perfil transversal do vale de uma seção de canal não-inciso e desenho esquemático	110
FIGURA 8.6: Perfil transversal do vale de uma seção de canal rochoso, desenho esquemático e fotografia ilustrativa do tipo	111
FIGURA 8.7: Perfil transversal do vale de uma seção de canal assoreado, desenho esquemático e fotografias ilustrativas do tipo	113
FIGURA 8.8: Perfis transversais em um vale confinado com canal embrejado e em um vale aberto com este tipo de canal	114
FIGURA 8.9: Fotografias destacando a inserção dos brejos em cabeceiras de drenagem em processo de esvaziamento.	115

- FIGURA 8.10:** Mapa de seções de brejo da bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ)._____ 116
- FIGURA 8.11:** Mapa de seções de brejo da bacia do Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ)._____ 117
- FIGURA 8.12:** Perfil transversal a um vale com canal florestado, desenho esquemático e fotografia ilustrativa do tipo_____ 119
- FIGURA 8.13:** Perfil transversal a um vale com canal retificado, desenho esquemático e fotografias ilustrativas do tipo_____ 120
- FIGURA 8.14:** Perfil transversal a um vale com canal impermeabilizado, desenho esquemático e fotografias ilustrativas do tipo_____ 121
- FIGURA 8.15:** Localização dos pontos de descarte de efluentes e dos transversais levantados nos canais coletores da bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ)_____ 128
- FIGURA 8.16:** Localização dos pontos de descarte de efluentes e dos perfis transversais levantados nos canais coletores da bacia Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ)_____ 129
- FIGURA 8.17:** Tipos de tubulações de emissão de efluentes levantados nas bacias do Ribeirão Brandão e Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ)___ 130

LISTA DE PRANCHAS

PRANCHA 6.1: (A) Vista do local onde foi construída a usina siderúrgica da CSN, em 1941, observando-se o Ribeirão Brandão e o Córrego Coqueiros com cursos meândricos; (B) Vista da usina em construção em 1943; (C) Bairro operário Rústico, inaugurado em 1942, vendo-se ao fundo a CSN; (D) Bairro Conforto (1945). (E) Pai-filho e a construção do imaginário da sociedade urbano-industrial e da cidade “eldorado” símbolo do progresso, focando bairros operários e a usina (foto retirada de propaganda da época); (F) Destaque para quatro bairros, três primeiros operários: Laranjal (esq. acima), Monte Castelo (dir. acima), Sessenta (dir. abaixo) e Vila Santa Cecília (esq. abaixo); (G) Bairros Vila Santa Cecília e Bela Vista, em 1946; (H) Linha férrea (RFFSA), ao lado da ferrovia, a BR393 em direção a Barra Mansa e a Av. dos Trabalhadores, e bairros Vila Santa Cecília e Laranjal (à esq.) e Nossa Senhora das Graças (à dir.); (I) Centro de Volta Redonda bem verticalizado no início da década de 70; (J) Bairro Aterrado em 1972; (K) Bairros entre a linha férrea e o rio Paraíba do Sul, em 1975: Aterrado (no centro à direita), Nossa Senhora das Graças (dir. abaixo) e acima da linha férrea, Jardim Amália (à esq.), São Geraldo (no centro) e São João (à dir.); (L) Vista aérea dos bairros construídos pela companhia; (M) Fotografia do bairro Santa Rita do Zarur, demonstrando o surgimento e crescimento espontâneo. Fonte: Fotos [(A), (B), (C), (D) e (F)] retiradas de BEDÊ (2004); Fotos [(G), (H), (I), (J), (K), (L) e (M)] cedidas pelo Departamento de Fotografia da Prefeitura Municipal de Volta Redonda.

73

PRANCHA 6.2: (A) e (B) Visões panorâmicas da cidade de Volta Redonda (RJ). Em (A) destaca-se a área urbana central, instalada na planície do rio Paraíba do Sul, com o limite norte da bacia terciária Volta Redonda em contato com o embasamento cristalino por falhamento; (B) Vendo-se os bairros centrais (acima) e da parte leste da cidade (esq.inferior); (C) Fotografia destacando a porção sul e oeste do município e os três domínios geomorfológicos regionais; (D) Em destaque a Ilha São João e o contato por falha entre a planície do Paraíba do Sul e o domínio de morros; (E) Colinas suaves na área do Gráben de Casa de Pedra, vendo-se ao fundo o compartimento de morros cristalinos mais elevado e o bairro Casa de Pedra; (F) e (G) Parque Industrial da CSN e o canal Ribeirão Brandão, e na margem oposta, os bairros Niterói, Vila Mury e Retiro, ambos anteriores à implantação da CSN e ao “planejamento urbano”.

81

PRANCHA 7.1: Modelo Digital de Terreno (MDT) e visadas da Bacia do Ribeirão Brandão.

92

PRANCHA 7.2: Modelo Digital de Terreno (MDT) e visadas da Bacia do rio Paraíba do Sul e do rio Paraíba do Sul, Santa Rita.

93

PRANCHA 8.1: (A) Croquis representativos da visão em planta de diferentes seções de canal do Ribeirão Brandão (Volta Redonda, RJ) representação das intervenções diretas e feições associadas aos depósitos “tecnogênicos”. (B) Perfis transversais aos canais nas seções descritas (ver localização assinalada na figura 8.15). (C) Descrição das seções analisadas

135

PRANCHA 8.2: Perfis transversais, croquis da visão em planta e

16

fotografias de diferentes seções de canal do Ribeirão (A) e no Córrego Brandãozinho, Volta Redonda (RJ), com representação das intervenções diretas e feições deposicionais associadas aos depósitos "tecnogênicos" (ver localização assinalada na figura 8.15), e descrição das seções. _____ 136

PRANCHA 8.3: Perfis transversais, croquis da visão em planta e fotografias de diferentes seções de canal nos coletores da bacia do Córrego Santa Rita, com representação das intervenções diretas e feições deposicionais associadas aos depósitos "tecnogênicos" (ver localização assinalada na figura 8.16), e descrição das seções. _____ 137

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1: Conceitos empregados no reconhecimento de estilos fluviais, segundo BRIERLEY *et al.* (2002) e FRYIRS (2003). _____ 30

QUADRO 3.2: Atributos dos estilos fluviais identificados na bacia do rio Bega (sudeste da Austrália), retirado de FRYIRS e BRIERLEY (2001). _____ 32

QUADRO 4.1: Tipologia de feições erosivas e movimentos de massa proposta para a região do Médio Vale do Paraíba do Sul (CASTRO *et al.*, 2002; MELLO *et al.*, 2002). _____ 52

QUADRO 6.1: Cronologia histórica de Volta Redonda. Elaborada com base em LIMA (2004) e BEDÉ (2004). _____ 79

QUADRO 6.2: Evolução dos bairros do município de Volta Redonda (RJ).

QUADRO 6.3: Evolução urbana do município de Volta Redonda, com base nos surgimentos dos bairros e suas respectivas fases de crescimento em termos de área por períodos. _____

QUADRO 8.1: Atributos dos tipos de canais fluviais nas bacias do Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita (Volta Redonda – Médio Vale do rio Paraíba do Sul Fluminense). _____ 102

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 6.1: Crescimento populacional de Volta Redonda, fornecido pela PMVR (2002). _____ 70

GRÁFICO 6.2: Taxa de crescimento populacional do município de Volta Redonda (RJ) elaborado por CASTRO (2004). _____ 71

LISTA DE TABELAS

TABELA 6.1: População residente em Volta Redonda, número de empregados da CSN e de habitações construídas pela companhia. in: PIQUET (1998 *apud* Escola Superior de Guerra, 1971)._____ 72

TABELA 8.1: Número de seções de canal por tipo, comprimento total das seções de canal em quilômetros e porcentagem em relação ao comprimento total dos canais da bacia do Ribeirão Brandão, Volta R 06

TABELA 8.2: Número de seções de canal por tipo, comprimento total das seções de canal em quilômetros e porcentagem em relação ao comprimento total dos canais da bacia do Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ).__ 107

TABELA 8.3: Número e porcentagem de economias por tipo de abastecimento e tipo de esgotamento em Volta Redonda (RJ). in: SAAE/VR (2004)_____ _ 125

TABELA 8.4: Estações de tratamento de esgotos (ETE), suas respectivas capacidades de tratamento em litros por minuto (l/min), número de moradores atendidos e porcentagem em relação ao total habitantes do município de Volta Redonda (RJ). in: SAAE/VR (2004)_____ 126

TABELA 8.5: Cômputo de pontos de emissão direta da efluentes identificados nos coletores das bacias dos rios Ribeirão Brandão e Santa Rita, VR/RJ_____ 127

TABELA 8.6: Vazões calculadas para os diferentes tipos de tubulações nas bacias do Ribeirão Brandão e Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ)__132

TABELA 8.7: Estimativas de emissão de esgotamentos em tubulações ativas (EEA) e de emissão total (tubulações ativas e inativas) nos corpos hídricos coletores das bacias dos rios Ribeirão Brandão e Santa Rita, VR/RJ_____ 133

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABEQUA - Associação Brasileira de Estudos do Quaternário
ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico
BVR - Bacia de Volta Redonda
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
COORDEMA - Coordenadoria de Defesa do Meio Ambiente de Volta Redonda
CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
EPD - Empresa de Processamento de Dados da Prefeitura Municipal de Volta Redonda
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
Faperj - Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro
FURBAN - Fundo Comunitário
GCP - Gráben Casa de Pedra
HC - Hollow Côncavo
HCA - Hollow Côncavo Articulado
HCP - Hollow Côncavo-Plano
HCPr - Hollow Côncavo-Plano Reafeiçoado
HCS - Hollow Côncavo Suspenso
HCS e - Hollow Côncavo Suspenso Embutidos
HIDROCONSULT – Empresa de Consultoria em Hidrologia e Drenagem Urbana
IPPU/VR – Instituto de Planejamento Urbano de Volta Redonda
IQM-VERDE – Índice de Qualidade Municipal Verde
MDT - Modelos Digitais de Terreno
MVPS - Médio Vale do rio Paraíba do Sul
N-S – Norte-Sul
NEQUAT - Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno
NE-SW – Nordeste-Sudoeste
NW-SE – Noroeste-Sudeste
PEDI - Plano Estrutural de Desenvolvimento Integrado
PMVR - Prefeitura Municipal de Volta Redonda
RFFSA – Empresa de Rodovias Ferroviárias S.A.
SAAE/VR - Serviço Autônomo de Águas e Esgotos de Volta Redonda
TCA - Termo de Compromisso Ambiental
UNIFOA - Centro Universitário Oswaldo Aranha

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVAS DO ESTUDO	1
2. OBJETIVOS	7
3. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS E METODOLÓGICOS	8
3.1 NATUREZA, TÉCNICA E A AÇÃO DA SOCIEDADE	8
3.2 O TEMPO DAS MUDANÇAS E SENSIBILIDADE EM GEOMORFOLOGIA	17
3.3 TRANSFORMAÇÕES NOS SISTEMAS FLUVIAIS	22
3.4 UMA NOVA ABORDAGEM PARA A CLASSIFICAÇÃO DE RIOS	29
3.5 A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA NA APREENSÃO DAS TRANSFORMAÇÕES NOS SISTEMAS DE DRENAGEM DO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS	42
5. ÁREA DE ESTUDO	53
5.1 ARCABOUÇO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO	58
5.2 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	61
6. EVOLUÇÃO URBANA DE VOLTA REDONDA	65
7. ESTRUTURAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DAS BACIAS DO RIBEIRÃO BRANDÃO E CÓRREGO SANTA RITA	84
7.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	84
7.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA	94
8. TIPOLOGIA DE RIOS E ALTERAÇÕES DIRETAS NOS CANAIS FLUVIAIS	101
8.1 TIPOLOGIA DE CANAIS FLUVIAIS	101
8.2 ALTERAÇÕES TECNOGÊNICAS NOS SISTEMAS DE DRENAGEM	122
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141

1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVAS DO ESTUDO

Na região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul, as transformações ocorridas na rede de drenagem durante os últimos milhares de anos são evidenciadas por registros de episódios erosivos/deposicionais de grande magnitude, que apresentam estreita relação com a morfologia atual das

encostas e fundos de vale. Os diferentes níveis de sedimentação presentes nos vales fluviais (terraços fluviais) e os seus depósitos, as feições de entulhamento das cabeceiras de drenagem por sedimentos alúvio-coluviais, assim como as feições erosivas canalizadas instaladas vales e reentrâncias entulhados, constituem marcas características desta paisagem em franco processo de transformação. Destaca-se neste processo, a reorganização dos sistemas hidrográficos através de diferentes fases de formação de capturas fluviais (MELLO *et al.*, 1999) e da retomada dos antigos eixos de drenagem por voçorocas remontantes, levando à rehierarquização das redes de canais fluviais que drenam para o rio Paraíba do Sul (MOURA, 1990; MOURA 1999a;b). A reconstituição es eventos erosivos e deposicionais e sua ordenação no tempo, a caracterização dos depósitos e solos a eles associados e a definição das as relações com a geometria do relevo e o papel destes fatores na deflagração processos erosivos atuais, foram alvo de pesquisas geomorfológicas e estratigráficas desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos do Quaternário & nógeno - NEQUAT – e por grupos de pesquisa colaboradores, ao longo das duas últimas décadas, que fomentaram e foram apoiadas pela de diversas teses e dissertações (podem ser citados: MOURA, 1990; SILVA, 1991; 2002; MELLO, 1992; PEIXOTO, 1993; 2002; AFONSO; 93; BARROS, 1996; SALGADO, 1996; MADEIRA, 1997; IERVOLINO, 1999, entre outros).

Dentro do amplo escopo destes estudos, a investigação processos atuantes nas bacias de drenagem tem se voltado cada vez mais à elucidação das suas inter-relações dentro dos sistemas fluviais, considerando a articulação entre processos e produtos e o caráter de rede que lhe é inerente. A erosão canalizada e os escorregamentos de encostas constituem processos reconhecidos como os principais responsáveis pela evolução das encostas e pela dinâmica de entalhe e sedimentação dos fundos de vale durante o Holoceno¹, regidos por controles climáticos e/ou neotectônicos. Figuram, ainda hoje, entre os principais processos geomorfológicos atuantes em grande parte das bacias de drenagem regionais (IERVOLINO, 1999; PADCT/FINEP, 1998) estando,

¹ Nos últimos 10.000 anos ocorreram uma grande fase de colmatção dos vales e reentrâncias (*hollows*) e ao menos uma (posterior) fase de entalhe nos eixos de drenagem – ver capítulo 3.5 para detalhamento da história evolutiva. 22
Eduardo Vieira de Mello

indiscutivelmente, vinculados às alterações provocadas pelas atividades humanas ao longo dos últimos dois séculos.

Neste aspecto, convém destacar que, até meados do século XX essas alterações estiveram associadas, primordialmente, à ocupação inicial através do desmatamento e do cultivo do café, e posteriormente à introdução das pastagens para a pecuária (MOURA, 1990; DANTAS, 1995; DEAN, 1996; BARROS *et al.*, 2000). Os registros sedimentares destes processos foram identificados tanto no domínio de encosta (Aloformação Carrapato) como fluvial (Aloformação Resgate) - MOURA & MELLO (1991), MADEIRA *et al.* (1999), MELLO *et al.* (1995) – e reconhecidos como depósitos tecnogênicos².

No entanto, a partir da década de 1950, o processo de o alavancado pela construção da Companhia Siderúrgica Nacional em Volta Redonda, nos anos 40, provocou uma série de muda nas áreas urbanas e rurais do Médio Vale, com grande expansão das cidades situadas ao longo da Rodovia Presidente Dutra (BR-116). CASTRO (2004) aponta alguns dos efeitos diretos e indiretos desta expansão Volta Redonda, mencionando os processos erosivos deflagrados pelos cortes e aterros e sua possível contribuição para o assoreamento dos canais, como a recepção de cargas poluidoras (efluentes industriais e esgotamentos domésticos) responsável pela significativa degradação recursos hídricos de superfície, que se manifesta não apenas no coletor principal – o rio Paraíba do Sul – mas também ao longo de tributários de diferentes magnitudes.

A forte concentração urbana e industrial ao longo do rio Paraíba do Sul e o fato deste constituir o principal manancial hídrico na região do Médio Vale, entretanto, têm acarretado na convergência do foco das políticas públicas e dos meios de informação para o controle de atividades poluidoras primordialmente no próprio rio Paraíba do Sul, dando-se ainda pouca atenção, até o momento, às bacias hidrográficas tributárias neste trecho da bacia, especialmente àquelas de menores dimensões. O risco cada vez mais evidente de acidentes passíveis de comprometer temporariamente a

² Depósitos tecnogênicos são aqueles formados pela ação do Homem; sua gênese está associada ao uso da técnica pelas sociedades humanas (PELOGGIA, 1997). 23
Eduardo Vieira de Mello

qualidade e disponibilidade das águas do rio Paraíba do Sul³, mencionado por GUSMÃO (2000) e CASTRO (2004), já aponta, porém, para a necessidade de definir estratégias alternativas de abastecimento de água para municípios que utilizam o rio Paraíba como manancial exclusivo ou principal.

Em Volta Redonda esta situação mostra-se especialmente importante devido ao crescimento intenso da demanda por abastecimento – atualmente, quase que exclusivamente dependente do rio Paraíba do Sul – e à poluição do manancial hídrico utilizado. Outra particularidade constitui o fato de a cidade ter sido criada como uma cidade-empresa vinculada à instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), desenvolvendo-se de modo significativo em um intervalo de tempo relativamente curto – 60 anos – características que balizaram a escolha do município área de estudo.

Os estudos realizados no município dentro de projetos pesquisa conduzidos pelo NEQUAT (CASTRO, 2004; FAPERJ, 2004) indicam que o ritmo acelerado das intervenções produzidas nas últimas décadas, suas variações espaciais e a multiplicidade de processos gerados resultam em um comportamento complexo do tempo e modo de resposta diferentes segmentos fluviais, destacando a importância da história evolutiva quaternária. Deste modo, o reconhecimento de que a “herança” do passado recente (quaternária, mais precisamente do Holoceno), etizada nas formas, depósitos e solos, desempenha um papel fundamental na ação dos processos atualmente observados, constituiu um dos pilares para a elaboração do presente estudo. Parte-se do princípio que estas “marcas” da paisagem representam não apenas o substrato ou meio diferenciado sobre o qual atuam os processos dinamizados pela intervenção técnica, mas principalmente o(s) sistema(s) dinâmicos cujos ritmos processos geomorfológicos em curso foram, sem dúvida, afetados pelos novos “tempos”.

³ O acidente causado pelo rompimento das barreiras que am rejeitos de processos industriais da empresa Florestal Cataguases, no município de Cataguases (MG), em 2003, foi emblemático neste sentido, comprometendo o fornecimento de águas à jusante no rio Pomba (afluente do rio Paraíba Sul), chegando a alcançar a foz do rio Paraíba do Sul em São João da Barra (RJ). 24

As reflexões expostas e as indagações surgidas ao longo das investigações conduzidas na região permitiram construir as seguintes questões:

1. Como as transformações operadas nos últimos 50 anos na região de Volta Redonda estão afetando os sistemas fluviais em toda a sua extensão ?
2. Quais as relações existentes entre as alterações nas redes de drenagem e os processos geomorfológicos atuantes nas encostas (nas áreas de contribuição) ?
3. A superposição de ritmos de transformação nos sistemas hídricos pode estar definindo novos padrões de comportamento das redes de drenagem, e novos ritmos de mudanças ?
4. Como as transformações mencionadas afetam as condições de qualidade e quantidade dos mananciais de superfície ?
5. Em que medida essas alterações podem definir condições de vulnerabilidade diferenciadas para os cursos d'água (em seus diferentes segmentos) e, conseqüentemente, afetar a sua reabilitação ?

O presente estudo buscou contribuir para o entendimento dos ritmos e tendências das transformações operadas nos sistemas de drenagem e suas relações espaciais, através da identificação de padrões morfológicos indicativos da dinâmica de transformações nos rios, especialmente as modificações impostas pela urbanização. Propôs-se a estabelecer parâmetros de reconhecimento e mapeamento “padrões” de rios com base na estrutura física e na funcionalidade da rede de canais, e assim contribuir para a discussão das relações entre as transformações ambientais “naturais” e aquelas associadas às atividades humanas, ou ainda para os efeitos da sinergia dessas alterações, que se desenvolvem de modo imbricado nos sistemas fluviais contribuintes do rio Paraíba do Sul particularmente nos últimos 50 anos, com a expansão da urbanização.

O desenvolvimento do tema apoiou-se em alguns fundamentos teóricos considerados essenciais para uma abordagem calcada no tratamento das alterações nas redes de drenagem dentro de uma estrutura sistêmica. O primeiro refere-se ao conceito de *continuum fluvial* ²⁵

(SCHUMM e KHAN, 1972; FORMAN, 1995), que preconiza a articulação intrínseca entre os processos e formas dos diferentes trechos da rede de canais fluviais. As transformações morfológicas e de comportamento dos canais, apesar de manifestarem-se em escala pontual, têm desdobramentos variados ao longo da rede de drenagem, pelo seu caráter cumulativo e em função do(s) grau(s) de conectividade existente(s).

O segundo fundamento constitui o conjunto de conceitos introduzidos por BRUNSDEN e THORNES (1979) relativos à **capacidade de adaptação e recuperação dos sistemas geomorfológicos às novas mudanças** (*inputs*), refletindo-se na **"sensibilidade da paisagem"** (*landscape sensitivity*) às transformações. Dentro desta estrutura conceitual busca-se analisar como os produtos/marcas (feições morfológicas, depósitos/solos, processos com diferentes dinâmicas) resultantes das transformações ocorridas ao longo dos últimos milhares de anos (quaternárias) na área em estudo podem interferir na distribuição espacial e no ritmo dos processos geomorfológicos tecnogênicos.

O terceiro eixo fundamental da pesquisa, de caráter mais fortemente metodológico, constituiu a integração da abordagem morfoestratigráfica, empregada no reconhecimento e mapeamento de depósitos quaternários/tecnogênicos no Médio Vale do rio Paraíba do Sul (MEIS & MOURA, 1984; MOURA et al., 1992), com um método de classificação de rios apoiado na dinâmica geomorfológica e nas respostas das alterações advindas do uso do solo nas bacias - definição de **"estilos fluviais"** (*river styles*⁴) proposto por BRIERLEY e FRYIRS (1999 e 2000), BRIERLEY et al. (2002) e FRYIRS (2003).

A dissertação foi estruturada abordando inicialmente a discussão dos conceitos e bases metodológicas empregados (capítulo 3), a descrição dos métodos e procedimentos adotados (capítulo 4) e um panorama geral da área de estudo (capítulo 5). Posteriormente é apresentada a análise da evolução urbana de Volta Redonda (capítulo 6); as análises geomorfológicas (capítulo 7), da tipologia de rios (capítulo 8) e das ações diretas na rede de drenagem (capítulo 9), elaboradas para as bacias hidrográficas

⁴ Os "estilos de rio" representam "padrões" fluviais que refletem as características do caráter morfológico (atributos físicos) e do comportamento dos canais (dinâmica fluvial hidrossedimentar).

selecionadas para estudo; e finalmente as conclusões do trabalho (capítulo 10).

2. OBJETIVOS

Pelo exposto, constitui **objetivo geral** da pesquisa analisar as alterações recentes nos sistemas fluviais em Volta Redonda, estabelecendo relações com as intervenções associadas à expansão urbana e com a estrutura geomorfológica. Para alcançá-lo, foram estabelecidos como **objetivos específicos** do presente estudo:

- Individualizar padrões morfológicos e de comportamento dos canais que compõem as redes fluviais, utilizando base aerofotogramétrica e cartográfica de detalhe e semi-detalhe;

- Identificar e espacializar as transformações tecnogênicas operadas na rede de drenagem;
- Analisar as relações entre as características geomorfológicas das bacias e os arranjos espaciais dos tipos de rios identificados.

O recorte espacial da análise é a área abrangida por duas bacias hidrográficas contribuintes do rio Paraíba do Sul localizadas no município de Volta Redonda – as bacias do Córrego Santa Rita, a norte do município, e do Ribeirão Brandão, a sul – selecionadas em função de reunirem aspectos físicos e de ocupação considerados representativos tanto para o município como regionalmente, com base em estudos realizados anteriormente.

3. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS E METODOLÓGICOS

3.1 NATUREZA, TÉCNICA E A AÇÃO DA SOCIEDADE

“O homem, o mais novo agente geológico, transformador e agressor do natural”.

“Temos sido um agente geológico nefasto e um elemento de antagonismo terrivelmente bárbaro da própria natureza que nos rodeia. É o que nos revela a história”.

(Euclides da Cunha, *Os sertões* [1902] e *Contrastes e confrontos* [1906]).

Nas primeiras décadas do século XX uma linha de pensamento da

Geografia, denominada **geografia cultural**, já aponta as conseqüências do trabalho social na paisagem como registro irrefutável de transformações que se somam à dinâmica da natureza. SAUER ([1925]1982:352), ao afirmar que “... *a geografia cultural se interessa pelas obras humanas que se inscrevem na superfície terrestre e lhe imprime expressão característica*”, conclui que a paisagem natural, somada as atividades humanas, poderia ser considerada como **paisagem cultural**, oriunda do acúmulo dos tempos, do caráter simbólico e da *práxis* cotidiana. Todavia, os temas baseados nessa linha de pensamento somente ecoaram no cenário acadêmico geográfico da época, e não se perpetuaram.

No Brasil, as obras literárias de Euclides da Cunha (1906) tratando da devastação da Mata Atlântica em função da expansão agrícola do café no vale do rio Paraíba do Sul, e de Pierre Monbeig ([1952]1977) acerca dos reflexos da organização espacial da produção cafeeira, do esgotamento nutricional dos solos e uso de técnicas agrícolas inadequadas pelas frentes pioneiras e fazendeiros no Planalto Ocidental Paulista, constituem referências valiosas na abordagem da influência da ação humana sobre a natureza. Apesar deste tema como foco de estudos não ser muito recente na Geografia, pode-se atribuir o pioneirismo no cerne da geografia física, em âmbito nacional, às publicações de Aziz Ab'Saber do final da década de 60 (AB'SÁBER, 1968 *apud* OLIVEIRA, 1994; AB'SÁBER, 1969). Ab'Sáber estabeleceu uma articulação entre os processos erosivos e deslizamentos e a ação humana, propondo uma terminologia denominada de **resistasia antrópica**⁵.

Outras aproximações com a temática que se destacam na literatura geográfica em âmbito internacional foram realizadas no final dos anos 70, abordando o conceito de **geossistema** (SOTCHAVA, 1963; TRICART, 1977; BERTRAND, 1979). Nestas, a ecologia e a dinâmica ambiental figuram como

⁵ Ab'Saber chamou de **resistasia antrópica** o reflexo da ação humana sobre os ambientes e suas derivações nos processos erosivos e deslizamentos, com base na terminologia proposta por Henri Erhart (1965 *apud* AB'SABER 1969) para as fases de **resistasia e biostasia**. A biostasia corresponderia às fases de intensa ação bio-química e estabilidade morfológica e ecológica (com predomínio da pedogênese), enquanto na resistasia haveria predominância de processos geomorfológicos ligados à erosão das encostas e colmatação de vales (morfogênese). Estas fases estariam associadas, respectivamente, aos regimes climáticos úmido e semi-árido.

importantes categorias para a compreensão das alterações ambientais, fundamentadas nas (re)ações em cadeia e na perspectiva sistêmica.

Porém, sobretudo a partir da década de 80, houve uma intensa preocupação com os reflexos do trabalho humano sobre os ambientes, gerando uma eclosão de termos e conceitos em diversas áreas. Na Geografia, aparecem com mais frequência os termos transformações ambientais, ação ou intervenção antrópica (BUTZER, 1983; DREW, 1983; KLIOT, 1986; KLIMEK, 1987; MORAES, 1994; AMADOR, 1997; COELHO, 2001; CORRÊA, 2001; SANTOS, 1982 e 2002); na Geomorfologia, os termos antropogeomorfologia e ação antropogênica (GREGORY *et al.*, 1992; GOUDIE, 1993; DANTAS, 1995; PHILLIPS, 1997; RODRIGUES, 1998; BROOKS e BRIERLEY, 2000 e 2004; FUJIMOTO, 2002; CHIN e GREGORY, 2005; REMONDO *et al.*, 2005); na Geologia de Engenharia, a Geologia Ambiental (MURCK *et al.*, 1996, entre outros) e a Geologia do Tecnógeno (TER-STEPANIAN, 1988; OLIVEIRA, 1990; PELOGGIA, 1997 e 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2005); na Biologia/Ecologia, a perturbação ambiental (KARR, 1991); na Ecologia Humana, a expressão ação do homem (WRIGHT, 1966; FORMAN e GORDON, 1996) e, mais disseminado, o termo impacto ambiental, que ganha destaque na Economia do Meio Ambiente (BELLIA, 1996; COELHO, *op. cit.*), na História Ambiental (DEAN, 1996; SOFFIATINETTO, 1996) e na Engenharia Sanitarista e “Ambiental” (BRAGA *et al.*, 2003), dentre outros campos.

A relevância assumida pela discussão da ação humana sobre os sistemas naturais dentro da Geografia e da Geomorfologia, especialmente a partir da década de 1990, pode ser visualizada nas inúmeras publicações de livros e artigos em conceituados periódicos sobre geomorfologia aplicada e mudanças ambientais (*environmental changes*), como BUTZER (1983), GREGORY e WALLING (1987), GOUDIE (1993), DOWNS (1995), TRIMBLE e MENDEL (1995), THORNE *et al.* (1996), SAH e MAZARI (1998), BROOKES e GREGORY (1988), BURT (2001), CATTO *et al.* (2002), BRIERLEY e STANKOVIANSKY (2003), POESEN *et al.* (2003), KEESSTRA *et al.* (2005) e REMONDO *et al.* (2005). Dentre os trabalhos citados, o artigo “*Human Influence in Geomorphology*”, de GOUDIE (1993), publicado no periódico *Geomorphology*, pode ser tomado como um marco na medida em que propõe o surgimento de um novo campo na Geomorfologia, a

"antropogeomorfologia". Este campo, segundo a referida proposição, seria voltado ao estudo da ação antrópica como agente das modificações diretas e indiretas em atributos constituintes do relevo e na de processos geomorfológicos, tais como coesão, distribuição dos materiais e o desencadeamento, aceleração e/ou interrupção de processos (GOUDIE, *op. cit.*; RODRIGUES, 1998), configurando a mais recente categoria da dinâmica de esculturação do relevo, ao gerar uma **morfologia antropogénica** (LIMA, 1990 *apud* RODRIGUES, 1998), discernível pelas suas especificidades quanto à genética e à forma. Esta morfologia seria caracterizada pela gênese associada ao trabalho humano, ou seja, (re)produzida como reflexo da organização sócio-espacial, e qualificada pela rapidez com que é formada (GOUDIE, *op. cit.*; SUERTEGARAY e NUNES, 2001).

No entanto, termos que utilizam o prefixo *antropo*, tradicionalmente empregados dentro da Antropologia e da Arqueologia, estão ligados, nestas disciplinas, à existência do homem na Terra, à evolução humana enquanto espécie, desde a pré-história (NEVES, 2004), sendo, dessa forma, impróprio⁶ empregá-lo para designar a ação do homem sobre a natureza através de atividades produtivas e técnicas inadequados, com efeitos que se acumulam em quantidade e se diversificam em qualidade.

Na Geologia de Engenharia e "*Ambiental*", propôs-se a Geologia do Tecnógeno (TER-STEPANIAN, 1988; OLIVEIRA, 1990) para contemplar o resultado das alterações produzidas por intermédio da Além das modificações/alterações de caráter fisiográfico e fisiológico da superfície terrestre, incluindo a aceleração e/ou interrupção de esses, o termo define a condição de criação de depósitos superficiais correlativos, segundo PELOGGIA (1998). Esse novo campo da Geologia analisa o papel do Homem enquanto modificador da natureza⁷, levando em consideração "... *processos e resultados decorrentes da, e impressos pela, prática social na natureza geológica*" (PELOGGIA, 1995:108).

⁶ O mesmo se aplica ao uso do termo **Antropógeno** (idade do homem), proposto por PAVLOV (1922 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2005) para substituir o termo Quaternário (período geológico), uma vez que os eventos ditos antropogênicos seriam aqueles ocorridos neste intervalo de tempo, e não necessariamente resultado de ações humanas.

⁷ A Geologia do Tecnógeno nasce com forte vinculação com a dialética da natureza de Friedrich Engels, com a concepção de primeira e segunda naturezas, respectivamente natural e transformada.

“O estágio evolutivo da técnica implica formas e intensidades diferentes da ação do homem no meio ambiente, resultando em impactos também diferenciados assim, o termo tecnogênico, além de traduzir fenômenos provocados pelo homem, traz implícita a idéia de que tais fenômenos são (...) diferentes ao longo da sua história evolutiva. Estes fenômenos ficam de alguma forma registrados, especialmente quando são formados depósitos contendo artefatos ou seus fragmentos que refletem os estágios dessa evolução (...) como pode ser observado o (...) conjunto de técnicas de uso do solo.” (OLIVEIRA, 1994:18).

Os efeitos são materializados em marcos estratigráficos reconhecíveis, *“... uma marcante discordância estratigráfica...”*, segundo PELOGGIA (2003:3), entre os depósitos quaternários e aqueles produzidos pela tecnogênese, que *“registram a substituição dos processos quaternários por processos inteiramente novos, incluindo hiatos deposicionais ou erosões tecnogênicas de registros anteriores”* (NOLASCO, 2002:44).

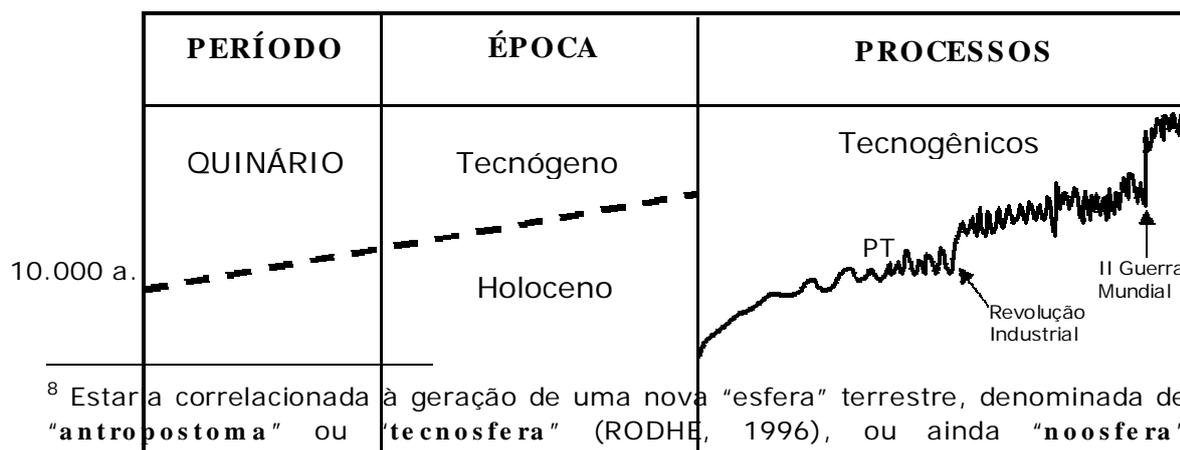
“Deve ser ressaltado que a atuação do homem como agente geológico apresenta um caráter essencialmente novo, que o diferencia de todos os demais tipos de agentes e fatores geológicos em sua ação sobre a natureza, esta e tornando uma natureza transformada.” (PELOGGIA, 1997:259).

De acordo com WATSON (1983 *apud* PELOGGIA, 1995), a influência humana nos processos geológicos tem três características especiais: estende-se por quase todos os ambientes superficiais, opera em uma escala de tempo curta para gerar alterações significativas e registros, e é, em princípio, sujeita ao controle racional.

No entanto, é inevitável reconhecer que o efeito acumulativo e os desdobramentos das ações da sociedade por vezes transgridem o controle da racionalidade das sociedades. A título de exemplo, ser citados os reflexos das alterações no uso do solo (agricultura monocultora de exportação, pastagens, crescimento de áreas urbanas impermeáveis, entre

outros) no incremento da taxa de sedimentos lançados pelas bacias hidrográficas nos oceanos, que passou de 10 bilhões de toneladas/ano para valores entre 25 e 50 bilhões de toneladas/ano após intervenções nas coberturas naturais, segundo JUDSON (1981 *apud* OLIVEIRA, 1994). Assim, de modo "indireto" as alterações ocasionadas pelos sistemas produtivos respondem pela componente majoritária da geração de sedimentos, e com o acúmulo desses materiais são formados depósitos tecnogênicos, ou seja, desenvolvida uma cobertura sobre a superfície terrestre⁸ como resultante material e posicionada no tempo (portanto sujeita a uma estratigrafia) da ação técnica da sociedade.

Mas quando e como a ação técnica se torna um potencial elemento transformador do planeta Terra? TER-STEPANIAN (1988) aponta duas grandes etapas na evolução humana: a primeira, quando a ação do homem é considerada semelhante às das outras criaturas vivas, calcada na apropriação de alimentos e extração de materiais necessários à sobrevivência; a segunda, quando a tecnificação começa a produzir mudanças na superfície da Terra comparáveis, em magnitude, àquelas produzidas pelas demais forças da natureza, tendo como marco inicial a Revolução Neolítica (9.000 anos A.P.⁹) - figura 3.1. Considera o Holoceno como uma época de transição do Período Quaternário para o Quinário, ou do Pleistoceno para o Tecnógeno, identificado pelas profundas transformações ambientais executadas pela humanidade, com ênfase no surgimento e início da disseminação dos registros geológicos tecnogênicos por todo o planeta.



⁸ Estaria correlacionada à geração de uma nova "esfera" terrestre, denominada de "antropostoma" ou "tecnosfera" (RODHE, 1996), ou ainda "noosfera" (VERNADSKY, 1998 *apud* NOLASCO 2002). A noosfera refere-se à esfera da razão, "... esfera geológica onde o homem é o agente predominante (...), (à) ação humana sobre a crosta" (NOLASCO, 2002:19).

⁹ Marco temporal da Revolução Neolítica, último período da Idade da Pedra, segundo TRIGGER (2004). 33

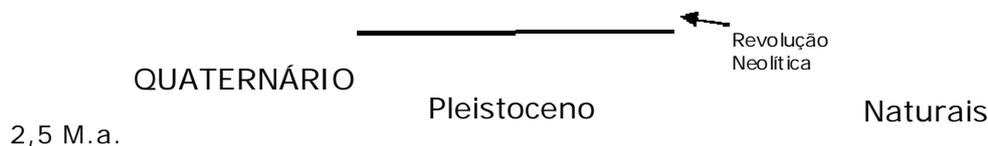


FIGURA 3.1: Relação entre limites temporais e tipos dominantes de processos, com base nas proposições de TER-STEPANIAN (1988) e OLIVEIRA *et al* (2005). A curva PT indica a variação da intensidade dos processos tecnogênicos ao longo do Holoceno, até o Tecnógeno.

Fonte: Modificado de OLIVEIRA et al. (2005).

O início do Tecnógeno é atribuído à sedentarização, domesticação de animais e uso de práticas agrícolas rudimentares por grupos humanos (*Homo sapiens*) em oásis na Jordânia e na antiga Mesopotâmia, e o posterior cultivo de cereais em parte da China e do Egito (TRIGGER, 2004). Segundo TRIGGER (2004) este fato *per si* (a mudança do estilo de vida) fomentou a criação de instrumental mais sofisticado em pedra (ferramentas), da tecelagem, além do aparecimento da cerâmica e de olarias mais apuradas, tornando-se a primeira revolução técnica.

Entretanto, somente com o advento da primeira revolução – com a introdução das linhas de produção, com a produção em larga escala e seriada e a tendência exponencial de aumento consumo dos recursos minerais – é que efetivamente a dinâmica da sociedade imprime suas marcas de maneira mais extensiva e avassaladora, medida em que cria novas condições de existência e necessidades, ao que Milton Santos intitula de **meio técnico**, conforme será discutido adiante.

Outro marco a ser destacado tem início na década de 50, no pós II Guerra Mundial, e constitui a articulação entre a prod e a ciência, norteadas pela demanda e consumo, ditando um novo estilo “moderno” de vida urbana. Consagra o total desencontro das sociedades com os ambientes (geossistemas) em que se encontram inseridas, transformando-as de “*sociedades tradicionais*” a “*sociedades alienígenas*”, que via de regra desencadeiam e intensificam processos de degradação e impactos ambientais, resultando em novos estratos de transformação e ritmos de mudanças.

Apesar dessa possível periodização, é interessante frisar que o Tecnógeno se manifesta de modo heterogêneo no espaço e diferenciado temporalmente, aspecto denominado de **heterocronia** por PELOGGIA (1997) – ver figura 3.1 – variando de acordo com a interferência da ([re]estruturação) técnica e intensidade das atividades produtivas em cada região.

SANTOS (2002) ressalta o conteúdo teleológico realizado sob a ação da tecnificação, da técnica, e admite que a história do meio geográfico pode ser dividida grosseiramente em três etapas: o **meio natural**, cedendo lugar ao artefato (**meio técnico**), e posteriormente, ao **meio técnico-científico informacional**, momento em que “(...) *as técnicas passam a ser o centro das relações sociedade-meio*” (SANTOS, 2002:31).

No meio natural o homem não causava grandes transformações, “*as técnicas e o trabalho se casavam com as dádivas da natureza (...)*”. “*As transformações impostas às coisas naturais já eram técnicas*”, entretanto, podemos dizer que “(...) *o possibilismo da criação mergulhava no determinismo do funcionamento*” (SANTOS, 2002:236). A base material da vida era calcada na valorização diferenciada dos lugares (e seus “atrativos”), não existia autonomia, e o tempo humano o tempo da natureza (LISBOA, 2003).

No meio técnico, os objetos não são apenas culturais, também técnicos, “(...) *maquímicos, com uma lógica instrumental que desafia as lógicas naturais*” (SANTOS, 2002:237). Nesse período o homem começa a expressar todo seu interesse em dominar a natureza. O começa a fabricar um tempo novo, no trabalho (estruturado na divisão intelectual do trabalho), no intercâmbio (ao aumentar o alcance espacial dos objetos e produtos, com a criação de não-perecíveis). Os tempos sociais tendem a se superpor e contrapor aos tempos naturais (SANTOS, *op. cit.*).

O período atual, o meio técnico-científico informacional é marcado pela conciliação da técnica com a ciência e a informação, com alto coeficiente de intencionalidade, sob a égide do consumo e da lógica do mercado (SANTOS, 1994), e é denominado de espaço do “*mundo artificial*”.

A técnica é, em um primeiro momento, um processo entre a natureza e a sociedade, processo em que a sociedade “(...) *realiza, regula*

e controla, por meio da ação, um intercâmbio de materiais com a natureza” (CASSETI, 1991:14). Todavia carece ressaltar que é uma condição necessária, mas não suficiente, para resolver os problemas com os quais a humanidade se defronta, competência essa que a *“razão técnico-científica, também conhecida como razão instrumental, pretensiosamente avocou para si”* (GONÇALVES, 2004:123).

SANTOS (1982) discorre que a técnica se situa como elemento de interlocução entre a natureza e o homem desde os tempos mais inocentes da história, convertendo-se no objeto de uma elaboração científica sofisticada que acabou por *“(...) subverter as relações do homem com o meio, do homem com o homem, do homem com as coisas, bem como as relações entre classes sociais per si.”* (SANTOS, *op. cit.*:11). A racionalidade triunfante se revela através da natureza instrumentalizada.

“(...) A história do homem sobre a Terra é a história de uma ruptura progressiva entre o homem e o entorno (...).” *“(...) O homem se torna fator geológico, geomorfológico, climático e a grande mudança vem do fato que os cataclismos naturais são um incidente, um momento, enquanto hoje a ação antrópica tem efeitos continuados e cumulativos, graças ao modelo de vida adotado pela humanidade. Daí vêm os graves problemas de relacionamento entre a atual civilização material e a natureza”* (SANTOS, 1994:17).

Pode-se falar, então, de uma cientifização e de uma tecnicização das paisagens, gerando um verdadeiro tecnocosmo, uma situação em que a natureza “natural” tende a recuar onde existe e a idéia de um meio artificial se faz uma evidência (SANTOS, 2002). A natureza tecnicizada acaba por ser uma natureza abstrata, já que as técnicas insistem em imitá-la. Os objetos que nos servem são, cada vez mais, objetos fundamentados em técnicas, criados para atender a finalidades específicas.

“A técnica é a grande banalidade e o grande enigma, e é como enigma que ela comanda nossa vida, nos impõe relações, modela nosso entorno, administra nossas relações com o entorno” (SANTOS, 1994:20).

Atualmente, destacam BERNARDES e FERREIRA (2003), além das necessidades de exploração de recursos, de produção e são imprescindíveis as técnicas reparadoras da natureza e de sua dinâmica, reparação que não só torna o espaço mais densamente tecnificado como transforma, na medida em que tecnifica a natureza, o ritmo dos processos e das mudanças espaciais, cada vez mais atreladas a escalas temporais de reduzida dimensão.

A tecnificação da natureza é de fundamental importância para se pensar a dinâmica ambiental mais recente, visto que impõe ritmos diferenciados de operação dos processos geomorfológicos e de distribuição espacial das transformações. Estes geram uma heterogeneidade espacial de respostas aos processos indutores tanto do ponto de vista do comportamento como da própria estruturação morfológica da paisagem, frutos da sensibilidade dos componentes e sistemas geomorfológicos.

3.2 TEMPO, MUDANÇAS E SENSIBILIDADE EM GEOMORFOLOGIA

O significado do tempo na dinâmica geomorfológica pode ser expresso nas formas de relevo como o resultado de processos do passado e do presente, entendido como efeito cumulativo ou da coexistência de tempos (THOMAS e ALLISON, 1993). SUERTEGARAY e NUNES (2001) apresentam três modos de tratamento das formas e processos que operam na superfície terrestre: **seta temporal**, contínua, linear e sem repetição; **ciclo do tempo**, com início, meio e fim, podendo haver a repetição do mesmo processo; e **espiral**, de forma linear e sucessiva, em constante transformação, que se produz através de ciclos, todavia não se reproduzindo com as mesmas características anteriores se sucederem. Segundo estes autores, o tempo das regularidades e uniformidade dos processos, concebido nos estudos morfogenéticos clássicos, vem se gradativamente suplantado pelos trabalhos morfodinâmicos, com uma leitura apoiada no tempo das irregularidades, dos episódios catastróficos, dos eventos esporádicos, dos ritmos e variabilidades.

É provável que, em virtude da carência de compreensão dos

processos atuantes em curta escala de tempo, necessária à inteligibilidade da dinâmica ambiental, o enfoque do dimensionamento espaço-temporal das pesquisas em Geomorfologia tenha paulatinamente migrado dos longos períodos com ampla abrangência espacial para a escala com ênfase em intervalos de curta duração. Sobre tal hipótese, KOHLER (2002) diz que existe clara correlação entre a ordem de grandeza de um fenômeno geomorfológico e sua evolução, sendo recentemente privilegiados os fenômenos que ocorrem em tempos mais próximos do atual. AHNERT (1993) comenta que nos trabalhos de interpretação elaborados pela linha da Geomorfologia Histórica, tem sido enfatizada a escala de tempo compreendida entre 100 e 10.000 anos, com o intuito de remontar os efeitos de eventos e processos mais recentes.

A busca crescente por entender o grau de interferência da ação da sociedade na natureza tem se apoiado no intenso debate sobre os processos que operam em curta escala de tempo na Geomorfologia. Não obstante, se a distribuição espacial das intervenções humanas não é homogênea, tampouco são os seus reflexos, impressos na estrutura física (formas e funcionamento) e nas diversas histórias presentes na superfície terrestre. Essa variabilidade de respostas é função não somente da intensidade das intervenções, mas também da **sensibilidade** das unidades e dos sistemas geomorfológicos em responder aos eventos e processos indutores.

A sensibilidade se traduz, *a priori*, no grau de propensão a mudanças nos processos e formas do relevo, levando em ação que a recorrência temporal e magnitude dos eventos podem interferir substancialmente no desencadeamento e/ou continuidade transformações ambientais. É entendida também, segundo BRUNSDEN e THORNES (1979), como a probabilidade que uma mudança na entrada de energia do sistema tem de produzir respostas sensíveis, reconhecíveis e/ou persistentes, variando de acordo com o grau de **resistência** e **resiliência** das componentes geomórficas aos eventos ou perturbações. A resistência exprime a propriedade de uma forma ou subsistema em manter a sua integridade sem sofrer mudanças significativas em função de alterações produzidas por *inputs* no sistema. A resiliência é entendida como a capacidade e tempo de recuperação de formas e/ou taxas vigentes nas

situações anteriores aos eventos de grande magnitude. interessante salientar a existência de uma relação inversamente proporcional entre os graus de resiliência e de resistência das formas: há rápida mobilidade nas respostas de subsistemas altamente sensíveis aos *inputs*, e, em contrapartida, vagarosas respostas em subsistemas ou formas mais resistentes à influência de pulsos externos (quanto menor a resistência, maior será a capacidade de recuperação das formas, e vice-versa). Este comportamento determina a variabilidade espacial das respostas às mudanças, compondo a sensibilidade das formas (BRUNSDEN e THORNES, *op. cit.*; CHORLEY *et al.*, 1984 e THOMAS, 2001) – figuras 3.2 e 3.3.

Uma vez iniciada a mudança, sua taxa e intensidade determinam o **tempo de “relaxação”** (*relaxation time*) das formas, que corresponde ao tempo de ajustamento das formas a eventos ou transformações provocadas pela mudança de algum controle externo, até estas se adaptarem a uma nova condição. Corresponde, assim, ao tempo necessário para que as mudanças no “*input*” sejam refletidas em alterações das formas, adaptadas à nova condição, que reflete a sua capacidade de absorção de energia e matéria (AHNERT, 1993; CHORLEY *et al.*, 1984). Pode ocorrer, contrariamente aos curtos intervalos de e (relaxação), a “persistência” das características do estado precedent denotando grandes intervalos (tempos) de relaxação. Frequentemente ocorre uma mistura destas duas possibilidades, existindo formas de transição (*transient forms*, conforme BRUNSDEN e THORNES, 1979) ao lado de formas persistentes, herdadas do passado (AHNERT, 1993).

Assim, a sensibilidade, na Geomorfologia, pode ser sintetizada pelo tempo de recuperação, que corresponde ao intervalo necessário para que uma feição ou sistema retorne à sua forma (condição) original ao absorver alterações produzidas por um pulso de determinada magnitude. Formas com altas taxas de recuperação (resiliência) devem exibir considerável ajuste temporal à magnitude geral dos processos mais frequentes, enquanto aquelas com baixa resiliência mostram os efeitos somente de eventos de alta intensidade, pouco frequentes (CHORLEY *et al.*, 1984) – ver figuras 3.2 e 3.3.

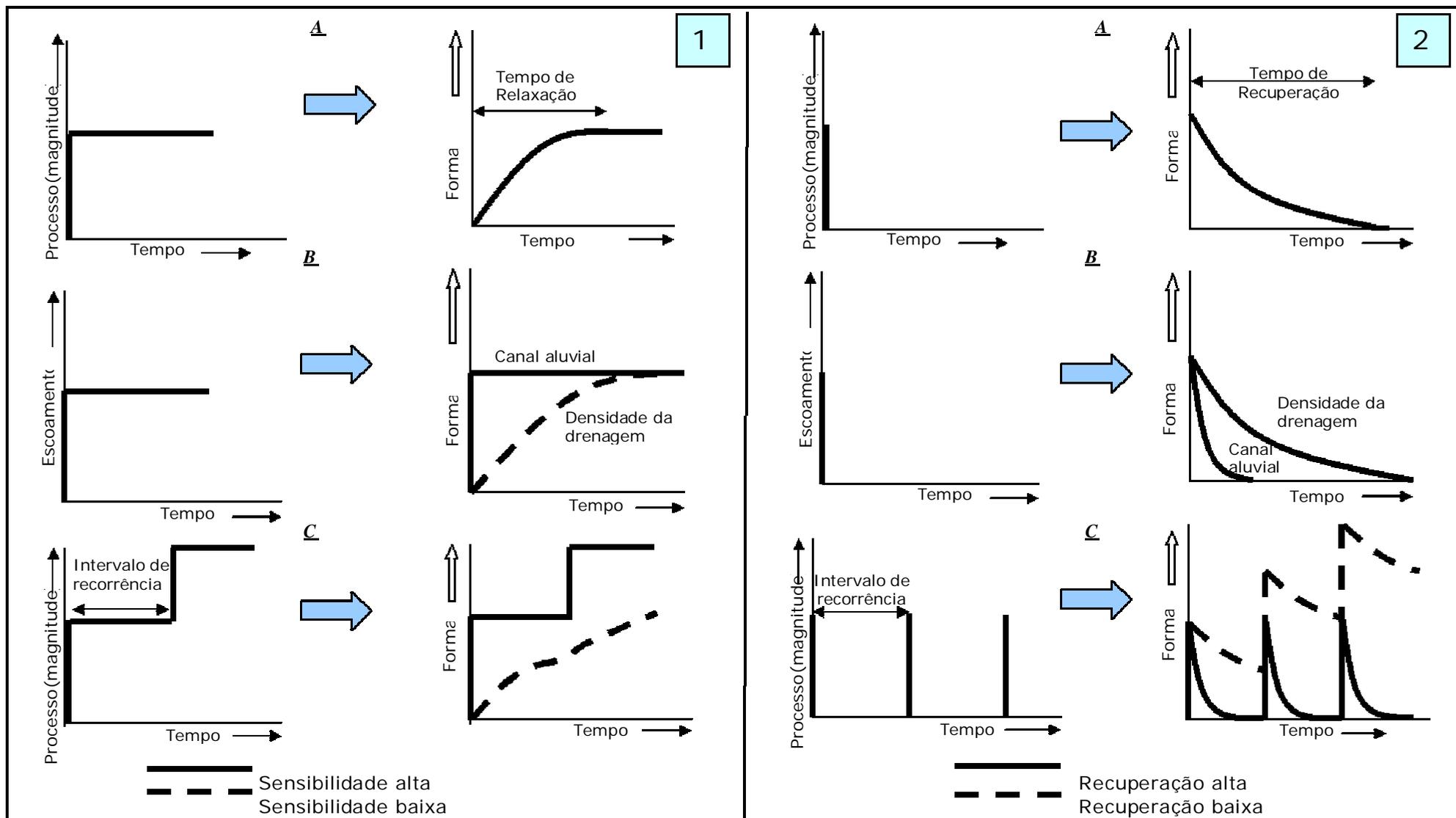


FIGURA 3.2: Relações entre magnitude dos processos, intervalo de recorrência e tempo de relaxação (1) e tempo de recuperação (2) para a geometria do canal fluvial e a densidade de drenagem, a partir de *inputs* no escoamento.

Fonte: adaptado de CHORLEY *et al.* (1984).

USHER (2001) advoga que a sensibilidade é caracterizada como a razão entre as alterações provocadas em uma componente da paisagem com as mudanças no ambiente em sua totalidade. A amplitude dessa relação é, por assim dizer, a essência da sensibilidade; quanto mais discrepantes forem as respostas de uma determinada forma/componente em relação às demais unidades de um sistema geomorfológico, maior será sua sensibilidade. Atribui, portanto, um caráter relacional à sensibilidade, pois a inserção de formas/ comportamentos semelhantes subsistemas geomorfológicos ou ambientes distintos pode resultar de, e produzir, respostas e comportamentos variados.

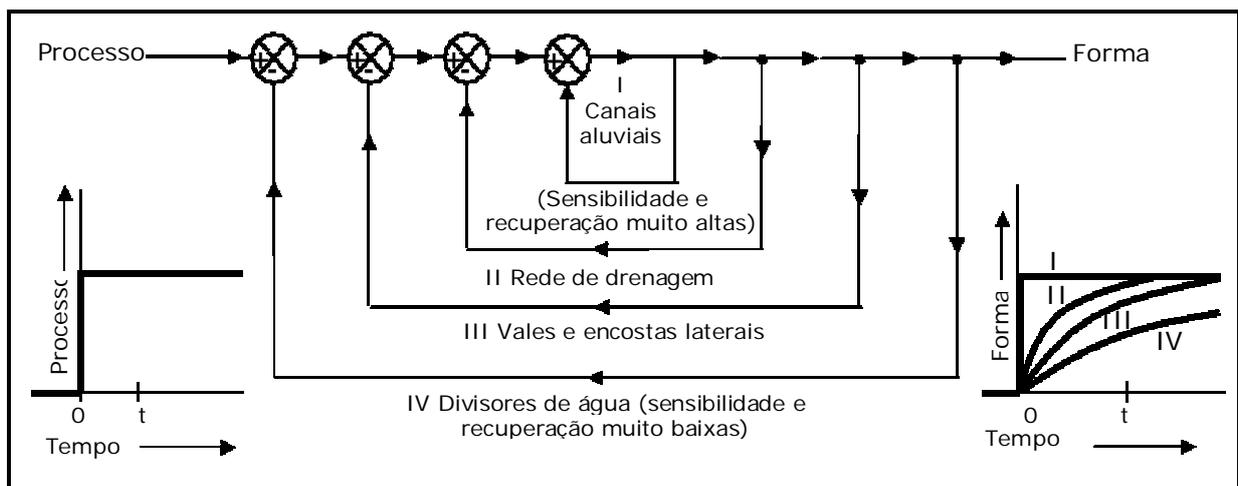


FIGURA 3.3: Esquema destacando a hierarquia dos relacionamentos entre o grau de sensibilidade e a taxa de recuperação, com base em mecanismos de retroalimentação e tempo de ajuste das formas.

Fonte: adaptado de CHORLEY *et al.* (1984).

O reconhecimento das modificações ambientais e da magnitude dos eventos ocorridos nos sistemas, utilizando o padrão de formas da região e registros estratigráficos, é apontado por THOMAS (2001; 2004) como indicativo importante para a compreensão da estrutura paisagens, sobretudo em regime tropical úmido. As conseqüências de eventos de elevada magnitude podem ser caracterizadas a partir do padrão de comportamento das unidades/componentes mais sensíveis, como a estrutura morfológica dos canais, permitindo identificar os controles das

rápidas mudanças e da (re)organização dos subsistemas posteriormente às perturbações.

Finalmente, é válido lembrar que dentro de cada subsistema ou componente geomorfológico existem diferenças de sensibilidade e recuperação, uma vez que podem conter características e respondem diferenciadamente aos processos. A título de exemplo, os segmentos fluviais possuem arranjos morfológicos e comportamentos variados, resultando em graus distintos de resistência e capacidade de recuperação frente às mudanças.

3.3 TRANSFORMAÇÕES NOS SISTEMAS FLUVIAIS

O papel dos rios como “corredores ecológicos” vem sendo crescentemente reconhecido na literatura ligada à ecologia. A sua importância como agentes geomorfológicos modeladores, entretanto, ainda é pouco valorizada neste campo, demonstrando uma visão limitada sobre as transformações morfológicas dos canais e os efeitos das perturbações antrópicas sobre os ambientes fluviais (BRIERLEY e MURN, 1997; BRIERLEY e FRYIRS, 2000; FRYIRS, 2003), resultando no pequeno interesse sobre as mudanças na estrutura fluvial¹⁰. Deste modo, diversos estudos que salientam os “sintomas do problema” negligenciam muitas vezes as suas causas, na medida em que tratam os rios de maneira isolada, como se não fizessem parte de um *continuum fluvial*¹¹ (FORMAN, 1995), desconhecendo (ou desprezando) todo o contexto dos processos biofísicos e geomorfológicos que atuam direta ou indiretamente, ao longo do tempo, dentro das bacias hidrográficas.

¹⁰ Há exceções como o trabalho de VANNOTE *et al.* (1980), por exemplo, que consideram a morfologia fluvial e a dinâmica dos fluxos como fatores determinantes para o relacionamento, distribuição e dispersão das comunidades ecológicas ao longo dos sistemas fluviais.

¹¹ O termo *continuum fluvial* foi utilizado primeiramente por SCHUMM e KHAN (1972) ao realizarem estudos em laboratório verificando relações existentes entre a construção local da forma do canal e as condições de energia, carga sedimentar e declividade, levando à conclusão de que os padrões de canal são determinados por um *continuum* das formas de canal.

A perspectiva do *continuum* fluvial destaca o grau de interação entre os canais (e trechos de canais), concebendo-os no sistema fluvial, “... onde uma série de gradientes ecológicos modificam-se gradualmente das cabeceiras de drenagem até a foz”. O mosaico fluvial assim formado é composto por uma interação de processos (variação do nível do lençol freático, regime e frequência de fluxos), resultando em uma diversidade de vegetação ripária e *habitats*, tendo como resultado a ciclagem e retenção de sedimentos e nutrientes (VANNOTE *et al.*, 1980).

De acordo com SMITH (1993), a geomorfologia fluvial pode estabelecer um amplo cruzamento de informações ligadas à ecologia de rios, à engenharia hidráulica, à capacidade de transferência e estocagem de sedimentos e ao gerenciamento dos corpos hídricos, colaborando para o fornecimento de bases para a tomada de decisões de agentes e atores sociais, no fomento de políticas públicas, e principalmente, no desenvolvimento de estudos voltados às questões ambientais e implementação de projetos. Estes conhecimentos são considerados pelo autor como estratégicos para a construção de modelagens, tendências de transformação, cenários futuros e reversão de quadros de degradação.

O interesse pelas modificações no regime hidrológico/sedimentar e efeitos correlatos na rede de drenagem em função do crescimento das cidades já se mostra evidente na década de 1960, como atesta o trabalho de WOLMAN (1967) intitulado “*A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels*”. Todavia, registra-se a partir dos anos 80 grande aumento no interesse dos geomorfólogos sobre os ajustamentos de canais e a dinâmica fluvial, segundo KNIGHTON (1998), devido à de variáveis no tempo e sua vinculação com os impactos associados às atividades humanas.

A alteração do canal por intermédio de aprofundamento, de alargamento, de retificação, de concretagem ou de desvios promove, com frequência, mudanças na velocidade dos fluxos, variação de trechos em erosão e/ou sedimentação, impede a troca de água entre as margens e rios, influencia na hidrologia dos solos adjacentes e dos canais tributários (GREGORY, 1987; KLIMEK, 1987). Por outro lado, alterações produzidas nas

áreas de contribuição dos canais¹² tendem a gerar modificações nas suas formas (CUNHA, 2003).

TURK (1971), ao tratar dos efeitos do crescimento urbano nos canais, afirma que as pontes e estruturas em concreto tendem a retardar o escoamento das águas e funcionar como barreira, favorecendo a acumulação de entulhos e dejetos, alterando as áreas de deposição e erosão ao longo dos rios. Segundo o autor, essas transformações podem modificar a intensidade e frequência dos processos fluviais e a geometria dos rios, interferindo diretamente na vazão e nos picos de cheias, que junto com a diminuição do tempo de resposta dos canais ao volume precipitado e com o incremento significativo do escoamento superficial, amplamente reconhecidos nas áreas urbanas pela literatura hidrológica (SCHUMM e KHAN, 1972; THORNE *et al.*, 1996; KNIGHTON, *op. cit.*; CHIN e GREGORY, 2005), tendem a provocar enchentes com graves danos.

DUNNE e LEOPOLD (1978) alertam que pequenos canais urbanos (de primeira e segunda ordens) são geralmente ignorados, sendo realizadas construções sobre esses riachos e córregos, aterrados, desviados e canalizados sem critérios técnicos capazes de avaliar contribuição hidrológica efetiva para as redes em que estão inseridos. Em canais de maior envergadura, a degradação resulta dos impactos diretos de obras de engenharia, como a retificação/impermeabilização de cursos, alargamento, aprofundamento e construção de barragens para controle de vazão, além da construção de pontes, já mencionada.

As mudanças no uso do solo em encostas influenciam diretamente no desencadeamento de processos erosivos, aumentando a carga de materiais para os canais adjacentes, que por sua vez altera a dinâmica fluvial dos rios, desdobrando-se por outros segmentos da rede de drenagem, e posteriormente tendo efeitos nas suas áreas de contribuição (TURK, 1971). HOLLIS e LUCKETT (1993 *apud* VIEIRA e CUNHA, 2004) observaram uma correlação positiva entre a porcentagem da área recoberta por superfícies pavimentadas e o alargamento do canal. GREGORY (1987) e

¹² A título de ilustração, GUPTA (1984) cita que no período inicial de obras urbanas ocorre um incremento na produção de sedimentos para a construção, e na fase final das construções há uma queda brusca na disponibilidade de sedimentos.

GREGORY *et al.* (1992) verificaram alterações no regime de fluxos e aumento considerável na largura média do canal a jusante de áreas urbanas na Inglaterra; em algumas seções transversais o desenvolvimento de barras levou a uma redução na capacidade e largura do canal, dando um ajustamento da geometria em função da urbanização. À medida que o tempo passa, as conseqüências morfológicas nos canais serão intensificadas, em virtude de a impermeabilização das áreas resultar em aumento do escoamento superficial e redução da capacidade de infiltração (figura 3.4) e, conseqüentemente intensificar as cheias, verificando-se que o período de retorno é diminuído para as ocorrências anteriores de mesma magnitude.

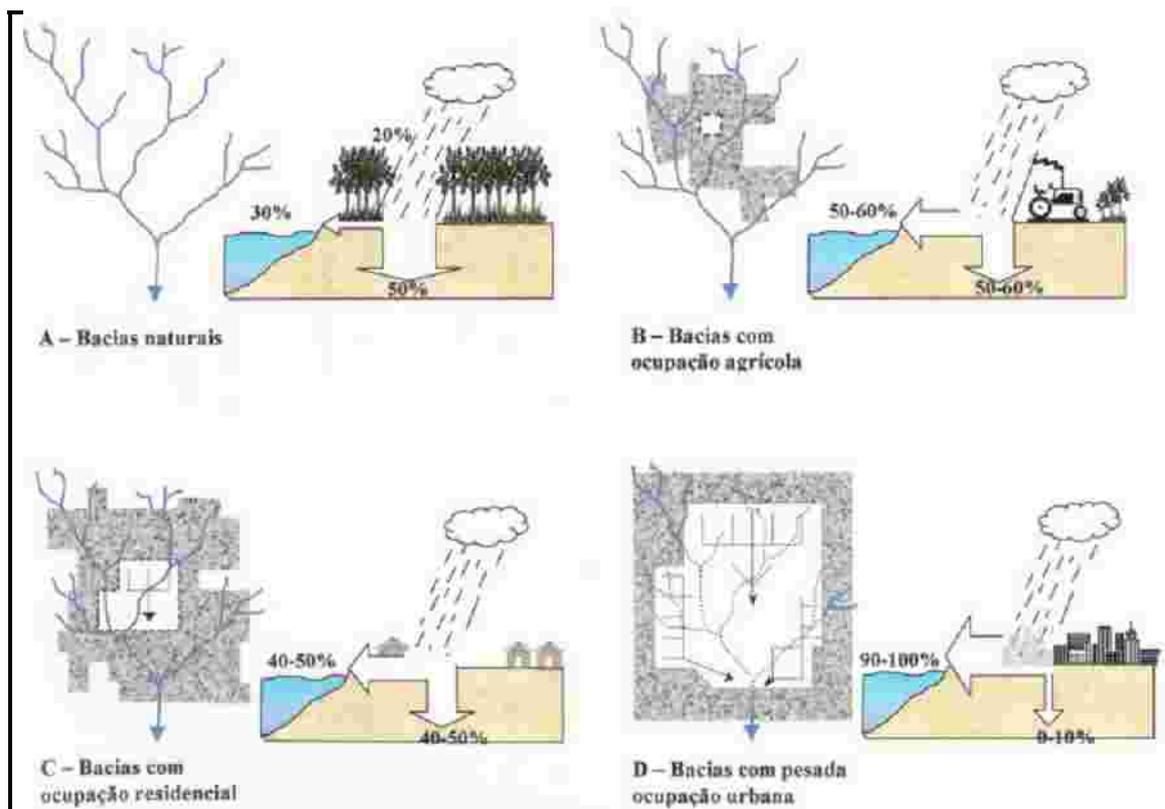


FIGURA 3.4: Relações entre o uso do solo e o balanço entre escoamento superficial e infiltração.

Fonte: OTONI e OTONI FILHO (2000).

Se os reflexos do desmatamento já são amplamente conhecidos por fornecer maior aporte de sedimentos para as calhas fluviais, no caso específico das áreas urbanas, assume destaque a conjugação com as

sucessivas obras de engenharia, por vezes sem considerar o conjunto da rede de drenagem (CUNHA, 2003), modificando as seções transversais e o perfil longitudinal, que alteram a eficiência dos fluxos e resultam no assoreamento dos leitos e extravasamento para as planícies de inundação.

Assim, pode-se dizer que o grau dos impactos diretos e indiretos e a intensidade da degradação dos rios urbanos mostra-se dependente, em grande parte, do dimensionamento dos efeitos das intervenções técnicas. Alterações nas dimensões e geometria das calhas fluviais, provocadas pela retirada ou incremento do volume de aporte de materiais, devem levar em consideração o descarte de lixo e de efluentes domésticos/industriais, e ainda os processos erosivos nas margens e o assoreamento, corroborando um quadro complexo quanto ao regime e qualidade das águas.

Ao serem efetuadas alterações na morfologia fluvial, os processos geomorfológicos sofrem mudanças quanto à localização e intensidade, que se estendem muito além das áreas onde as intervenções produzidas. Pelo fato destes reflexos não se restringirem às áreas diretamente afetadas, podendo ocorrer diversos desdobramentos ao longo dos canais e bacias, GREGORY (1987) e GREGORY *et al.* (1992) ressaltam a necessidade do conhecimento sobre as mudanças no comportamento dos canais fluviais advindas das atividades humanas, atuais e ocorridas no passado, para estabelecer inter-relações mais fidedignas entre forma do canal e processos atuantes. Ou, como aponta RICHARDS (1987), a base para explicar situações particulares de mudança morfológicas dos canais deve ser uma combinação do entendimento físico e do conhecimento das condições ambientais históricas e geográficas, permitindo a composição entre processos, formas e ambiente.

Pelo exposto, pode ser dito que a compreensão da sensibilidade dos sistemas de ajuste hidrogeomorfológicos configura uma base importante para a apreensão das mudanças naturais e dos efeitos diretos das atividades humanas (como as mudanças no uso do solo e manejo de canais) na alteração dos sistemas fluviais, e por extensão dos processos atuantes nas suas áreas contribuintes, constituindo uma estrutura valiosa para o manejo integrado de bacias hidrográficas (DOWNS e GREGORY,

1993). Para que este potencial possa ser explorado, entretanto, é necessário o desenvolvimento de métodos que permitam distinguir a localização, a gênese e as inter-relações entre as respostas geomorfológicas das redes de canais, considerando as características das bacias de drenagem.

Nos últimos anos, vários questionamentos e idéias vêm acerca da sensibilidade dos diferentes segmentos de canais fluviais e sub-bacias às mudanças ambientais (BASSO *et al.*, 2000; BURT, 2001; WERRITY E LEYS, 2001; BRIERLEY e FRYIRS, 2000), traduzindo-se em novas possibilidades para a interpretação geomorfológica e reabilitação de canais. Para BROOKS e BRIERLEY (1997) e BRIERLEY *et al.* (2002) os componentes principais para a caracterização dos ambientes fluviais, para reverter quadros de deterioração e sustentar a reabilitação, são o conhecimento dos processos geomorfológicos, e a determinação da estrutura e do funcionamento em toda a bacia. A composição da cobertura vegetal (vegetação ripária e mata ciliar) e a carga de fragmentos de diferentes tamanhos (madeira, blocos de rocha e sedimentos) exercem controle direto na distribuição do fluxo de energia e ditam a diversidade das unidades hidráulicas e dos *habitats*.

HUPP e OSTERKAMP (1996) ressaltam a íntima conexão presente entre a vegetação ripária, processos geomorfológicos fluviais e formas dos canais. Os padrões de vegetação em ambientes úmidos sugerem que a distribuição de espécies é altamente controlada pela frequência, duração e intensidade das condições hidrogeomorfológicas (leia-se os fluxos hidrológicos e enchentes), e pela variação nos processos geomorfológicos fluviais. Estes estão inseridos em ciclos de agradação e degradação, em resposta ao aumento pontual do gradiente dos canais provocado principalmente por canalizações, dragagens ou por re-hierarquização da rede de drenagem, ou ainda às alterações no aporte e dinâmica de sedimentação nos canais, conforme já mencionado. GURNELL e GREGORY (1984) destacam, por sua vez, o papel da vegetação na influência à mudança no canal e no controle da descarga hidráulica e retenção de fluxos e materiais, influenciando diretamente no tipo e ajuste de canais. Como contribuição para a dinâmica da geometria dos canais e seus ajustes,

THORNE e OAMAN (1988) demonstram que o grau de coesão materiais¹³ e a estabilidade dos bancos, associados à existência ou não de vegetação, são atributos que exercem influência direta sobre o comportamento e morfologia de rios.

Na evolução da dinâmica fluvial, BRIERLEY e FRYIRS (1999) e BRIERLEY *et al.* (2002) afirmam que a distribuição granulométrica, o conjunto das feições geomorfológicas e o padrão de vegetação exercem forte controle sobre a rugosidade do leito e as interações hidrológicas, sendo os distúrbios antrópicos responsáveis por uma série de ajustes associados ao aporte sedimentar, como na carga de fundo dos rios, sobre as zonas ripárias e encostas adjacentes. Para os autores, ao invés de simplesmente se aplicar técnicas de “recuperação” nos solos d’água, deveria se utilizar a própria dinâmica dos rios como solução alternativa aos problemas identificados (BROOKES e GREGORY, 1988), minimizando o uso de técnicas invasivas que podem gerar mais perturbações, causando novas instabilidades no sistema fluvial.

Dentro desta perspectiva, BRIERLEY e FRYIRS (1999) propõem uma classificação denominada “**estilos de rios**” (*river styles*) para o reconhecimento de padrões de comportamento dos canais fluviais, articulando-os com a estrutura física e a vegetação ripária. A abordagem proposta por esses autores para o conhecimento das características fluviais mostra-se relevante não somente para o entendimento da morfologia e dinâmica dos canais, mas também como fundamentação para a elaboração de propostas de recuperação e planejamento desses ambientes (BRIERLEY e STANKOVIANSKY, 2003), sendo discutida mais detalhadamente no item a seguir.

¹³ Com materiais não coesivos os rios tendem a alargar, enquanto canais com materiais coesivos nas margens, ao contrário, demonstram aprofundamento (THORNE e OAMAN, 1988).

3.4 UMA NOVA ABORDAGEM PARA A CLASSIFICAÇÃO DE RIOS

O reconhecimento e a avaliação das características geomorfológicas dos canais podem fornecer informações importantes sobre a forma e os processos físicos atuantes no sistema (THORNE *et al.*, 1996), tornando possível sugerir alternativas para a manutenção e/ou "criação" de determinadas características dos canais (FRYIRS e BRIERLEY, 2001 e LUCAS, 2003). Apoiados nesta perspectiva, BRIERLEY e FRYIRS (1999) introduziram uma classificação de rios, denominada "*river styles*", baseada na estrutura física e vegetação ripária das redes de canais e articulando diferentes escalas de abordagem, partindo do tipo de vale para prever o comportamento de algumas variáveis que compõem as unidades geomorfológicas nos sistemas fluviais.

O **estilo fluvial** é definido por BRIERLEY e FRYIRS (2000) como um conjunto contíguo e harmônico de unidades geomorfológicas em uma seção de rio que estabelece um arcabouço integrado dos processos biofísicos ao longo da bacia. A identificação e caracterização do estilo é determinada através do **caráter** e **comportamento** fluvial ao longo da bacia hidrográfica (quadro 3.1). O **caráter** é definido pelos diversos atributos da estrutura do rio, entre os quais: a forma do canal em planta, a geometria, a assembléia de unidades geomorfológicas, o tipo de cobertura vegetal e de material detrítico. Já o **comportamento** está associado à função fluvial, compreendendo as características hidráulicas, as ligações canal-planície, o regime de sedimentos e a propensão a transformações geomorfológicas (FRYIRS e BRIERLEY, 2000).

A identificação de estilos fluviais não está restrita à classificação da rede de drenagem em padrões que refletem a influência do substrato na morfologia da rede e dos canais, nem a parâmetros morfométricos como sinuosidade, grau de entrelaçamento e relação largura/ profundidade, utilizados na definição dos quatro tipos principais de canais fluviais reconhecidos - retilíneo, anastomosado, meândrico e entrelaçado. Conforme destaca KNIGHTON (1984), os padrões mencionados tendem a mascarar os tipos intermediários e podem induzir a uma demasiada simplificação, visto

que diferentes variáveis¹⁴, distinguíveis longitudinalmente, se inter-relacionam para compor um determinado padrão de canal, definindo a organização espacial dos padrões ao longo de cada rio. No entanto, apesar desta limitação ser reconhecida por diversos autores, tentativas de classificação de rios, ainda que busquem ir além dos parâmetros “clássicos”, acabam restringindo-se à análise das calhas fluviais¹⁵, inexistindo uma articulação do canal com as unidades geomorfológicas adjacentes, como as planícies de inundação, terraços fluviais e encostas.

QUADRO 3.1: Conceitos empregados no reconhecimento de estilos fluviais, segundo FRYIRS e BRIERLEY (2001), BRIERLEY *et al.* (2002) e FRYIRS (2003).

Estilos de Rios	Classificação de seções ou setores de rios com características do caráter e do comportamento contíguas e harmônicas.
Ambiente do Vale	Refere-se à inserção do estilo fluvial na bacia (localização no alto, médio ou baixo curso) e nos domínios geomorfológicos (“ambientes” de escarpa, base de escarpamento, de planalto, colinoso e de planície).
Caráter do Rio/ Forma do Canal	Descrito pela estrutura física do canal em cada seção de rio (simples ou composto; retilíneo ou meândrico; profundidade, largura e grau de estabilidade do canal); caracterização das unidades geomorfológicas do canal e dos materiais associados.
Unidades Geomorfológicas dos Canais	Descrição do tipo de vale (confinado, parcialmente confinado, aluvial com/sem canais contínuos), e da existência de unidades como: planícies de inundação e terraços fluviais (destacando a contigüidade e largura); níveis de base locais (<i>knick points</i>), degraus ou afloramentos na calha dos canais; poços e corredeiras; barras de pontal, diques marginais, tipo de bancos arenosos (alongados, largos ou compridos); tipo de vegetação ripária e áreas embrejadas ou com vegetação na calha do canal.
Comportamento do Rio	Identificado pela interação dos processos (hidrológicos, sedimentológicos e geomorfológicos) atrelados ao conjunto de unidades geomorfológicas de cada estilo fluvial.

¹⁴ As variáveis são: a magnitude e freqüência da vazão, a litologia e a estrutura geológica da calha, a distribuição dos solos na bacia, a quantidade e o tipo de carga detrítica transportada, a resistência do canal ao fluxo, a declividade do leito, a velocidade do fluxo, a largura e a profundidade do canal (CHRISTOFOLETTI, 1981).

¹⁵ ROSEN (1994), por exemplo, desenvolveu estudos levando em consideração o caráter fluvial a partir de sua aparência, identificando as relações hidráulicas e sedimentológicas, visando um método de classificação fluvial. MOLLARD (1973 *apud* MOSLEY, 1987) adotou um critério de classificação baseado no uso das formas em planta (sinuosidade) e seus relacionamentos com o gradiente, o grau de estabilidade do canal e o tipo de carga sedimentar.

Fica clara, assim, a pertinência de uma classificação de rios que permita identificar a estreita relação entre os canais e as áreas contribuintes adotando a lógica de integração dada pelo fluvial. O raciocínio espacial calcado na rede de canais permitiria a apreensão das interações entre as unidades geomórficas e os processos dentro das bacias de drenagem e dos canais, e tornaria mais perceptíveis as alterações que se manifestam localmente e sua propagação ao longo dos canais e bacias, ultrapassando a escala pontual de análise (DOWNS, 1995); seria, possivelmente, mais inteligível a verificação dos reflexos gerados por mudanças locais nos canais e seus ajustes na rede tributária. Dentro dessa perspectiva, o reconhecimento do caráter e comportamento fluvial se torna a base para a compreensão das transformações impostas pela morfodinâmica dos rios, conforme demonstram os trabalhos de BRIERLEY e MURN (1997), BROOKS e BRIERLEY (1997) e FRYIRS e BRIERLEY (2000), que partiram da análise das consequências da colonização europeia em bacias do leste australiano. Com base nesses estudos, FRYIRS e BRIERLEY (2001) identificaram 9 (nove) estilos fluviais (quadro 3.2).

Identificando os estilos fluviais, afirmam FRYIRS e BRIERLEY (2001), BRIERLEY *et al.* (2002) e FRYIRS (2003), e uma vez já detendo-se uma base de informações confiáveis, pode-se precisar a (ir)reversibilidade das mudanças geomorfológicas provocadas pelas alterações humanas. Caso as mudanças se mostrem intensas, é provocada uma reestruturação da rede fluvial para absorver o *input* de energia e matéria, e, por conseguinte, estabelecem-se novas condições para que, de acordo com o grau de sensibilidade, ocorra a mutação ou manutenção dos estilos fluviais precedentes (figura 3.5).

Estilos de Rio	Ambiente do Vale	Caráter do Rio/ Forma	Unidades Geomorfológicas dos	Comportamento do Rio
Leque (<i>Fan</i>)	Base da Escarpa	Conexão distributária, moderadamente estável.	Não há planície, ocorrem extensos leques aluviais nas margens do vale.	Materiais de diferente granulometria (fragmentos rochosos – calhaus, matacões até seixos arredondados) têm sido depositados até no fundo de vale. E numerosos canais de fluxos baixos transformam a sua superfície. O canal primário ajustado tem um conjunto heterogêneo de materiais e migra constantemente ao longo do vale.
“Throughput”	Tributários do médio curso do coletor principal	Canal simples e reto, altamente estável.	Ausência quase total de planícies (poucos trechos), afloramentos de rocha com camadas finas de areia e presença de poços.	Encontra-se em vales estreitos, esses rios movimentam os sedimentos ao longo dos leitos, via propagação da correnteza. A rocha influencia a formação de poços e corredeiras, e também implica na localização das ilhas que são desenvolvidas quando os sedimentos disponíveis são estocados.
Estilos de Rio	Ambiente do Vale	Caráter do Rio/ Forma	Unidades Geomorfológicas dos	Comportamento do Rio
Inundação (Floodout) Cabeceira de Drenagem	Tributários do médio curso do coletor principal	Canal simples e estreito, canal altamente estável.	Planícies com ilhas vegetadas descontínuas, poços, corredeiras e pontal, presença de bancos de areia, poços, corredeiras e cascatas, e não há planícies.	Formado por corredeiras de um canal ajustado, este rio contém um brejo que há materiais disponíveis desde a porção a montante do rio e são transportados até o fundo de vale. Canal sobre rocha sã com um conjunto de unidades geomorfológicas heterogêneas. Age lavando os sedimento até o vale confinado. Habilidade limitada por ajustamento lateral.
Transferência (Transfer) Garganta (Gorge)	Tributários do médio curso do Escarpamento coletor principal	Canal simples e estriado. Vale sinuoso. Simples e estreito, retilíneo, canal altamente estável.	Planícies descontínuas, barras de pontal, presença de bancos de areia, poços, corredeiras e cascatas, e não há planícies.	Esses rios são encontrados em vales sinuosos. Progressivamente eles transferem sedimentos de uma parte das barras em pontal para outro ponto de barras. A acumulação de sedimentos e formação de escarpamentos com rios controlados pelo embasamento com uma sequência alternada de degraus planícies e confinada largamente dentro dos meandros e a remoção de sedimentos ocorre ao longo das encostas concavas. A produção e “consumo” de sedimentos são balanceados nesses processos.
Acumulação e Corte Preenchimento “Intacto” (<i>Intact cut-and-fill</i>)	Planície Base do Escarpamento	Canal simples formado por uma descontinuidade dentro do canal conectado, potencialmente instável.	Planície contínua com <i>backswamps</i> , diques marginais e barras de pontal.	Encontrado em um vale largo, com uma declividade baixa, ele acumula sedimentos nas grandes e contínuas planícies. Essas planícies contêm barragens e <i>backswamps</i> formadas pelo fluxo e dispersão quando esse estilo ocorre em zonas de escarpamento o processo de erosão superficial deposita materiais por suspensão ou arraste. Pequeno de canais de inundação, estão em um estágio de fluxo alto. Com significativo suprimento de sedimentos desde as porções mais altas, a área do canal é caracterizada pelos extensivos lençóis e barras de areia, onde são colonizados pela vegetação, formando as ilhas.
Corte e Preenchimento Inciso (<i>Incised cut-and-fill</i>)	Base do Escarpamento	Simples, canal direto (retilíneo) e instável	Vale confinado contínuo ou descontínuo, com presença de terraços fluviais, barras de areia e pontal.	É o estilo de rio que escava os depósitos de brejo, prendendo-os com água (ajuste): o canal se ajusta retirando o depósito de brejo, largo volume de sedimentos são retirados e retrabalhados no leito do canal. O canal tem uma seção degradada com uma série de características expressivas e forma de barras. A função desse canal ajustado é de retirar e preencher-se, formando um desenho em degraus, as vezes, em virtude da baixa energia não consegue preencher com sedimentos.
Planície de Acreção Vertical	Base do Escarpamento	Simples, canal direto, com estabilidade moderada.	Planície estrita, contínua ou descontínua, barras no meio do canal, poços e corredeiras e alguns afloramentos rochosos	Encontra-se em vale estreito. Esse rio lava seus sedimentos ao longo do leito do canal através de uma série de seqüências de poços-corredeiras. Sedimentos são estocados em complexos de ilhas. Planícies aluviais são formadas pela deposição de uma carga suspensa de sedimentos atrás de porções de rochas sãs

QUADRO 3.2: Atributos dos estilos fluviais identificados na bacia do rio Bega (sudeste da Austrália). Fonte: FRYIRS e BRIERLEY, (2001)

FRYIRS (2003) afirma que o procedimento para se estipular as condições geomorfológicas de rios deve obedecer a três etapas: primeiramente, identificar o tipo de rio (estilo fluvial) e suas respectivas capacidades de ajuste no contexto do vale; o segundo passo é estimar a evolução do rio como base para a identificação de mudanças geomorfológicas irreversíveis e de referência das condições “naturais” (ou “primitivas”); por último, determinar a condição geomorfológica de cada estilo fluvial dentro da bacia de drenagem.

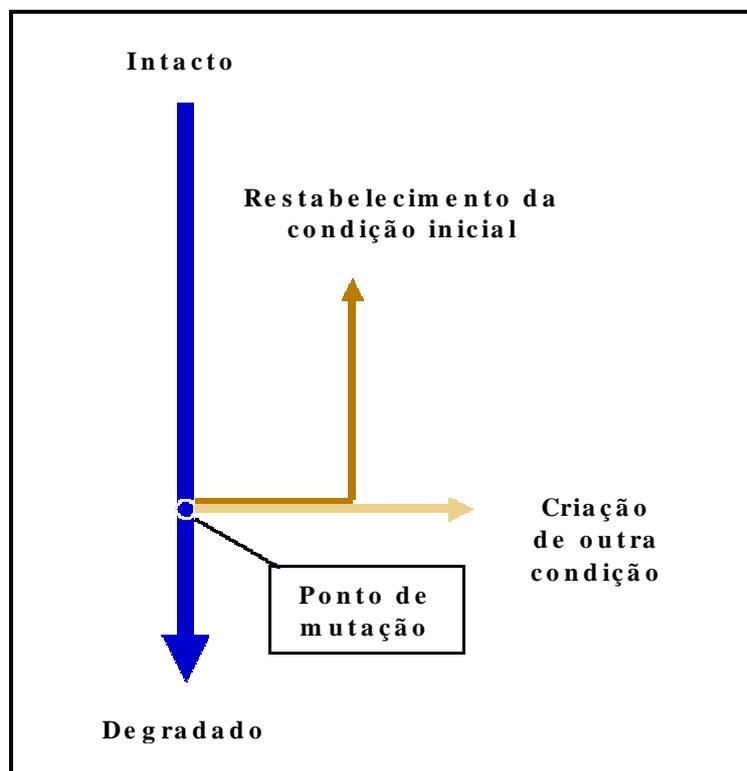


FIGURA 3.5: Estrutura de reconhecimento da condição geomorfológica de rios. A linha vertical azul representa a mudança na condição de um rio “naturalmente intacto” para “degradado”. A seta marrom à direita, na vertical, mostra uma tendência ao restabelecimento de condição similar à inicial, e a seta bege, na horizontal, uma tendência à criação de uma nova condição, onde a mudança geomorfológica é irreversível.

Fonte: BRIERLEY e FRYIRS (1999; 2000); FRYIRS (2003).

Logo, ao se combinar o conhecimento da dinâmica dos canais no passado próximo com o seu comportamento recente e atual pode-se definir as condições geomorfológicas presentes e antever prováveis

comportamentos futuros, de acordo com a sensibilidade dos rios em suas diferentes seções e no seu conjunto. A possibilidade de antever os reflexos das transformações nos canais dentro de uma estrutura degrada (rede) torna a abordagem empregada na definição de estilos fluviais uma ferramenta importante para identificação da vulnerabilidade dos corpos d'água e para a re-habilitação fluvial, freqüentemente requeridas em diagnósticos e programas de gerenciamento dos recursos hídricos.

3.5 A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA NA APREENSÃO DAS TRANSFORMAÇÕES NOS SISTEMAS DE DRENAGEM DO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL

A região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul (MVPS) situada em compartimentos colinosos e degraus reafeiçoados do reverso da Serra do Mar, tem sido alvo de inúmeros estudos que documentaram a história de evolução das encostas e os ajustes dos sistemas fluviais anteriores e posteriores aos distúrbios antropogênicos associados às sucessivas atividades econômicas.

Nos estudos desenvolvidos pelo NEQUAT – Núcleo de Estudos do Quaternário & Tecnógeno, a abordagem morfoestratigráfica se destaca como método para a identificação de formas e depósitos com significado na evolução geomorfológica regional. O reconhecimento da correlação existente entre determinadas formas e depósitos (FRYE & WILLMAN, 1962), ou melhor, o uso das superfícies deposicionais (rampas de colúvio, terraços e planícies fluviais) como guia de identificação das sucessões sedimentares, auxilia na compreensão da sua história e da evolução nos domínios de encosta e de fundos de vale.

Assim, trabalhando dentro de uma perspectiva estratigráfica e geomorfológica, MOURA (1990), MOURA *et al.* (1991a), MOURA e MELLO (1991) e MELLO *et al.* (1995) documentaram a ocorrência de várias fases de encaixamento/agradiação fluvial e remodelamento das encostas,

responsáveis pelo desenvolvimento de cabeceiras de drenagem em anfiteatro com diferentes modos de evolução. O principal evento holocênico registrado foi responsável pelo entulhamento generalizado dos vales fluviais, ainda hoje preservado na morfologia pela expressão espacial significativa do nível de terraço mais elevado e pelas feições de cabeceiras e sub-bacias entulhadas, com fundos planos.

A compartimentação morfoestrutural tem efeitos importantes na estocagem diferencial da sedimentação quaternária nas cabeceiras de drenagem e sub-bacias fluviais, que acabam definindo padrões diferenciados também de associação solos/coberturas sedimentares nestas áreas (SANTOS, 1990; PEIXOTO, 1993; 2002; SALGADO, 2004). O menor ou maior acúmulo de sucessões sedimentares, e sua evolução durante as fases de encaixamento da drenagem (fases de incisão fluvial e/ou por processos erosivos acelerados) – que respondem, em parte, aos controles das estruturas geológicas regionais e locais, refletidos na morfologia geomorfológica – foram responsáveis, deste modo, pela configuração de formas específicas nas encostas (Figura 3.6) e calhas fluviais. A morfologia, a organização vertical e lateral dos solos desenvolvidos nas coberturas superficiais (cuja evolução se dá conjuntamente com a formas de relevo), e a situação geomorfológica da encosta/calha em condições hidrológicas e de resistência dos materiais mais ou menos propícias ao desenvolvimento de processos erosivos superficiais e de subsuperfície (MOURA *et al.*, 1991a; PEIXOTO, 1993; SALGADO, 2004; entre outros).

As investigações efetuadas pelo NEQUAT/UFRJ nos compartimentos de colinas e morros da depressão do médio vale do Paraíba do Sul resultaram na definição de eventos de erosão e deposição reconhecidos e mapeáveis em âmbito regional (MOURA e MELLO, 1991; MELLO *et al.*, 1995), sintetizados no esquema apresentado na figura 3.7.

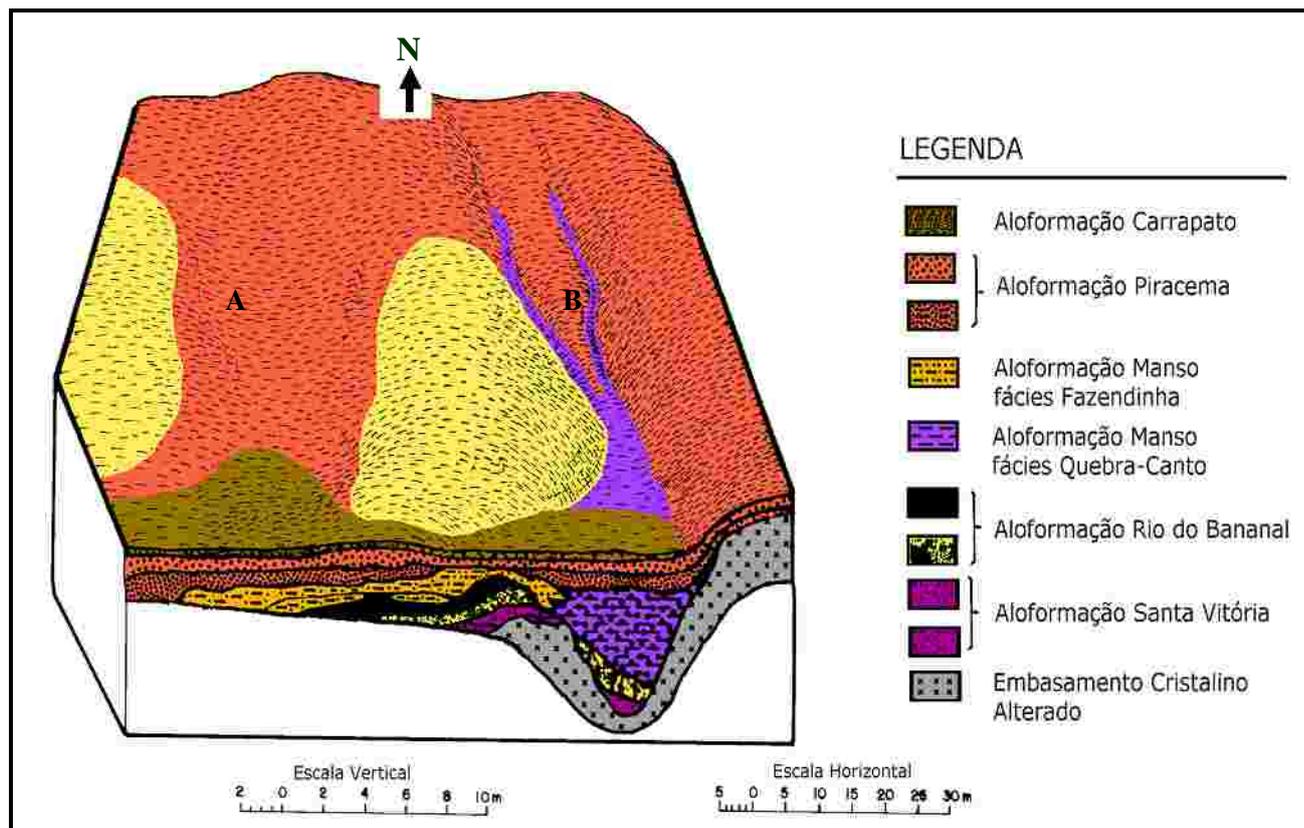


FIGURA 3.6: Organização vertical e lateral de depósitos coluviais e aluvio-coluviais (aloformações) em cabeceiras de drenagem em anfiteatro - seção Bom Retiro (Bananal, SP). A cabeceira (A) é do tipo HCS, e a (B) é do tipo HCP (vide explicação da tipologia no texto).

Fonte: Modificado de MOURA (1990), in PEIXOTO (2002).

Padrões genético-evolutivos que associam as feições geométricas do relevo aos depósitos gerados durante estes episódios erosivos e deposicionais quaternários nas unidades fundamentais de evolução do modelado – as bacias de zero ordem ou cabeceiras de drenagem em anfiteatro – também foram reconhecidos (MOURA *et al.*, 1991a) – figura 3.8.

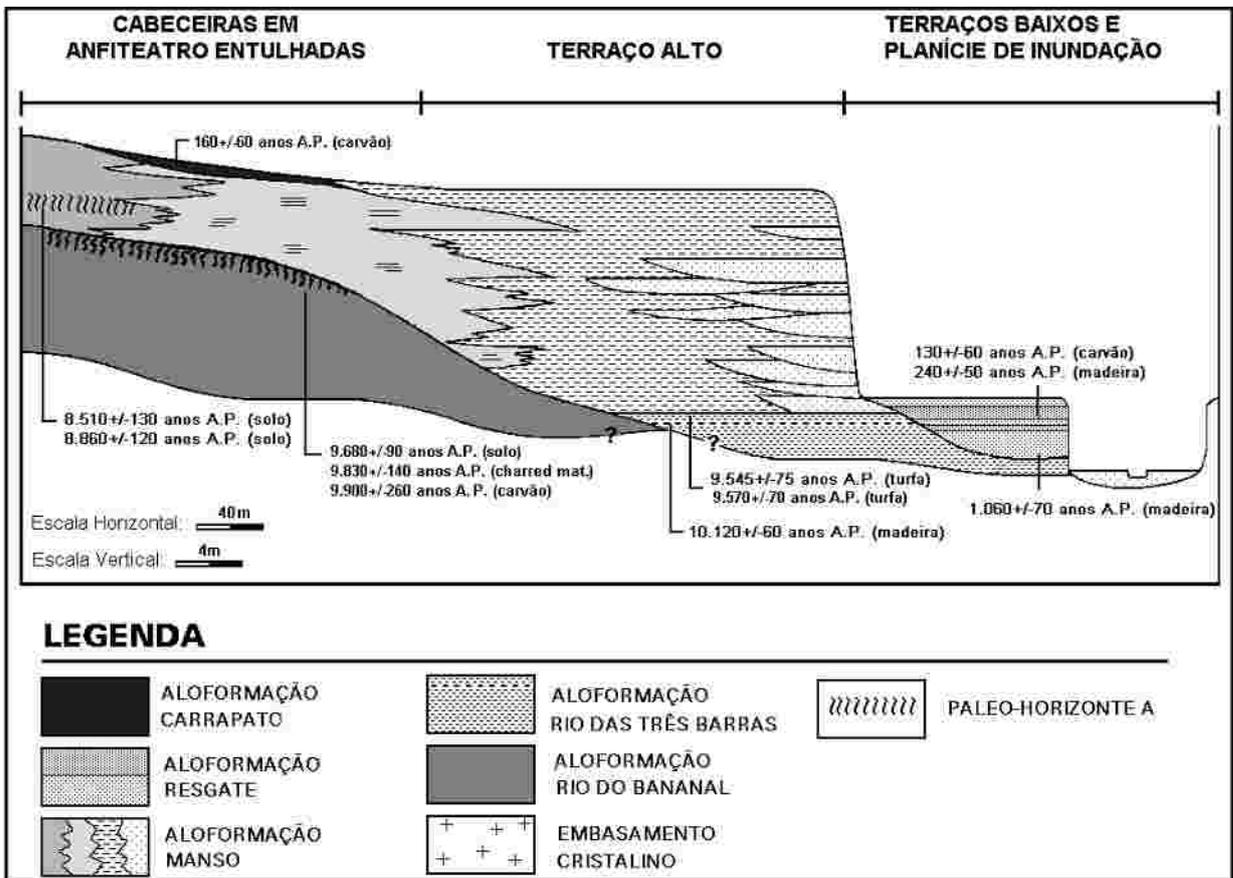


FIGURA 3.7: Reconstituição esquemática do arcabouço sedimentar preservado no domínio de baixa encosta e de vales fluviais na região do médio vale do rio Paraíba do Sul, destacando os principais marcos evolutivos quaternários e idades radiocarbônicas.

Fonte: MELLO *et al.* (1995).

Segundo a tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro definida por MOURA *et al.* (1991a), são reconhecidos dois padrões geométrico-estratigráficos básicos (PEIXOTO, 2002):

a) **Anfiteatros com *Hollow* Côncavo (HC)** – cabeceiras de drenagem em anfiteatro que apresentam a geometria de reentrância (*hollow*) côncava em planta e em perfil, relacionada ao retrabalhamento materiais coluviais convergente para o eixo principal da cabeceira de drenagem (desenvolvimento dos "complexos de rampa de colúvio"); subdividem-se em:

- Anfiteatros com *Hollow* Côncavo Articulado (HCA): caracterizam-se pela articulação do eixo principal da cabeceira de drenagem com o

nível de base da drenagem atual, documentando que a dinâmica das encostas acompanhou os reencaixamentos da drenagem;

- Anfiteatros com *Hollow* Côncavo Suspenso (HCS): constituem unidades desarticuladas do nível de base da drenagem atual, correspondendo a cabeceiras de drenagem que permaneceram barradas pela sedimentação aluvial/alúvio-coluvial ou que não foram atingidas pelos reencaixamentos das drenagens dos vales adjacentes, preservando-se, portanto, "suspensas";
 - Anfiteatros com *Hollow* Côncavo Suspenso Embutidos (HCSe): correspondem a uma variação do subtipo anterior, caracterizando-se por apresentar formas cônicas embutidas em segmentos de alta encosta.
- b) **Anfiteatros com *Hollow* Côncavo-Plano (HCP)** – cabeceiras de drenagem em anfiteatro identificadas por uma ruptura abrupta entre as encostas laterais e a reentrância plana, horizontal a sub-horizontal, resultante do entulhamento de antigos canais erosivos materiais alúvio-coluviais (Aloformação Manso, segundo MOURA e MELLO, 1991), configurando feições denominadas "rampas de alúvio-colúvio"; podem apresentar uma ruptura suavizada entre as encostas laterais e a reentrância plana, devido ao reafeiçoamento parcial por unidades coluviais posteriores, configurando um subtipo denominado Anfiteatro com *Hollow* Côncavo-Plano Reafeiçoado (HCPr).

É importante destacar que os depósitos coluviais e alúvio-coluviais apresentam diferentes propriedades físicas e químicas, que determinam a sua resistência aos processos erosivos de superfície, como o seu comportamento hidrológico em subsuperfície. Os antigos canais erosivos (paleovoçorocas) identificados nas cabeceiras do tipo preenchidos por depósitos alúvio-coluviais (Aloformação Manso) truncam as seqüências coluviais mais antigas, atingindo, freqüentemente, o embasamento cristalino alterado ou os sedimentos terciários (onde ocorrem), fato verificado na área em estudo.

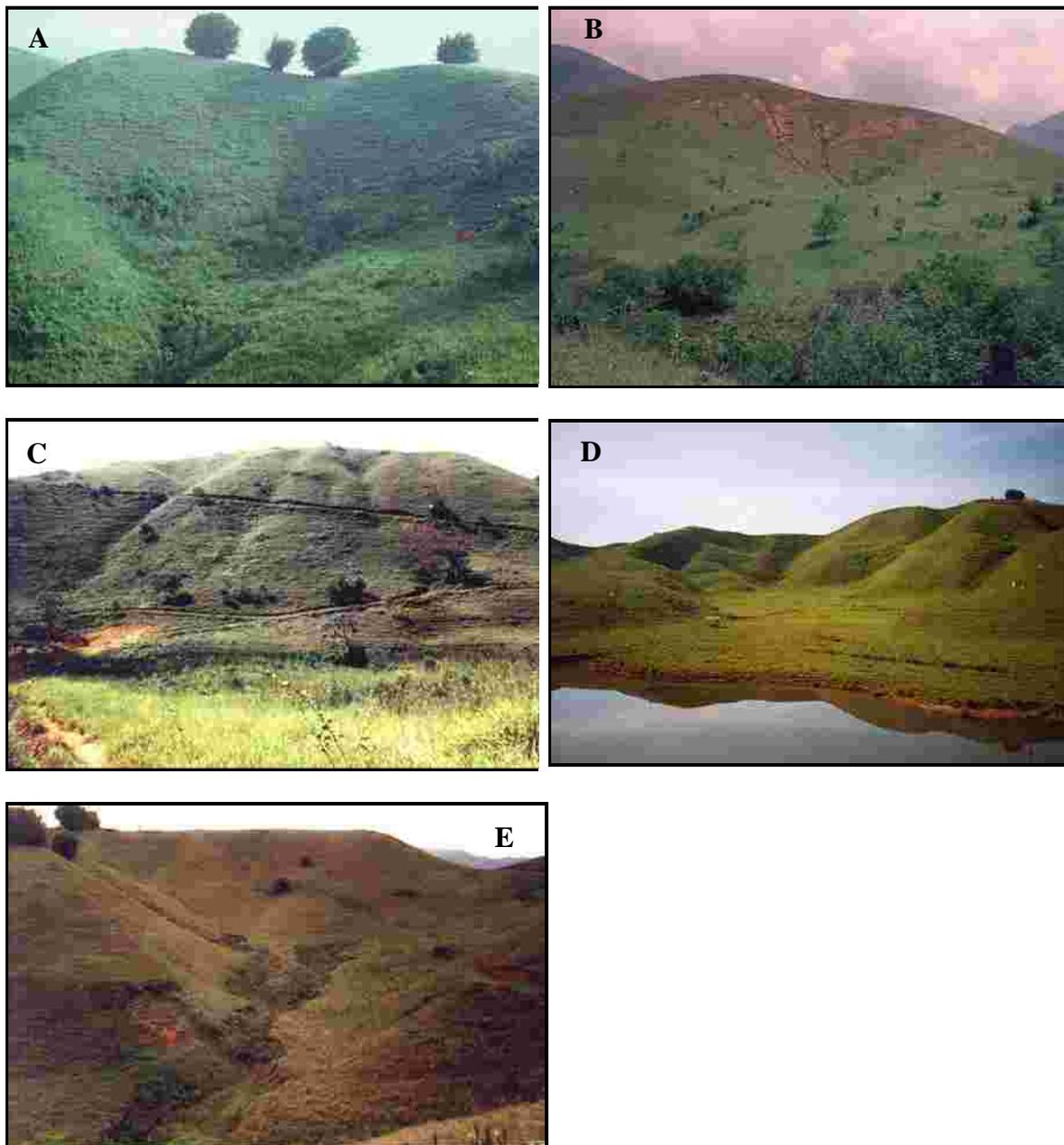


FIGURA 3.8: Cabeceiras de drenagem em anfiteatro representativas da tipologia proposta por MOURA *et al* (1991). (A) anfiteatro com *Hollow* Côncavo Articulado (HCA); (B) anfiteatro com *Hollow* Côncavo Suspenso (HCS); (C) anfiteatros com *Hollow* Côncavo Suspenso Embutido (HCSe); (D) anfiteatro com *Hollow* Côncavo-Plano (HCP); (E) anfiteatro com *Hollow* Côncavo-Plano Reafeiçoado (HCPr). Observa-se em B, processos erosivos relacionados a fluxos hídricos superficiais (erosão laminar, em sulcos e ravinas), e em D, um canal erosivo (voçoroca) remontante.

Fonte: PEIXOTO (2002).

Nas cabeceiras de drenagem em anfiteatro com *hollow* côncavo (HC), por sua vez, registra-se uma maior variabilidade de depósitos,

compreendendo basicamente corpos coluviais de geometria inclinada com origem relacionada a movimentos gravitacionais de massa e/ou processos de escoamento superficial difuso e concentrado ocorridos ao longo dos últimos milhares de anos.

Apesar do caráter regional destes eventos erosivos/deposicionais, devido à sua vinculação com controles de natureza climática e/ou neotectônica, suas respostas na configuração do relevo e no condicionamento dos processos subsequentes é bastante diferenciada, resultando em uma paisagem geomorfológica caracterizada por comportamentos distintos dos subsistemas fluviais e respectivas bacias. Neste contexto também se inserem os processos erosivos canalizados (ravinas e voçorocas) e escorregamentos em encostas vinculados às últimas fases de encaixamento fluvial, durante o Holoceno médio e final (últimos 6.000 anos), nestas bacias. Estes processos têm gerado um grande aporte de sedimentos para os canais, alterando sua dinâmica e morfologia.

As fases mais recentes de re-entalhamento da drenagem resultaram no esvaziamento total ou parcial dos fundos de vale e reentrâncias entulhados, assim como no reafeiçoamento das encostas, dando origem a novos ciclos de sedimentação fluvial e deposição coluvial (MADEIRA *et al.*, 1999 e COSTA, 2000). Nas encostas, a Aloformação Carrapato documenta a drástica intervenção relacionada à eliminação da Mata Atlântica para introdução das plantações de café no vale do Paraíba, que tem início em meados de 1790 na região considerada, tornando-se a principal atividade econômica até o final do séc. XIX. Disposta em contato erosivo sobre os depósitos coluviais subjacentes, esta aloformação é delimitada em sua base por fragmentos de carvão alinhados, com idade radiocarbono 160 ± 60 anos A.P. (MELLO *et al.*, 1995) – figura 3.7. A contemporaneidade com as idades obtidas para troncos e carvões encontrados na porção média e superior de depósitos aluviais dos baixos terraços fluviais (240 ± 50 anos A.P. e 130 ± 60 anos A.P., reunidos sob a denominação Aloformação Resgate (cuja porção basal foi datada em 1.060 ± 70 anos A.P.) documenta a intensificação dos processos erosivos vinculados à remoção da cobertura vegetal primitiva nas encostas, com

conseqüente incremento do aporte sedimentar para os cursos fluviais (MADEIRA *et al.*, 1999).

Estudos palinológicos abarcando depósitos da Aloformaç Carrapato e da Aloformação Resgate, bem como a deposição polínica atual nas cabeceiras e fundos de vale (BARROS *et al.*, 1993; 1999 a; b; COSTA *et al.*, 1999 a; b), evidenciam a redução gradual dos *taxa* relacionados à Mata Atlântica e o aumento de gramíneas e plantas ruderais direção ao topo destas sucessões sedimentares (BARROS *et al.*, 2000) associando-se claramente às mudanças no uso e ocupação da terra. Incrementos significativos de gramíneas e compostas relacionam-se à instalação e expansão das pastagens desde o final do ciclo cafeeiro, enquanto o aumento das plantas ruderais evidenciam a fase final de abandono dos cultivos, anteriormente à introdução das pastagens (BARROS *et al.*, 1993; 2000; COSTA, *op. cit.*).

Tais registros têm evidenciado, deste modo, a superimposição de ritmos e processos vinculados às atividades econômicas introduzidas desde o ciclo cafeeiro, aos sucessivos episódios de instabilidade ambiental que caracterizam a dinâmica evolutiva dos sistemas de drenagem na região. O comportamento fluvial tem sido influenciado assim, tanto na sua estrutura quanto na sua funcionalidade, atingindo de maneira diferenciada em distintos segmentos das bacias de drenagem.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos, procedimentos e materiais utilizados na presente dissertação serão relatados neste capítulo. Englobam atividades realizadas em gabinete e campo, organizadas em diferentes etapas de trabalho. Destacamos, inicialmente, que a metodologia utilizada e o propósito de analisar as transformações tecnogênicas na rede de drenagem do município de Volta Redonda, entendendo a técnica como elemento intrínseco à dinâmica sócio-espacial. A pesquisa envolveu, deste modo, a investigação desta dinâmica, vinculada, no caso de Volta Redonda, à construção do espaço urbano nos últimos 50 anos. Fundamentou-se, ainda, na concepção de que a história evolutiva dos sistemas fluviais num intervalo mais amplo – holocênico, ao menos – imprimiu marcas nas suas formas e funções que condicionam em grande parte as respostas às intervenções mais recentes, de caráter tecnogênico.

Como recorte espacial de análise, foram selecionadas as bacias do Córrego Santa Rita e do Ribeirão Brandão, utilizando os critérios abaixo listados.

- a) As diferentes intensidades de ocupação urbana nas bacias, e a sua posição em relação aos eixos de expansão urbana identificados em estudos precedentes. Considerou-se especialmente a inserção das bacias no quadro de diferentes padrões de ocupação inicial – a cidade planejada e a de crescimento "*de modo orgânico*" nas palavras de SOUZA (2002), como será discutido no capítulo 6. A bacia do Ribeirão Brandão foi definida inclusive no plano diretor municipal de Volta Redonda (PMVR, 1994) como área de crescimento da cidade, verificando-se loteamentos recentes para uma população de média e alta renda. A bacia de Santa apresenta uma ocupação predominantemente de baixa renda, que vem crescendo aparentemente de forma desordenada.
- b) O fato de o Ribeirão Brandão e o Córrego Brandãozinho (Cachoeirinha como é conhecido pela população) constituírem Áreas de Preservação do Meio Natural, conforme Artigo 44 da Municipal 3326/97 (Lei Ambiental do município de Volta Redonda, elaborada pela COORDEMA - Coordenadoria de Defesa do Meio Ambiente de Volta Redonda), indicando uma diretriz de o dos

rios e suas bacias visando a conservação e “recuperação” ambiental. Outro aspecto importante desta bacia constitui a sua significativa contribuição para as enchentes verificadas na cidade, que conduziu inclusive à elaboração de estudos específicos visando a projeção de cheias e a construção de barragem para seu controle, e ainda para abastecimento de água.

- c) Na bacia do Santa Rita, o fato das águas do Córrego do Peixe terem sido represadas, até o início dos anos 90, para abastecimento de parte da cidade (e inclusive de dois bairros de Barra Pirai), constituindo o único manancial de superfície do município além do rio Paraíba do Sul.
- d) O fato destas bacias inserirem-se em macro-compartimentos geomorfológicos distintos reconhecidos por SILVA et al. (1993) para a Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, o qual condiciona diferenciações no comportamento e na estruturação física dos sistemas de drenagem.
- e) A existência de bases aerofotogramétrica e cartográfica de detalhe (escala 1:5.000) produzida em 1999 pela Prefeitura Municipal de Volta Redonda em parceria com a Empresa de Processamento de Dados (EPD/VR), autarquia vinculada à administração municipal, que as cederam para a realização de pesquisas acadêmicas, através de acordo firmado com a Professora Maria Naíse de Oliv Peixoto.

Como discutido no capítulo anterior, adotou-se o arcabouço conceitual do *continuum fluvial* (conectividade longitudinal das seções/segmentos de canais) e *dos estilos fluviais* para identificar as transformações nos sistemas fluviais de Volta Redonda. Incorporou-se, porém, aos procedimentos preconizados por FRYIRS e BRIERLEY (2000), BRIERLEY e FRYIRS (2000) e FRYIRS (2003) para a individualização de estilos de rios:

(a) a abordagem morfoestratigráfica para análise das áreas de entulhamento e evasão de sedimentos holocênicos dos fundos de vale e reentrâncias de cabeceiras de drenagem, empregada também no

mapeamento dos diferentes tipos de feições erosivas (conforme a tipologia exposta em CASTRO *et al.*, 2002); o esboço da tipologia de rios proposta fundamenta-se no reconhecimento das feições geradas pelo entulhamento e reentalhamento da drenagem ocorridos no Holoceno, a nível regional;

(b) a análise das alterações diretas nos canais em tempo histórico, focando-se a caracterização das intervenções associadas ao crescimento das áreas urbanas nos últimos 50 anos.

Desta feita, foram realizados levantamentos e mapeamentos envolvendo aspectos geomorfológicos, históricos e sócio-econômicos, descritos a seguir. Os materiais cartográficos e aerofotogramétricos utilizados foram:

- fotografias aéreas digitais de escala 1:5.000 (EPD/VR), de 1999;
- fotografias aéreas impressas de escala 1:40.000 (PROSPEC/DSG), de 1979;
- fotografias aéreas impressas de escala 1:60.000 (USAF), de 1966;
- cartas topográficas em escala 1:50.000 (IBGE) – folhas Volta Redonda e Nossa Senhora do Amparo – e 1:25.000 (M.Ex.), em meio impresso;
- base topográfica em escala 1:5.000 (EPD/VR), em meio digital.

Os produtos cartográficos elaborados e modelos digitais do terreno gerados foram produzidos utilizando-se o software ArcView® (versão 3.2).

- **Mapeamento da rede de drenagem**

Elaborado a partir de fotointerpretação da cobertura de 1999, tendo em vista a identificação de vários erros na base de hidrografia existente em meio digital (EPD/VR), apesar desta haver sido restituída a partir do mesmo levantamento aerofotogramétrico (1999). Além de erros grosseiros como canais “subindo” encostas, foi necessário dar atenção à reconstituição da drenagem de hierarquia inferior (canais de primeira ordem). Utilizou-se as curvas de nível para checar o mapeamento da rede de canais, especialmente onde as fotos aéreas tinham problemas

definição ou clareza (muito escuras ou “estouradas”). Este procedimento foi executado apenas nas áreas com cobertura aerofotogramétrica de 1999, que no caso da bacia do Ribeirão Brandão não abrangem toda a extensão da bacia dentro do município (apesar de o serviço ter sido executado para a prefeitura e órgãos municipais). Foram também individualizadas as sub-bacias afluentes dos coletores principais destas bacias a partir da delimitação dos divisores de águas entre as redes tributárias – figura 4.1.

- **Mapeamento da evolução urbana de Volta Redonda**

Elaborado a partir dos registros documentados no Plano Diretor de Volta Redonda (1994), nos mapas apresentados no Relatório executado pela empresa HIDROCONSULT (1990) e em PIQUET (1998). Foram realizados também levantamentos da bibliografia acerca da história da cidade e de fotografias históricas em órgãos públicos do município, que subsidiaram a reunião e análise das informações levantadas. A análise das aerofotos de 1966, 1979 e 1999 também foi fundamental a reconstituição da evolução urbana.

- **Mapeamento de compartimentos topográficos e geomorfológicos**

A compartimentação do relevo evidencia relações importantes com a distribuição espacial dos diferentes padrões evolutivos de cabeceiras de drenagem em anfiteatro definidas por MOURA *et al.* (1991a). Estes padrões evolutivos de cabeceiras em anfiteatro significam comportamentos distintos quanto à estocagem de sedimentos colúviais e alúvio-colúviais (PEIXOTO, 1993; PEIXOTO & MOURA, 1993). Do mesmo modo, a expressão em área das feições deposicionais quaternárias (complexos de rampa de colúvio, rampas de alúvio-colúvio e terraços fluviais) e erosivas (fundos de vale esvaziados, antigos canais erosivos e voçorocas e ravinas atuais ativas e inativas), relacionadas à evolução dos sistemas e bacias de drenagem durante o Holoceno, apresentam estreita relação com a evolução do relevo, aspecto demonstrado em diversos trabalhos realizados (MOURA, 1990; PEIXOTO, 1993; LESSA, 1995; SILVA, PEIXOTO & MOURA, 1995).

Considerando-se os objetivos do estudo e o fato das localidades selecionadas para análise encontrarem-se em diferentes situações geomorfológicas reconhecidas dentro dos Compartimentos Morfoestruturais Bananal/Amparo (C2) e Bacia de Volta Redonda (C3), definidos por A *et al.* (1993), buscou-se efetuar uma caracterização geomorfológica mais detalhada destes compartimentos. Para tanto, foi digitalizada parte dos novos mapas de compartimentos topográficos em escala 1:50.000 executados por SILVA e equipe (inédito) – folhas Volta Redonda e Nossa Senhora do Amparo – e individualizados os sub-compartimentos geomorfológicos de colinas e morros, apoiando-se também na fotointerpretação. O reconhecimento de sub-unidades foi efetuado com base nas seguintes características geomorfológicas: desnivelamento entre topo e fundo de vale em bacias de 0, 1ª e 2ª ordem, conforme técnica de compartimentação topográfica elaborada por MEIS *et al.* (1982); altitude, direção e relações altimétricas com os compartimentos vizinhos; e relações com as litologias e estruturas geológicas mapeadas na rea enfocada (PONÇANO, ALMEIDA *et al.*, 1981; HASUI, ALMEIDA *et al.*, 1982; TEKTOS/Fgel/Uerj, inédito; GONTIJO, 1999).

- **Mapeamento de parâmetros morfométricos de sub-bacias**

A obtenção de parâmetros morfométricos para as sub-bacias afluentes do Ribeirão Brandão e Córrego Santa Rita visaram auxiliar na caracterização geomorfológica das bacias e na sua dinâmica fluvial. Parte-se do princípio de que podem complementar o papel da dissecação topográfica (desnivelamento altimétrico) no arranjo espacial da rede de drenagem e dos tipos de canais reconhecidos, bem como na sua conectividade longitudinal, que refletem e regulam a morfologia e o dos rios. Foram analisados os parâmetros: Índice de Forma (K); Índice entre o Comprimento e Área da Bacia (ICo); Densidade de Drenagem (Dd) e Amplitude Altimétrica Máxima (Hm), cujas fórmulas são ntadas abaixo. Parte da bacia do Ribeirão Brandão (alto curso e sub-bacias da margem esquerda com cabeceiras no município de Barra Mansa) não puderam ser analisados quanto à Densidade de Drenagem uma vez que a drenagem não foi restituída nestas áreas.

$$K = \frac{2}{\dots} \quad (1)$$

$$K = \frac{2}{2v p A} \quad (1)$$

$$ICo = \frac{Db}{A} \quad (2)$$

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (3)$$

$$Hm = \frac{Hmax}{Hmin} \quad (4)$$

Onde:

P = perímetro da bacia

A = área da bacia

Db = diâmetro (comprimento) da bacia

L = comprimento total de canais da bacia

Hmax = altitude do ponto mais alto do divisor da bacia

Hmin = altitude da desembocadura da bacia

Valores de K distantes de 1 indicam formas mais distantes da circular; para a área analisada, valores de ICo menor que 0,5 indicam formas alargadas, próximos de 0,5 formas equidimensionais, e maiores que 0,5 formas alongadas.

- **Mapeamento de grau de entulhamento dos vales e cabeceiras de drenagem**

Executado a partir de fotos aéreas em meio impresso, e transposto para a base digital. Consiste no reconhecimento de feições deposicionais quaternárias relacionadas ao entulhamento dos fundos de vale e reentrâncias de cabeceiras de drenagem – terraço fluvial mais elevado (T1) e rampas de alúvio-colúvio, conforme MOURA (1994). Foi feito com pares estereoscópicos para facilitar o reconhecimento de desníveis nos fundos de vale, mais difícil nas fotos digitais.

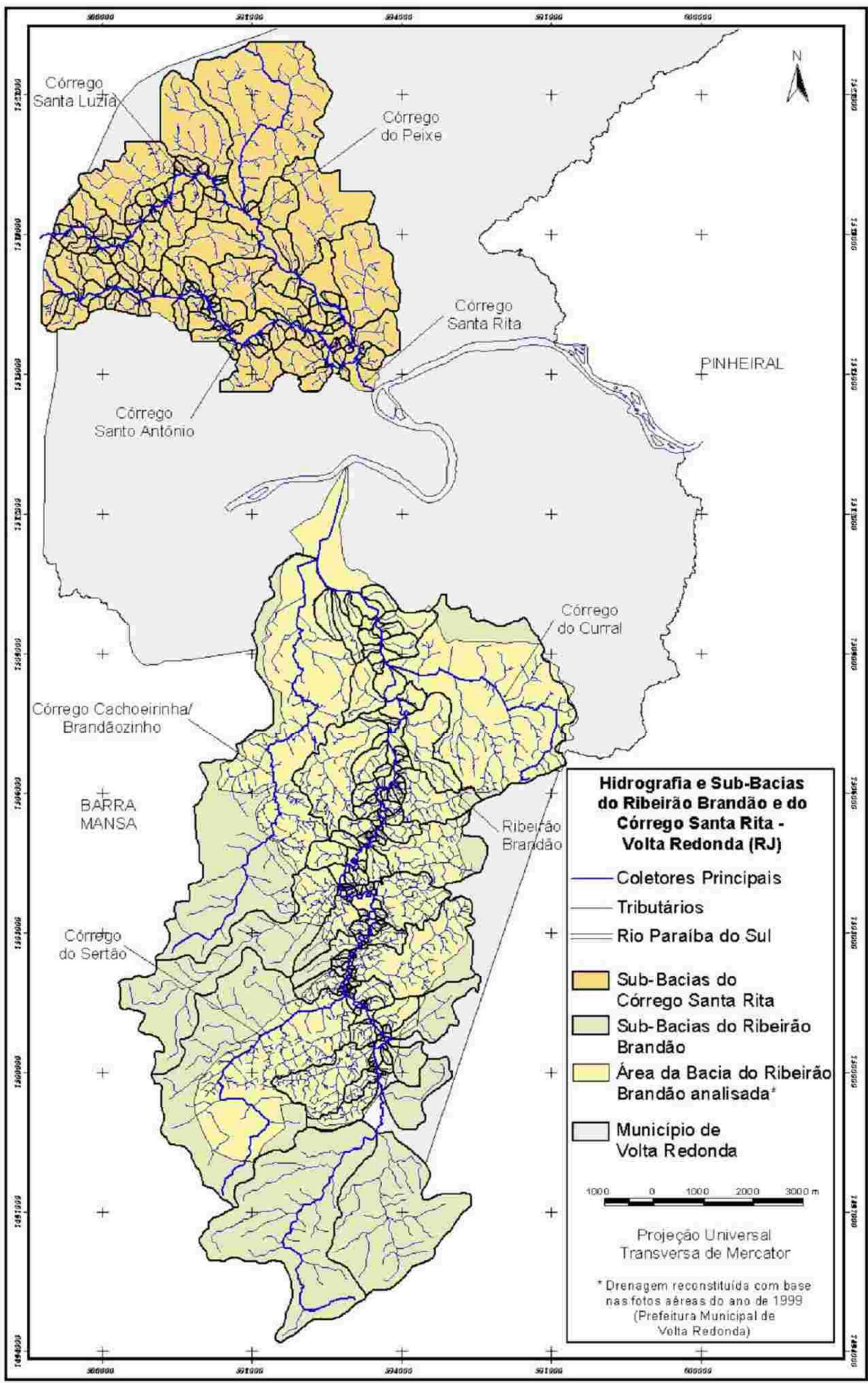


FIGURA 4.1 . Mapa da Hidrografia e Sub-bacias do Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita - Volta Redonda (RJ).

Mapeamento de rupturas de declive, áreas de brejo e represas

Executado com base na cobertura aérea digital de 1999 (rupturas e represas) e nas fotos de 1966 (escala 1:60.000) para as áreas e canais embrejados. O mapeamento de brejos em 1966 buscou identificar a presença destas feições antes da expansão acentuada da cidade, contribuindo para a avaliação desta feição na tipologia.

- **Mapeamento de tipologia de canais fluviais**

O conceito de estilos fluviais (*rivers styles*) estabelece parâmetros para o reconhecimento de diferentes seções e/ou tipos de canais, com base no caráter e comportamento fluviais, conforme já fora tratado no capítulo 3. Dos procedimentos indicados pelo método desenvolvido por BRIERLEY, FRYIRS e colaboradores, buscou-se caracterizar, na etapa atual da pesquisa, os seguintes: a largura e o ambiente do vale; a localização do tipo na bacia; a forma do canal em planta; a caracterização das unidades geomorfológicas dos canais (assembléias geomorfológicas); a conectividade lateral (articulação das calhas com os atributos adjacentes aos canais); o grau de encaixamento da drenagem; e a distribuição de sedimentos ao longo da bacia. Deste modo, foram identificadas feições características da morfologia dos canais fluviais, individualizando-se as extensões (seções) de canal com manutenção do tipo definido nas redes restituídas. As formas inicialmente identificadas por fotointerpretação (1999) foram reconhecidas em trabalhos de campo, para checagem e aprimoramento da tipologia proposta. Foram efetuados perfis transversais aos vales para auxiliar sua caracterização, em locais selecionados como representativos dos diferentes tipos de canais propostos, utilizando a base topográfica digital em escala 1:5.000.

- **Mapeamento de feições erosivas e movimentos de massa**

Elaborado a partir de fotointerpretação da cobertura digital (1999), identificando-se as feições erosivas canalizadas e movimentos gravitacionais de massa segundo a tipologia proposta por CASTRO *et al.* (2002) – quadro

4.1. Nesta tipologia, as feições erosivas e movimentos gravitacionais de massa são classificados segundo a relação com a rede de drenagem existente – sendo definidas voçorocas/ravinas conectadas ou desconectadas da rede de drenagem, conforme OLIVEIRA e MEIS (1985), OLIVEIRA (1990) e MOURA *et al.* (1997) – bem como de acordo com a geometria e os principais mecanismos atuantes (cf. OLIVEIRA, 1999).

- **Elaboração de Modelos Digitais de Terreno (MDT)**

Produzidos a partir da base topográfica em escala 1:5.000 (EPD/VR), usando o ArcView® (versão 3.2) - método TIN (*triangulated irregular network*). Foi necessário efetuar correções na base topográfica para gerar os modelos para as bacias em estudo. Visou auxiliar na visualização da compartimentação topográfica das bacias e suas relações com a tipologia de canais fluviais.

- **Elaboração de seções transversais aos canais**

Executadas em campo pela aferição da largura e profundidade das seções de canal em pontos selecionados, com espaçamento de 50cm das medidas de profundidade. Foram observadas e descritas feições deposicionais no leito, o tipo de intervenções na calha (concretagem de paredes; contenções), presença de detritos (entulhos) e vegetação caracterizadas sumariamente.

- **Levantamento de pontos de descarte de efluentes nos canais fluviais**

A análise da contribuição dos efluentes na modificação dos canais fluviais em Volta Redonda foi efetuado a partir do levantamento em campo dos pontos de descarte nos seguintes canais coletores: Ribeirão Brandão e Córrego Brandãozinho na bacia do Ribeirão Brandão, e córregos Santo Antônio, Santa Rita e do Peixe na bacia do Córrego Santa Rita. No momento da campanha de campo os dutos de descarte foram distinguidos em **ativos**

(os que estavam descartando algum volume de efluente) e **inativos** (aqueles sem despejo). Como modo de hierarquizar as ár de emissão foi adotado o diâmetro das tubulações categorizando nas seguintes classes: **canos** – até 20 centímetros de diâmetro; **manilhas pequenas** – de 21 a 40 centímetros; **manilhas médias** – 41 a 60 centímetros; e **manilhas grandes** – acima de 61 centímetros. Foram executadas medidas de vazão para 31 pontos de tubulações ativas visitados, utilizando um recipiente com marcações por litro (balde de 18 litros), que permitiu o cálculo do volume de despejo no tempo (adotou-se a unidade de medida litros por minuto [l/min]). Calculou-se as vazões totais por tipo de tubulação para as bacias estudadas (somatório das vazões individuais) e a vazão média, dividindo-se o somatório das vazões pelo número de tubulações.

	terreno"		I – Inativa
Feições não conectadas a rede de drenagem permanente	2.2 Voçoroca desconectada "estrangulada"	Feição erosiva profunda e larga em seu trecho superior/médio e estreita no trecho inferior, desenvolvida geralmente em segmentos de média e alta encosta, em grande parte sobre o embasamento alterado; apresenta predomínio de expansão lateral por mecanismos associados a fluxos sub-superficiais no embasamento alterado e no contato deste com coberturas coluviais pouco espessas.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa I – Inativa
	2.3 Voçoroca ou ravina desconectada de "canais adjacentes"	Feição erosiva produzida pela junção de canais erosivos adjacentes devido à sua expansão lateral.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa
		CLASSIFICAÇÃO DE FEIÇÕES EROSIVAS E MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA	I – Inativa
TIPO	SUB-TIPO	DESCRIÇÃO	SITUAÇÃO
1. Voçorocas conectadas	1.1 Voçoroca conectada "linear"	Canal erosivo geralmente profundo, alongado e com ramificações, desenvolvido em rampas de alúvio-colúvio de <i>hollows</i> /fundos de vale concavos-planos (cabecelas do tipo HCP – MOURA <i>et al.</i> , 1991), apresentam crescimento devido à geometria do terreno; pode constituir feições erosivas descontínuas que tendem a se interconectar.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa I – Inativa
3. Movimentos Gravificacionais de Massa	3.1 Escorregamento Rotacional	Movimento de profundidade e limites laterais bem definidos cujo material rotaciona ao longo de superfície(s) de ruptura predominantemente a fluxos de sub-superfície no pacote sedimentar e no contato deste com o embasamento cristalino.	I – Inativa
3. Movimentos Gravificacionais de Massa	1.2 Voçoroca conectada "estrangulada"	Feição erosiva profunda e larga em seu trecho superior/médio e estreita no trecho inferior, desenvolvida geralmente em segmentos de média e alta encosta, em grande parte sobre o embasamento alterado; apresenta predomínio de expansão lateral por mecanismos associados a fluxos sub-superficiais no embasamento alterado e no contato deste com coberturas coluviais pouco espessas, geralmente resulta da expansão de feições estranguladas desconectadas até o vale adjacente ou da sua junção com antigos canais erosivos remontantes.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa I – Inativa
3. Movimentos Gravificacionais de Massa	3.2 Escorregamento Planar/translacional	Movimento geralmente comprido, raso, sem superfície de ruptura bem definida e com espralamento do material de encosta; ocorre associado a cortes de talude, associado a entalhes erosivos e/ou fluviais ou independente destes.	I – Inativa
3. Movimentos Gravificacionais de Massa	3.3 Queda	Movimento rápido de blocos ou lascas de rocha associados a planos de fraquezas, não apresentando obrigatoriamente uma superfície de deslizamento (queda livre).	I – Inativa
3. Movimentos Gravificacionais de Massa	1.3 Voçoroca conectada de "canais adjacentes"	Feição erosiva produzida pela junção de canais erosivos adjacentes devido à sua expansão lateral.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa
3. Movimentos Gravificacionais de Massa	3.4 Corrida	Movimento rápido em que os materiais comportam-se como fluxos altamente viscosos, fruto da perda do atrito interno, associado à concentração de fluxos d'água.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa
4. Complexo		Sinergia de mecanismos observados nos tipos descritos anteriormente, o que impossibilita uma classificação precisa.	I – Inativa
	1.4 Voçoroca conectada "linear"	Feição erosiva estreita e alongada, com profundidade $v \ll el$; desenvolve-se tanto em <i>hollows</i> como em encostas laterais/frontais e <i>noses</i> quando associadas à concentração de fluxos superficiais em valas, cercas e caminhos produzidos pelo gado, ou em <i>hollows</i> quando associada predominantemente à convergência de fluxos devido à geometria do terreno; geralmente resultam da conexão entre voçorocas/ravinas descontínuas, anteriormente desconectadas da drenagem.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa I – Inativa
2. Ravinas e Voçorocas desconectadas	2.1 Voçoroca desconectada "em seções expostas do	Feição erosiva única ou conjuntos de feições erosivas envolvidas em faces expostas do terreno, por mecanismos associados ao escoamento superficial concentrado e/ou fluxos sub-superficiais; pode(m) ocorrer em cicatrizes de escorregamentos ou em cortes de estrada/edificações e/ou em áreas de empréstimo.	A – Ativa PA- Parcialmente Ativa

Em domínio fluminense, Volta Redonda, Resende, Barra Mansa e Barra do Piraí destacam-se como os principais centros urbanos do Médio Vale do Paraíba do Sul. Situados no eixo econômico entre duas principais metrópoles do país, Rio de Janeiro e São Paulo, possuem vantajosa proximidade geográfica com importantes cidades e zonas industriais de Minas Gerais, com as quais ligam-se através de uma rede rodoviária relativamente densa.

O município de Volta Redonda limita-se a norte e oeste com Barra Mansa; a sudoeste, com Rio Claro; a sudeste e a leste, com Piraí e Pinheiral; e a nordeste com Barra do Piraí, sendo um município pouco extenso, com 181 km² (Prefeitura Municipal de Volta Redonda, 2002) – figura 5.2.

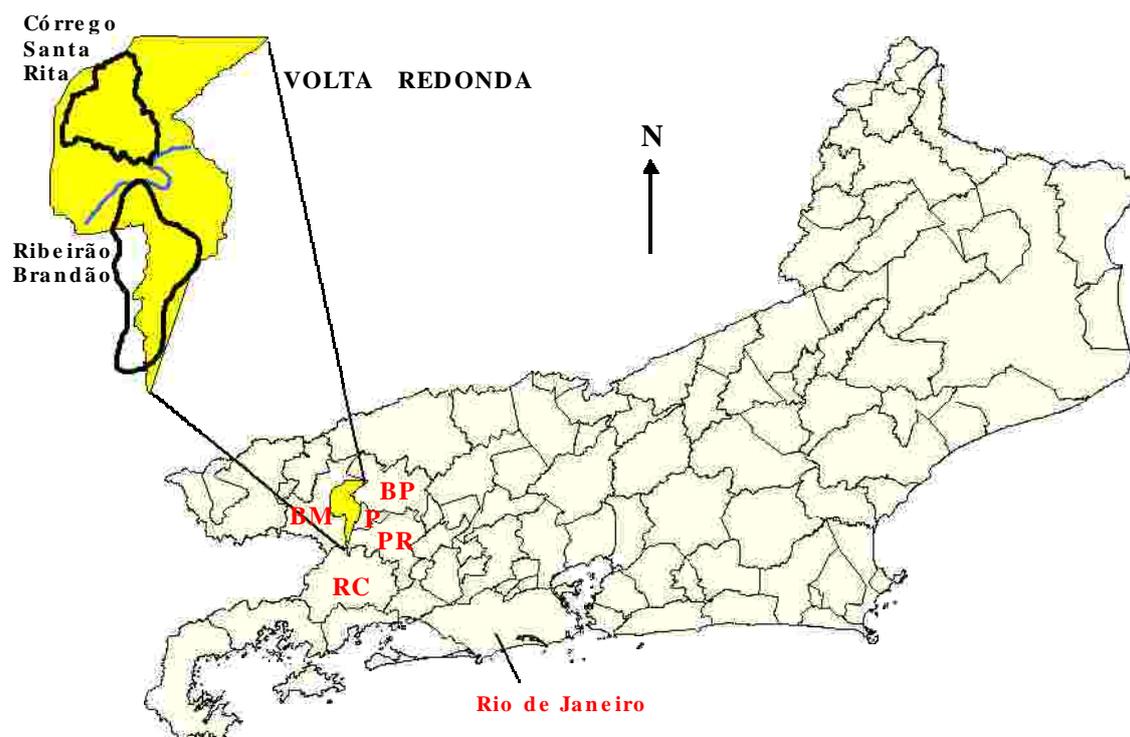


FIGURA 5.2: Localização do município de Volta Redonda no Estado do Rio de Janeiro e municípios limítrofes: BM - Barra Mansa, BP – Barra do Piraí, PR –Piraí, P – Pinheiral, RC – Rio Claro. Em destaque a localização das bacias em estudo - Córrego Santa Rita e Ribeirão Brandão.

O município possui clima tropical mesotérmico, com temperatura média compensada de 21,4°C, umidade relativa do ar de % e índice pluviométrico anual de aproximadamente 1.350 milímetros (PMVR, 2002), caracterizado pelos invernos secos e verões quentes com concentração de eventos pluviométricos.

A cobertura vegetal existente atualmente é predominantemente composta por formações de pastagem (gramíneas variadas) para o gado bovino leiteiro. As áreas florestadas restringem-se à Reserva da Cicuta e a pequenas "ilhas" florestais dispersas, com maior concentração e extensão na porção norte do município (ver figura 5.4). Pertencente à CSN, a Floresta da Cicuta é dotada de características de floresta estacional semidecidual (IQM-VERDE, 2000), reconhecida como Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) pelas administrações estadual e municipal¹⁶. Esta mesma formação vegetal é encontrada também no extremo norte do município. Os inúmeros fragmentos florestais abarcam vegetação secundária (em processo de regeneração florestal, uma vez que foram degradadas pelas atividades econômicas) e em estágio médio de sucessão (em que já houve o crescimento e a renovação da primeira geração vegetacional pós-atividades humanas) - IQM-VERDE, 2000, onde são identificadas espécies autóctones, remanescentes da Mata Atlântica.

O Médio Vale do rio Paraíba do Sul é caracterizado por uma incidência elevada de processos erosivos "acelerados" - escorregamentos de encostas, em parte relacionados à dinâmica dos cursos fluviais. Estes processos são registrados na evolução dos sistemas de drenagem tributários do rio Paraíba do Sul, coletor principal regional, em tempo geológico recente (MOURA *et al.*, 1991b, entre outros) - vide capítulo 3 - evolução marcada por episódios erosivos e deposicionais recorrentes e de grande intensidade. No entanto, os efeitos do uso do solo ao longo dos últimos dois séculos afetaram, indubitavelmente, o comportamento destas bacias, produzindo marcas na paisagem aparentemente monótona, e

¹⁶ Apesar disso o depósito de lixo de Volta Redonda situa-se a montante da bacia do Ribeirão Brandão, que passa pela Floresta da Cicuta, operando sem os cuidados necessários à contenção do chorume produzido, freqüentemente atingindo a drenagem.

influenciando decisivamente nos processos geomorfológicos identificados atualmente.

Os sistemas hidrográficos que drenam o município de Volta Redonda são: na margem direita do rio Paraíba do Sul, Ponte Alta, Secades, Ribeirão Brandão, Dourados, São Geraldo, Jardim Amália e Água Limpa; na margem esquerda, córregos Ano Bom, Bugio, dos Carvalhos, Coqueiros, Santa Rita e Ribeirão do Inferno (figura 5.3).

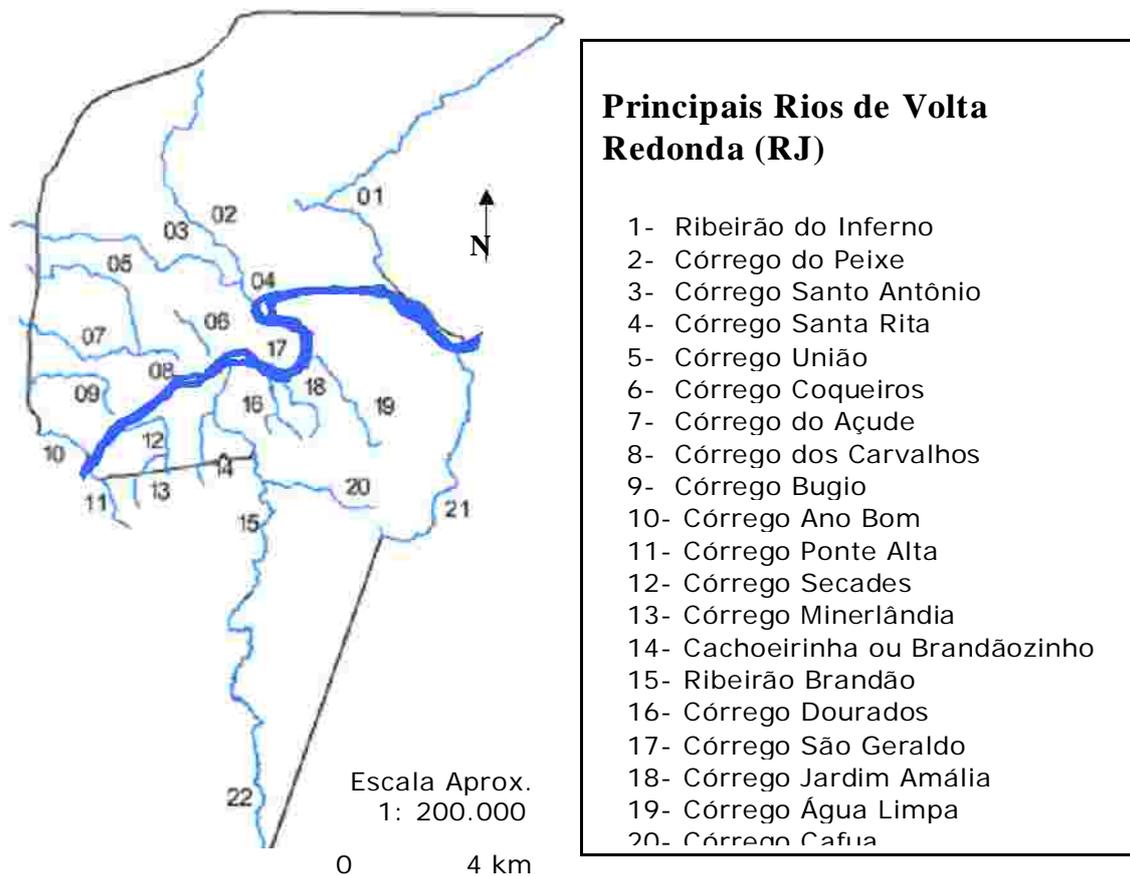


FIGURA 5.3: Localização dos principais rios do município de Volta Redonda (RJ).

Fonte: Prefeitura Municipal de Volta Redonda - www.portalvr.com, (acessado em julho/2005).

As bacias selecionadas para estudo - bacia do Córrego Santa Rita, situada a Norte do município, e bacia do Ribeirão Brandão, a Sul – estão apresentadas na figura 5.4. A primeira é constituída por dois coletores principais: o Córrego do Peixe e o Córrego Santo Antônio, cuja confluência, já no baixo curso, dá origem ao Córrego Santa Rita.

Na bacia do Ribeirão Brandão, a Sul, o coletor principal recebe importantes afluentes, como os córregos Cachoeirinha ou Brandãozinho, Cafuá (também denominado Córrego do Curral) e do Sertão. Os afluentes de maior extensão encontram-se, em grande parte, fora dos limites do município.

A área onde está localizada Volta Redonda é caracterizada por uma morfologia conhecida como "mares de morros". Engloba, no entanto, diferentes compartimentos de colinas e morros, que refletem controles estruturais do substrato e da tectônica cenozóica, sintetizados a seguir.

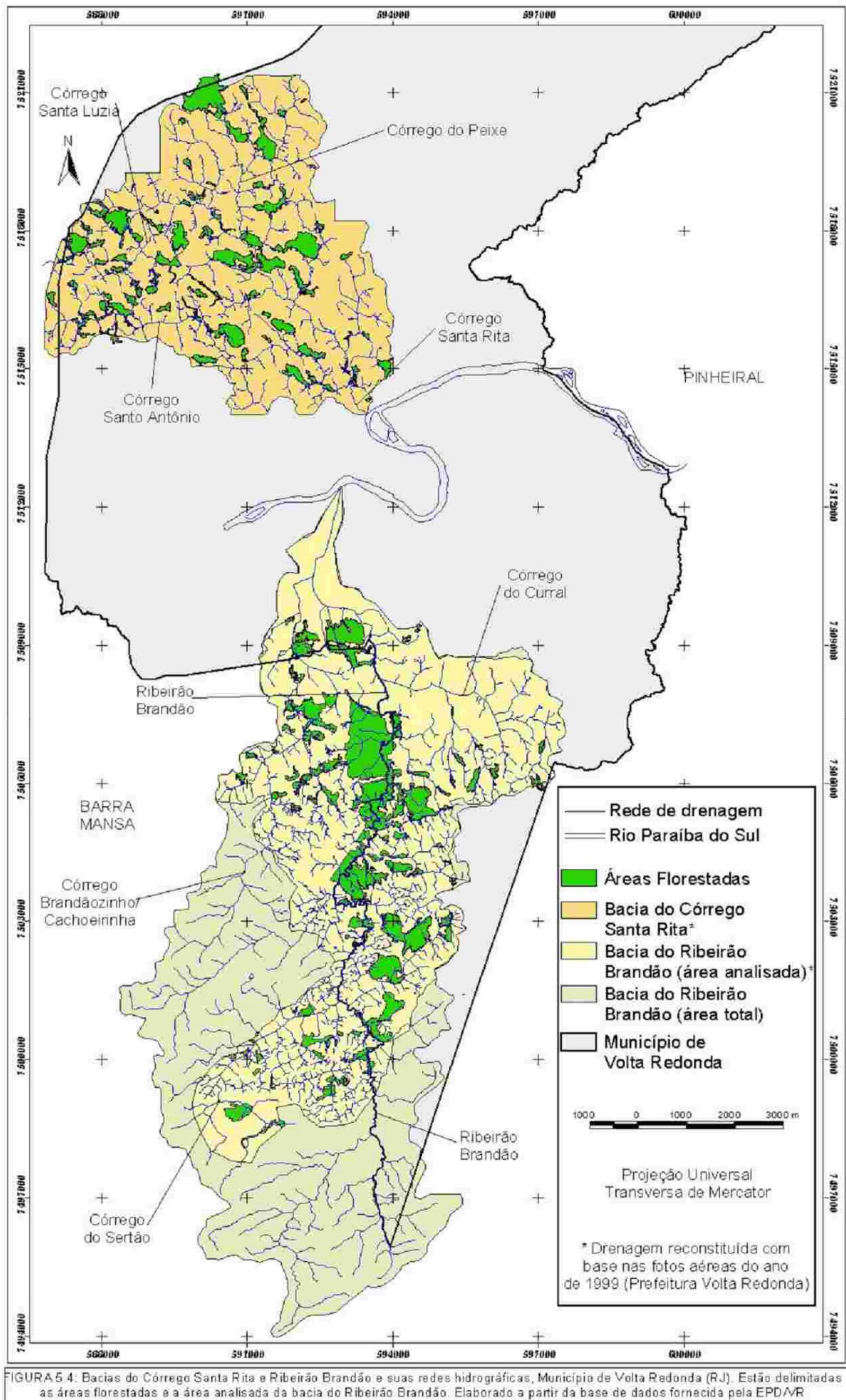


FIGURA 5.4: Bacias do Córrego Santa Rita e Ribeirão Brandão e suas redes hidrográficas, Município de Volta Redonda (RJ). Estão delimitadas as áreas florestadas e a área analisada da bacia do Ribeirão Brandão. Elaborado a partir da base de dados fornecida pela EPD/VR

5.1 ARCABOUÇO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO

A região de Volta Redonda encontra-se inserida no compartimento colinoso denominado por SILVA *et al.* (1993) de “Compartimento Bananal-Amparo” (figura 5.5). Na área ocorrem colinas suaves isoladas (do tipo “meia-laranja”) ou alongadas, e colinas e morros mais dissecados, intercalados a pequenas “serras” ou compartimentos com desnivelamento altimétrico mais proeminente.

Esta morfologia é desenvolvida predominantemente sobre rochas metamórficas pré-cambrianas, como anfibólitos, biotita-gnaisses, migmatitos bandados e rochas calciossilicáticas associadas ao domínio Paraíba do Sul e aos Granitóides Homogêneos (GONTIJO, 1999; CPRM, 2000). Na área ocorrem, também, depósitos terciários vinculados ao preenchimento da bacia sedimentar de Volta Redonda e do Gráben Casa de Pedra (GCP) – figura 5.6 – que compõem o segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989).

O forte controle tectono-estrutural regional é definido pelo sistema de falhas de orientação preferencial NE-SW e lineamentos secundários N-S e NW-SE, com reflexos na orientação da rede de drenagem coletora e tributária (SILVA, 2002).

Os depósitos terciários englobam pacotes de arenitos, conglomerados e pelitos relacionados à sedimentação em sistemas fluviais e depósitos de leques aluviais. Estudos recentes no Gráben Casa de Pedra (SANSON *et al.*, 2005), depressão alongada segundo a direção ENE-WSW, identificaram quatro associações faciológicas documentando processos deposicionais em sistemas fluviais efêmeros dominados por cascalhos (I), leques aluviais e sistema fluvial entrelaçado arenoso (II e III), e sistema fluvial entrelaçado com afogamentos episódicos (IV). Estes materiais constituem o substrato de colinas geralmente mais suaves e alongadas que as desenvolvidas sobre o embasamento cristalino.

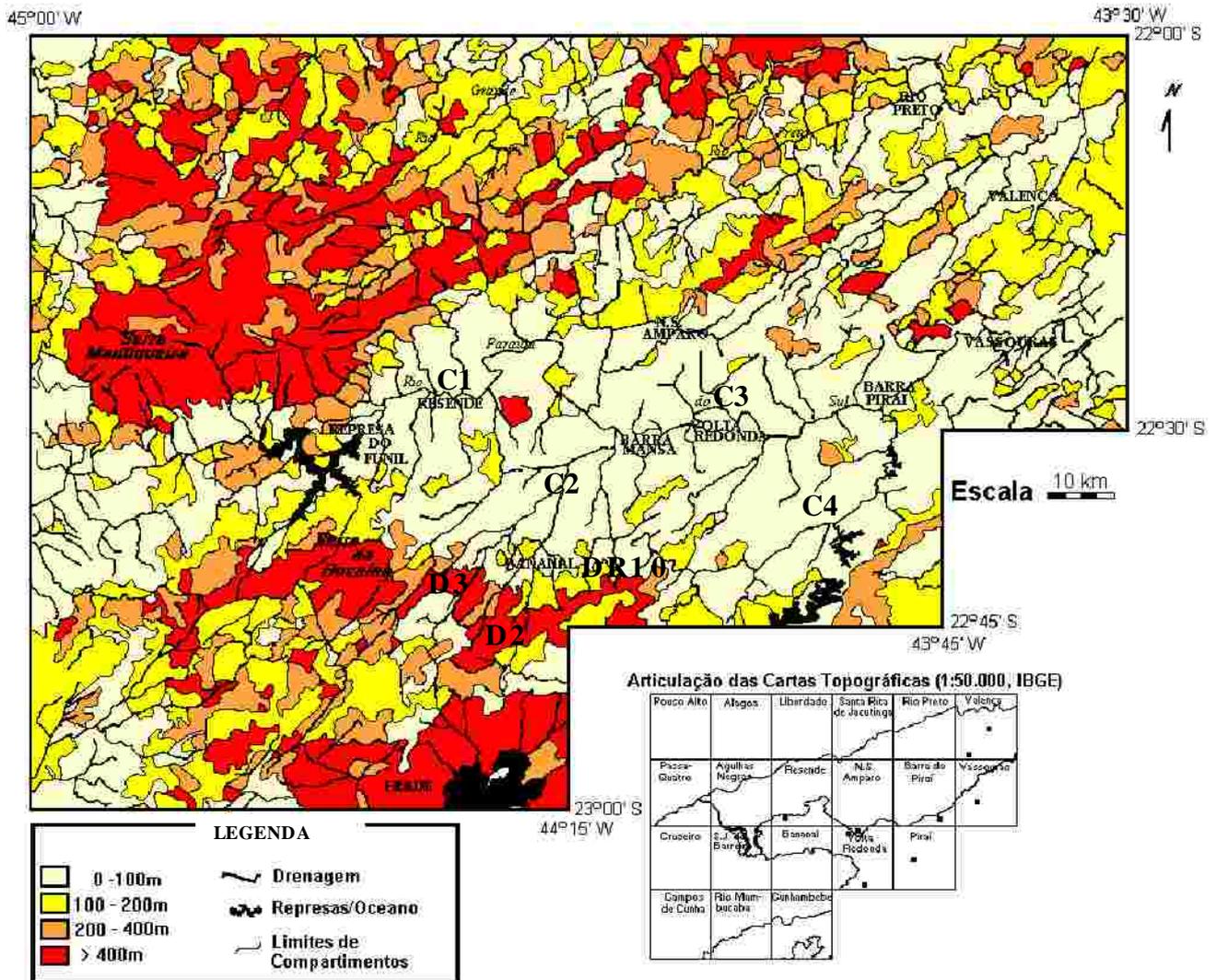


FIGURA 5.5: Compartimentação topográfica da região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul fluminense entre Rese e Volta Redonda em escala 1:50.000. As cores referem-se às classes de desnivelamento altimétrico entre topos e fundos de vale, indicando o grau de dissecação do relevo. Em destaque a área onde estão localizadas as bacias de drenagem analisadas no presente estudo. Compartimentos colinosos: C1 – Bacia de Resende; C2 – Bananal/Amparo; C3 – Bacia de Volta Redonda; C4 – Piraí, todos inseridos na depressão do Médio Vale do Rio Paraíba. Compartimentos de degraus escarpados/reafeiçoados: D2 – Serra da Carioca; D3 – Serra dos Palmares; DR10 – Degrau Reafeiçoado Rio Turvo; marcam a transição do domínio colinoso para o Planalto da Bocaina, a sul (Serra do Mar).

Fonte: SILVA *et al.* (1993), in PEIXOTO(2002).

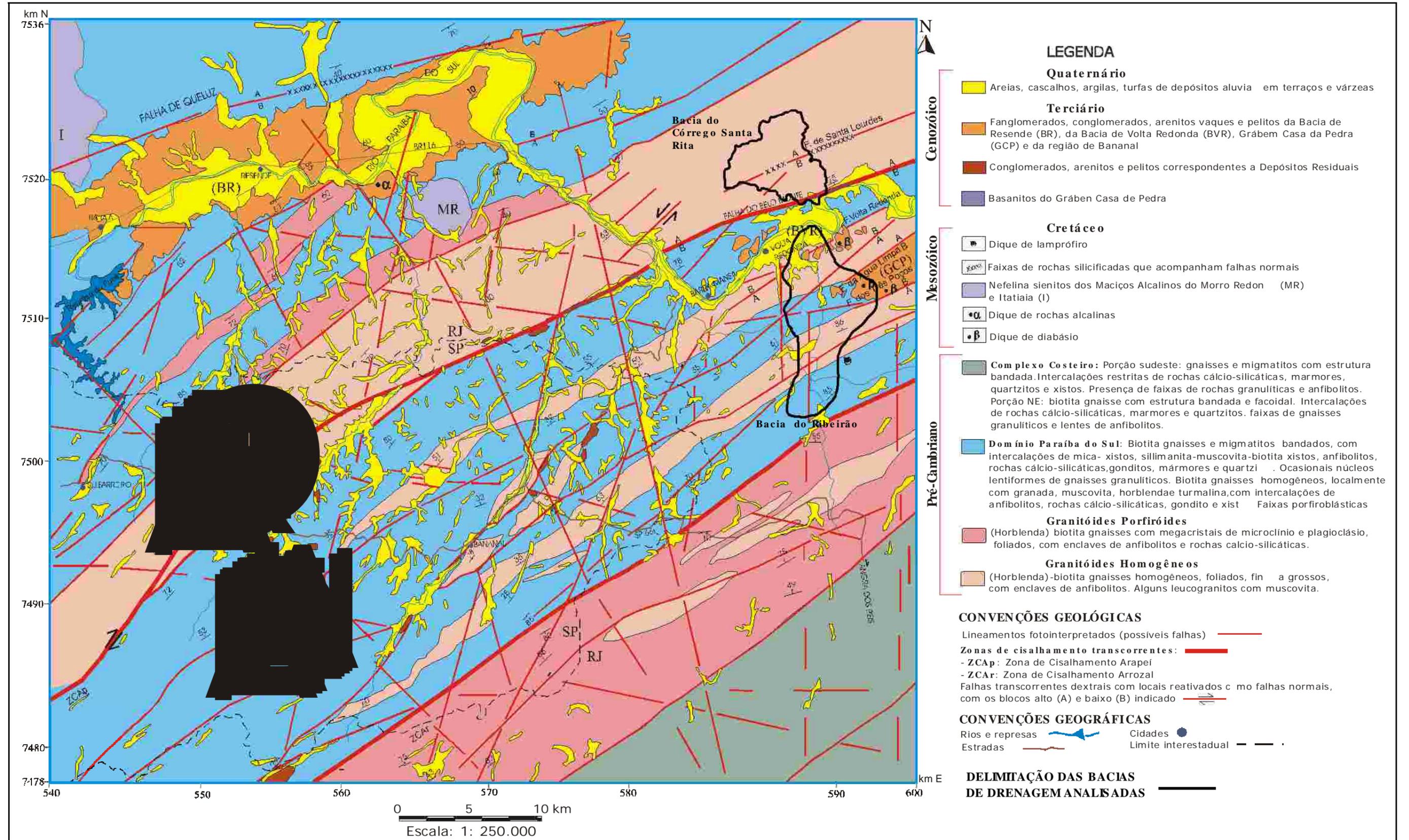


FIGURA 5.6: Mapa geológico da área compreendida entre o Planalto Bocaina e o rio Paraíba do Sul na porção limítrofe entre os estados Rio de Janeiro e São Paulo, abrangendo as bacias sedimentares terciárias de Resende e Volta Redonda (compilação elaborada por GONTIJO, 1999). Estão delimitadas as áreas das bacias hidrográficas analisadas no presente estudo.

Nos diferentes compartimentos geomorfológicos desenvolvem-se as cabeceiras de drenagem em anfiteatro e os diferentes níveis de sedimentação fluvial nos vales, coberturas de idade quaternária amplamente estudadas e mapeadas em diversos trabalhos a nível regional¹⁷ (MOURA e MEIS, 1986; MOURA, 1990; MOURA e MELLO, 1991; MOURA *et al.*, 1991a; SILVA, 2002, entre outros) e local (IERVOLINO, 1999; CASTRO, 2002).

5.2 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

Toda esta região foi marcada por atividades econômicas que geraram vasto passivo ambiental. A devastação da Mata ntica e o concomitante crescimento da fronteira agrícola do café ao longo do século XIX nas “terras limpas”, acarretaram a substituição da cobertura vegetal original em cerca de apenas 20 anos. A preparação do solo para o café com as queimadas foi descrita por DEAN (1996) como principal fator a contribuir para a rapidez do processo.

*“As características da sociedade pós-colonial monocultora – sua avidez pelo lucro imediato (...) concentração de riquezas e o empirismo extremo no cultivo do café – causaram instantaneamente a inexistência de traços da floresta (...) revelando os (...) morros secos e amarelos do vale do Paraíba.” (DEAN, *op. cit.*:205).*

Segundo PICCHIA (1927 *apud* OLIVEIRA, 1994):

“O café na sua missão de enriquecer e de civilizar, vai atravessando áreas como um divino flagelo, devastando e perseguindo a terra boa. O café é um deus dadivoso, ma implacável. Traz na sua arábica origem o despotismo dos régulos: seu trono verde do qual jorram fontes de ouro e pede holocaustos de florestas.”

¹⁷ Para detalhamento, ver capítulo 3.5.

Dentre os surtos econômicos do Sudeste brasileiro ao longo dos séculos XVII, XVIII e XIX, a passagem do café pela região foi o mais decisivo, tanto pelas drásticas alterações durante o início e o auge da atividade (responsável pelo povoamento e pela implantação/extensão da rede ferroviária), como na fase final de abandono dos cafezais. O ciclo do café no Médio Vale do rio Paraíba do Sul teve seu início em 1820 e término em 1890, sendo o ápice atingido entre 1850 e 1870, com os municípios de Vassouras, Valença e Resende como os principais expoentes fluminenses nesse período (LIMA, 2004). Todavia, o uso de técnicas inadequadas de plantio e cultivo e a abolição da escravatura praticamente liquidaram os cafezais do Médio Vale do rio Paraíba do Sul (MVPS).

“Sucumbem os barões do café e não existem condições adequadas para absorver, de imediato, o grande contingente de mão-de-obra agora livre. As propriedades, que amargaram o abandono, sofrem desvalorizações vertiginosas, mudam de dono ou são incorporadas aos patrimônios de bancos, tomadas por hipotecas não saudadas... Às margens do rio Paraíba do Sul não mais abundavam os cafezais.” (LIMA, 2004:16).

DANTAS (1995) afirma que o ciclo cafeeiro gerou um desequilíbrio na dinâmica hidrológica das encostas, acarretando na instabilidade dos sistemas fluviais devido ao aumento da produção de sedimentos, que se tornou muito superior à capacidade de transporte dos rios, resultando na agradação dos vales. MELLO *et al.* (1995) e MADEIRA *et al.* (1999) registram que a intensificação dos processos erosivos vinculados à remoção da cobertura florestal primitiva resultou no aumento do aporte sedimentar para os cursos fluviais, incrementando, porém, um processo de deposição já em andamento, como atestam as datações efetuadas nos baixos terraços fluviais¹⁸.

Deste período restaram, como marcas principais na paisagem, as sedes das antigas fazendas e o famoso “rastros da erosão”, que caracteriza

¹⁸ As idades radiocarbono e a discussão destas alterações tecnogênicas são apresentadas no capítulo 3.5.

também a atividade substitutiva predominante até hoje áreas rurais, a pecuária leiteira. Este novo surto se iniciou no período entre 1890-1900, com a compra das fazendas decadentes por baixos preços, principalmente por famílias vindas de Minas Gerais (LIMA, 2004).

Apesar de o ciclo cafeeiro e da pecuária leiteira terem papéis decisivos na degradação dos recursos solo e água, esta atinge proporções ainda muito maiores com a industrialização e a urbanização após a década de 1940. PONÇANO e PRANDINI (1987 *apud* OLIVEIRA, 1994) chegam a afirmar que a idade da maioria das voçorocas do estado de São Paulo pode ser estimada em 40 anos, fruto das alterações no "equilíbrio" morfo-pedo-hidrológico, coincidentes com o surgimento e crescimento de núcleos urbanos. Na região de Volta Redonda, análises sobre o processo evolutivo de feições erosivas e movimentos gravitacionais de massa durante as décadas de 1960, 1970 e 1990 (PINTO *et al.*, 2005) têm demonstrado uma elevada incidência de feições diretamente vinculadas às intervenções humanas nas áreas urbanas e periurbanas, havendo, porém, grande número de processos associados a controles locais – dos materiais de cobertura e do substrato, da própria morfologia e ao comportamento da drenagem (rebaixamento ou elevação do nível de base), que podem ou não estar indiretamente relacionados às modificações advindas da ocupação e uso do solo.

A construção da Companhia Siderúrgica Nacional (entre 1911 e 1946) em Volta Redonda constitui o marco inicial de uma nova e importante fase nas transformações das encostas e vales, e dos sistemas fluviais por extensão. É importante destacar, no entanto, que os fortes impactos econômicos e espaciais da construção do parque siderúrgico superpõem-se aos oriundos do cultivo do café, a primeira atividade econômica a desencadear transformações ambientais significativas na região, e também aos da pecuária leiteira instalada nas terras já desnudas da cobertura florestal. Deste modo, a maior usina siderúrgica da América Latina foi implantada em um espaço agrícola em franca decadência, onde o uso do solo durante o período cafeeiro e as pastagens não apenas fragilizaram os solos, mas contribuíram na alteração na dinâmica dos canais fluviais, já em processo de transformação em uma escala de tempo mais longa,

conforme discutido por MOURA (1990), MELLO *et al.* (1995) e MADEIRA *et al.* (1999). Estes aspectos serão aprofundados nos capítulos 6 e 8.

6. EVOLUÇÃO URBANA DE VOLTA REDONDA

Na curva que o rio faz, dobrado pelo raio,
Nas terras dos coroados¹⁹, os Ciclopes²⁰ chegaram...
Pés descalços, carcomidos, tresnoitados e abatidos,
Em busca de um Eldorado... os Ciclopes chegaram ...
Na volta de Volta Redonda.
(Prólogo)
(...) Enquanto o Eldorado não vinha,
Da usina de aço crescendo, (...)
Vivia-se aos poucos, morrendo ...
Até que o dia chegou,
Fé e fornalha aquecidas:
Correu o aço na Terra,
Do Eldorado das vidas...
(Canto III – Das Gentes)
Ninguém verá Eldorado fora do seu coração.
Ninguém viverá Eldorado sem liberdade à mão!
(Epílogo)

(Waldyr Bedê, fragmentos do poema "*Ode aos Ciclopes*" [1980]
In: BEDÊ, 2004)

Na historiografia de Volta Redonda costuma ser destacada a emblemática atividade industrial e o crescimento urbano dos últimos 60 anos, confundindo-se sua história com a da Cia. Siderúrgica Nacional (CSN), cujo início de construção data de 1941. Nem a cana incipiente do século XVIII, tampouco o café, símbolo do passado glorioso de cidades valeparaibanas, quiçá a pecuária extensiva, fizeram com que a área do redondo meandro do rio Paraíba do Sul adquirisse identidade tão expressiva como à verificada nos dias atuais. A coisificação da v redonda pela indústria, e, por conseguinte pelo município, forjada última fase de sua história mostra-se tão intensa que transformou uma forma fluvial esculpida pela constante erosão e deposição realizada em suas margens, em um meandro de aço – logotipo do município – robusto, imponente e imutável.

A construção espacial da área onde hoje se encontra de Volta Redonda pode ser bem visualizada, entretanto, na obra de LIMA

¹⁹ Refere-se aos índios Puris-Coroados, que habitavam estas terras quando da chegada dos povoadores pioneiros à procura de ouro e pedras preciosas, em meados de 1750.

²⁰ Refere-se aos trabalhadores da construção da CSN como os *ciclopes*, como figura no brasão do município, que na verdade são os operários das forjas de Vulcano na mitologia greco-romana (*nota do autor*).

(2004). A partir dos registros documentais, da genealogia das famílias proprietárias das terras e da análise das rugosidades²¹, com descrição das sedes das fazendas (casarões) e edificações/obras significativas, o autor clarifica as etapas anteriores ao processo urbano-industrial, desde o início da ocupação, inserindo-as nos surtos econômicos ocorridos (quadro 6.1).

Apesar de destacar a presença dos colonizadores já em ados do século XVIII, fundamentalmente à busca do ouro e de pedras preciosas, LIMA (2004) aponta o registro de uma agricultura de subsistência desenvolvida pelos povoadores vindos da região de "Nossa Senhora da Conceição do Campo Alegre da Paraíba Nova", atual Rese no início de 1800. Somente nas primeiras décadas do século XIX é que a região de Volta Redonda é ocupada efetivamente pelas lavouras de café, participando ativamente deste surto econômico. Assim, como consequência extraordinário crescimento das lavouras de café, é formado o primitivo núcleo urbano de Volta Redonda, em meados do século XIX.

O autor destaca a participação ativa de diversas fazendas de café da região, tais como Três Poços, Santa Cecília, São Thiago, Santa Thereza, Volta Redonda e do Retiro, entre outras, no contexto cafeeiro fluminense. Com a decadência do café, as fazendas decadentes, algumas praticamente abandonadas, foram compradas por famílias vindas de Minas Gerais, que iniciaram a pecuária em caráter extensivo²². Apesar de Barra Mansa ter conseguido desenvolver bastante esta atividade, chegando a ser a maior bacia leiteira do Brasil, este surto não teve o mesmo impacto do anterior.

²¹ Rugosidade é o espaço construído, o tempo histórico que se transformou em paisagem. As rugosidades nos oferecem, mesmo sem tradução imediata, restos de uma divisão intelectual do trabalho, manifestada localmente por combinações particulares do capital e das técnicas utilizadas. Assim, o espaço é o testemunho momentâneo de um modo de produção nestas suas manifestações concretas, o testemunho de um momento no mundo, representado por símbolos como estátuas, obeliscos, arquitetura, sinais etc, construções ou pelo próprio s da cidade (SANTOS, 2002).

²² LIMA (2004) contabilizou um total de dezenove "casas ede", sendo quatorze do período do café e cinco da pecuária extensiva leiteira Reconstitui a história das fazendas e suas características arquitetônicas principais, tanto as originais como as modificações posteriores.

QUADRO 6.1: Cronologia histórica de Volta Redonda.

1800–1820 - <i>Plantações localizadas de cana e agricultura/pecuária de subsistência.</i>	
1820–1890 - <i>Surto do café.</i>	
1860	Formação do povoado de Santo Antônio de Volta Redonda, primeira aglomeração urbana, situada na margem esquerda do rio Paraíba do Sul (atual bairro de Niterói), ancorada na atividade flúvio-portuária que escoava a produção cafeeira até Barra do Piraí (o rio era navegável entre Itatiaia e Barra do Piraí), e trazia mercadorias para as fazendas.
1864	Construção de ponte sobre o rio Paraíba do Sul, permitindo o embarque do café produzido nas fazendas da margem direita; incremento da atividade comercial e expansão do povoado, que passou a contar com agência de correios, escolas, hospedaria, taberna, armazéns, depósitos e oficinas.
1871	Inauguração da estação ferroviária com conseqüente decréscimo do transporte fluvial.
1890/ 1891	Elevação do povoado a distrito de Paz (até 1926 o distrito foi criado e extinto várias vezes por injunções políticas) e criação do distrito policial.
1900–1940* - <i>Surto da pecuária de leite.</i>	
1903	Construção do engenho de açúcar e aguardente, transformado posteriormente em laticínio.
1926	Criação em definitivo do distrito de Volta Redonda (oitavo de Barra Mansa).
*	No período foram implantados e depois aperfeiçoados serviços públicos importantes como iluminação das ruas, captação e canalização de água potável, comunicação telefônica local, entre outras.
1941–atual - <i>Surto urbano-industrial.</i>	
1941/ 1942	Fundação da Companhia Siderúrgica Nacional e início da construção da usina.
1946	Fim da construção da Usina Presidente Vargas e início das primeiras operações industriais. Criação de bairros no entorno da companhia.
1954	Criação do município de Volta Redonda, emancipado de Barra Mansa, em 17 de julho.
1993	Privatização da Companhia Siderúrgica Nacional e início do processo de redução do número de empregados da empresa (de aproximadamente 21.000 para 7.500 empregados diretos em 2002).

Fonte: Elaborada com base em LIMA (2004) e BEDÊ (2004).

Dentre os marcos representativos da evolução histórica da Volta Redonda do café e do leite dois se destacam, segundo LIMA (*op. cit.*): a fazenda Três Poços, em cujas terras atualmente compõem parte do campus do UNIFOA (Centro Universitário da Fundação Oswaldo Aranha), e a fazenda Santa Cecília (desmembrada da anterior), que foi desapropriada para a instalação da CSN e da área urbana pertencente à usina na época (Prancha 6.1). Dentre o conjunto de 16 fazendas identificadas, maior grupo reúne aquelas cujas casas sede não existem mais, restando de algumas ainda vestígios das instalações ou ruínas. Outrossim, é válido salientar que as áreas das fazendas serviram de parâmetro para o estabelecimento dos limites do município a norte e a leste.

Até o presente ponto a referida área não se diferiria das demais influenciadas pelos surtos do café e da pecuária no Médio Vale do Paraíba. A bifurcação fundamental foi elaborada nas entrelinhas do sonho acalentado no Estado Novo, sob o comando de Getúlio Vargas, de transformação do Brasil em um país progressivo, moderno e urbano, alicerçado no projeto de industrialização, “enterrando” o modelo agrícola pautado na monocultura de exportação. Esse ideal torna-se inquestionavelmente efetivado com o plano de construção da Companhia Siderúrgica Nacional e os recorrentes financiamentos governamentais para a formação de trabalhadores qualificados para atender à futura demanda de uma sociedade industrial e urbana (LOPES, 1993; BEDÊ, *op.cit.*). Para tanto, Vargas colocou-o em primeiro plano, e trabalhou diuturnamente para implementá-lo. Deste modo, durante o Estado Novo de Getúlio Vargas, a construção de um projeto de nacionalidade baseado em três metas programáticas – uma nova ordem político-administrativa, uma nova ordem produtiva e uma nova ordem territorial e urbana – fez surgir Volta Redonda como a cidade-monumento do nacionalismo populista deste período (LOPES, 1993), ao abrigar o projeto símbolo da nova ordem produtiva, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN).

Em função da CSN inúmeros equipamentos urbanos foram construídos, necessários à demanda de operários e técnicos que iriam operar a usina. O aço representou o terceiro momento mais importante

para a atual estruturação sócio-espacial de Volta Redonda e foi o divisor de águas no processo de crescimento urbano-industrial do país.

Sobre a escolha da área de Volta Redonda para erguer a maior usina de aço do hemisfério sul (conceito de seletividade espacial, segundo CORRÊA [2001]), BEDÊ (2004) advoga que se deu por razões eminentemente políticas²³, pois contrariava “consideráveis conveniências técnicas, como a desejável proximidade das fontes de matérias-primas ou de um porto fluvial ou marítimo. Mas possui eletricidade e água em abundância – vitais para a produção siderúrgica – e é servida por uma estrada de ferro, ainda que em deploráveis condições” (BEDÊ, 2004:35). Ainda em 1942, instalam-se várias empreiteiras para as obras da planta industrial e da vila operária. O terreno escolhido, com aproximadamente 11 km², foi aterrado para acolher os seis grandes setores da usina: coqueria, alto-forno, aciaria, laminação, oficinas de manutenção e pátio de minérios (ver prancha 6.1), além de uma central termoelétrica, uma grande fundição e uma estação de captação e tratamento de água (PIQUET, 1998; BEDÊ, 2004).

A atração pelas oportunidades na construção da usina provocou o quarto maior fluxo migratório registrado no Brasil, em virtude de uma atividade específica²⁴.

“Os ciclopes vêm e, sem se darem conta, passam a se movimentar como peões num tabuleiro de xadrez, ocupando as posições que o Estado Novo lhes destinou, nos termos de um projeto nacional que contemplou a construção de um novo homem brasileiro, para atuar no cenário de uma nova sociedade, moderna, industrial, urbana. (...) Nessa relação criador-criatura, que ele mantém com a Siderúrgica, seu comportamento se revela coerente com o padrão que, durante tantos anos, o Estado Novo lhe inculcou. Fazer greve

²³ BEDÊ (*op. cit.*) aponta para a poderosa influência do Interventor do Rio de Janeiro, Comandante Ernâni do Amaral Peixoto, genro de Getúlio Vargas.

²⁴ Perde apenas para a construção da “ferrovia da morte” Madeira-Mamoré (que reuniu 20.000 pessoas) em diferentes frentes de trabalho, a capital Brasília (cerca de 42.000 pessoas), e a corrida do ouro em Serra Pelada (com 39.000 indivíduos) – BEDÊ (2004).

na CSN, por exemplo, se lhe afigura uma traição ou, no mínimo, uma prevaricação contra o patrimônio nacional...” (BEDÊ, *op.cit.*:21).

Desde a instalação da Usina Presidente Vargas (1941) até a privatização, a cidade de Volta Redonda passou por diferentes episódios de expansão urbana, engendradas pela dinâmica migratória associada aos investimentos de incremento da planta industrial da CSN. Essa relação levou à construção do mito de cidade “eldorado²⁵” (LOPES, 2003). A construção da Companhia Siderúrgica Nacional e sua inauguração transformaram rapidamente o ainda distrito de Barra Mansa. A emancipação de Volta Redonda veio em julho de 1954, após plebiscito, através de movimentos pela autonomia político-administrativa da cidade. A população, em torno de 3.000 habitantes no início da década de 1950, chegou a 5.964 habitantes no ano de 1950 (PMVR, 2002) – Gráfico 6.1.

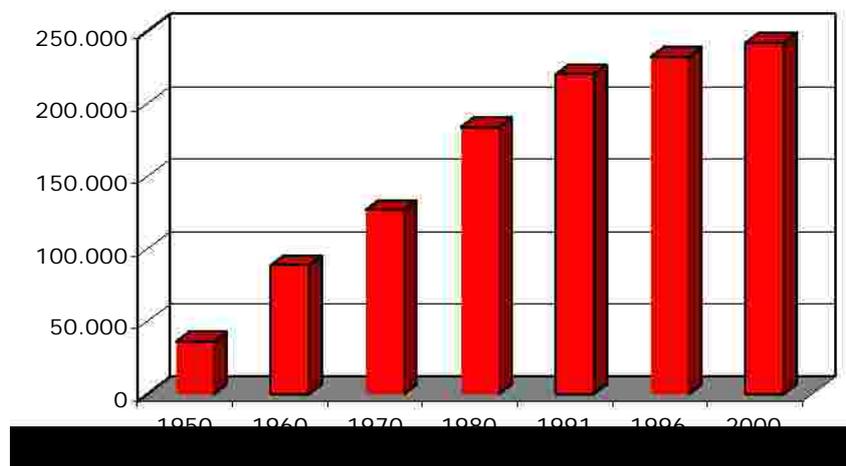


GRÁFICO 6.1: Crescimento populacional de Volta Redonda.

Fonte: PMVR (2002).

²⁵ LOPES (*op. cit.*) cita o papel fundamental da Radio Nacional como difusora deste mito, tratando Volta Redonda “*como uma promessa de progresso em que valia a pena apostar*”. Os agenciadores de emprego percorriam o interior do país recrutando novos operários para a usina. As fontes de mão-de-obra menos qualificadas foram provenientes principalmente da Zona da Mata mineira e do interior do Espírito Santo.

PIQUET (1998) afirma que após este grande crescimento populacional inicial (principalmente mão-de-obra migrante para implantação da usina da CSN) – Gráfico 6.2 – os fluxos migratórios para Volta Redonda e Barra Mansa (que por muito tempo teve um papel de cidade dormitório) mantiveram uma intensidade considerável durante décadas, explicando em parte o crescimento urbano desordenado.

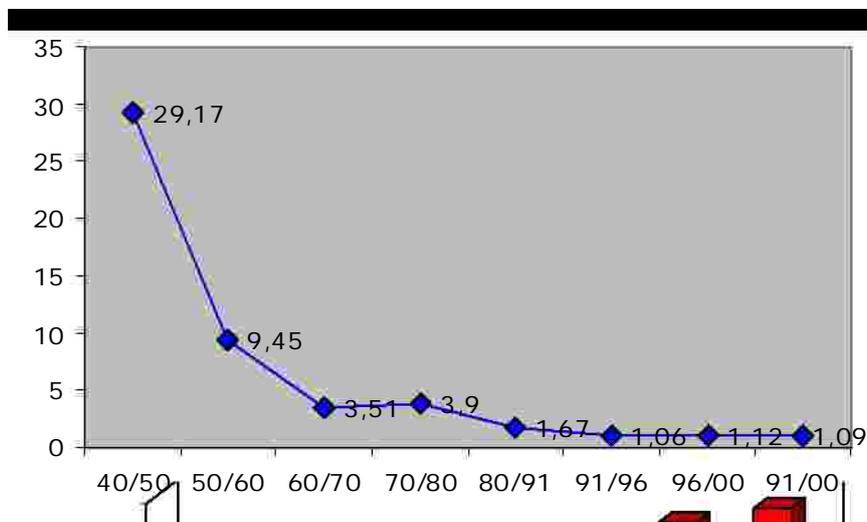


GRÁFICO 6.2: Taxa de crescimento populacional do município de Volta Redonda (RJ).

Fonte: CASTRO (2004).

A construção da Usina gerou, grosso modo, duas áreas principais de concentração da população urbana: as áreas controladas diretamente pela CSN, a cidade "oficial" da Companhia (a típica *company town*), que a mantinha protegida das mutações ocorridas na área fora do controle da empresa, apesar das relações de fluxos e trocas; e a "cidade velha" representada pelos bairros de Niterói e Vila Mury, à margem esquerda do rio Paraíba do Sul, com grande dinâmica na organização interna, em contraste com a cidade operária, rígida e estática (LOPES, 2003).

"A construção de "duas cidades", em decorrência do quadro apresentado, torna-se evidente. Em certa medida, encontram-se separadas pelo rio Paraíba do Sul: a cidade operária, herança do planejamento da cidade-empresa,

juntamente com alguns eixos de expansão planejados, situados à margem direita do rio Paraíba; e a “cidade velha”, à margem esquerda do rio, acrescida dos núcleos de posse, literalmente à margem das benfeitorias e melhoramentos urbanos realizados pela CSN na cidade operária.” (CASTRO, 2004:86).

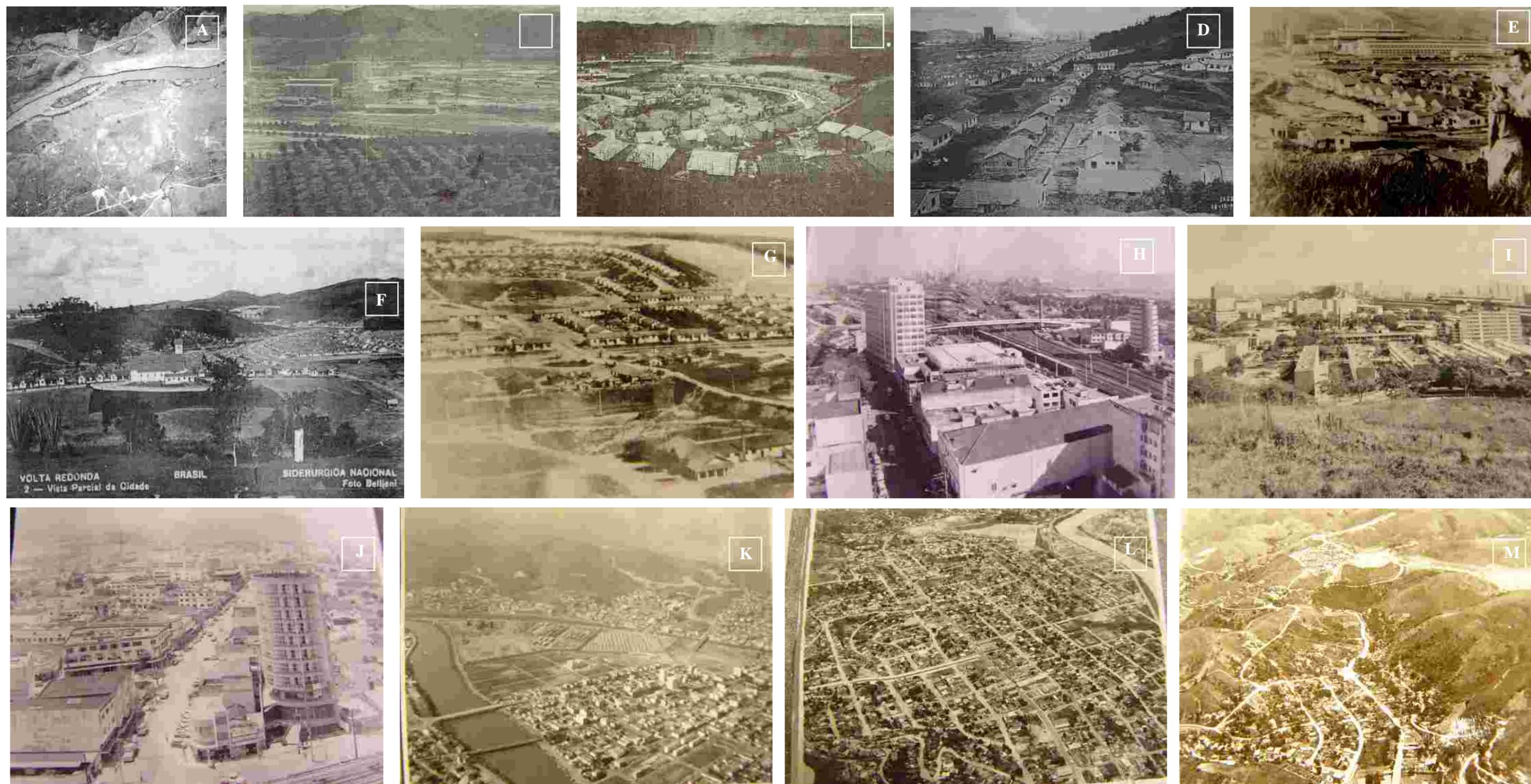
Ademais, a parte planejada da Cidade do Aço socialmente estratificada já nasce: o bairro Laranjal destina-se à elite dos funcionários (engenheiros e técnicos especializados do primeiro calão); a Vila Santa Cecília, para os chefes intermediários (chamados ironicamente de “arigós de penacho”) e os bairros Bela Vista, Conforto, Jardim Paraíba, Monte Castelo, Rústico e Sessenta, para os trabalhadores em geral sem qualificações (os “arigós da usina”) – BEDÊ (2004). A cidade operária era gerida pela Companhia Siderúrgica Nacional e apresentava um melhor padrão urbano (equipamentos urbanos, serviços, etc.) em comparação com a “outra cidade”, administrada pelo poder municipal (PMVR, 2002) – prancha 6.1.

O crescimento populacional foi acompanhado pela construção-ampliação da cidade operária, de responsabilidade da CSN, que construía e financiava unidades residenciais para os funcionários, porém o distanciamento entre a demanda existente e os empregados atendidos aumentou significativamente (Tabela 6.1). Este quadro induziu à proliferação de ocupações sem planejamento nos vários setores da cidade.

TABELA 6.1: População residente em Volta Redonda, número de empregados da CSN e de habitações construídas pela companhia.

Fonte: Escola Superior de Guerra (1971 *apud* PIQUET, 1998).

Ano	População	Número de empregados	Número de habitações	% atendido
1950	35.965	9.092	3.003	33,0
1955	56.380	11.089	3.865	34,8
1960	88.740	11.619	4.698	40,4
1965	105.420	14.375	5.866	40,8



PRANCHA 6.1: (A) Vista aérea do local de construção da usina siderúrgica da CSN, em 1941, à margem direita do rio Paraíba do Sul; observa-se o Ribeirão Brandão, a sul, e o Córrego Coqueiros, a norte, com canais meândricos. (B) Vista da usina em construção em 1943 a partir do laranjal onde se instalou o bairro homônimo. (C) Bairro operário Rústico, inaugurado em 1942, vendo-se ao fundo a CSN. (D) Bairro Conforto (1945). (E) Imagem do “eldorado”, símbolo do progresso, focando bairros operários e a usina (foto retirada de uma propaganda da época); (F) A cidade ordenada: bairros Laranjal (esquerda acima, bucólico, dos altos funcionários), Vila Santa Cecília (esquerda abaixo, para funcionários gabaritados e sede administrativa da usina), Monte Castelo (direita acima), Sessenta (direita abaixo); (G) Bairros Vila Santa Cecília e Bela Vista, em 1946; (H) Linha férrea (RFFSA) no eixo Leste-Oeste da cidade e bairros Vila Santa Cecília (à esquerda) e Nossa Senhora das Graças (direita); (I) Centro de Volta Redonda bem verticalizado no início da década de 70; (J) Bairro construído em 1972, destaque para o prédio redondo e a Av. Paulo de Frontin. (K) Bairros entre a linha férrea e o rio Paraíba do Sul, em 1975 (visada de Norte para Sul): Aterrado (no centro à direita), Nossa Senhora das Graças (direita abaixo) e acima da linha férrea, Jardim Amália (esquerda), São Geronimo (no centro) e São João (direita); (L) Malha dos bairros construídos pela companhia; (M) bairro Santa Rita do Zarur, com crescimento orgânico.

Créditos: Fotos (A), (B), (C), (D) e (F) retiradas de BEDÊ (2004); Fotos (G), (H), (I), (J), (K), (L) e (M) cedidas pelo Departamento de Fotografia da Prefeitura Municipal de Volta Redonda.

O crescimento do complexo industrial siderúrgico e metalúrgico e do setor de serviços contribuiu para o surgimento de novos bairros, tanto na área da “cidade velha” como em torno da cidade operária planejada (CASTRO, 2004). Estabeleceu-se, ao longo das décadas seguintes à implantação da usina, a consolidação do processo de conurbação com o município de Barra Mansa, seguindo o sentido da linha férrea (RFFSA) e também pela rodovia BR-393, que corta os bairros Conforto, Jardim Europa, Ponte Alta, São Lucas, São Cristóvão e Santa Inês até a divisa com Barra Mansa (Figura 6.1), estando esta faixa totalmente ocupada a partir do início da década de 1960²⁶.

A emancipação municipal não concedeu à nova prefeitura a administração da cidade em sua integralidade, pois

“... a CSN assume o papel do “Grande Irmão”, da ficção criada por George Orwell, em sua famosa obra “1984”: tanto provê, como vigia e controla a vida dos seus empregados, valendo-se do serviço social e da “Polícia Administrativa” da empresa.” (BEDÊ, 2004: 66).

O controle territorial efetivo se dava na área de atuação direta da companhia, não se estendendo aos bairros não-planejados, excetuando-se apenas quando interessava a mesma. A prática de vigilância foi bastante abrangente, atuando desde as alterações nas fachadas dos domicílios até na oferta de bens e serviços²⁷.

O bairro planejado Conforto, construído na década de 1950 nas proximidades do escritório central da CSN, ficou conhecido pelos seus oitocentos imóveis espaçosos com acesso aos equipamentos de infraestrutura sanitária e um valor bem reduzido de aluguel, destinados aos empregados de cargos intermediários. Esse bairro formou pequenos eixos viários da cidade planejada rumo às áreas “livres”, da origem aos

²⁶ Conforme mostra a evolução cronológica dos loteamentos exposta em estudo executado pela Secretaria Municipal de Planejamento de Volta Redonda (PMVR/IPPU, 1994).

²⁷ Como a proibição das feiras livres nos bairros do Conforto e Vila Santa Cecília e do funcionamento de casas de prostituição ou garotas de programa “fazendo ponto” (BEDÊ, *op.cit*).

bairros de São Lucas (pelas ruas 207 e 209), Eucaliptal (ruas 223 e 227), Minerlândia (ruas 243 e 249) e Ponte Alta (figura 6.1; quadro 6.2). Alia-se à mesma geração os bairros Monte Castelo, Rústico e Sessenta, todos eminentemente bairros operários (COSTA *et al.*, 2001; LOPES, 2003; BEDÊ, 2004).

O contraste interno na cidade empresa, apesar do explícito paternalismo estatal, foi fruto da injeção diferencial de recursos financeiros nos bairros em infra-estrutura e na planta dos domicílios. Os bairros operários permaneceram, por anos, sem pavimentação e sem opções de entretenimento, no entanto, as ruas dos elegantes bairros do Laranjal e da Vila Santa Cecília já eram calçadas com paralelepípedos e contavam com campos de futebol, praças e cinema.

Somente em 1968 a CSN passa à prefeitura o patrimônio urbano de uso coletivo – ruas, praças, serviços urbanos (PMVR, 2002). A passagem dos encargos e responsabilidades da empresa, de acordo com PIQUET (1998), ocorreu quando a relação usina-vila operária começava a se desfazer, possibilitada por novas formas de articulação entre capital empresarial, o trabalho e a cidade. O processo de urbanização que se seguiu representou um nítido reflexo espacial na cidade do deliberado encurtamento da relação companhia-cidade, um plano de ruptura do controle territorial e do financiamento paternal exercido pela CSN.

“Apesar de a cidade destacar-se no cenário regional não apenas como pólo industrial e siderúrgico, mas também pelo “planejamento urbano”, percebe-se que, em Volta Redonda, este “planejamento urbano” não propicia uma gestão democrática e popular. Ao contrário, fica evidente o caráter do “planejamento urbano” na cidade, quando, analisando-se as ações previstas pelo Plano Estrutural de Desenvolvimento Integrado (PEDI-VR), elaborado na década de 1970, vê-se que estavam voltadas exclusivamente para as necessidades da CSN, que precisaria de grandes áreas para sua expansão, sendo necessária a desapropriação de terrenos nos bairros

Aterrado, Aero Clube, Barreira Cravo, Santo Agostinho Vila Rica, em grande parte já com franca ocupação, o que exigiria uma brutal reorganização do espaço da cidade” (CASTRO, 2004:91).

A eclosão e consolidação do movimento pela ocupação efetiva de áreas públicas ou pertencentes à CSN marca a evolução espaço urbano de Volta Redonda na décadas de 1980 e 1990. Os chamados “núcleos de posse” formam-se majoritariamente na área não planejada (figura 6.2), formando uma espécie de cinturão no entorno dos bairros já consolidados. O fenômeno está associado ao baixo número de habitações disponíveis, agravado pela redução do nível de oferta de postos de trabalho sem redução do poder atrativo da cidade, principalmente no final década de 70 (PIQUET, 1998). Os 148 núcleos de posseiros computados foram estimulados pela inserção das Comissões Eclesiais da Igreja Católica nos ativismos de bairro, em meados dos anos 1980, fornecendo uma dimensão política ao movimento pela terra (PMVR/IPPU, 1994; COSTA *et al.*, 2001; CASTRO, 2004). O movimento deu origem a bairros como Belmonte, Jardim Belmonte, Padre Jósimo, Açude I, II e III, Jardim Brasília, Belo Horizonte e Santa Cruz (mapa 6.1; quadro 6.2) alicerçados por um crescimento urbano sem planejamento, no norte do município²⁸, e também a vários bairros e sub-bairros a leste da cidade, como o núcleo Caviana em Santo Agostinho, e mais recentemente Vila Rica/Três Poços²⁹. No entanto, através da participação dos posseiros organizados no Fundo Comunitário (FURBAN), órgão vinculado à Prefeitura onde têm ampla participação na definição das prioridades e tipos de melhorias urbanas, e do orçamento participativo

²⁸ Dos bairros da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, Barreira Cravo, Niterói, Voldac e Vila Mury apresentam algumas diferenciações importantes, como padrão de vida com renda eminentemente mais elevada e acesso a equipamentos urbanos (CASTRO, *op. cit.*).

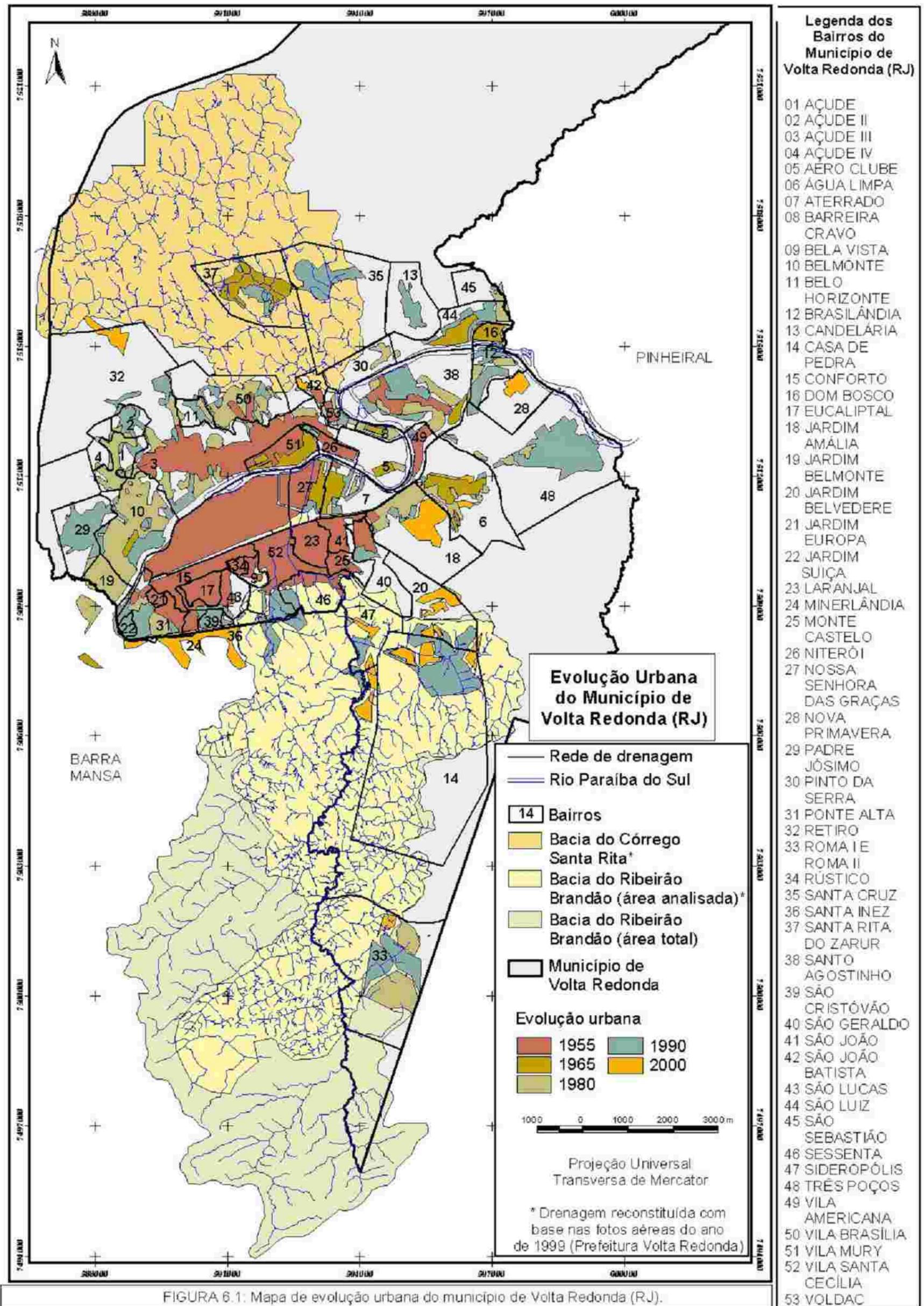
²⁹ De crescimento urbano orgânico, os bairros Água Limpa, Brasilândia, Santo Agostinho e Vila Americana são vinculados a expansão dos núcleos de posse e já possuem inúmeras conquistas de infra-estrutura urbana. Três Poços, também originado de áreas de posse, mais recentes, apresenta vários problemas sérios devido à inexistência de equipamentos urbanos básicos. O contraponto nesta área da cidade é o bairro Jardim Amália, que dispõe de vários serviços e de boa infra-estrutura urbana, possuindo ainda uma peculiaridade: é o bairro mais verticalizado da cidade, com edifícios residenciais de alto padrão (CASTRO, 2002).

municipal, implementado em 1994, as exigências de serviços e equipamentos urbanos vêm sendo atendidas.

Como panorama-síntese, o padrão de expansão da ocupação se deu inicialmente ao longo da faixa marginal ao rio Paraíba do Sul, com poucas incursões para a porção norte do município, as quais deram origem aos bairros de Santa Rita do Zarur e Santa Cruz, este último pela aglomeração dos núcleos de posse nos anos 80. A parte Leste da cidade, somada ao eixo Sul, constituem os focos de expansão mais recentes surgidos no final da década de 1970 mas que ainda permanecem como as principais frentes de crescimento urbano, previstas inclusive no plano diretor municipal, elaborado nos anos 1990. Ao sul da cidade, apesar de alguns loteamentos terem iniciados na década de 1940 (como Siderópolis), implantação de novos bairros, como Casa de Pedra e Jardim Belvedere, no final dos anos de 1980, baseou-se nos estudos de criação de bairros-satélites intitulados "cidade satélite da Cicuta³⁰", de iniciativa da Companhia Siderúrgica Nacional, seguindo a rodovia dos Metalúrgicos (antiga rodovia Tancredo Neves) – LOPES (2003).

Datados das décadas de 70 e 80, os bairros Roma I e II, localizados na porção sul do município mais distal, constituem ocupações recentes bem afastadas do plano urbano central. Essas aglomerações possuem infraestrutura precária e estão associadas à ligação da rodovia Presidente Dutra (BR-116) com a rodovia dos Metalúrgicos (vide figura 6.1).

³⁰ Na Floresta da Cicuta situa-se a sede da antiga Fazenda Santa Cecília, doada à Companhia Siderúrgica Nacional pelo Governo do Estado Rio de Janeiro em 1941. Serviu de residência oficial do presidente da Companhia. A floresta é apontada como a última área remanescente de Mata Atlântica original no médio vale do Paraíba do Sul. É considerada área de interesse ecológico pelo Decreto Federal 90.792 de 1985.



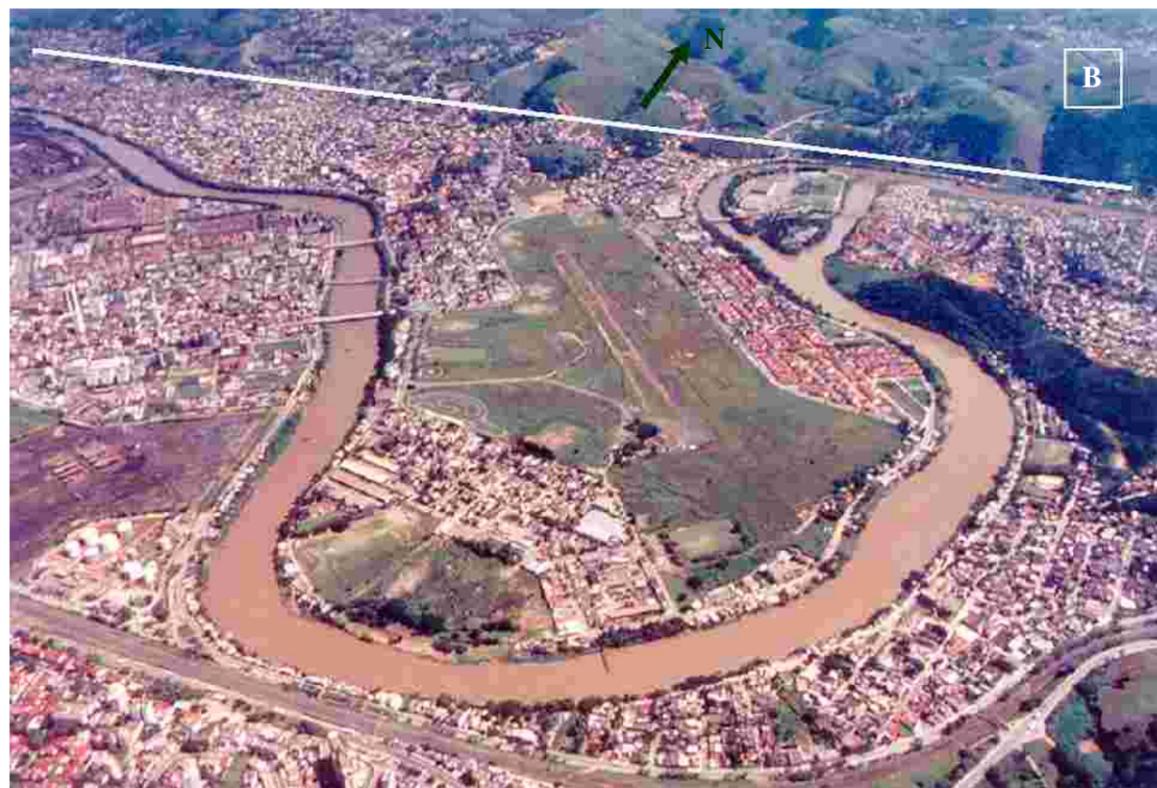
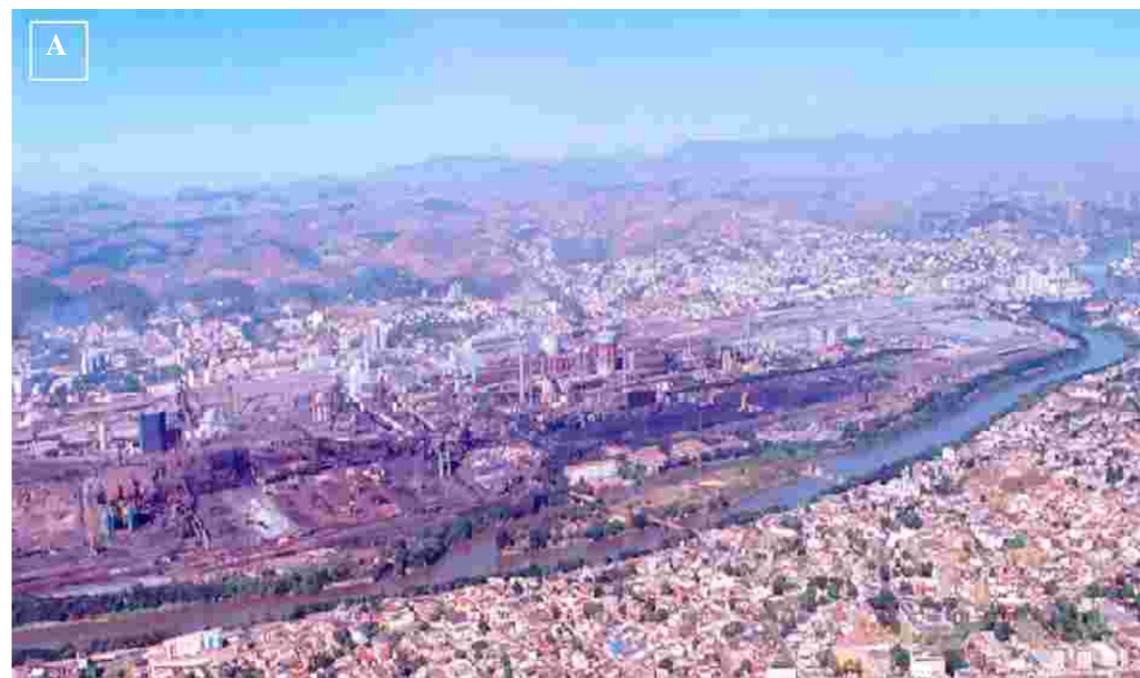
QUADRO 6.2: Evolução dos bairros do município de Volta Redonda (RJ).

Período	Surgimento de bairros	Bairros em crescimento
Até 1946	Bela Vista; Laranjal; Niterói; Nossa Senhora das Graças; Parque Industrial da CSN; Retiro; Rústico; São João; Vila Mury; Vila Santa Cecília	
1946-1955	Conforto; Eucaliptal; Jardim Europa; Minerlândia; Monte Castelo; Ponte Alta; Santo Agostinho; São Geraldo; São João Batista; São Lucas; Sessenta; Vila Brasília; Voldac	Bela Vista; Laranjal; Nossa Senhora das Graças; Rústico; São João; Vila Mury; Vila Santa Cecília
1956-1965	Aero Clube; Água Limpa; Aterrado; Barreira Cravo; Belmonte; Dom Bosco; Santa Rita do Zarur; São Luiz	Nossa Senhora das Graças; Santo Agostinho; São Luiz; Sessenta; Vila Mury
1966-1980	Açude; Belo Horizonte; Brasilândia; Jardim Amália; Jardim Belmonte; Mariana Torres; Pinto da Serra; Roma I; Roma II; São Sebastião; Siderópolis; Três Poços	Aero Clube; Água Limpa; Aterrado; Barreira Cravo; Belmonte; Dom Bosco; Niterói; Nossa Senhora das Graças; Ponte Alta; Retiro; Santa Rita do Zarur; Santo Agostinho; São Luiz; Vila Brasília; Voldac
1981-1990	Açude II; Açude III; Açude IV; Candelária; Casa de Pedra; Jardim Belvedere; Jardim Suíça; Padre Josimo; Santa Inez; Santa Cruz; São Cristóvão;	Açude; Água Limpa; Aterrado; Belmonte; Belo Horizonte; Brasilândia; Dom Bosco; Jardim Amália; Minerlândia; Monte Castelo; Niterói; Nossa Senhora das Graças; Ponte Alta; Retiro; Roma I; Roma II; Santa Rita do Zarur; Santo Agostinho; São Geraldo; São Lucas; São Luiz; São Sebastião; Sessenta; Vila Brasília; Vila Santa Cecília; Voldac; Siderópolis; Três Poços
1991-2000	Nova Primavera	Água Limpa; Aterrado; Casa de Pedra; Jardim Amália; Jardim Belvedere; Minerlândia; Ponte Alta; Retiro; Roma I; Roma II; Santa Inez; São João Batista; Siderópolis

Pode-se observar, através da figura 6.1, da figura 5.5 e da prancha 6.2, algumas relações entre as características geomorfológicas e a configuração do sítio urbano nas áreas consolidadas e expansão da cidade. Bairros do centro surgidos até 1965 (quadro 6.2) ocuparam predominantemente os terrenos de planícies e terraços do rio Paraíba do Sul e seus tributários, onde se situa a planta industrial da CSN e a cidade operária, e as pequenas colinas desenvolvidas sobre os depósitos terciários da bacia sedimentar de Volta Redonda (ver pranchas 6.1 e 6.2). Com o crescimento para Sul e Leste, alcança-se rapidamente morros mais dissecados desenvolvidos sobre substrato cristalino, com grande incidência de processos erosivos canalizados (CASTRO, 2004).

A Norte do rio Paraíba, observa-se um contato abrupto entre a morfologia de mar de morros com vales estreitos e encaixados e a calha do rio Paraíba do Sul, que é dado pelo falhamento que limita a bacia sedimentar de Volta Redonda (prancha 6.2). Os bairros Santa Rita do Zarur e Santa Cruz surgiram nas áreas de terraços fluviais da bacia do rio Santa Rita, tributário do Paraíba do Sul, inseridos nesta morfologia, definindo um padrão de núcleos de ocupação mais ou menos isolados. Outros bairros, como Vila Brasília, ocupam predominantemente as encostas destes morros dissecados.

Ao Sul, observa-se que os loteamentos com intenso crescimento a partir de 1990, que compõem os bairros Casa de Pedra e Jardim Belvedere, desenvolvem-se também sobre fundos de vale e colinas largos e amplos, abrigando planícies e terraços aluviais quaternários com pequeno encaixamento da drenagem, inseridos no Gráben de Casa de Pedra. A proximidade dos novos eixos viários e a demanda cresce por unidades habitacionais parecem estar definindo novas frentes de ocupação nas porções sul e leste da cidade, como pode ser verificado pelo quadro 6.2 e pela figura 6.1.



PRANCHA 6.2: (A) Visão da CSN e área bairros planejados da central, instalados na planície do rio Paraíba do Sul. (B) Detalhe da visão da volta redonda do rio, e da planície ocupada (bairros Aterrado, Vila Mury, Niterói, Aero Clube e Barreira Cravo), com limite abrupto para o compartimento de morros do cristalino, a Norte, separado da bacia de Volta Redonda por falhamento (linha branca); (C) Visão da cidade a partir do bairro Santo Agostinho, localizado no setor Leste, vendo-se a linha férrea e eixo rodoviário para Pinheiral (BR-393). (D) Colinas suaves na área do Gráben Casa de Pedra, vendo-se ao fundo o compartimento de morros cristalinos mais elevado e o bairro Casa de Pedra, construído na década de 1980.

Créditos: Fotos (A), (B) e (C) cedidas pelo Departamento de Fotografia da Prefeitura Municipal de Volta Redonda; Foto (D) pertence ao acervo NEQUAT (2003).

É importante frisar, conforme destaca CASTRO (2004), que o processo de expansão urbana foi caracterizado em duas vertentes: uma onde existe um “planejamento urbano”, que consiste em planejamento urbanístico, uma vez que se resume a obras de arruamento/calçamento e na oferta de serviços básicos de energia e abastecimento d’água; e outra vertente que corresponde à chamada ocupação desordenada, na qual as normas técnicas e urbanísticas não estão presentes.

“As áreas planejadas de Volta Redonda não se mostram mais livres de problemas associados às enchentes, desmoronamentos e seus efeitos. Ao contrário, os impactos do crescimento urbano tanto nas áreas “planejadas” como nas “desordenadas” passam a exibir uma conexão e proporções anteriormente não dimensionadas. A expansão da especulação imobiliária implicou na exacerbação dos problemas ambientais da cidade.” CASTRO (op. cit.:94).

O breve panorama histórico traçado, e as relações mais gerais do sítio urbano com as principais unidades geomorfológicas da paisagem, tiveram como propósito fundamentar a interpretação das transformações operadas nos sistemas fluviais, através dos mapeamentos feitos em fotos aéreas abrangendo o último quinquênio. As transformações no uso e na cobertura do solo, especialmente marcantes com o surto industrial, criando bairros planejados e orgânicos com suas especificidades, configuram base indispensável à apreensão de alterações na morfologia e no comportamento fluvial, que não se restringiram à retificação, dragagem e concretagem dos canais.

Acerca dessas modificações, poder-se-ia considerar que nos bairros planejados a possibilidade de ordenar o espaço deveria se traduzir em menores impactos negativos para os canais e os recursos hídricos. Entretanto, a própria densificação técnica com a realização de obras, justificada pela resolução imediata de problemas recorrentes, como as enchentes ou o assoreamento dos canais, gera impactos diretos e indiretos significativos nestes espaços, constituindo um desafio para o entendimento

de seus reflexos ao longo da rede de drenagem, alvo dos próximos capítulos.

7. ESTRUTURAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DAS BACIAS DO RIBEIRÃO BRANDÃO E DO CÓRREGO SANTA RITA

7.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

O papel do controle estrutural na compartimentação geomorfológica e nos arranjos espaciais das redes de drenagem da região enfocada já vem sendo reconhecido e documentado em diversos estudos, como os realizados por SILVA *et al.* (1993), MELLO *et al.* (1999), GONTIJO (1999), entre outros. GONTIJO (1999), por exemplo, a partir de mapas de lineamentos executados para a área que se estende da Serra da Bocaina ao rio Paraíba do Sul (vide figura 5.5, p.59), indica existência de feições estruturais associadas às falhas e zonas de cisalhamento mapeadas regionalmente, que condicionam as formas de relevo e a rede de drenagem, principalmente lineamentos de direção NE e NW, respectivamente concordantes e perpendiculares com as direções do falhamento e do mergulho regional do embasamento cristalino. SANSON *et al.* (2005), trabalhando especificamente na área que abrange a Bacia de Volta Redonda, identificam três classes de lineamentos principais: (a) de direção NE-SW, como traços expressivos, limitando as bacias de Resende e Volta Redonda; (b) de direção NW-SE, segmentando as estruturas NE-SW e ocorrendo de maneira expressiva na região do embasamento entre as bacias de Resende e Volta Redonda; (c) de direção NNW-SSE, em feixes localizados, cortando a estruturação regional. Nesta área, os autores associam as feições mapeadas a dados tectônicos de campo, que permitiram identificar falhas normais afetando os depósitos paleogênicos e neogênicos (terciários e quaternários), relacionadas a diferentes campos de tensões no Cenozóico.

Na análise das bacias em estudo, diferentes aspectos da drenagem e da morfologia atestam a influência dos controles lito-estruturais mais antigos e cenozóicos. Para caracterizá-los é necessário inseri-las, primeiramente, no contexto dos compartimentos geomorfológicos reconhecidos na área em estudo através da análise do mapa de

compartimentos topográficos elaborado por SILVA e colaboradores (inédito). Destaca-se que os compartimentos reconhecidos e apresentados na figuras 7.1 e 7.2 inserem-se na compartimentação geomorfológica elaborada por SILVA *et. al.* (1993) para a região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, que definiu os seguintes compartimentos morfoestruturais regionais: Bacia de Resende (C1), Bananal/Amparo (C2), Bacia de Volta Redonda (C3) e Piraí (C4). Majoritariamente, as bacias estudadas estão localizadas no compartimento Bananal/Amparo (C2), tendo somente seus baixos cursos inseridos no Compartimento Bacia de Volta Redonda, já próximo ao rio Paraíba do Sul (vide figura 5.5, p.59).

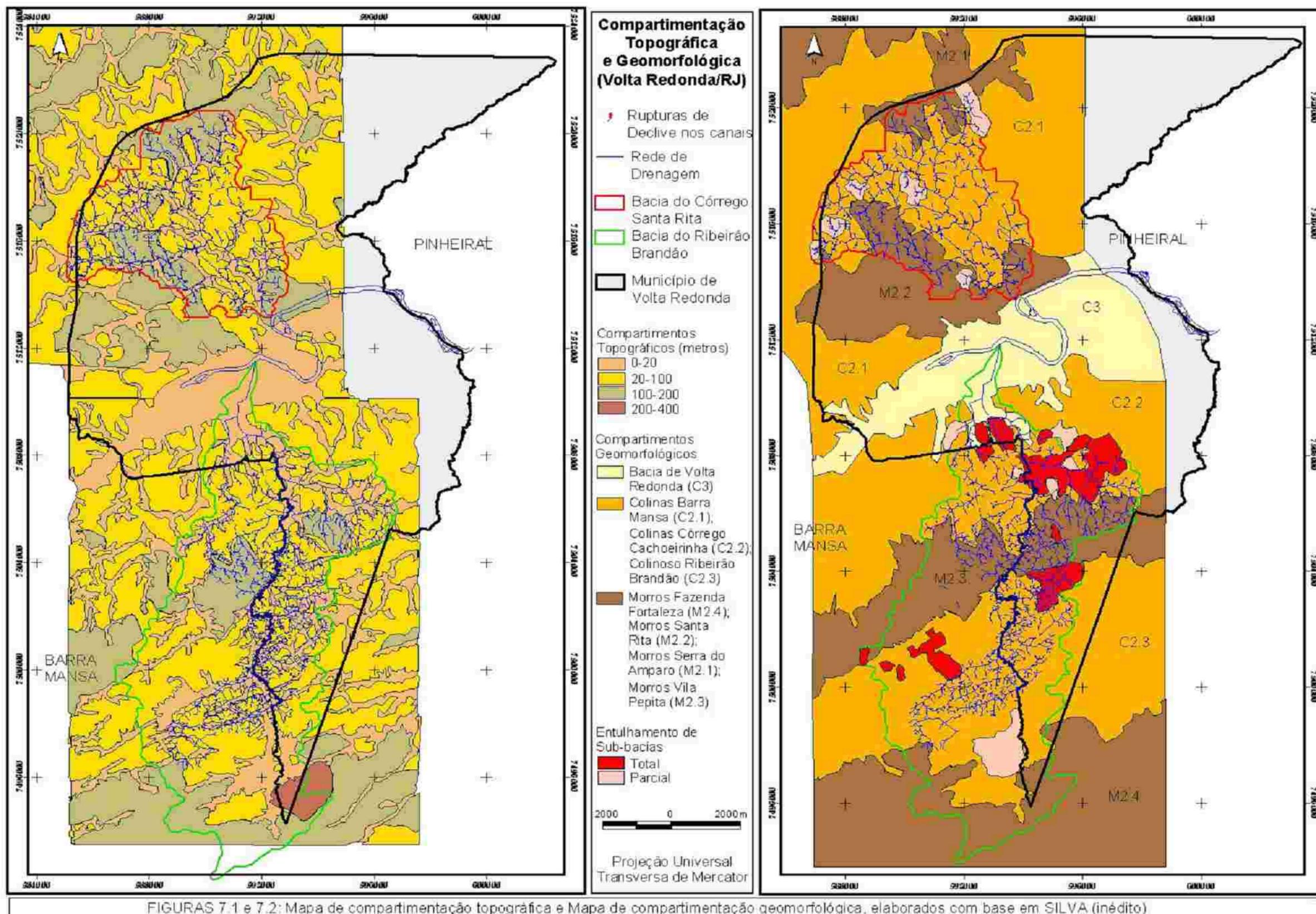
O Compartimento Bananal/Amparo (C2) abarca a porção ocidental da Depressão do Médio Vale do rio Paraíba do Sul (MVPS), e se caracteriza por colinas e morros dissecados limitados pelos degraus escarpados e reafeiçoados da Serra da Mantiqueira, ao Norte, e da Serra da Bocaina ao Sul, onde estão embutidos os compartimentos das bacias de Resende e Volta Redonda. Este extenso compartimento, numa análise mais pormenorizada, apresenta diferenciações internas significativas, passíveis de serem reconhecidas pela compartimentação topográfica, configurando sub-compartimentos de colinas e morros descritos a seguir (figuras 7.1 e 7.2).

Sub-compartimentos de Colinas do Compartimento Bananal/ Amparo (C2)

- Compartimento de Colinas Barra Mansa (C2.1) – caracterizado por colinas alongadas orientadas na direção preferencial NE-SW e com orientação secundária NW-SE, com altitudes de topos entre 430 e 540 metros, todas desenvolvidas sobre embasamento cristalino constituído por Granitóides Homogêneos (figura 7.3). As classes de desnivelamento altimétrico variam de 0-20, 20-100 e 100-200, sendo esta última com expressão espacial restrita e dispersa. A estocagem de materiais encontra-se preferencialmente nos vales dos afluentes de direção secundária (NW-SE) associada aos canais

tributários e aos canais coletores com evidente controle dos lineamentos regionais, como a falha de Santa Lourdes.

- Compartimento de Colinas Córrego Cachoeirinha (C2.2) – com altitudes variando entre 410 e 520 metros, apresenta colinas alongadas orientadas N-S com vales amplos e paralelos, e colinas suaves, pouco dissecadas e aplainadas elaboradas, respectivamente, sobre Granitóides Homogêneos e depósitos do Gráben Casa de Pedra (GCP), com classes de desnivelamento de 0-20 e 20-100m. Este sub-compartimento limita-se ao norte com a Bacia de Volta Redonda (BVR) e ao sul com o Compartimento de Morros Vila Pepita (M2.3) por falhas nitidamente definidas na paisagem (ver figura 7.4). Na área do GCP destaca-se a extensa largura dos vales, marcando trechos caracterizados por amplo entulhamento dos fundos de vale.
- Compartimento de Colinas Ribeirão Brandão (C2.3) – identificado pelo pronunciado conjunto de colinas alongadas orientadas com direção NE-SW. A variação altimétrica dos topos é pequena (entre 470 e 530m), e o alinhamento dos vales indica o forte controle estrutural de falhas. Figuram algumas áreas de entulhamento total ou parcial dos vales, associadas a segmentos de colinas pouco dissecadas do embasamento cristalino (biotita gnaisses do Domínio Paraíba do Sul e Granitóides Homogêneos – vide figura 7.3).



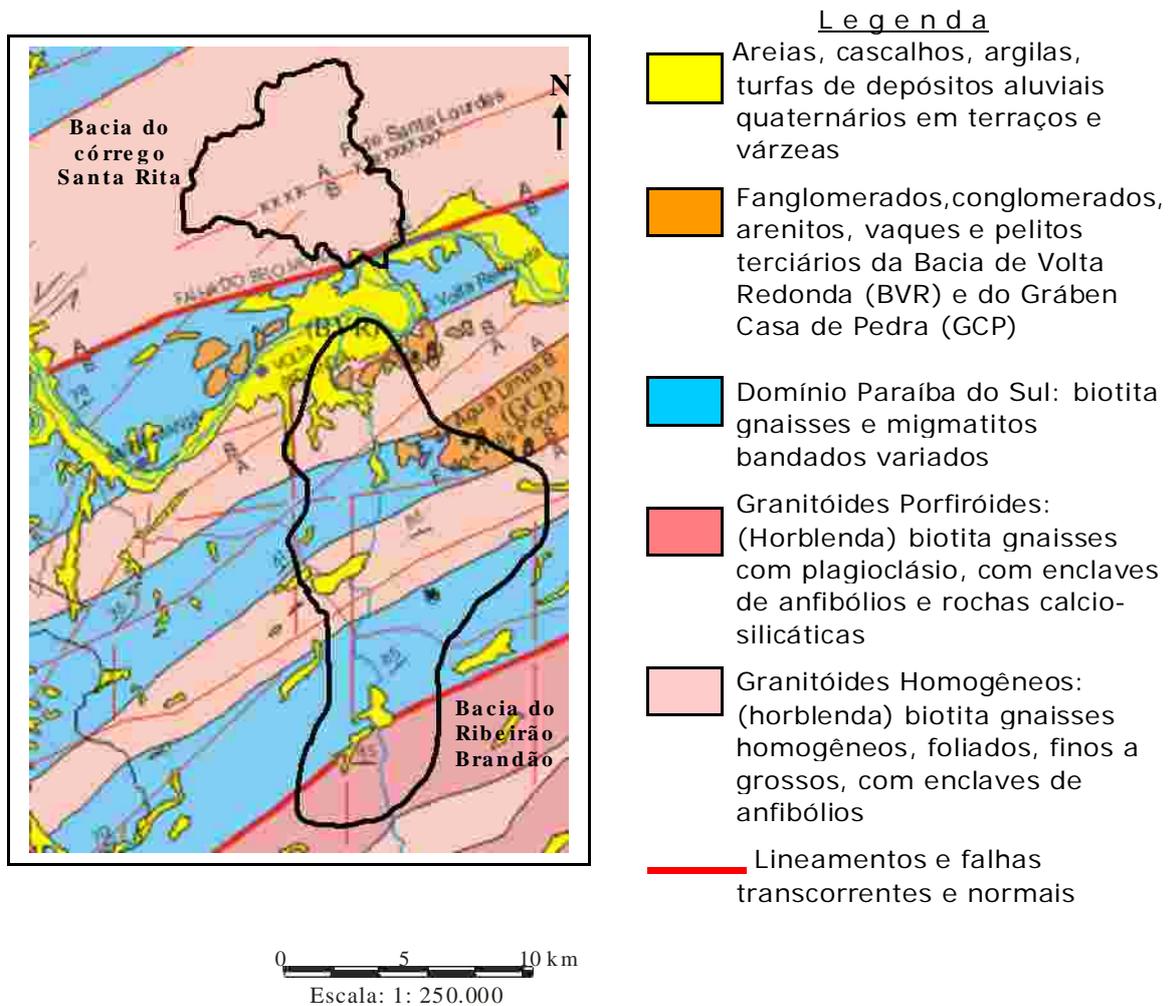


FIGURA 7.3: Fragmento do mapa geológico exposto na figura 5.5, compilado por GONTIJO (1999), com destaque para as áreas das bacias do córrego Santa Rita e Ribeirão Brandão (ver detalhamento da legenda das estruturas geológicas na figura 5.5, p.59).

Sub-compartimentos de Morros do Compartimento Bananal/ Amparo (C2)

- Sub-compartimento de Morros Serra do Amparo (M2.1) – caracteriza-se por morros com orientação preferencial NW-SE e, localmente, N-S desenvolvidos sobre litologia de granitóides homogêneos, com topos a altitudes entre 500 e 680 metros e desnivelamento altimétrico de 100-

200m. Abriga parte das cabeceiras de drenagem da bacia do córrego Santa Rita, com vales predominantemente estreitos.

- Sub-compartimento de Morros Santa Rita (M2.2) – diferencia-se dos demais por apresentar morros dissecados com discreta orientação variando de NW-SE a E-W, desenvolvidos sobre granitóides homogêneos. Os topos apresentam-se nivelados a altitudes entre 510 e 590 metros, abrigando segmentos com vales amplos e largos e sub-bacias parcialmente esvaziadas.
- Sub-compartimento de Morros Vila Pepita (M2.3) – é dotado de um conjunto de morros alinhados dissecados sobre substrato de biotita gnaisses e migmatitos bandados do Domínio Paraíba do Sul, com orientação bem definida na direção NE-SW. Os topos encontram-se a 600-740 metros de altitude. Este sub-compartimento atravessa o médio curso do Ribeirão Brandão, individualizando os sub-compartimentos de Colinas Córrego Cachoeirinha (C2.2) e Ribeirão Brandão (C2.3). Há a formação de gargantas na drenagem e vales muito estreitos.
- Sub-compartimento de Morros Fazenda Fortaleza (M2.4) – compartimento de morros mais dissecados abrangendo as cabeceiras da bacia do Ribeirão Brandão. Configura um degrau reafeiçoado de transição para os degraus escarpados da Serra da Bocaina, com orientação NE-SW, altitude de topos entre 600 e 740 metros e classes de desnivelamento altimétrico de 100-200 e 200-400m. Desenvolvido sobre substrato de biotita gnaisses do Domínio Paraíba do Sul e de Granitóides Porfiróides.

Compartimento Bacia de Volta Redonda (C3)

Abarca a planície de inundação, os terraços fluviais e as colinas suaves próximas ao rio Paraíba do Sul, com sedimentos de idade quaternária dispostos sobre o registro sedimentar paleogênico (arenitos, pelitos, fanglomerados e conglomerados) que compõem a Bacia sedimentar de Volta Redonda. Este compartimento é limitado a Norte pela falha do Belo Monte e a

Sul por falhas normais, que se prolongam pelo substrato cristalino. É definido aqui fundamentalmente pela classe de desnivelamento altimétrico 0-20m.

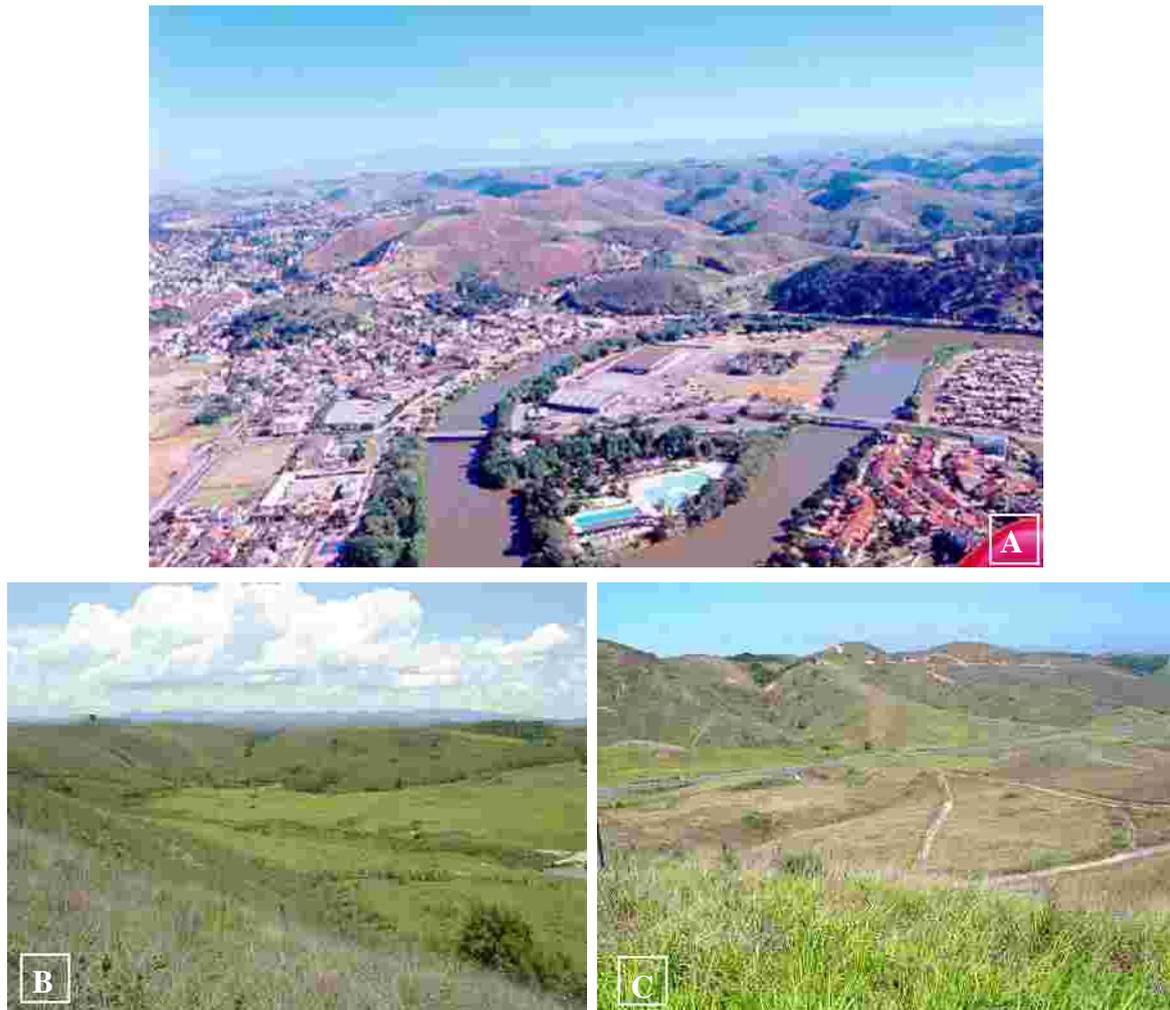


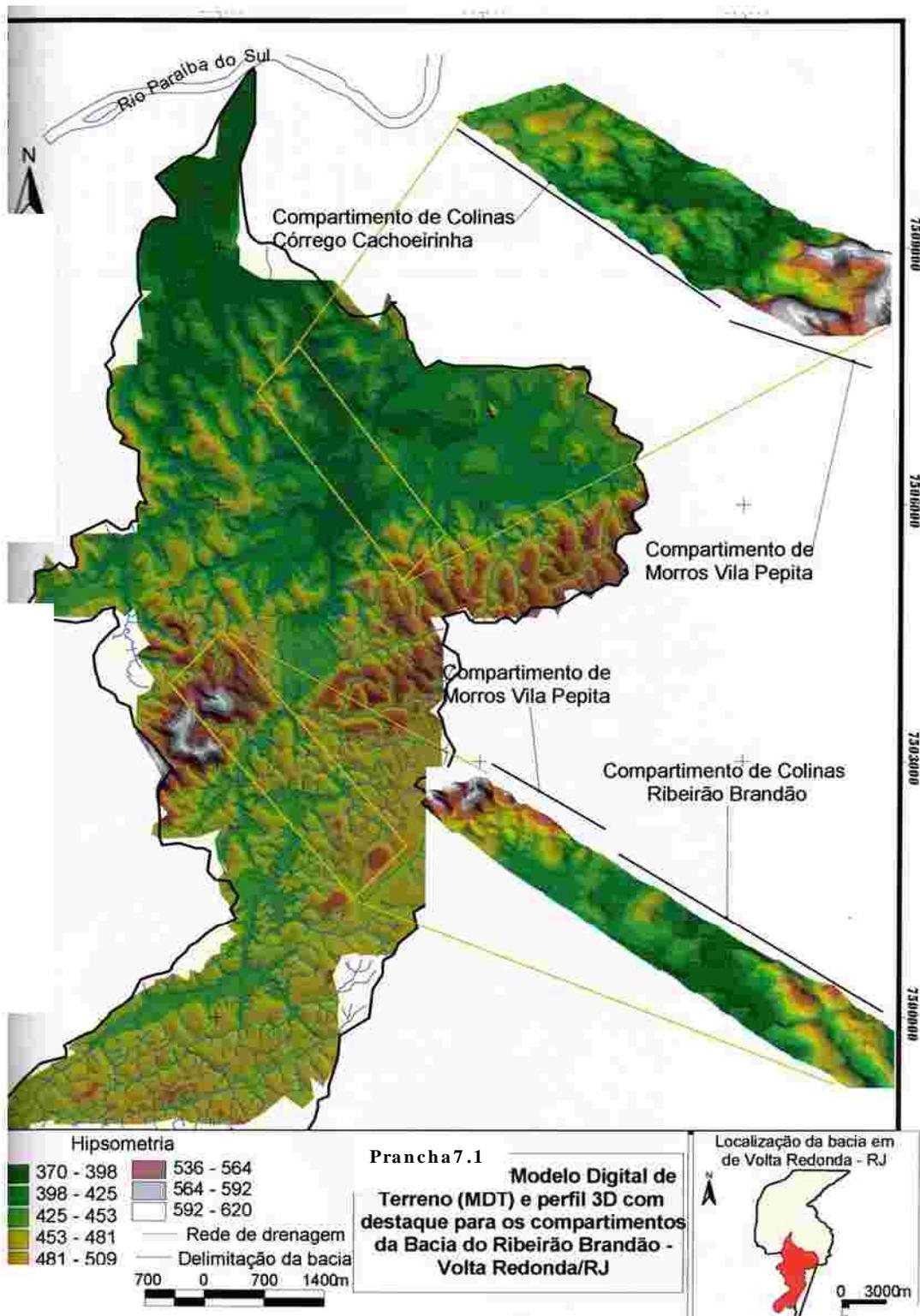
FIGURA 7.4: Morfologia característica de alguns sub-compartimentos geomorfológicos reconhecidos na área de estudo. (A) Compartimento Bacia de Volta Redonda (C3), em primeiro plano, e sub-compartimento de morros Santa Rita (M2.2), em segundo plano, limitados pela falha do Belo Monte (linha branca); ao fundo, a Serra da Mantiqueira. (B) ale entulhado no compartimento de colinas Córrego Cachoeirinha (C2.2); (D) compartimento de colinas Ribeirão Brandão (C2.3), em primeiro plano, e de morros Vila Pepita (M2.3).

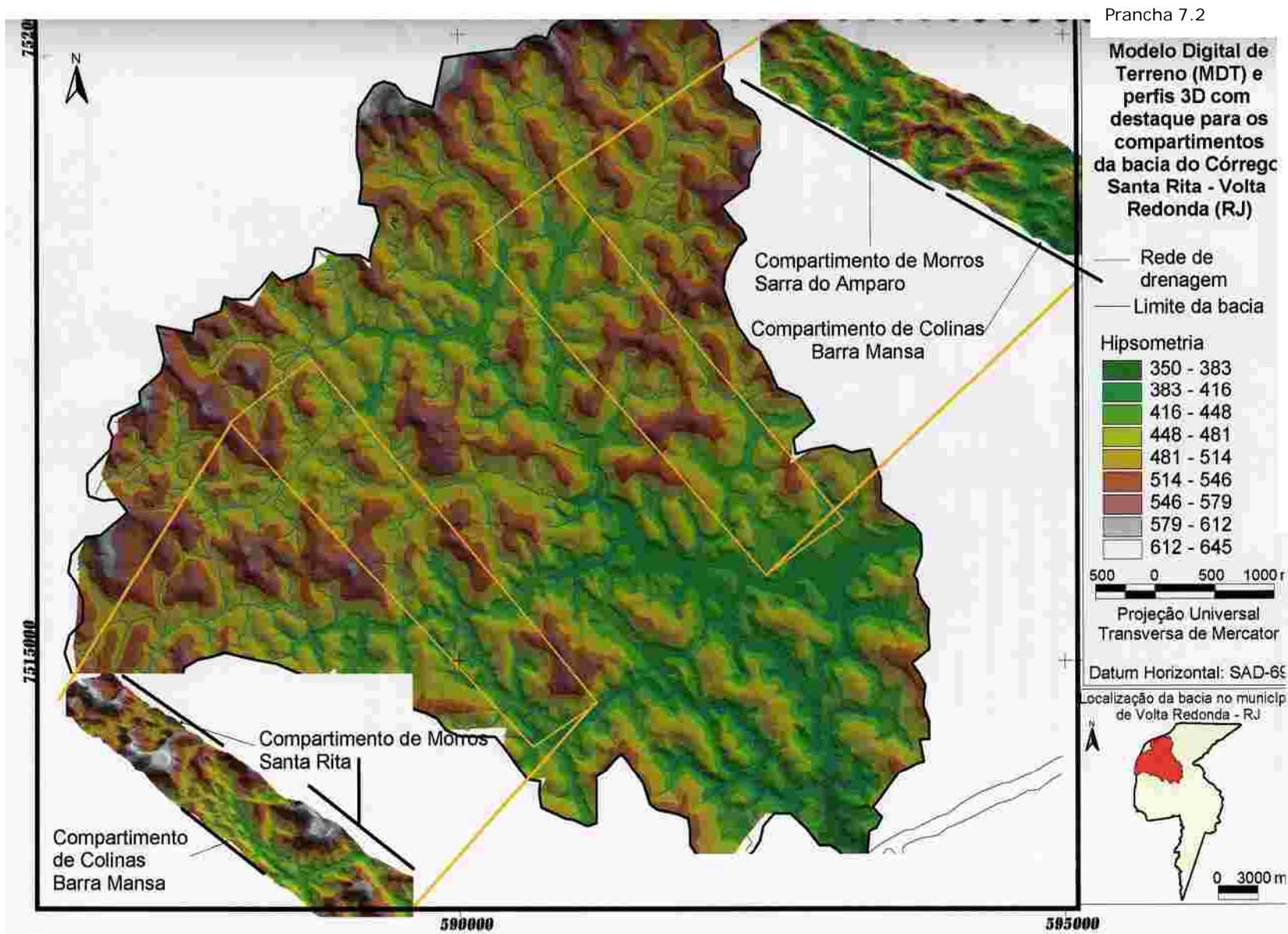
Através dos mapas apresentados, percebe-se que a bacia do Ribeirão Brandão atravessa, de montante para jusante, diferentes compartimentos geomorfológicos de morros e colinas desenvolvidos sobre substrato pré-cambriano – abrangendo especialmente o alto e médio cursos; no médio/baixo e baixo cursos, abarca também terrenos do Gráben Casa de Pedra

e da Bacia de Volta Redonda, limitadas por falhas normais (RICCOMINI, 1989; CPRM, 2000; GONTIJO, 1999), com expressão marcante na e morfologia das encostas e vales fluviais. De modo geral, um forte controle estrutural é visualizado na rede de drenagem, principalmente do médio e alto cursos. Apesar do coletor principal ter orientação geral N-S, ocorrem inflexões acentuadas para NE e NW em vários trechos do Ribeirão além disso, a orientação dos tributários de 3^a e 4^a ordens da margem esquerda mostra-se francamente controlada pelos lineamentos regionais NE-SW, além da direção e mergulho das unidades geológicas, refletindo-se na assimetria das redes e sub-bacias. Canais tributários de primeira e segunda ordens apresentam, no médio e alto cursos, orientação NW-SE, com vales estreitos e alinhados em paralelo (figuras 7.1 e 7.2).

A bacia do Córrego Santa Rita, por sua vez, insere-se integralmente na unidade denominada Granitóides Homogêneos, segundo o mapa elaborado por GONTIJO (1999), diferindo da bacia do ribeirão Brandão pela uniformidade geológica. O controle principal da orientação dos coletores, nesta área é NW-SE, localmente interrompido pela direção NE-SW do *trend* regional (ver córregos Santa Luzia e Santo Antônio). No córrego Santo Antônio, particularmente, este controle está associado a uma falha NE-SW mapeada, denominada falha Santa Lourdes (ver figura 7.3). Observa-se no alto curso Córrego do Peixe e seus tributários de 2^a e 3^a ordens uma forte orientação variando de N-S para NW-SE. As cabeceiras de drenagem contribuintes para os coletores exibem orientação marcante NW-SE (vide pranchas 7.1 e 7.2).

A caracterização geomorfológica destas bacias pode ser aprimorada pela análise morfométrica de suas redes e áreas de contribuição, apresentada no item a seguir.

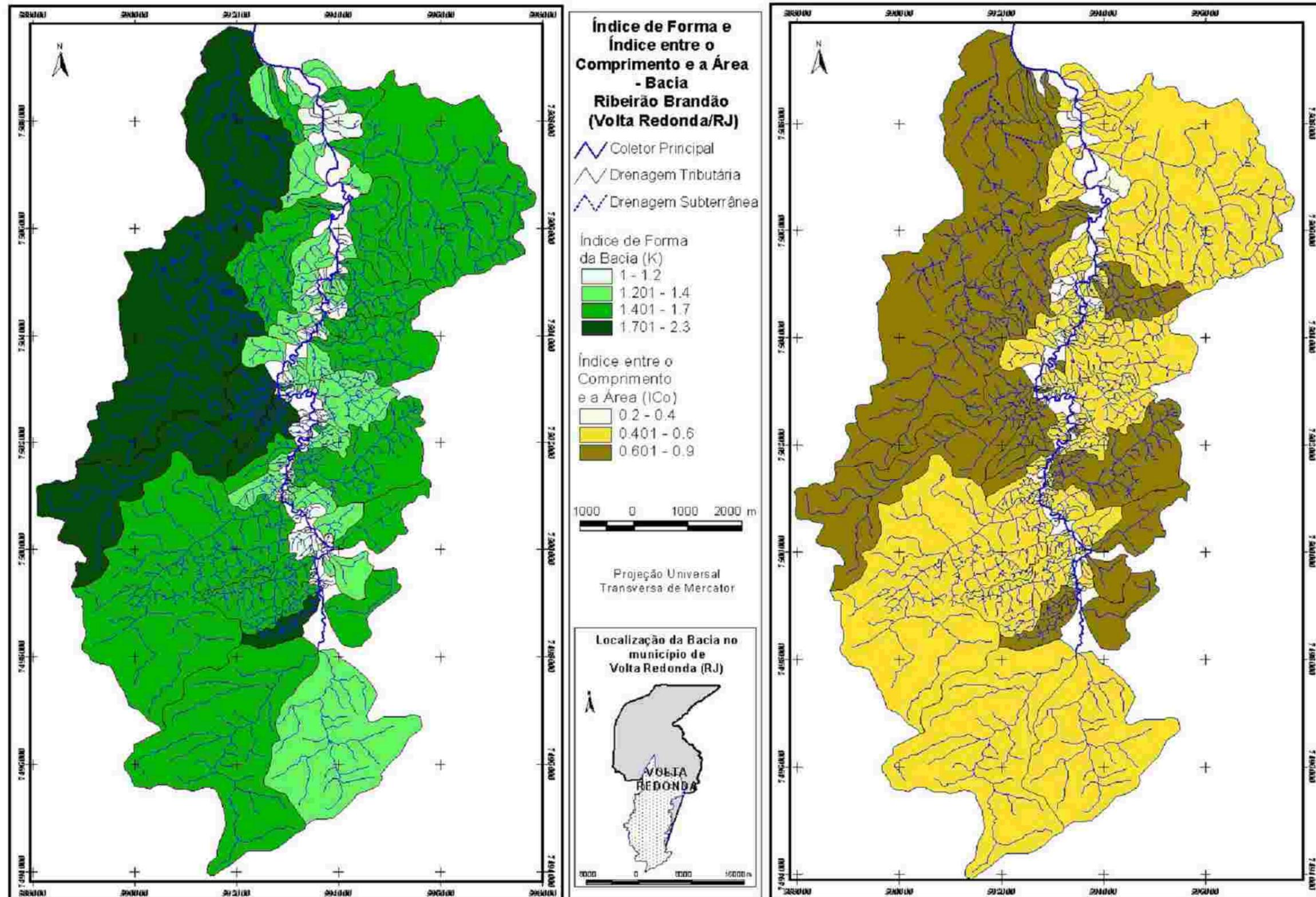




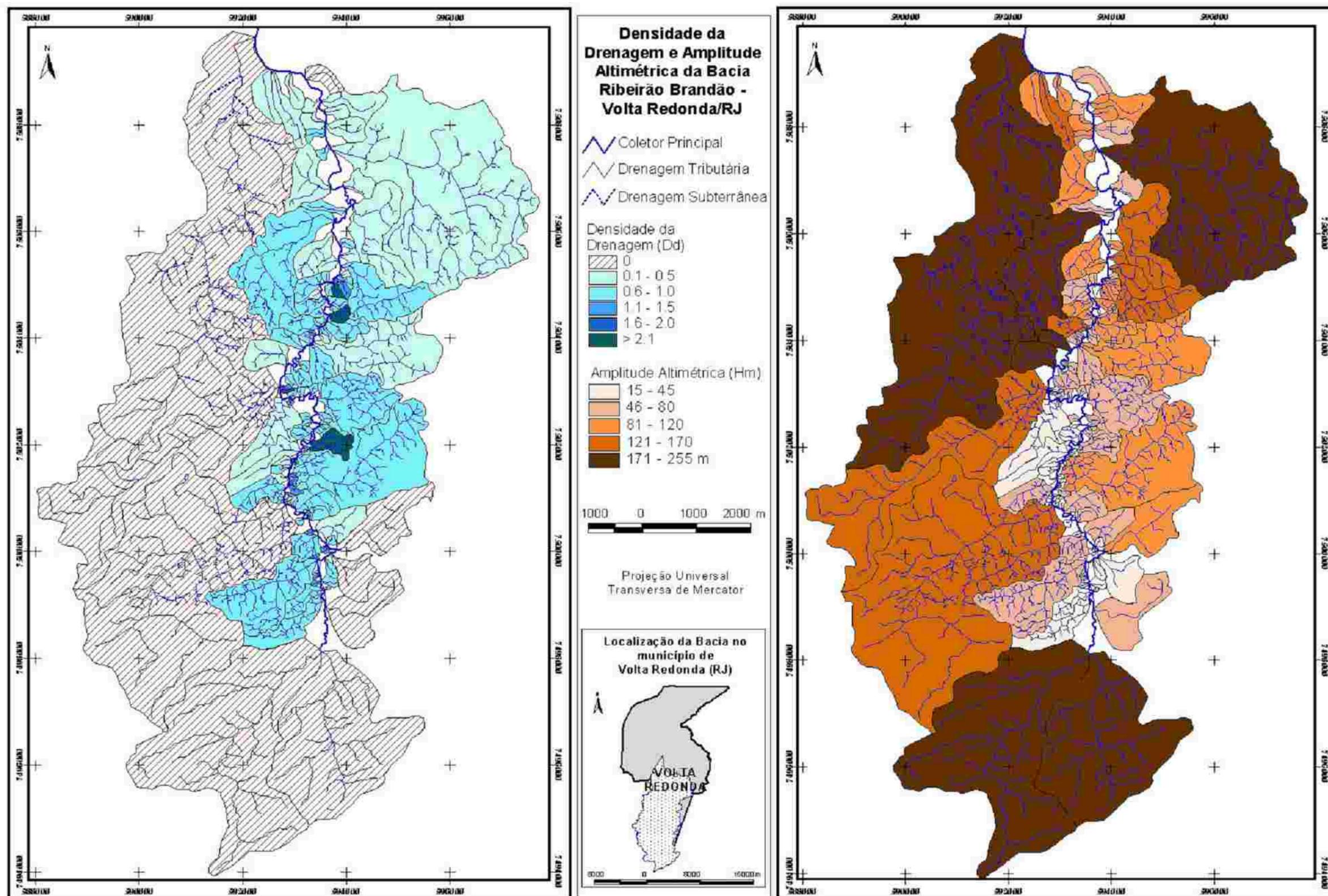
7.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

Os parâmetros morfométricos obtidos visaram dimensionar algumas características geomorfológicas das redes de canais e sub-bacias passíveis de subsidiar a construção da tipologia de rios proposta e a compreensão das suas relações espaciais. Deste modo, serão discutidos inicialmente para cada bacia em análise, e estabelecidas as vinculações a compartimentação geomorfológica apresentada no item anterior.

O primeiro aspecto que se destaca na bacia do Ribeirão Brandão é a sua acentuada assimetria: as sub-bacias da margem esquerda mostram-se mais extensas que as da margem direita. De modo geral, entretanto, as sub-bacias são predominantemente alongadas, como fica evidenciado pelos valores obtidos para o Índice de Forma (K) - figura 7.5. Neste mapa, observa-se o nítido predomínio de formas distantes da circular nas sub-bacias (valores maiores que 1,4). O Índice entre o Comprimento e Área da Bacia (ICo) – figura 7.6 – permite visualizar aquelas com acentuado alongamento em relação à sua área. Destaca-se entre elas, a sub-bacia do Córrego Brandãozinho (ou Cachoeirinha) com K na classe 1,7-2,3 e ICo na classe 0,6–0,9. A tendência ao alongamento no médio curso da bacia parece estar relacionada ao desenho e orientação geral dos compartimentos geomorfológicos (figura 7.2), em função dos controles tectônicos apontados no item anterior: os coletores destas sub-bacias, com direção geral NE, se “prolongam” através de inflexões acentuadas para NW, denotando possíveis capturas fluviais de vales adjacentes. Em vários trechos vê-se padrões de drenagem similares ao treliça, com alta Densidade de Drenagem (Dd) – figura 7.7.



FIGURAS 7.5 E 7.6 - Mapa de Índice de Forma da Bacia (K) e Mapa de Índice entre o Comprimento e a Área (ICo), elaborados para as sub-bacias contribuintes do Ribeirão Brandão - Volta Redonda/RJ.

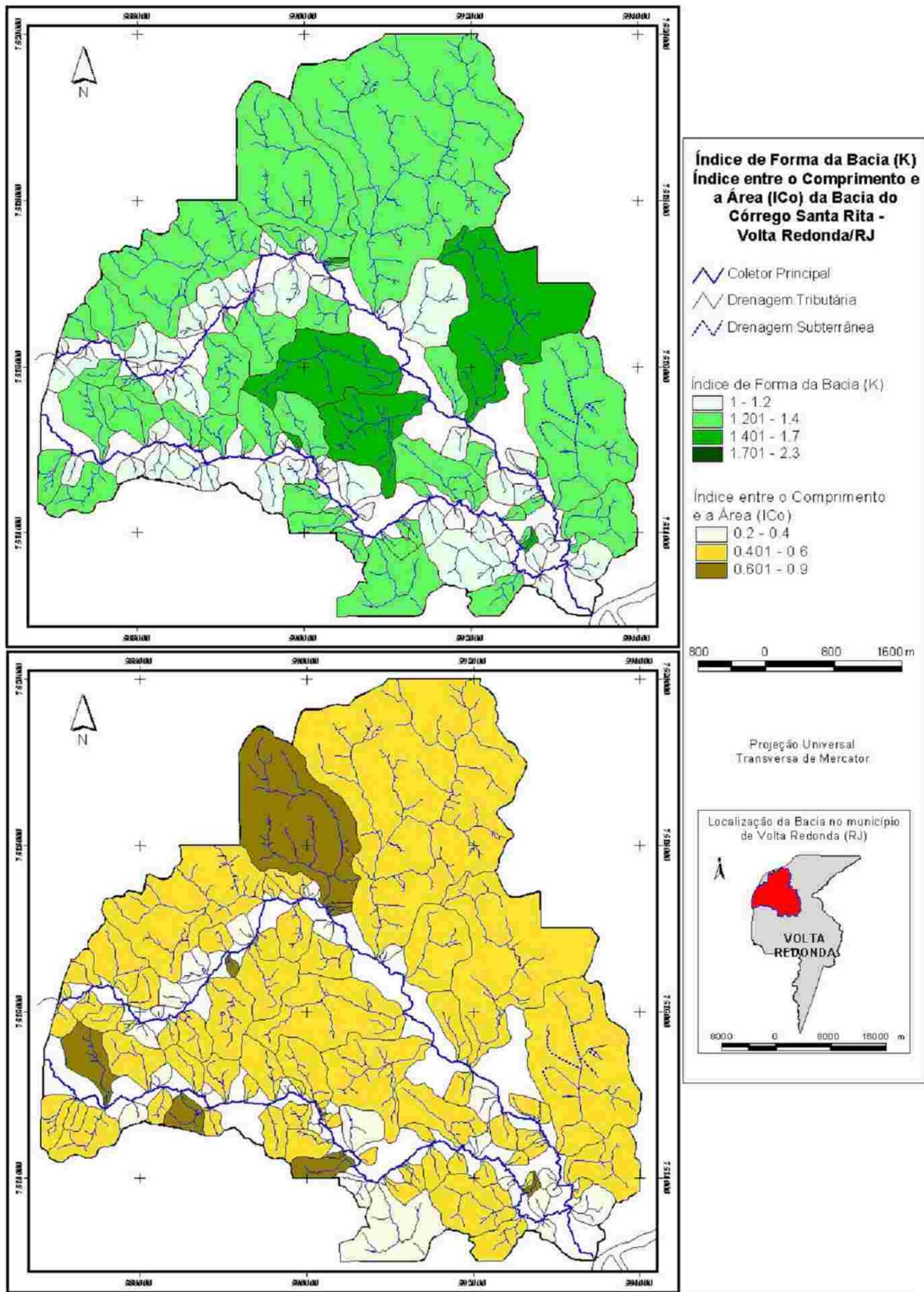


FIGURAS 7.7 E 7.8 - Mapa de Densidade da drenagem (Dd) e Mapa de Amplitude Altimétrica (Hm), elaborados para as sub-bacias contribuintes do Ribeirão Brandão - Volta Redonda/RJ

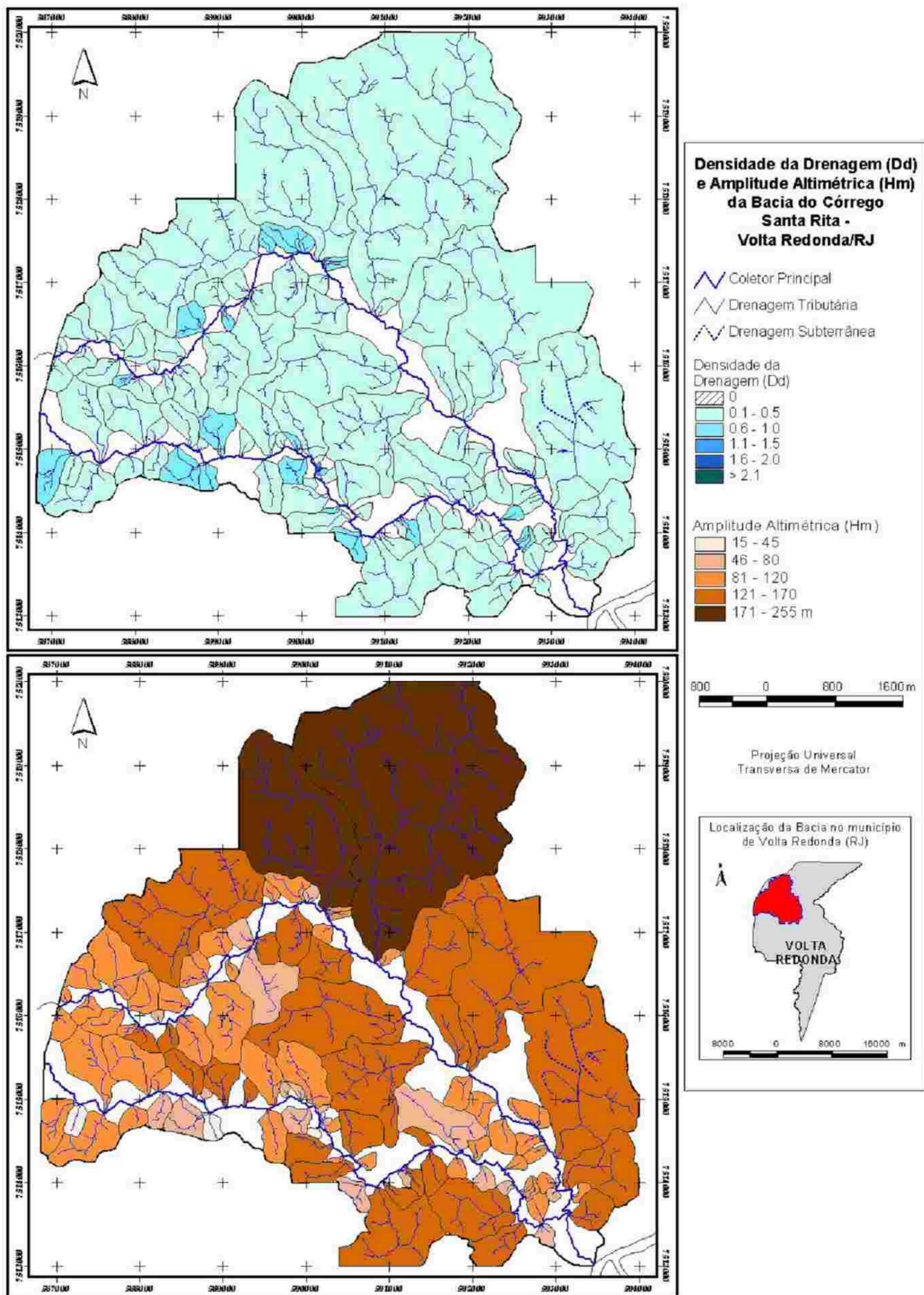
Menores valores de Densidade da Drenagem (Dd), contrariamente, parecem associar-se à menor ramificação da drenagem sobre litologias mais homogêneas (faixa de granitóides) – ver figura 7.3 – ou ao entulhamento dos vales, expressivo na sub-bacia do córrego Cafua (ou do Curral), afluente do baixo curso do Ribeirão Brandão (ver figura 7.2). Os maiores valores de Dd documentados (superiores a 2) relacionam-se a pequenas sub-bacias localizadas no Compartimento de Morros Vila Pepita (M2.3) ou em outros trechos de estrangulamento do coletor.

A Amplitude Altimétrica Máxima (Hm) das sub-bacias afluentes do Ribeirão Brandão – figura 7.8 - também mostra estreita associação com os compartimentos geomorfológicos. Neste caso, não poderia deixar de ser, pois constitui o parâmetro-base do método de compartimentação topográfica empregado (vide capítulo 4). As sub-bacias dos córregos Brandãozinho e Cafuá (do Curral), afluentes do baixo a do Sertão e as cabeceiras do Ribeirão Brandão apresentam maiores Hm por abarcarem a transição dos compartimentos de morros mais dissecados M2.3 e M2.4 para os colinosos adjacentes. As menores amplitudes são verificadas nas sub-bacias de pequena extensão conectadas ao coletor, sobretudo no compartimento de colinas Ribeirão Brandão (C2.3).

A bacia do Córrego Santa Rita, contrariamente à bacia Ribeirão Brandão, apresenta-se em grande parte inserida em um único compartimento de colinas (Barra Mansa, C2.1) – figura 7.2 - apresentando características geológico-geomorfológicas mais homogêneas. Este quadro, visualizado no item 7.1, se reflete no comportamento dos parâmetros morfométricos aqui analisados.



FIGURAS 7.9 e 7.10 - Mapa de Índice de Forma (K) da Bacia e o Índice entre o Comprimento e a Área (ICo), elaborados para as sub-bacias contribuintes do Córrego Santa Rita - Volta Redonda/RJ.



FIGURAS 7.11 e 7.12 - Mapa de Densidade da Drenagem (Dd) e Mapa de Amplitude Altimétrica (Hm), elaborados para as sub-bacias contribuintes do Córrego Santa Rita - Volta Redonda/RJ.

A forma das sub-bacias apresenta-se mais próxima da circular, como atestam os Índices de Forma (K) obtidos – figura 7.9 – e os valores de Índice entre o comprimento e Área da bacia (ICo) – figura 7.10. As menores sub-bacias contribuintes dos córregos Santo Antônio e Santa Luzia inserem-se nas classes mais baixas de K (1-1,2) e ICo (0,2-0,4), demonstrando formas mais circulares. Geralmente as demais sub-bacias com áreas maiores encontram-se na classe de K entre 1,201-1,4, à exceção três sub-bacias contribuintes do médio curso do Córrego do Peixe, inseridas na classe de 1,401-1,7.

A densidade da drenagem também reflete esta homogeneidade, com predomínio expressivo da classe de Dd 0,1 – 0,5 – figura 7.11.

A Amplitude Altimétrica Máxima (Hm) – figura 7.12 - caracteriza-se, na bacia do Córrego Santa Rita, pelos maiores valores no curso do Córrego do Peixe, no extremo norte da bacia, em razão de suas cabeceiras de drenagem se localizarem no Compartimento de Morros Serra do Amparo (M2.1). As demais sub-bacias da margem direita deste córrego inserem-se na faixa de 121-170 metros. Nas sub-bacias contribuintes dos córregos Santa Luzia e Santo Antônio, as classes de amplitude altimétrica mais relevantes são os intervalos entre 81-120 e 121-170 metros, padrão dominante.

8. TIPOLOGIA DE RIOS E ALTERAÇÕES DIRETAS NOS CANAIS FLUVIAIS

8.1 TIPOLOGIA DE CANAIS FLUVIAIS

A partir do reconhecimento de diferentes feições morfológicas erosivas e deposicionais associadas ao caráter e comportamento de rios, considerando os critérios adotados da metodologia proposta por BRIERLEY, FRYIRS e colaboradores (1999; 2000 e 2002), foram individualizados 10 tipos de canais fluviais nas bacias de drenagem em estudo, subdivididos em quatro grupos: (a) canais produtores de sedimentos; (b) canais de transferência de sedimentos; (c) canais com estocagem de materiais; (d) canais com comportamento híbrido, que serão caracterizados e discutidos neste item. Os tipos definidos e a distribuição espacial das seções de canais (extensões) de diferentes tipos reconhecidas nas bacias podem ser visualizados no quadro 8.1 e nas figuras 8.1 e 8.2.

8.1.1 Canais Produtores de Sedimentos

- ***Canais Erosivos***

São seções de canais identificadas na rede de drenagem por feições erosivas conectadas do tipo remontante (ver quadro 4.1, p.52) que entalham rampas de alúvio-colúvio nas cabeceiras de drenagem em anfiteatro, geralmente pequenos nas áreas mapeadas (demais características estão expostas no quadro 8.1). Compõem um dos principais mecanismos de dissecação atual do relevo, sendo responsável pela expansão e aumento da densidade da rede hidrográfica, compondo as cabeceiras dos canais de primeira ordem (figura 8.3). As cabeceiras de drenagem apresentam marcante controle estrutural na região, com predomínio de direção NW-SE, ortogonal à direção (*strike*) das rochas metamórficas e das principais estruturas geológicas regionais – falhamentos normais e zonas de cisalhamento – (NE-SW).

	colinas/ Alto e médio cursos, independente da hierarquia dos canais		fluviais), planícies de inundação atuais, o próprio talvegue, por erosão marginal e/ou segmentos de baixa encosta no caso de vales muito estreitos. Possuem barras (de pontal e lateral) em alguns trechos.	inundação. Apesar de predominar a retirada de sedimentos, há acúmulo em pequenas áreas.	retificados
<i>Alterações Tecnológicas em Sistemas Fluviais no Município de Volta Redonda, Médio Vale do Paraíba do Sul (Flum. Min.)</i>					
Canais Não-incisos	Planície e domínio de colinas/ Encontrados no médio curso de canais de 2 ^o e 3 ^o ordens	Simple, retilíneo, largo e raso	São identificados por drenagem superficialmente, de forma "aberta" e com pouca profundidade, sem apresentar incisão, tampouco vegetação ou depósitos significativos nas calhas.	Áreas ensulhadas com vale amplo e baixa declividade. Predomina a transferência de sedimentos.	Canais incisos, embrejados e retificados
Tipos	Localização na Bacia	Forma do Canal em Planta	Caracterização/ Unidades Geomorfológicas dos Canais	Conectividade Lateral/ Deriva Fluvial	Longitudinal
Canais Retificados Assoreados	Planície ou na base dos colinas/ Ao longo do curso de canais coletores ou a montante de níveis de base locais	Simple, artificialmente retilíneo e não possui planície de inundação sinuosidade com intensa presença de materiais simples, margens (sedimentos, entulhos e concretadas, raso, detritos) e raso	Situados em áreas urbanizadas, possuem os leitos retificados, trechos com vegetação de gramíneas nas margens, e frequentemente com talvegues esprofundados por dragagens.	Vale amplo e baixa declividade. Apresentam acúmulo de materiais (sedimentos, entulhos e esgotos) apresenta planície de inundação. Predomínio da disposição na calha dos canais, formando pequenas ilhas e barras.	Canais não-incisos e Canais embrejados, impermeabilizados, incisos e não-incisos
Canais Impermeabilizados	Planície/ Baixo curso de canais coletores em áreas densamente urbanizadas	Canal simples, retilíneo, estreito e não possui planície de inundação	apresentam leitos concretados, talvegue aprofundado por dragagens realizadas pelos órgãos públicos, e identificados a partir de morfologia de cicatrizes alguns trechos formando ilhas de acúmulo de detritos, indicando entalhe ou feições erosivas remontantes	transferência de sedimentos, formação de pequenas ilhas e barras, a variação (simple ou composto) e de materiais e formação de ilhas, nos períodos de temporal, dada pela disponibilidade hídrica.	Canais retificados e não-incisos
Canais Erosivos	Degraus reafelcoados e em morros/ Cabeceira de drenagem de canais Degraus/ Transição de domínios geológicos-geomorfológicos e outros tipos de níveis topográficos ou na base dos degraus/ Ocorre em diversos trechos da rede de drenagem.	pequenos, definidos pela exposição da rocha sã, e definido e visível, tratam-se de áreas alagadiças	pretéritas nas seções côncavas de médio e de alta encosta constituindo atualmente canais de primeira ordem.	Vale confinado articulado com as encostas laterais predominam a transferência de sedimentos e a desconstrução das ilhas.	Canais embrejados, incisos, e retificados
Canais Rochosos	Degraus/ Transição de domínios geológicos-geomorfológicos e outros tipos de níveis topográficos ou na base dos degraus/ Ocorre em diversos trechos da rede de drenagem.	Formação de poços, corredeiras e degraus	São encontrados próximos às áreas de descontinuidades litológicas. Podem formar "gargantas" ao longo dos vales fluviais.	retirada de sedimento pelas feições erosivas alta declividade. Vale confinado articulado com as conectadas ou entalhe fluvial com o esvaziamento das cabeceiras de drenagem.	Canais embrejados, incisos e retificados
Canais Embrejados	Planície/ Baixo curso de canais coletores em áreas densamente urbanizadas	pequenos, definidos pela exposição da rocha sã, e definido e visível, tratam-se de áreas alagadiças	Correspondem a trechos caracterizados pela presença de vegetação de pequeno porte (brejos contínuos) na calha dos canais. Por vezes marcam, superficialmente, as áreas de brejo ou apresentam discretos entalhes	apresenta materiais de granulometria variada. O Nos vales amplos e nos confinados limitados pelos terraços ou pela base das encostas. Em casos de eventos de alta pluviosidade, apresenta calha fluvial	Canais assoreados, incisos, erosivos, florestados e rochosos
Canais Subterrâneos	Planície/ Baixo curso de canais coletores em áreas densamente urbanizadas	Não tem canal visível	Em áreas densamente urbanizadas, encontram-se localizados se assemelhando aos canais incisos, completamente fechados em galerias subterrâneas.	mais definida que migra lateralmente na área do brejo. Composto por fluxos de reduzida velocidade, completamente concretadas, geralmente por baixo de vias públicas.	Canais impermeabilizados e retificados
QUADRO 8.1 Canais Florestados	Atributos dos Tipos de Exceto na planície/ Cabeceira de drenagem, alto e médio cursos dos canais	Canais Fluviais nas Bacias do Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita	Seções com vegetação "relativamente" densa que, via de regra, não permitem uma maior apreensão sobre o tipo de rio com exatidão. São rios que atravessam as "manchas" ou fragmentos florestais com graus variados de recomposição florestal.	(Volta Redonda – Médio Vale do Paraíba do Sul Fluminense). Geralmente em áreas com declividade, independente do grau de confinamento do vale.	Canais embrejados, incisos e não-incisos
<i>Eduardo Vieira de Mello</i>					110
Canais Incisos	Base de degraus e domínios de morros e	Simple, retilíneo e estreito	Refere-se as seções com predomínio do entalhe erosivo sobre níveis de sedimentação pretéritos (terraços	Vale confinado contínuo ou descontínuo, declividade média com a presença de terraços e planície de	Canais embrejados, não-incisos e

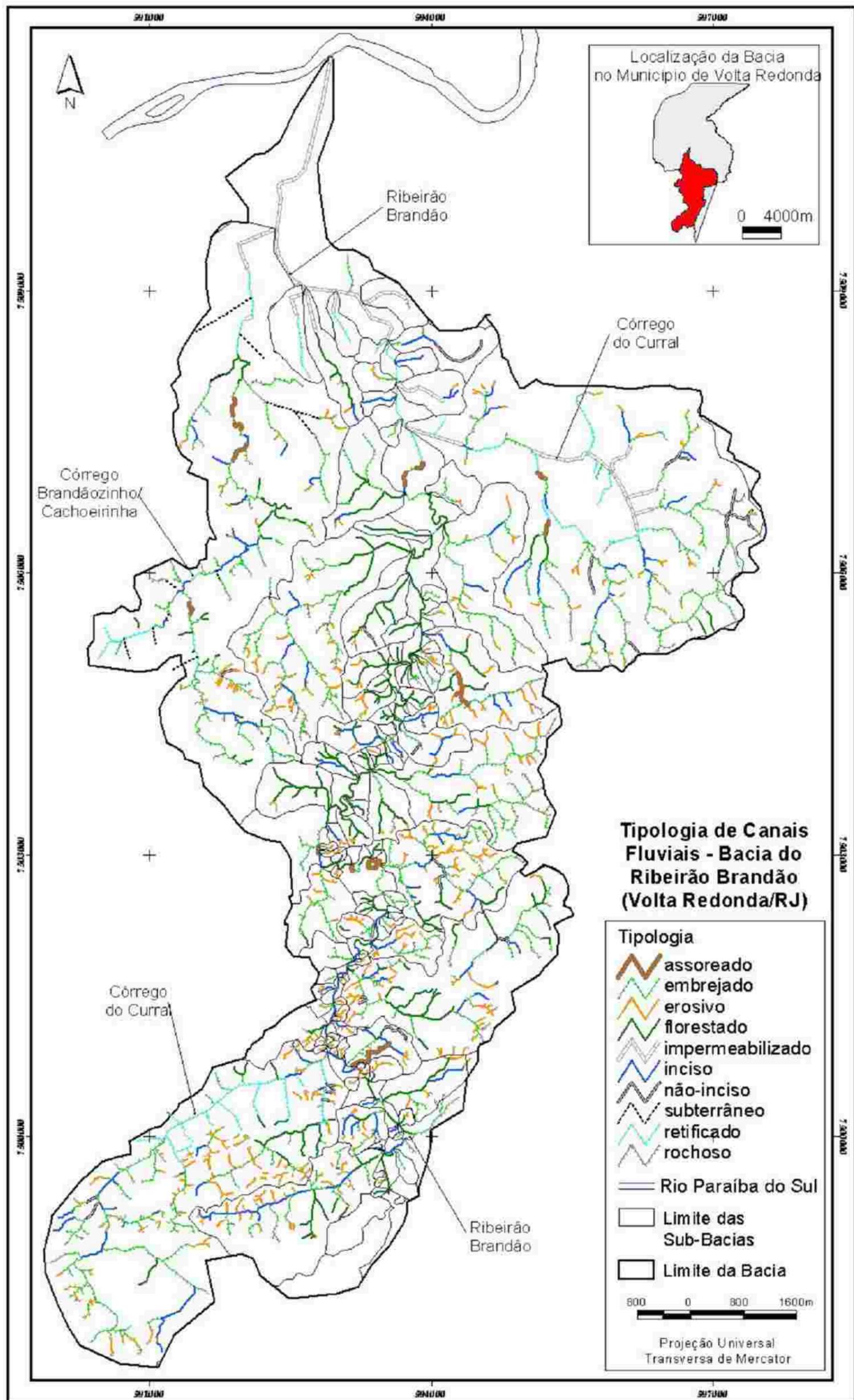
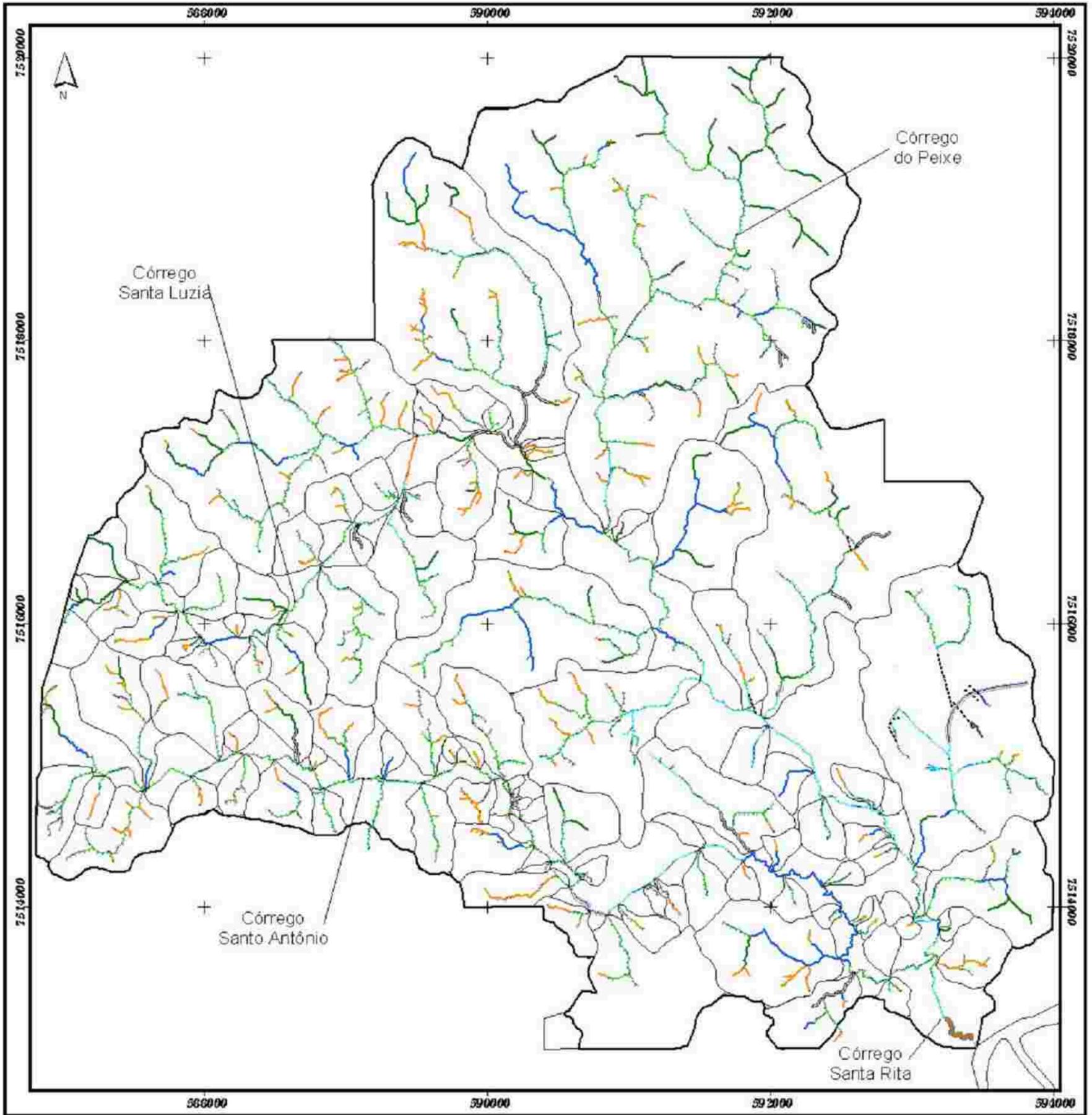


FIGURA 8.1: Mapa de tipologia de canais fluviais e sub-bacias contribuintes do Ribeirão Brandão - Volta Redonda (RJ).



Tipologia de Canais Fluviais da Bacia do Córrego Santa Rita (Volta Redonda-RJ)

Tipologia

- assoreado
- embrejado
- erosivo
- florestado
- impermeabilizado
- inciso
- não-inciso
- subterrâneo
- retificado
- rochoso

- Rio Paraíba do Sul
- Limite das Sub-bacias
- Limite da Bacia

700 0 700 1400m

Projeção Universal Transversa de Mercator



FIGURA 8.2: Mapa de tipologia de canais fluviais e sub-bacias contribuintes do Córrego Santa Rita - Volta Redonda (RJ)

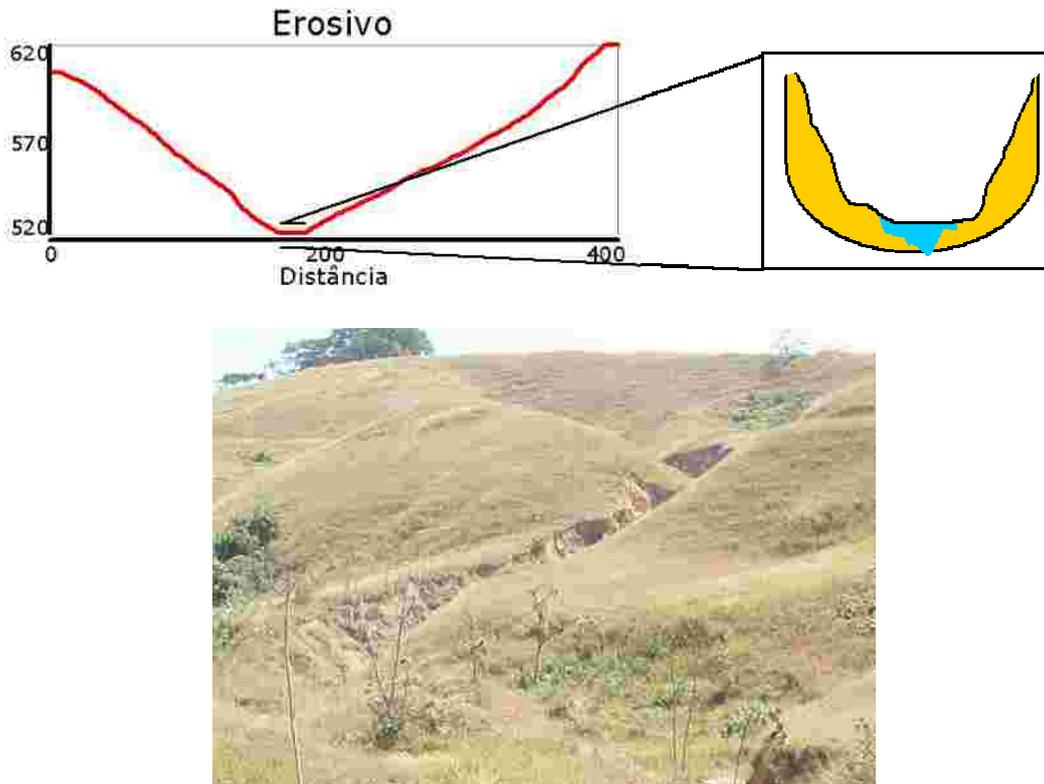


FIGURA 8.3: Perfil transversal do “vale” (no caso, cabeceira de drenagem em anfiteatro) em que se insere o Canal Erosivo, desenho esquemático da seção de canal e foto ilustrativa do tipo. Vê-se uma voçoroca conectada em atividade remontando em direção à cabeceira do anfiteatro. Abaixo do canal erosivo (em primeiro plano) observa-se as paredes da incisão erosiva já cobertas pela vegetação (trecho “inativo”).

De modo geral, estão presentes com maior frequência nas áreas de maiores amplitudes altimétricas. Na bacia do Ribeirão esse tipo de canal é o mais frequente – 491 seções, com uma extensão total de 43,4km, que equivale a 17,7% do comprimento total dos canais da bacia (tabela 8.1). Esse tipo apresenta intensa concentração de seções nas pequenas sub-bacias articuladas ao médio curso do Ribeirão Brandão, e nas sub-bacias inseridas nos compartimentos de Morros Vila Pepita e de Colinas Brandão (ver figura 7.4, p.), principalmente nas proximidades da rodovia Presidente Dutra, na bacia do Córrego do Sertão.

Na bacia do Córrego Santa Rita os canais erosivos contam 186 seções, atingindo 20,8km (15,7% do total do comprimento dos canais) – tabela 8.2. A distribuição espacial é mais homogênea nessa bacia, no entanto, as áreas que

apresentam maior incidência desses canais são os contribuintes do Córrego Santo Antônio, inseridos no Compartimento de Morros Santa Rita, e as sub-bacias do Córrego Santa Luzia.

TABELA 8.1: Número de seções de canal por tipo, comprimento total das seções de canal em quilômetros e porcentagem em relação ao comprimento total dos canais da bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ).

Tipos de Canais	Número de Seções de Canais	Comprimento Total de Canais (Km)	Porcentagem em Relação do Comprimento Total dos Canais da Bacia
<i>ASSOREADO</i>	16	2,67	1,09%
Embrejado	471	90,26	36,78%
Erosivo	491	43,38	17,69%
Florestado	203	44,45	18,11%
Impermeabilizado	22	10,38	4,23%
Inciso	135	27,65	11,27%
Não-inciso	26	4,75	1,93%
Retificado	48	13,79	5,62%
Rochoso	50	4,78	1,95%
Subterrânea	13	3,26	1,33%
TOTAL	1475	245,37	100%

TABELA 8.2: Número de seções de canal por tipo, comprimento total das seções de canal em quilômetros e porcentagem em relação ao comprimento total dos canais da bacia do Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ).

Tipos de Canais	Número de Seções de Canais	Comprimento Total de Canais (Km)	Porcentagem em Relação do Comprimento Total dos Canais da Bacia
<i>ASSOREADO</i>	1	0,28	0,21%
Em brejado	280	63,91	48,13%
Erosivo	186	20,84	15,71%
Florestado	74	14,94	11,25%
Impermeabilizado	5	1,27	0,96%
Inciso	64	13,82	10,41%
Não-inciso	17	3,93	2,96%
Retificado	28	9,02	6,79%
Rochoso	26	3,34	2,51%
Subterrânea	10	1,42	1,07%
TOTAL	691	132,77	100 %

- *Canais Incisos*

São encontrados em diferentes trechos das bacias e ambientes de vale variados, com predomínio em segmentos fluviais de segunda ou terceira ordens. Esses canais resultam do encaixamento atual e/ou holocênico da drenagem em áreas entulhadas (considerando que o reencaixamento da drenagem posterior ao evento Manso pode ter se estendido desde aproximadamente 6.000 anos A.P até o presente – ver capítulo 3.5), que se encontram em graus variados de processo de esvaziamento (quadro 8.1). Os canais incisos em cursos de maior nível hierárquico podem apresentar mais de um nível de sedimentação fluvial, uma vez que, devido maior volume de água e à conexão com o coletor principal (o rio Paraíba do Sul), os coletores tenderem a ser mais sensíveis aos *inputs* que desencadeiam a dissecação fluvial. Já nos canais tributários de menor nível hierárquico, predomina apenas

um nível de terraço e/ou rampa de alúvio-colúvio com incisão, geralmente apresentando brejos em seu leito (figura 8.4). Podem estar associados a processos de esvaziamento dos vales fluviais em “fase final” (estando o vale já praticamente esvaziado, condição identificada pela pequena extensão das feições de entulhamento – terraço elevado e rampas de alúvio-colúvio), ou não (condição de entulhamento parcial ou mesmo total).

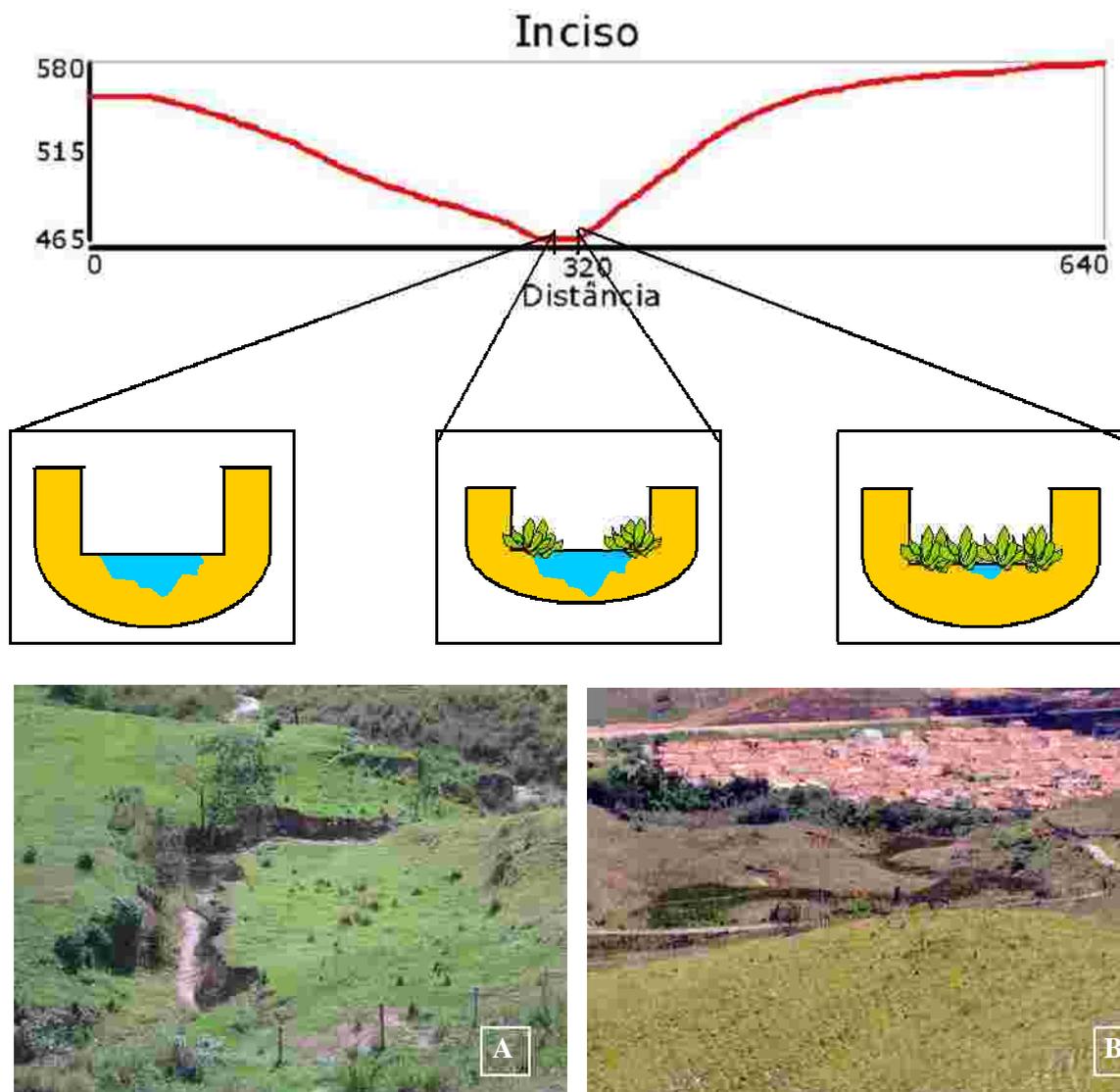


FIGURA 8.4: Perfil transversal do vale de uma seção de Canal Inciso, desenhos esquemáticos com as variações encontradas (ocupação parcial ou total da calha por vegetação de brejo) e fotografias ilustrativas. Vê-se em (A) o Canal Inciso com fluxo aparente na calha, e em (B) o leito embrejado.

Apesar desse tipo ter sido enquadrado no grupo dos tipos produtores de sedimentos, inúmeras seções demonstram que o processo de encaixamento – e, portanto, remoção de materiais dos vales entulhados – não mais opera; nesses casos, o tipo inciso atua apenas na transferência ou até mesmo estocagem de sedimentos, caso esteja embrejado. A gradação para esta outra condição, dentro de uma mesma seção do tipo inciso, pode ocorrer.

Na bacia do Ribeirão Brandão esse tipo de canal conta 135 seções, compondo 27,7km de comprimento, o que corresponde a cerca de 11,3% do comprimento total de canais na bacia. São expressivos nas sub-bacias que se conectam diretamente com o Ribeirão Brandão, principalmente nos Compartimento de Morros Vila Pepita e de Colinas Ribeirão Brandão. Na bacia do Córrego Cafuá (do Curral) os canais incisos se manifestam na área de transição entre os compartimentos de Colinas do Córrego Cachoeirinha e de Morros Vila Pepita. O alto curso do Ribeirão Brandão apresenta seções consideráveis deste tipo.

Já na bacia do Córrego Santa Rita há pouco mais de 60 seções de canais incisos, com um total de 13,8km (10,4%). O tamanho das seções de canais desse tipo demonstra um vínculo com a sua posição na bacia: canais coletores incisos no médio curso do Córrego do Peixe, incluindo algumas cabeceiras de drenagem, apresentam seções mais compridas, bem como no baixo curso do Córrego Santo Antônio; seções pequenas tipo inciso estão associadas às cabeceiras de drenagem do alto curso do Santo Antônio, inseridas no Compartimento de Morros Santa Rita (ver figura 7.2).

8.1.2 Canais com transferência de materiais

- ***Canais Não-Incisos***

São canais em vales abertos, rasos e sem a presença de vegetação de brejo na calha ou nas margens. Estão geralmente situados em fundos de vale planos, entulhados ou não (quadro 8.1).

A distribuição espacial é bastante difusa. Na bacia do Ribeirão Brandão existem apenas 26 seções, que representam 4,8km de comprimento total (quase 2% - ver tabela 8.1). As seções não-incisas localizam-se em cabeceiras de drenagem da bacia do Córrego do Curral e em pequenas cabeceiras articuladas ao alto curso do próprio Ribeirão Brandão.

Na bacia do Córrego Santa Rita a incidência deste tipo também é baixa, porém identifica-se que o comprimento médio das seções é maior do que o da bacia do Ribeirão Brandão. Essas seções – 17 no total – estão associadas ao médio curso do Córrego Santa Luzia e representam 3,9km de comprimento total, quase 3% da extensão total dos canais (tabela 8.2).

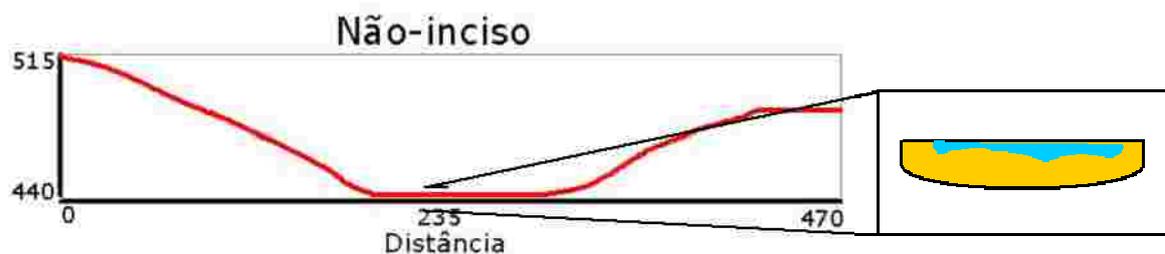


FIGURA 8.5: Perfil transversal de vale de uma seção de Canal Não-Inciso e desenho esquemático do tipo.

- ***Canais Rochosos***

Tipo formado por leitos rochosos (embasamento cristalino exposto), freqüentemente associados à formação de níveis de base e de “gargantas” nos vales. Encontrado nas zonas de transição entre compartimentos geomorfológicos com diferentes altitudes (associados a falhas normais mapeadas, como no exemplo da figura 8.6, ou não), em locais de discontinuidades litológicas e/ou de pequena espessura dos depósitos de fundo de vale.

Podemos observar um quantitativo variável deste tipo nas bacias analisadas, com valores relativamente próximos de participação no comprimento total da rede de canais. As seções têm pequena extensão, por isso, apesar do número expressivo de canais rochosos na bacia do Ribeirão Brandão, superior a outros tipos, representam um dos menores percentuais

em relação ao comprimento total de canais (tabela 8.1) – pouco menos de 2% (4,8km). A distribuição espacial nesta bacia mostra-se fortemente relacionada à compartimentação geomorfológica.

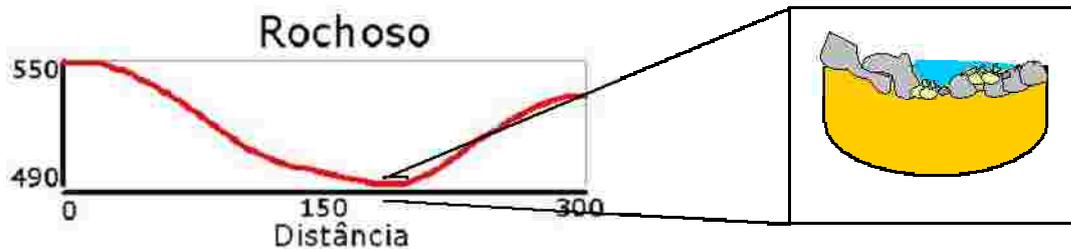


FIGURA 8.6: Perfil transversal do vale de uma seção de Canal Rochoso, desenho esquemático e fotografia ilustrativa tipo. Vê-se o leito rochoso de um tributário do Córrego do Curral (Cafuá) que tem suas nascentes no Compartimento de Morros Vila Pepita, drenando para o Gráben Casa de Pedra, ins no Compartimento de Colinas Córrego Cachoeirinha – ver figura 7.2.

Na bacia do Córrego Santa Rita há um total de 26 canais, representando cerca de 2,5% do comprimento total das seções, o que corresponde a 3,3km (tabela 8.2). Da mesma forma que na bacia do Ribeirão Brandão, a grande maioria desses canais tem extensão consideravelmente

pequena e distribuição ligada às estruturas do substrato cristalino (lineamentos e falhas).

8.1.3 Canais com estocagem de materiais

- ***Canais Assoreados***

Ocorre em locais onde há intensificação do aporte de sedimentos e/ou detritos urbanos para as calhas. Esse tipo de canal foi observado predominantemente no baixo curso dos canais coletores, especialmente nas áreas urbanas. Apresenta forma variável, sendo simples ou compostos, com relativa sinuosidade e significativa presença de detritos tecnogênicos – figura 8.7. Destaca-se a formação de barras laterais, longitudinais e feições de despejo direto de materiais variados (entulho, lixo etc).

Na bacia do Ribeirão Brandão há apenas 16 canais do tipo assoreado, representando cerca de 2,7km (1,1% do comprimento total de canais) - tabela 8.1. Este quantitativo está concentrado no médio e baixo do Brandão, no canal principal e também, em menor medida, nos córregos Brandãozinho(Cachoeirinha) e Curral(Cafua). Na bacia do Córrego Santa Rita foi mapeado apenas uma seção de canal do tipo assoreado, que se situa na foz do mesmo, junto ao rio Paraíba do Sul. A seção de al tem apenas 0,3km de extensão e representa 0,2% do comprimento total dos canais desta bacia (tabela 8.2).

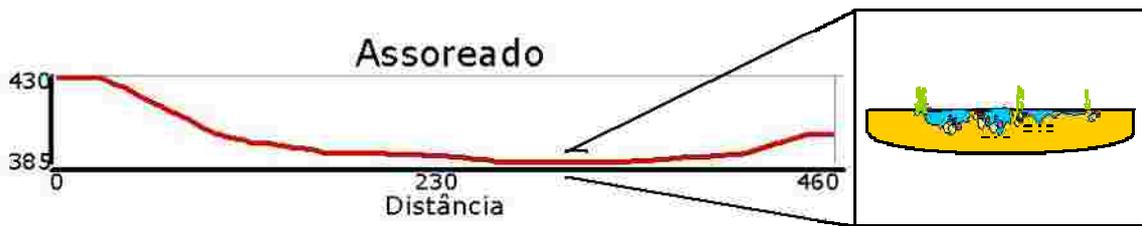


FIGURA 8.7: Perfil transversal do vale de uma seção de Canal Assoreado, desenho esquemático e fotografias ilustrativas do tipo. Vê-se em (A) canal completamente assoreado que drena para uma represa também assoreada, chegando a colmatar vegetação de grande porte. Em (B) observa-se o acúmulo de sedimentos em uma seção de canal próxima à via Dutra (BR-116). Em (C), vê-se significativa sedimentação arenosa em um trecho de canal inciso, com redução do perímetro molhado da calha.

- **Canais Embrejados**

Os canais do tipo embrejado são reconhecidos pela sua característica, que impede a visualização de uma calha com fluxo corrente "aberto". Podem apresentar discreta incisão e ocorrem nos diferentes ambientes de vale. Muitas vezes constituem áreas embrejadas extensas nos fundos de vale, geralmente de reduzida profundidade (quadro 8.1).

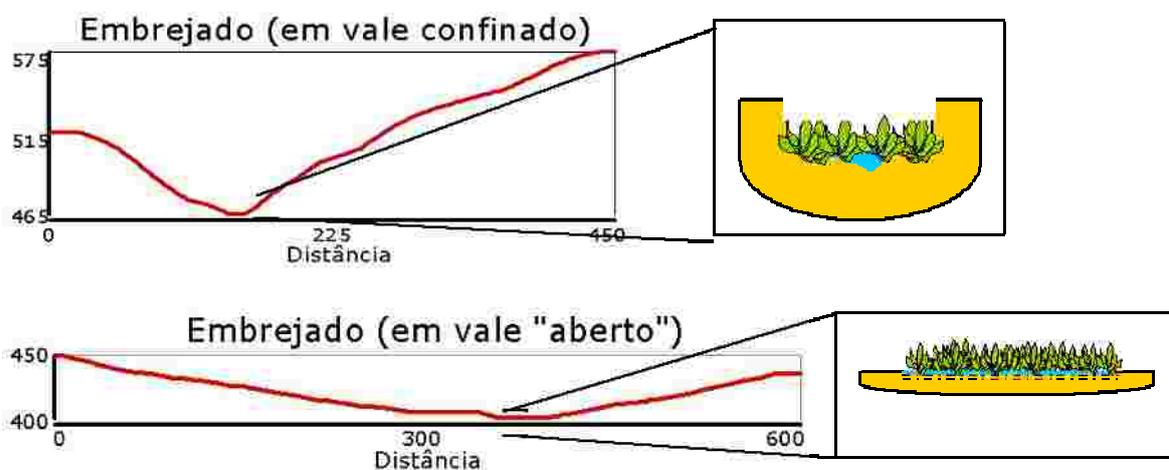


FIGURA 8.8: Perfis transversais em um vale confinado com Canal Embrejado e em um vale "aberto" com este tipo de canal, e respectivos desenhos esquemáticos das seções e canal.

Tanto na bacia do ribeirão Brandão como na do Córrego Santa Rita é possível observar uma distribuição espacial relativamente homogênea desse tipo de canal, tendo em comum também o fato de estarem presentes na maioria das cabeceiras de drenagem. Além disso, em ambas as bacias este tipo de canal representa o tipo predominante, tendo, portanto, a maior participação no comprimento total das seções: são 471 seções de canais na bacia do Ribeirão Brandão, com total de 90,3km de comprimento, correspondendo a quase 37% da extensão total da drenagem; e, para a bacia do Córrego Santa Rita, 280 canais, com 63,9km de comprimento (48,1% de

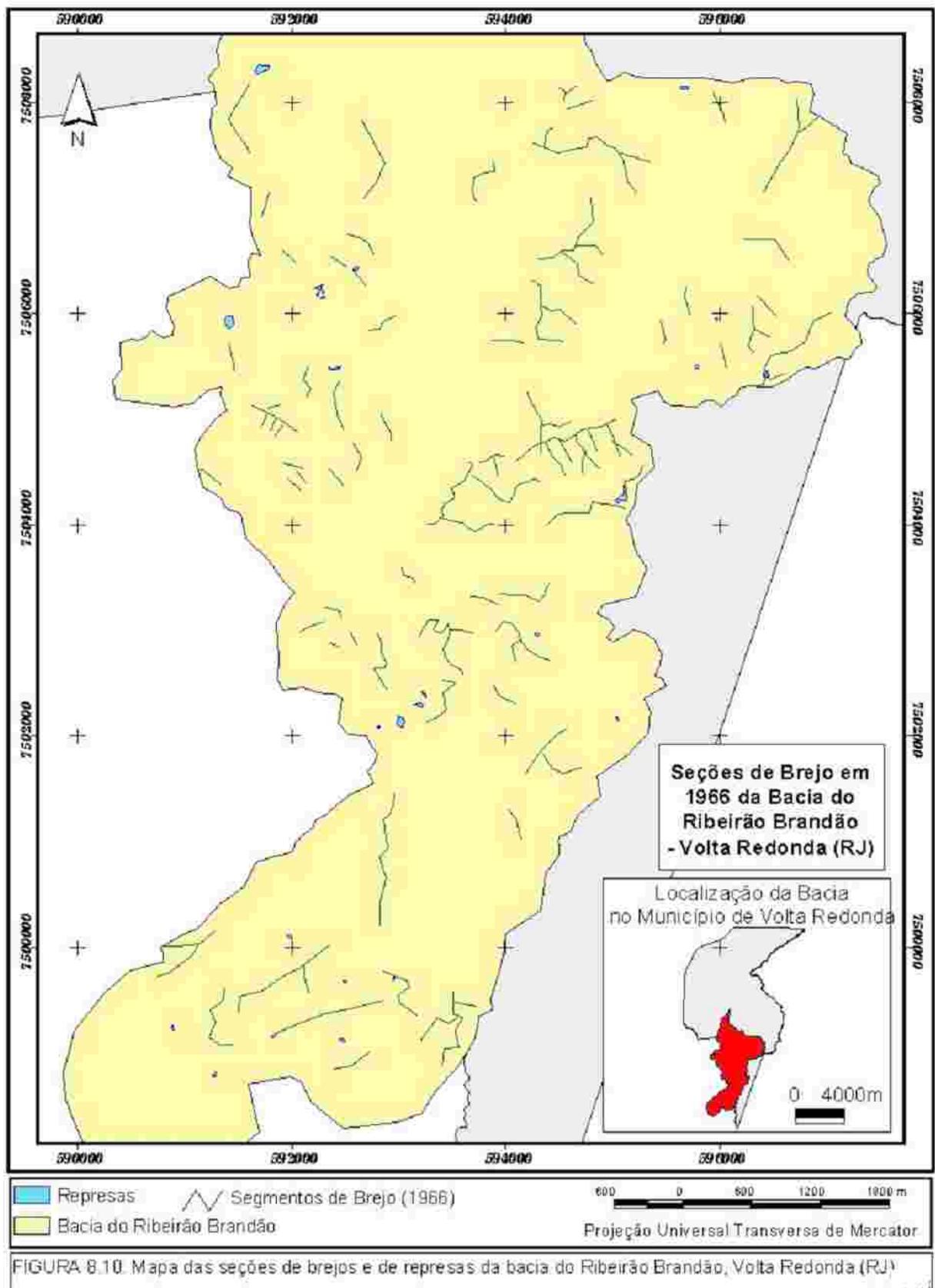
participação no comprimento total das seções) - ver tabelas 8.1 e 8.2, respectivamente.

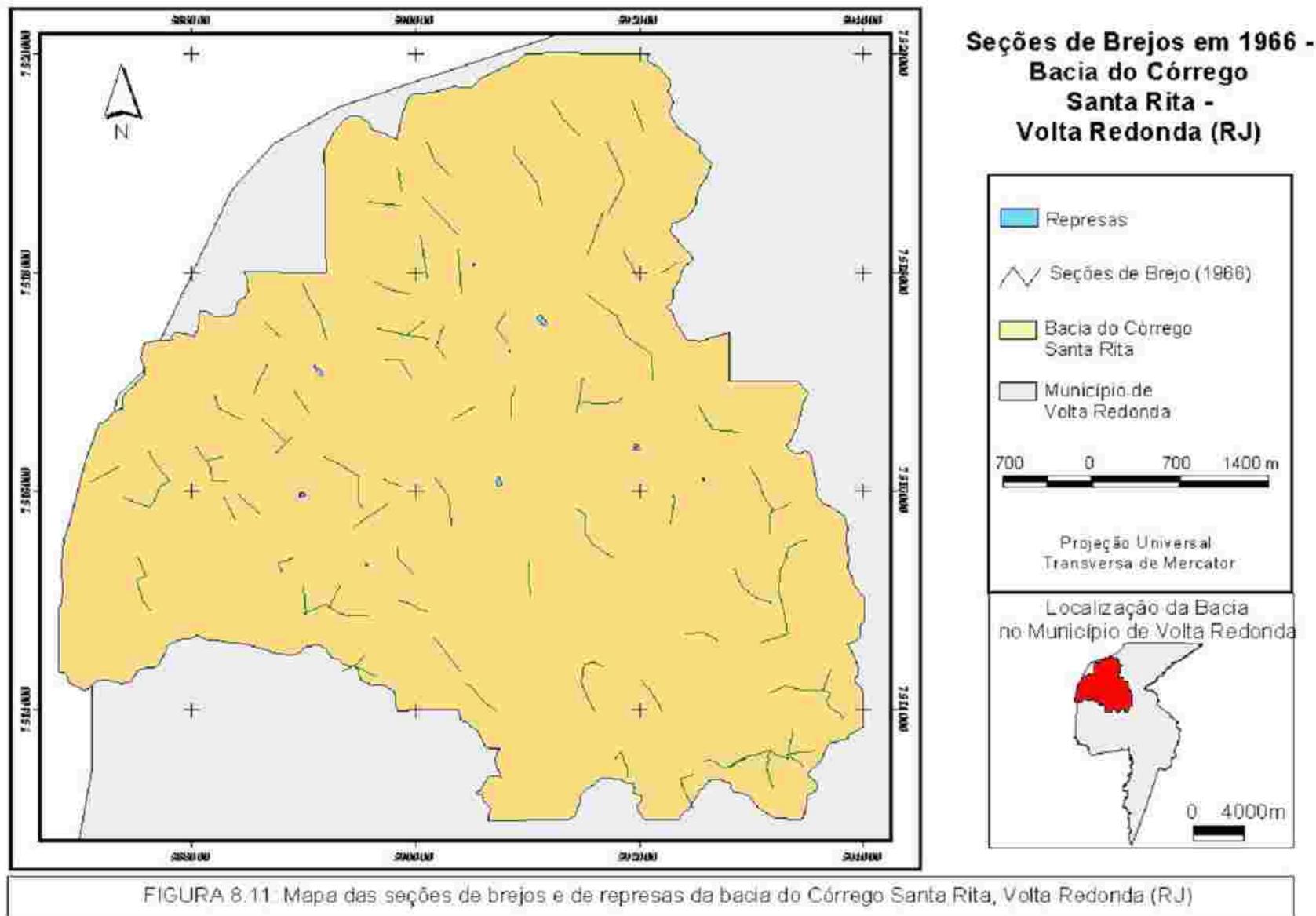
Essa vegetação encontra-se associada a dois tipos de ambiente de vale: fundos de vale largos e cabeceiras/sub-bacias de drenagem entulhados, com ou sem encaixamento da drenagem - nessa última situação geralmente ocupando ampla extensão do fundo de vale; vales e cabeceiras de drenagem estreitos e encaixados, exibindo resquícios de terraço fluvial/rampa de alúvio colúvio ou não (figura 8.9).



FIGURA 8.9: Fotografias destacando a inserção dos brejos em cabeceiras de drenagem em processo de esvaziamento. Em (A) o brejo instala-se na cabeceira de antigo canal erosivo, já reafeiçoado; em (B) vê-se um vale entulhado com um canal mais hierarquizado com incisão erosiva, cuja calha encontra-se embrejada.

Nas duas bacias enfocadas, as áreas ocupadas por brejos mostram-se como peças-chave das alterações na rede de drenagem em escala de tempo holocênica, uma vez que associam-se à dinâmica de esvaziamento dos vales e cabeceiras entulhados. As observações efetuadas durante a pesquisa indicaram, por outro lado, que os ambientes de vale com brejos são significativamente afetados pela expansão urbana, especialmente devido ao aterramento para instalação de loteamentos, como o visualizado na figura 8.9 (B). O reconhecimento de canais embrejados nas fotos aéreas de 1966 – figuras 8.10 e 8.11 – permitiu avaliar melhor este aspecto.





Observa-se, através dos mapas apresentados, uma redução importante das áreas de brejos especialmente na bacia do Ribeirão Brandão, em função de encontrar-se no principal eixo de crescimento urbano da cidade, como já apontado (ver capítulo 6). O surgimento e expansão dos bairros Casa de Pedra, Vila Rica e Jardim Belvedere são responsáveis pela eliminação de extensas áreas embrejadas nos vales abertos do Gráben Casa de Pedra; no alto curso da bacia do Ribeirão Brandão, por sua vez, os bairros Roma I e Roma II caracterizam uma ocupação desordenada vinculada à rodovia Presidente Dutra (BR-116); no médio curso da bacia do Córrego Brandãozinho/Cachoeirinha inúmeras extensões de brejo também foram reduzidas com a ocupação urbana.

Comportamento similar é verificado na bacia do Córrego Santa Rita, onde as que mais sofreram perdas constituem, principalmente o perímetro e as adjacências dos bairros Santa Rita do Zarur e Santa Rita, reflexo do processo de ocupação e expansão dos loteamentos, e as áreas próximas ao exutório da bacia do Córrego Santa Rita. Nesta última, a existência em 1966 de uma represa com derivação para a Estação de Tratamento de Águas Santa Rita (ETA Santa Rita³¹), que operou até início da década de 90, pode estar associada à redução dos brejos. Com a desativação da estação pode ter havido um aumento do gradiente hidráulico e, consequentemente, o encaixamento do canal, reduzindo a extensão dos segmentos embrejados na parte da bacia próxima ao rio Paraíba do Sul.

8.1.4 Canais de Comportamento Híbrido

- ***Canais Florestados***

Este tipo apresenta vegetação arbórea ocupando as margens e/ou a calha fluvial – figura 8.12, estando associado às “manchas” (fragmentos) florestais em diferentes estágios de regeneração existentes nas bacias, que impedem o reconhecimento de feições erosivas e/ou deposicionais pela fotointerpretação nos canais de menor nível hierárquico.

³¹ Atualmente a represa é utilizada apenas para controle de cheias.

Estão presentes em diversos ambientes de vale (quadro 8.1). bacia do Ribeirão Brandão são mais numerosos (203) e apresentam uma significativa concentração nas áreas contribuintes ao anal principal, sobretudo as situadas no médio curso, devido à presença da Reserva Florestal da Cicuta. Apesar do elevado número, a extensão das seções no Brandão é, em média, menor que a dos canais florestados mapeados na bacia do córrego Santa Rita (excetua-se, novamente, a área da Cicuta). Mesmo assim, o somatório do comprimento dos canais florestados no Brandão totaliza 44,4km, correspondendo a pouco mais de 18% do comprimento total das seções (Tabela 8.1). Na bacia do Córrego Santa Rita documentou-se 74 seções de canais florestados, que somam quase 15km de comprimento, o que equivale a 11,3% do comprimento total da drenagem. A distribuição espacial deste tipo na bacia Rita mostra-se concentrada no Compartimento de Morros Serra do Amparo, devido à maior tendência de preservação dos fragmentos florestais em áreas acidentadas.

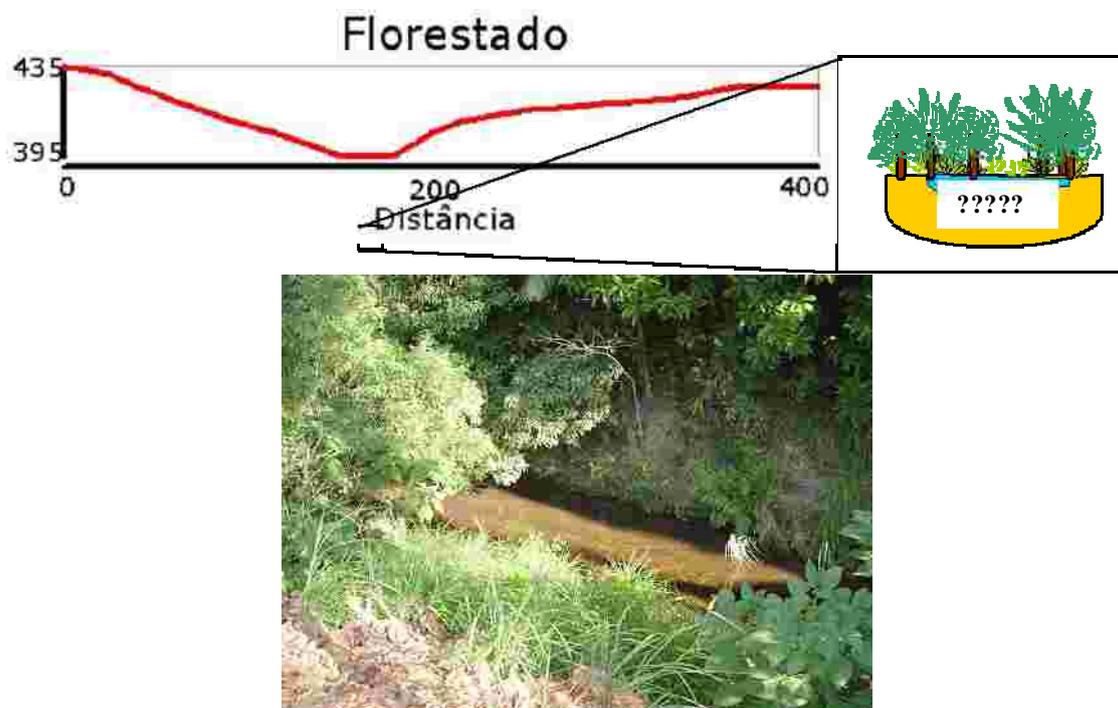


FIGURA 8.12: Perfil transversal a um vale com Canal Florestado, desenho esquemático da seção e fotografia ilustrativa. Vê-se a vegetação arbórea ocupando as margens do canal do Ribeirão Brandão, que por ser o coletor da bacia apresenta maior volume de fluxo e calha aparente.

- ***Canais Retificados***

A retificação de canais está associada a obras de engenharia realizadas em diversos trechos das bacias estudadas, a fim de minorar problemas relacionados a enchentes nas áreas urbanas o próximo a rodovias. Prática regular é a eliminação dos meandros e aprofundamento dos talvegues por dragagens, por exemplo. Cabe ressaltar que esse tipo não deve ser confundido com o impermeabilizado, que será discutido adiante, além de poder apresentar vegetação nas margens – figura 8.13.



FIGURA 8.13: Perfil transversal a um vale com Canal Retificado, desenho esquemático da seção e fotografias ilustrativas. Vê-se a ocupação da planície chegando às margens do canal no Ribeirão Brandão (A) – bairro Sessenta. Em (B) observa-se um canal que ocupa um corte de estrada de ferro desativada, cuja calha mostra-se já impermeabilizada na seção próxima à grade (primeiro plano).

- **Canais Impermeabilizados e Subterrâneos**

Esse tipo de canal constitui um tipo retificado “aperfeiçoado”, ou seja, não apenas se retificado, mas com impermeabilização de sua calha e margens (quadro 8.1). Em áreas de urbanização mais densa, com frequência o canal deixa de ser visível (exposto), sendo conduzido por galerias subterrâneas de concreto (figura 8.14).

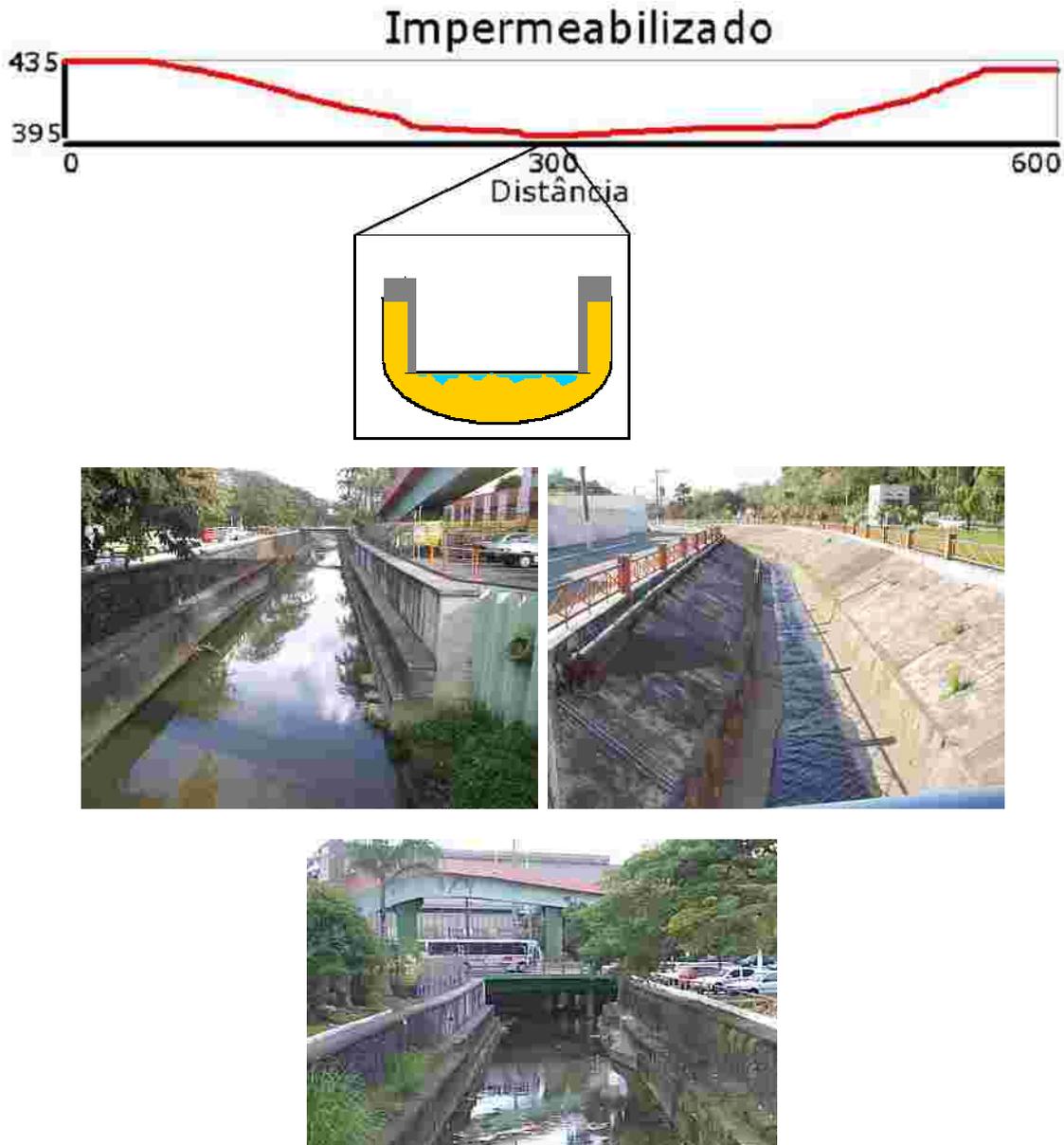


FIGURA 8.14: Perfil transversal a um vale com Canal Retificado, desenho esquemático da seção e fotografias ilustrativas. (A) e (C) constituem seções do Ribeirão Brandão no bairro Santa Cecília; em (C) o canal passa a ser subterrâneo.

Nas duas bacias estudadas, pode-se verificar uma pequena participação destes tipos de canais no conjunto total, não chegando, em nenhum dos casos, a mais de 5% do comprimento total das seções. Apesar disso, os comprimentos absolutos são variáveis, conforme pode ser visualizado nas tabelas 8.1 e 8.2.

Os canais de comportamento híbrido retificados e impermeabilizados foram projetados para desempenhar um papel de propiciadores da evasão de água e sedimentos por elas transportados das calhas dos cursos fluviais em áreas urbanas, como já discutido. Entretanto, considerando o fato de hoje apresentarem feições claramente indicativas de uma dinâmica oposta (de estocagem de sedimentos e materiais tecnogênicos), e o foco do estudo nas transformações experimentadas pelas redes de drenagem durante os últimos 50 anos, verificou-se a necessidade de uma caracterização mais detalhada de sua morfologia e materiais, apresentada a seguir.

8.2 ALTERAÇÕES DIRETAS NOS CANAIS FLUVIAIS

No item anterior foram apresentadas as principais intervenções verificadas nos canais fluviais, em função da expansão urbana. Esta, tratada no capítulo 6, assumiu caráter diferenciado nas áreas planejadas e nas de ocupação inicial orgânica, porém em ambas assiste-se à introdução da técnica na "moldagem" dos canais fluviais, especialmente verificada no baixo curso dos coletores. Essa afirmação não restringe o vínculo das alterações observadas na drenagem somente às mudanças de uso e cobertura do solo, mas engloba todo um conjunto de elementos intrínsecos à construção do espaço urbano, como: as intervenções diretas em pontos específicos no traçado e nas margens dos canais; as redes de abastecimento de águas e de esgotos; os rejeitos de detritos originados da construção civil; o reflexo de áreas submetidas a movimentos de terraplanagem que expõem, em cortes, aterros, bota-foras, materiais completamente desprotegidos e vulneráveis à ação da erosão, como é o

caso de loteamentos, de áreas preparadas para a implantação de conjuntos habitacionais e de vias, entre outros. Essas intervenções constituem fontes de sedimentos para os corpos d'água, podendo contribuir para mudanças na estrutura morfológica e na capacidade de transporte dos canais e, conseqüentemente, possíveis rearranjos dos sistemas fluviais, aspectos que serão discutidos neste item.

8.2.1 Sistema de Abastecimento de Águas e Rede de Esgotos em Volta Redonda

O intenso crescimento populacional e a expansão urbana verificados a partir de 1950 em Volta Redonda foram responsáveis por uma crescente demanda pelos serviços de abastecimento de águas e esgotamento sanitário, sendo criada em 1967 a autarquia SAAE/VR (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda³²). Atualmente, o sistema possui três Estações de Tratamento de Águas (ETA), estando somente duas em operação, com etapas de clarificação; decantação/filtração; desinfecção; e fluoretação, acompanhados do controle de qualidade das águas³³, que são:

- ETA Belmonte – localizada no bairro Belmonte, passou por processo de reestruturação e obras que resultou na duplicação de sua capacidade em 2001³⁴, retirando diariamente cerca de 2.000 litros por segundo (120.000 litros por minuto – SAAE/VR [2004]) captados do principal manancial do município, o rio Paraíba do a jusante do ponto de descarte dos resíduos líquidos da Companhia Siderúrgica Nacional. Dispõe de uma rede elevatória, de duas adutoras e

³² FEU (2004) aborda a relação entre os serviços públicos de água e esgoto prestados e a qualidade de vida em Volta Redonda.

³³ Adota-se os parâmetros de qualidade de águas estabelecidos pela resolução CONAMA (2005) destinados ao consumo humano, tais como: pH, cloro, coloração, turbidez, flúor, coliformes fecais e termotolerantes fecais.

³⁴ Obra efetuada pela CSN, como parte das medidas compensatórias e ajustamentos prescritos no Termo de Compromisso Ambiental (TCA) da empresa, em contrapartida à anistia de multas por danos ambientais imputadas por órgãos públicos. Conforme há a conclusão de obras previstas no TCA, ocorre o cancelamento de determinadas multas de valor similar.

reservatórios, os quais alimentam o principal anel de abastecendo praticamente toda a cidade, além de alguns bairros limítrofes do município de Barra Mansa e dois bairros de Barra do Piraí (Califórnia e Morada do Vale);

- ETA São Sebastião – abastece somente o bairro de São Sebastião com o tratamento de 40,25 litros de águas por segundo (litros por minuto) captados de drenagem local;
- ETA Santa Rita – encontra-se atualmente fora de operação; era dotada de sistema com capacidade equivalente a 160 litros por segundo (9.600 litros por minuto – HIDROCONSULT [1990]) retirados do Córrego do Peixe, na bacia do rio Santa Rita. Atendia aos bairros São João Batista, São Luiz, Dom Bosco e mais dois bairros do município de Barra do Piraí³⁵.

Antes da duplicação da ETA Belmonte, esta se encontrava operando no limite máximo de sua capacidade e com muitos pontos críticos, devido à baixa perícia técnica do sistema de tratamento e péssima qualidade das águas do rio Paraíba do Sul, levando a ser cogitada, em 1990, a possibilidade de obtenção de um manancial alternativo (1990). Nesta ocasião, dois cursos d'água foram selecionados para um exame mais pormenorizado com vistas à construção de barragem para aproveitamento integrado (abastecimento de águas e laminação de cheias): o Rio Turvo (a Norte do município) e o Ribeirão Brandão. Ambos, porém, mostraram-se inviáveis (HIDROCONSULT, *op. cit.*) devido aos elevados custos com desapropriações, alta variação da vazão constante para assegurar a elaboração de projetos de tamanha envergadura e, no caso específico do Ribeirão Brandão, à presença da Reserva da Cicuta no seu médio curso e do lixão municipal, que poderiam gerar impedimentos de ordem institucional e comprometimento qualitativo das águas.

Os dados produzidos pelo SAAE/VR em 2004 acerca do abastecimento de águas e da rede de esgotos dos domicílios particulares

³⁵ Os bairros anteriormente abastecidos pela ETA Santa Rita foram incorporados ao sistema ETA Belmonte.

permanentes (economias) demonstram acesso quase total e irrestrito da população a esses serviços (tabela 8.3), contudo, FEU 04) aponta a existência dos “excluídos”, especialmente considerando que o tratamento dos esgotos é praticamente inexistente (tabela 8.4).

A implantação do sistema de coleta de esgotos foi feita em duas etapas: a primeira, concebida e parcialmente executada pela CSN, e a segunda, a partir da década de 1980, projetada e instalada pelo SAAE/VR (HIDROCONSULT, 1990). Segundo o SAAE/VR (2004), 97% dos domicílios das áreas urbanas encontram-se ligados à rede geral coletora, perfazendo um total de 94.634 imóveis (residenciais, industriais e públicas). Para o tratamento dos esgotos coletados, no entanto, o quadro não é tão favorável, apesar de contar com 6 (seis) Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Estas estações de tratamento de esgotos atendem somente parte da população dos bairros onde estão localizadas, sendo uma estratégia utilizada atualmente pelo SAAE, atualmente, o condicionamento da aprovação de novos conjuntos habitacionais à construção de estações de tratamento de esgotos pelos empreendedores imobiliários, a serem posteriormente gerenciadas pela autarquia. As ETEs estão localizadas nos bairros: Padre Jósimo e Santa Cruz, Santo Agostinho, Cidade Nova e Jardim Belvedere/Casa de Pedra.

TABELA 8.3: Número e porcentagem de economias por tipo de abastecimento e tipo de esgotamento em Volta Redonda (RJ). **Fonte:** SAAE/VR (2004).

Tipo de Abastecimento	Nº de economias	(%)
Rede geral de águas	103.750	99,1
Poço nas propriedades	118	0,3
Outra	236	0,6
Tipo de Esgotamento	Nº de economias	(%)
Rede geral de esgotos	94.634	97
Fossa rudimentar	233	0,25
Outro escoadouro	1.952	2

TABELA 8.4: Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), suas respectivas capacidades de tratamento em litros por minuto (l/min), número de moradores atendidos e porcentagem em relação ao total de habitantes do município de Volta Redonda (RJ).

Fonte: SAAE/VR (2004).

ETE	Vazão (l/min)	Nº de moradores	Cobertura (%)
Santa Cruz	600	15.000	7,00
Vila Rica I	210	12.000	5,40
Vila Rica II	1080		
Volta Grande IV	180	2.800	1,50
Padre Jósimo	150	2.500	1,25
Cidade Nova	180	3.500	1,85
Total	2400	36.000	≅ 17

Pelos dados expostos, evidencia-se que a abrangência espacial do sistema de fornecimento de águas abarca praticamente todos os fixos do município, todavia, para a infra-estrutura da rede sanitária de esgotos esta afirmativa não é verdadeira. Entende-se por rede sanitária não somente o escoamento dos rejeitos, mas, como etapa fundamental do processo, a possibilidade de tratá-los. Assim, apesar dos 97% das economias atendidas, porcentagem amplamente divulgada pelo SAAE/VR, o sistema é deficitário, uma vez que a rede de tratamento dos descartes limita-se aos bairros que possuem ETEs, que atendem, ao todo, a apenas 17% da população de Volta Redonda. Esta pequena cobertura resulta no predomínio emissões *in natura*, representando inquestionável incremento no aporte hídrico e de detritos para os canais fluviais.

Este quadro indica que os volumes captados do rio Paraíba do Sul para abastecimento são distribuídos através da rede de fornecimento para diferentes sub-bacias contribuintes do Paraíba do Sul, e descartados *a posteriori* nos rios através da rede de esgotos e pluvial. Levantamentos realizados pela HIDROCONSULT (1990) verificaram inúmeros pontos de

ligação do esgotamento em redes de coleta de águas pluviais, que chegam a se confundir com os pequenos córregos canalizados.

8.2.2 Descarte de Efluentes nos Canais Fluviais das Bacias do Ribeirão Brandão e Córrego Santa Rita

A análise da contribuição do descarte de efluentes para a modificação dos canais fluviais foi efetuado a partir levantamento em campo dos locais e volumes de despejo nos coletores das bacias em estudo. O cômputo das tubulações identificadas nos canais coletores Ribeirão Brandão e Córrego Brandãozinho (bacia do Ribeirão Brandão) e córregos Santo Antônio, Santa Rita e dos Peixes (bacia do Córrego Santa Rita) encontra-se exposta na tabela 8.5, e sua distribuição espacial figuras 8.15 e 8.16. Destaca-se que no momento da campanha de campo os dutos de descarte foram distinguidos em **ativos** (os que estavam descartando algum volume de efluente) e **inativos** (aqueles sem despejo) – figura 8.17.

Tabela 8.5: Cômputo de pontos de emissão direta de efluentes identificados nos coletores das bacias dos rios Ribeirão Brandão e Santa Rita, Volta Redonda (RJ).

Tubulações	Ribeirão Brandão		Santa Rita		Total
	Ativos	Inativos	Ativos	Inativos	
Canos	15	26	19	31	91
Manilhas Pequenas	23	34	6	6	69
Manilhas Médias	14	13	5	4	36
Manilhas Grandes	8	3	2	1	14
Total	60	76	32	42	210

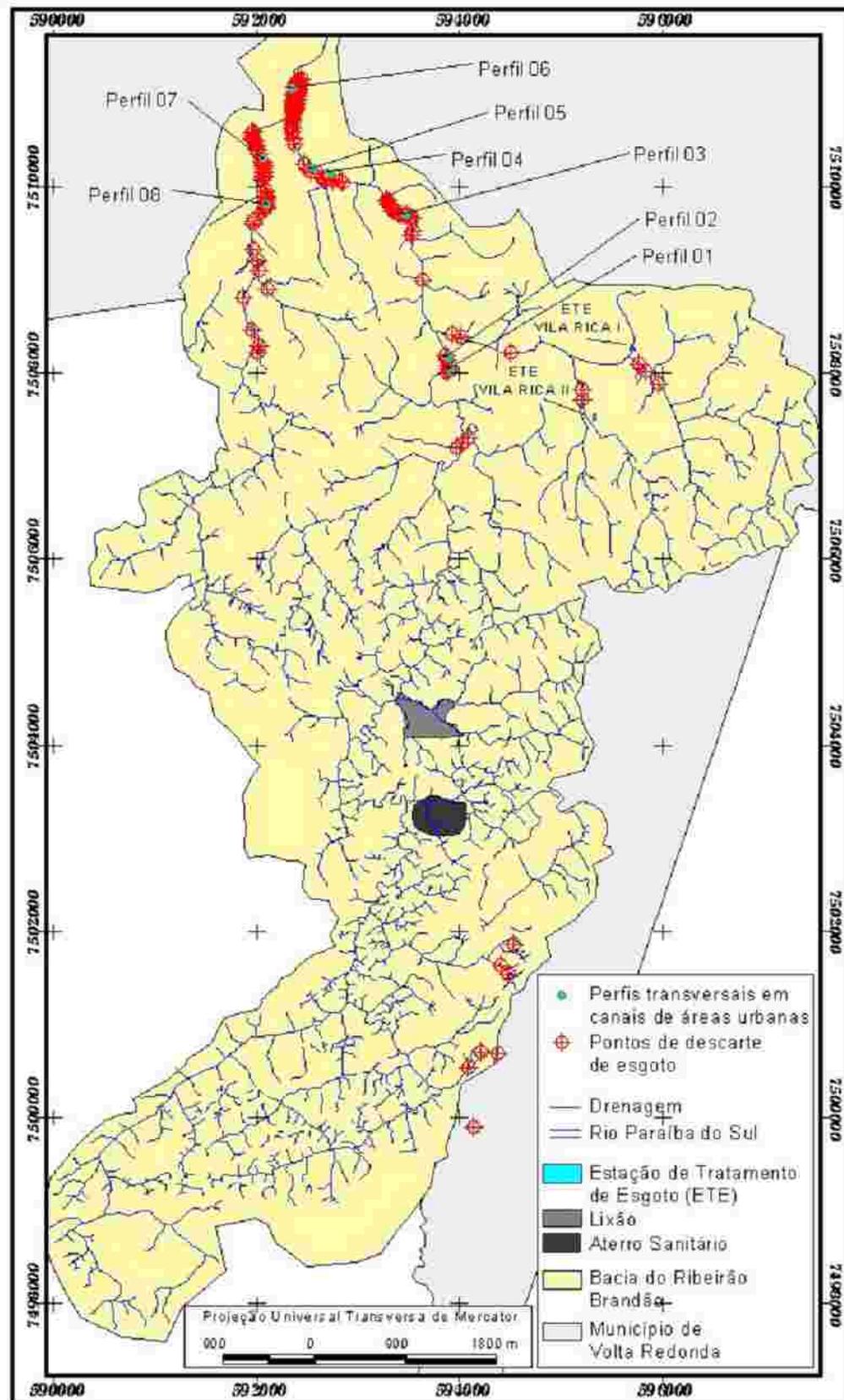


FIGURA 8.15 Mapa dos pontos de descartes de esgoto e perfis transversais em canais de áreas urbanas na bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ)

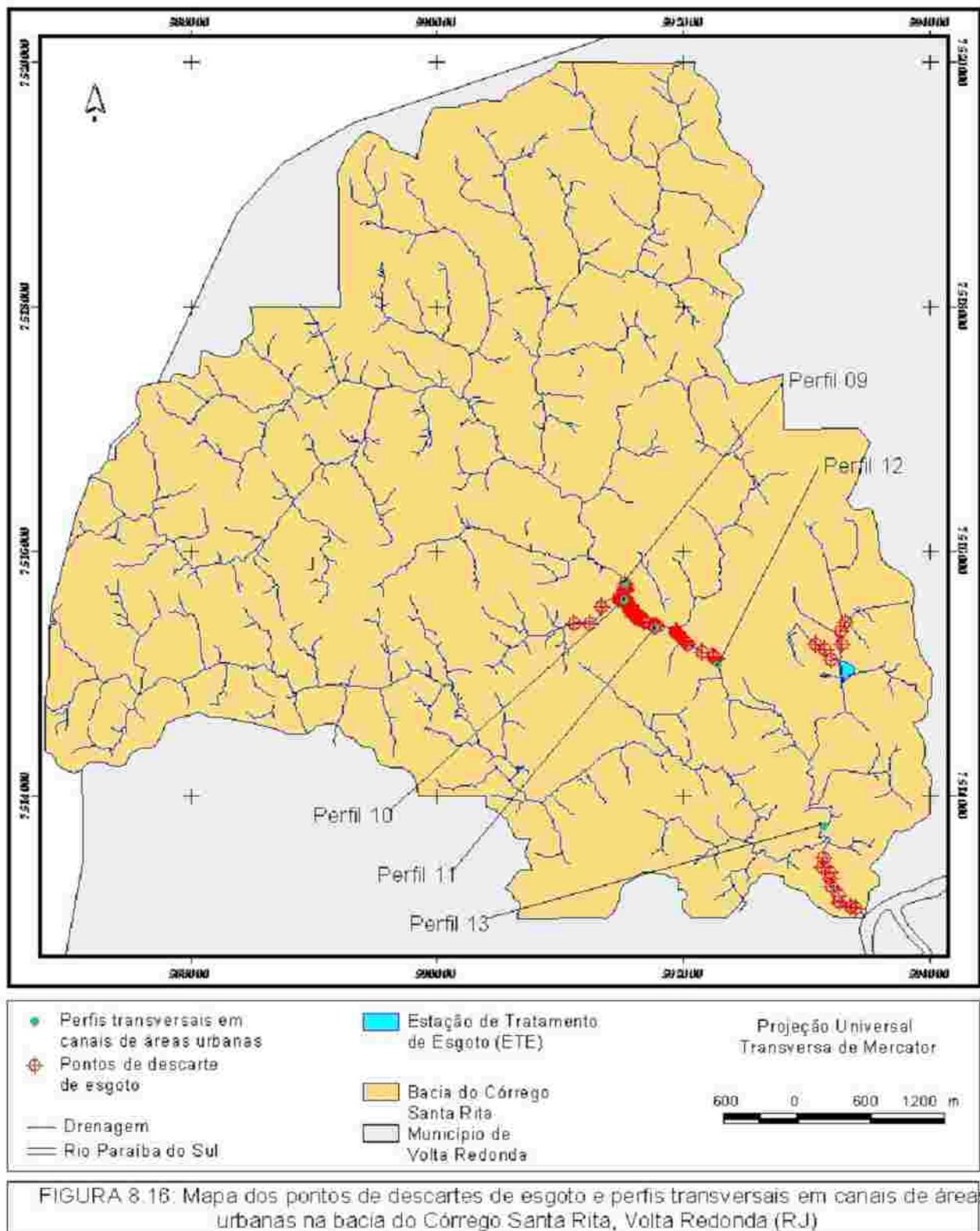




Figura 8.17: Tipos de tubulações de emissão de efluentes levantados nas bacias do Ribeirão Brandão e Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ). (A) Canos inativos no Córrego do Peixe; (B) Manilha pequena ativa no Ribeirão Brandão; (C) Manilha média ativa no rio Santo Antônio; (D) Manilhas grandes ativas e pequena inativa no Ribeirão Brandão. Observa-se a deposição de sedimentos e detritos variados nos leitos modificados dos canais.

Observa-se na tabela 9.3 um grande número de tubulações em inatividade. Este fato pode ser explicado pela ausência de eventos pluviométricos nos dez dias anteriores à realização dos trabalhos de campo³⁶ (as duas últimas ocorrências de chuvas haviam sido pouco expressivas), o que permitiu identificar, a princípio, fundamentalmente a contribuição das emissões de esgotos, na medida que o escoamento superficial era nulo na ocasião.

³⁶ Para esta etapa da dissertação os trabalhos de campo foram realizados em julho de 2005.

realizados em julho

Na bacia do Córrego Santa Rita, a distribuição espacial das tubulações traduz o crescimento urbano desordenado (orgânico), com densa ocupação nas áreas próximas ao rio Paraíba do Sul (bairros São João Batista e Voldac) e também nos bairros Santa Rita do Zarur e Santa Cruz, situados no Córrego dos Peixes (ver figura 6.1, p. 78).

Na bacia do Ribeirão Brandão, os despejos via tubulações mostraram-se concentrados no baixo curso do Brandão e do Brandãozinho, setores de ocupação mais antiga da cidade, consolidada até a década de 1970 (ver figura 6.1). Segundo o sr. José Dias Magalhães (sub-coordenador do setor de obras de empreiteira da CSN, aposentado), os bairros construídos posteriormente aos anos 50 até início da década de 1980, na área da bacia do Brandão, foram planejados já dotando-os de infra-estrutura sanitária composta de manilhas com 4 (quatro) polegadas conectadas aos domicílios e estabelecimentos, e em seqüência, subsistemas formados por conjunto de manilhas de 6 (seis) polegadas, que por sua vez despejam em manilhas de 10 (dez) polegadas ligadas à rede geral do sistema de esgotos da atual SAAE/VR ou diretamente nos canais coletores (Ribeirão e córregos Brandãozinho e Cafuá ou Curral). Situam-se neste sistema os bairros Bela Vista, Sessenta, Rústico, Vila Santa Cecília, Nossa Senhora das Graças, Laranjal, Monte Castelo, Casa de Pedra, Jardim Esperança, Vila Rica, Jardim Belvedere, Siderópolis e Roma I/II. O grande número de canos (tubulações com diâmetro inferior a 20 cm) encontrado no levantamento efetuado - aproximadamente 50% das tubulações, conforme pode ser visualizado na tabela 8.5 - parece ser um indicador claro da informalidade de parte considerável dos sistemas de escoamento existentes.

Os resultados da mensuração da vazão realizada para os 31 pontos de tubulações ativas visitados na bacia do Brandão estão apresentados na tabela 8.6 e as estimativas de emissão de esgotos calculadas, na tabela 8.7.

Observa-se na tabela 8.6 um grande número de tubulações em inatividade. Este fato pode ser explicado pela ausência de eventos pluviométricos nos dez dias anteriores à realização dos trabalhos de

campo³⁷ (as duas últimas ocorrências de chuvas haviam sido pouco expressivas), o que permitiu identificar, a princípio, fundamentalmente a contribuição das emissões de esgotos, na medida que o escoamento superficial era nulo na ocasião.

Tabela 8.6: Vazões calculadas para os diferentes tipos de tubulações nas bacias do Ribeirão Brandão e Córrego Santa Rita, Volta Redonda (RJ), a partir de levantamentos de campo.

	Ribeirão Brandão		Santa Rita	
	Vazão total (l/min)	Vazão Média (l/min)	Vazão total (l/min)	Vazão Média (l/min)
Canos	18	6	43	10,75
Manilhas Pequenas	148	21,15	49,7	9,95
Manilhas Médias	310	62	48	24
Manilhas Grandes	362	120,6	120	60
Total	832		260,7	

As estimativas de vazões apresentadas na tabela 8.7 permitem uma primeira aproximação do volume de água transferido do rio Paraíba do Sul (manancial principal) para os sistemas de drenagem analisados. Ainda que devam ser consideradas as inúmeras perdas neste processo de transferência, uso e descarte de águas servidas, permite um dimensionamento dos volumes hídricos introduzidos nos afluentes do Paraíba. A avaliação da sua participação nas vazões médias destes coletores, no entanto, não pôde ainda ser efetuada, tendo em vista a inexistência de dados sobre o regime de vazões do Ribeirão Brandão e no Córrego Santa Rita (existem apenas cálculos de projeções de volumes de cheias, nos relatórios consultados – HIDROCONSULT, 1990 e COPPE, 2002)

³⁷ Para esta etapa da dissertação os trabalhos de campo foram realizados em julho de 2005.

realizados em julho

Tabela 8.7: Estimativas de emissão de esgotos em tubulações ativas (EEA) e de emissão total (tubulações ativas e inativas) nos corpos hídricos coletores das bacias dos rios Ribeirão Brandão e Santa Rita, Volta Redonda (RJ).

Tubulações	Ribeirão Brandão		Santa Rita	
	*E.E.A. (l/min)	***E.E.T. (l/min)	E.E.A. (l/min)	E.E.T. (l/min)
Canos	90**	246****	204,2	537,5
Manilhas Pequenas	486,4	1205,5	59,7	119,5
Manilhas Médias	868	1674	120	216
Manilhas Grandes	964,8	1326,6	120	180
Total	2.409,2	4.452,1	503,9	1053

*E.E.A.– Estimativa de emissão para tubulações ativas.

**Valores estimados pela multiplicação do número de tubulações ativas por categoria pela média da vazão em litros por minuto;

***E.E.T.– Estimativa de emissão total, projetando a soma das vazões das tubulações ativas e inativas em litros por minuto;

**** Valores estimados pela multiplicação do número de tubulações (ativas e inativas) por categoria pela média da vazão em litros por minuto.

8.2.3 Alterações tecnogênicas na morfologia dos canais fluviais

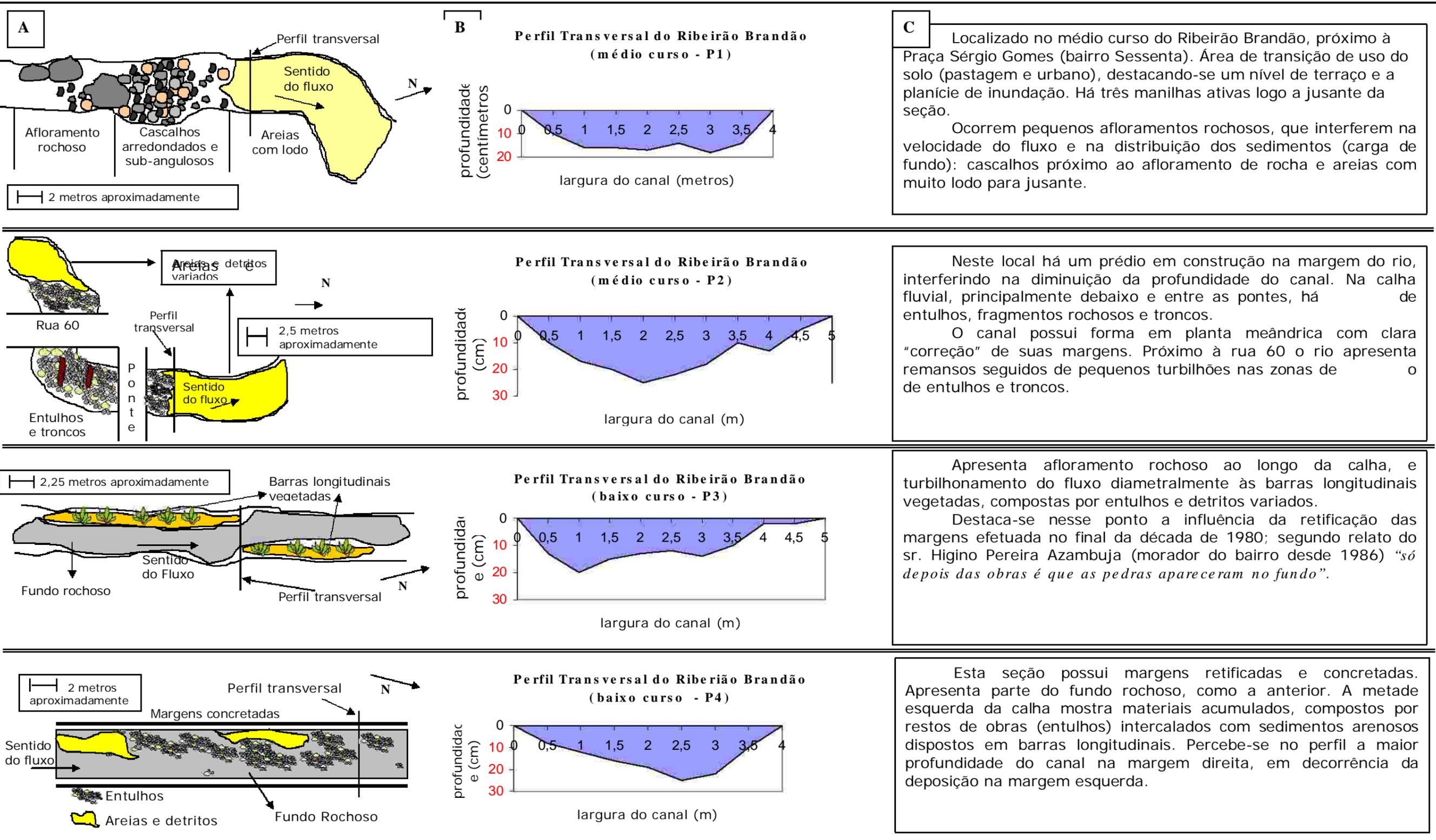
Os perfis transversais executados nos coletores das bacias em estudo para detalhamento das feições associadas às alterações tecnogênicas nos canais fluviais são apresentados nas *figuras* 8.1 e 8.2. Observa-se pelos aspectos expostos, que os canais coletores das bacias do

Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita, em seus trechos urbanos, são retratos típicos de um quadro comum nas cidades brasileiras.

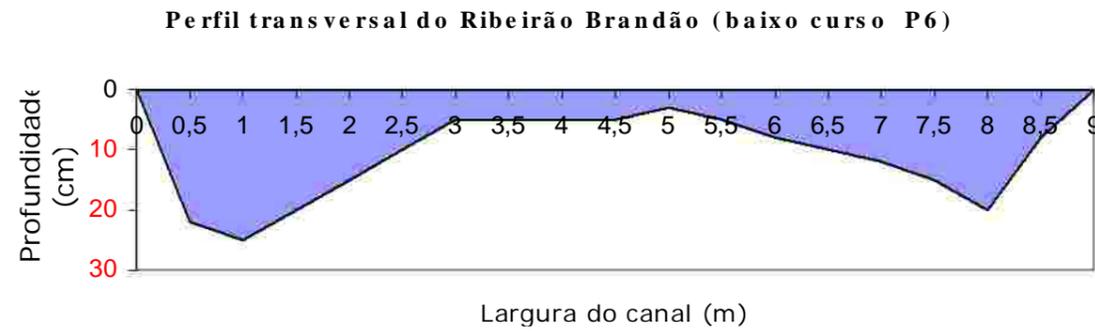
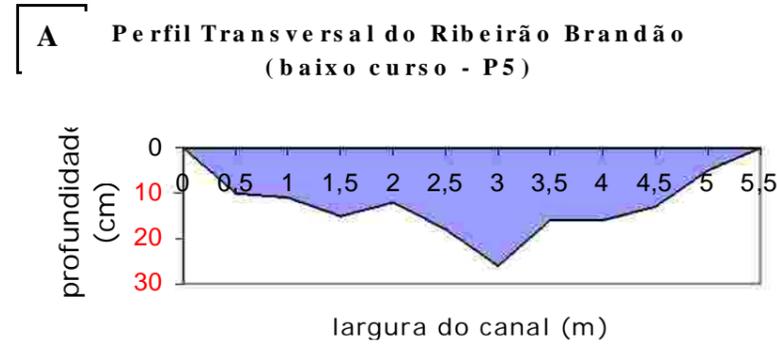
São receptores de materiais variados (lixo, entulhos, os advindos de erosões nas encostas), tornando-se, como já apontado por CASTRO (2004), focos de poluição e veículos de disseminação de doenças, oferecendo altos riscos social e ambiental. A disposição dos detritos nas calhas cria novas condições de rugosidade nos canais, n do a gerar formas deposicionais (barras longitudinais e laterais) principalmente após eventos de chuva de grande magnitude, que produzem picos de vazão com alta capacidade de remoção e transporte de materiais, posterior deposição da carga transportada. O acúmulo destes materiais produz

“(...) verdadeiras barragens artificiais transversas à calha dos córregos, que interferem na passagem dos fluxos pelas seções hidráulicas dos cursos d’água (...) consistindo, na situação atual, o assoreamento problema crucial a ser enfrentado nos principais rios de Volta Redonda.”
(HIDROCONSULT, 1990:116).

Em linhas gerais, a impermeabilização das encostas, aumentando o escoamento superficial, a falta de tratamento do esgoto e/ou seu descarte *in natura* nos sistemas de drenagem das águas pluviais, e mesmo a instalação inadequada desses sistemas de coleta de águas, freqüentemente contribuem para o incremento do aporte de sedimentos para as calhas fluviais. A conjugação destes fatores com deficiências em equipamentos básicos de infra-estrutura e serviços de coleta de lixo também tende a intensificar os processos de assoreamento dos leitos e a ocorrência de enchentes.



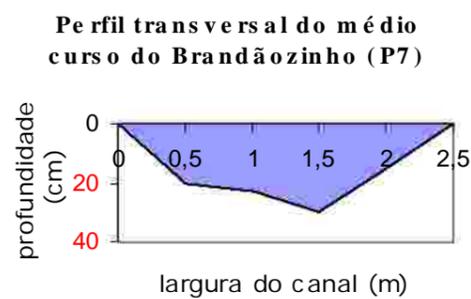
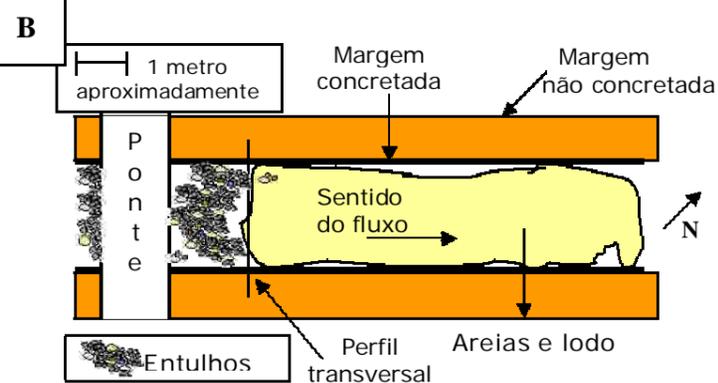
PRANCHA 8.1: (A) Croquis representativos da visão em planta de diferentes seções de canal no Ribeirão Brandão (Volta Redonda, RJ), com representação das intervenções diretas e feições deposicionais associadas aos materiais "tecnogênicos". (B) Perfis transversais aos canais nas seções descritas (ver localização assinalada na figura 8.15). (C) Descrição das seções analisadas.



Perfis executados no trecho do Ribeirão Brandão próximo à CSN (Avenida dos Trabalhadores). As fotos A e B mostram o ponto mais próximo ao rio Paraíba do Sul antes da área da CSN.

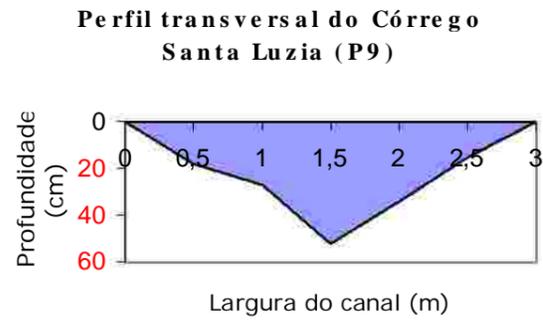
No P5 nota-se a simetria do talvegue e das margens, destacando-se que a calha tinha sido aprofundada alguns meses antes, durante obras realizadas pela prefeitura. O P6 corresponde ao local representado na foto D; apresenta, na parte central, redução da profundidade por assoreamento, possivelmente relacionada às obras ainda existentes na época (vide foto C). Destaca-se o grande volume de detritos nas seções.

Fotos: (A) Ribeirão Brandão com margens impermeabilizadas até a entrada na planta industrial da CSN (ao fundo); (B) Materiais acumulados próximo ao trecho em que o rio torna-se subterrâneo; (C) Obras executadas para reconstituir parte da margem direita que sofreu erosão e solapamento do concreto; (D) Medição da profundidade do canal no P5.



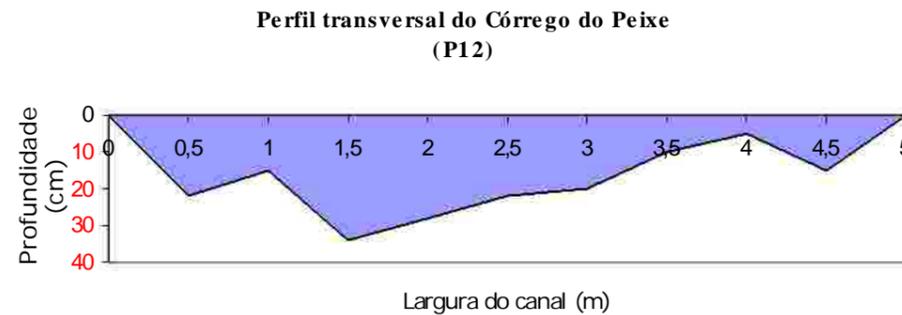
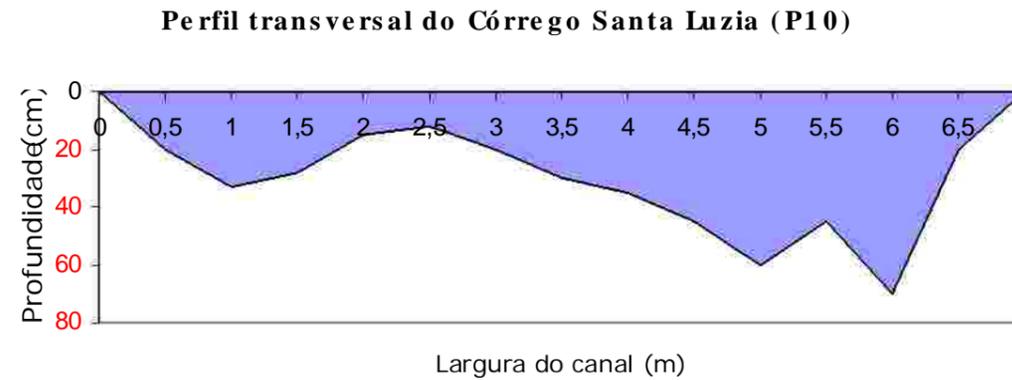
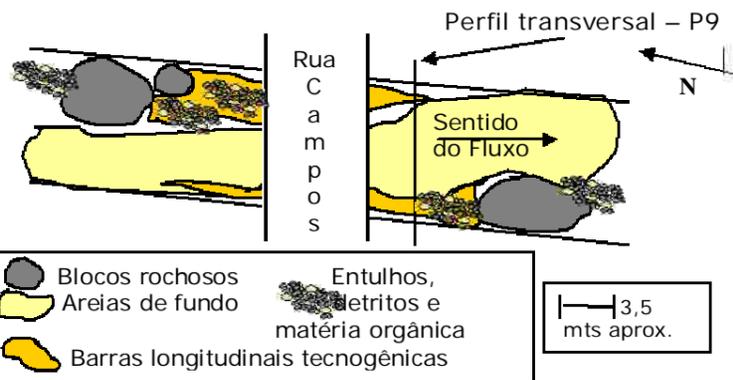
Perfil no Córrego Brandãozinho. As margens internas estão concretadas, com alguns pontos em franco processo de solapamento na base das margens maiores não concretadas; existem evidências de transbordamento das margens internas. Sob a ponte, barrados pela estrutura da construção, há acúmulo de fragmentos de vegetação, detritos diversos e lixo formando barreiras fluxo do canal.

PRANCHA 8.2: Perfis transversais, croqui da visão em planta e fotografias de diferentes seções de canal no Ribeirão Brandão (A) e no Córrego Brandãozinho (B), Volta Redonda (RJ), com representação das intervenções diretas e feições deposicionais associadas aos materiais "tecnogênicos" (ver localização assinalada na figura 8.15) e descrição das seções.

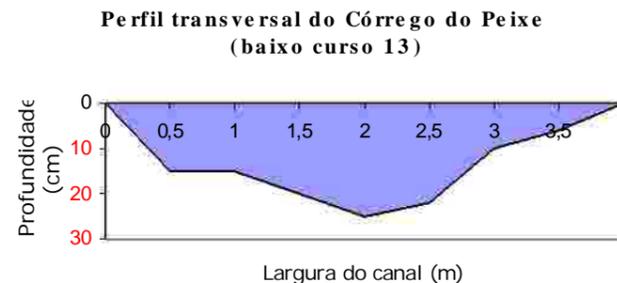
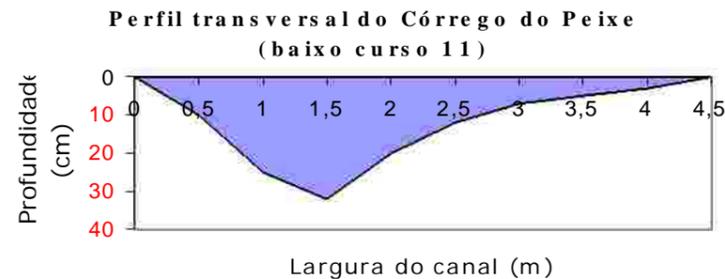


Nos perfis P9 e P10 - Córrego do Peixe - identificou-se a presença de troncos de madeira, folhas e galhos, entulhos e outros detritos na calha. Este tipo de detritos e sedimentos arenosos formam pequenas barras longitudinais e de pontual.

No perfil P9 blocos rochosos arredondados ocorrem próximo ao talvegue, que migra de posição ao longo do trecho analisado. Outro destaque é a diferença na largura do canal, considerado que os pontos encontram-se a uma distância de 500 metros. É possível explicar essa diferença pelo maior acúmulo de materiais no P10. Ademais o ponto 9 apresenta concretagem nas margens limitando a calha (fotografia A), já no P10 o canal não está confiando, formando pequenos meandros (foto B).



Na foto (A) vê-se a deposição de detritos na calha do Córrego Santa Luzia. Em (B) destaca-se o acúmulo de materiais de obras chegando à calha do Córrego do Peixe (visão a partir da ponte da rua Cruzeiro), na margem direita; na margem esquerda há um aterro sobre a barra de pontal. Em (C), onde o Córrego do Peixe está no limite da área urbana do bairro Santa Rita do Zarur observa-se materiais produzidos por terraplanagem sobre a planície fluvial.



PRANCHA 8.3: Perfis transversais, croqui da visão em planta e fotografias de diferentes seções de canal nos coletores da bacia do Córrego Santa Rita, com representação das intervenções diretas e feições deposicionais associadas aos materiais "tecnogênicos" (ver localização assinalada na figura 8.16) e descrição das seções.

Assim, além dos condicionantes locais – geralmente mais valorizados pelas obras de engenharia – destacam-se como questões inevitáveis a serem discutidas dentro do quadro relatado acima: as alterações no uso do solo nas áreas de contribuição (em que se insere a impermeabilização advinda da expansão das áreas urbanas); a própria retificação dos canais fluviais (incluindo a concretagem e outras obras de contenção) e/ou sua transformação em rios subterrâneos; a necessidade de desvincular os sistemas pluviais da rede de esgotos, além do próprio tratamento dos esgotos, conforme já apontado no item anterior.

A “canalização” dos cursos d’água, conforme OLIVEIRA (1999), consiste na ampliação e regularização de seções transversais por intermédio de escavações para aprofundamento da calha e redução da sua extensão por meio de cortes e retificações. Amplia-se a seção de escoamento e a declividade, e diminui-se a rugosidade, aumentando-se a velocidade. Em obras urbanas é comum revestir os canais para evitar a erosão marginal e, concomitantemente, reduzir a rugosidade da calha, aumentando a capacidade do escoamento. A contribuição crescente das águas superficiais (pluviais) canalizadas e drenadas para os canais retificados e/ou impermeabilizados, no entanto, tende a aumentar a amplitude das descargas locais, modificando o regime fluvial. As feições deposicionais tecnogênicas reconhecidas nos coletores que tiveram seus leitos modificados demonstram, deste modo, uma “inversão” no comportamento dominante destas seções de canal, que de canais de evasão passam a ambientes de estocagem de sedimentos e detritos tecnogênicos.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação procurou analisar a influência transformações nos sistemas fluviais, alicerçadas na técnica, tendo como recorte duas bacias tributárias do rio Paraíba do Sul município de Volta Redonda (RJ). A investigação foi construída em três eixos: a análise da evolução urbana; a caracterização da estruturação geomorfológica destas bacias; e a definição de tipos de canais fluviais, com base no método proposto por G. BRIERLEY e colaboradores, integrando-o ao reconhecimento de feições deposicionais quaternárias (morfoestratigrafia) e à dinâmica evolutiva dos sistemas de drenagem no Holoceno, fruto das pesquisas realizadas no NEQUAT/UFRJ. Estes eixos, na verdade, compõem diferentes escalas de abordagem para a apreensão dos processos de origem tecnogênica, fornecendo as bases para a proposição de esboço de tipologia de canais fluviais, certamente a ser aprimorado em estudos vindouros.

A evolução urbana de Volta Redonda apresenta-se como um aspecto singular e muito importante para o desenvolvimento do tendo sido uma cidade praticamente surgida e expandida nos últimos 60 anos, ressaltam-se os efeitos da construção do espaço urbano neste curto intervalo, passíveis de acompanhamento pelos documentos cartográficos e fotográficos disponíveis, que orientaram a definição do recorte espacial das análises realizadas.

A caracterização da estrutura geomorfológica das bacias selecionadas para estudo - do Ribeirão Brandão e do Córrego Santa Rita - apoiada na compartimentação do relevo e na morfometria das bacias, possibilitou a compreensão da organização espacial dos diferentes ambientes de vale onde se inserem os tipos de rios propostos. Os sub-compartimentos individualizados permitiram detalhar as unidades geomorfológicas anteriormente reconhecidas por SILVA *et al.* (1993), em especial no Compartimento Bananal/Amparo (C2), onde encontram-se embutidos a Bacia de Volta Redonda e o Gráben Casa de Pedra, caracterizados por

padrões diferenciados de dissecação do relevo. Esta estrutura configura um arcabouço que mostra importante controle sobre os processos fluviais e sobre a ocorrência dos tipos de seção de canal reconhecidos. Desta feita, a identificação de padrões de conectividade de tipos de assim como a avaliação da sua condição geomorfológica – tendência à degradação ou à formação de uma nova condição de ajuste – devem se fundamentar nesta estrutura. Consideramos necessário aprofundar a caract dos tipos de rios propostos, através de estudos sedimentológicos e morfométricos de detalhe, assim como desenvolver estudos fitossociológicos especialmente para as áreas de brejo e ampliar a área de estudo, a fim de alicerçar o desenho final de uma tipologia de rios para a região.

O esboço da tipologia de rios ora apresentada abarcou definição de 10 (dez) tipos de canais fluviais. Os canais erosivos, embrejados e incisos destacam-se como os tipos que refletem a evolução da rede de drenagem holocênica e atual, em grande parte controlada pelas variações climáticas e pela neotectônica. O reencaixamento da drenagem é um processo anterior à ocupação histórica, como atestam os registros estratigráficos. A articulação longitudinal entre diferentes tipos de canais reflete condição de encaixamento da drenagem e esvaziamento dos fundos de e cabeceiras, iniciados antes do processo de ocupação. papel do processo de urbanização nos ajustamentos da rede de drenagem, porém, ainda representa uma questão em aberto. Através do presente logrou-se a construção de um arcabouço basilar para as investigações nesta linha.

Os canais de comportamento híbrido modificados por via da técnica – retificadas e impermeabilizados – descritos com maior detalhamento através do levantamento de seções transversais às calhas, evidenciam formas indicativas de um comportamento inverso ao planejado (melhoria do escoamento e redução de enchentes), estocando materiais e com redução das seções hidráulicas. Além de pontuais, estas alterações podem exercer influência nos tipos de rios desenvolvidos a montante e a jusante, que ainda necessitam ser avaliadas.

Por fim, deve ser ressaltado que os efeitos da urbanização na dinâmica das redes fluviais ainda está em curso, razão pela qual são

registrados apenas depósitos tecnogênicos atuais (material em trânsito) nas calhas e nas planícies fluviais, que encontram-se em contínuo retrabalhamento, portanto, altamente instáveis. Assim, apesar da tônica dos trabalhos dedicados ao estudo do Tecnógeno consistir no reconhecimento de depósitos tecnogênicos, postulamos que a investigação dos **processos tecnogênicos** também constitui um importante campo de pesquisa dentro desta linha de trabalho, inclusive quanto à questão conceitual. A reconstituição de mudanças se faz através de registros (de ordem estatigráfica, morfológica, biológica etc), tendo se buscado no presente estudo utilizar os registros geomorfológicos para identificar as alterações tecnogênicas nos sistemas fluviais de Volta Redonda, sem deixar de reconhecer a relevância do registro sedimentar.

Este trabalho constituiu a primeira experiência de adaptação do modelo teórico-metodológico de definição de estilos de rios para a região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Os resultados alcançados tiveram, portanto, o mérito principal de abrir novas questões, além das antigas e permitir o desenho de novas frentes de investigação para o estudo da evolução quaternária e tecnogênica das bacias de drenagem. As 5 indagações lançadas na apresentação deste volume ainda permanecem como estímulo para a apreensão da sinergia entre os ajustes dos sistemas de drenagem tomados como "naturais" e os operados pela tecnificação das paisagens.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Uma revisão do quaternário paulista: do presente para o passado. In: **Rev. Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, vol. 31, n. 4, p.1-51. 1969.
- AHNERT, F. Equilibrium, scale and inheritance in geomorphology. In: **Geomorphology**, Amsterdam, vol. 7, p. 125-140. 1993.
- ALMEIDA, J.C.H. **Zonas de cisalhamento dúctil de alto grau do Médio Vale do rio Paraíba do Sul**. 2000. 190p. Tese (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- AMADOR, E.S.** Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza. **Rio de Janeiro. 539p. 1997.**
- BARROS, M.A.; MELLO, C.L.; BARTH, O.M.; MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; CHAVES, S.A.M.** Estudos palinológicos na avaliação das transformações ambientais recentes em áreas degradadas - médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/ RJ). In: **SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, São Paulo (SP). Anais..., p. 153-156. 1993.**
- BARROS, M. A.; BARTH, O. M.; MELLO, C. L.; MOURA, J. R. S.; PEIXOTO, M. N. O. História recente da vegetação e o uso da terra no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, Brasil: uma abordagem palinológica. In: **Leandra**, Rio de Janeiro. v. 15. p. 47-57. 1999.
- BASSO, F.; BOVE, E.; DUMONTET, S.; FERRARA, A.; PISANTE, M.; QUARANTA, G.; TABERNER, M. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). In: **Catena**, vol. 40, p.19-35. 2000.

- BEDÊ, W.A. **Volta Redonda na era Vargas (1941-1964): história social**. Volta Redonda: Ed. Prefeitura de Volta Redonda. 148p. 2004.
- BELLIA, V. **Introdução à economia do meio ambiente**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 262p. 1996.
- BERNARDES, J.A.; FERREIRA, F.P.M. Sociedade e natureza. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.) **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand. 2003. p.17-42.
- BERQUE, A. Paisagem-marca, paisagem-matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural. In: CORRÊA, R.L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.) **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Ed.UERJ, p.84-91. 1998.
- BERTÊ, A.M.A. Depósitos tecnogênicos e planejamento urbano: o aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre (RS/Brasil). In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, São Paulo (SP). **Trabalhos completos...**, p. 1417-1430. 2005.(CD-ROM).
- BERTRAND, G. Paysaje y geografia física global. In: MENDOZA, J.G.; JIMÉNEZ (Orgs.) **El pensamiento geográfico**, Madrid: Ed.Alianza. p. 466-473. 1979.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L. (ORGs.) **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: Ed.Prantice Hall. 336p. 2003.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K. Tributary-trunk stream relations in a cut-in-fill landscape: a case study from Wolumla catchment, New South Wales, Australia. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.28, p.61-73. 1999.
- BRIERLEY G.J.; FRYIRS, K. River styles, a geomorphic approach to catchment characterization: implication for river rehabilitation in Bega catchment, New South Wales, Australia. In: **Environment Management**, v.25, n.6, p.661-679, 2000.

- BRIERLEY, G.J.; MURN, C.P. European impacts downstream sediment transfer and bank erosion in Cobargo catchment, New South Wales, Australia. In: **Catena**, vol. 31, p. 119-136. 1997.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Application of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. In: **Applied Geography**, v.22, p.91-122. 2002.
- BRIERLEY, G.J.; STANKOVIANSKY, M. Geomorphic responses to land use change. In: **Catena**, v.51, p.173-179. Editorial. 2003.
- BROOKES, A.; GREGORY, K.J. Channelization, river engineering and geomorphology. In: HOOKE, J.M.(ed.) **Geomorphology in environmental planning**. Plymouth: John Wiley. p.145-167.1988.
- BROOKS, A.P.; BRIERLEY, G.J. Geomorphic responses of lower Bega River to catchment disturbance, 1851-1926. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.18, p.291-304. 1997.
- BROOKS, A.P.; BRIERLEY, G.J. The role of European disturbance in the metamorphosis of the lower Bega River. In: FINLAYSON, B.L.; BRIZGA, S.A.(eds.) **River Management: the Australian experience**, Chichester: Wiley ed., p.221-246. 2000.
- BROOKS, A.P.; BRIERLEY, G.J. Framing realistic river rehabilitation targets in light of altered sediment supply and transport relationships: lessons from East Gippsland, Australia. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.58, p.107-123. 2004.
- BRUNSDEN, D.; THORNES, J.B. Landscape sensitivity and change. In: **Transactions of the Institute British Geographers**, vol. 4, p. 463-484. 1979.
- BURT. T.P. Integrated management of sensitive catchment systems. In: **Catena**, vol.42. p.275-290. 2001.

- BUTZER, K.W. Human response to environmental change in the perspective of future, global climate. In: **Quaternary Research**, 19, p.279-292. 1983.
- CASSETI, W. **O Ambiente e a Apropriação do Relevo**. São Paulo: ed. Contexto. 1991.
- CASTRO, C.M. **Vulnerabilidade em sistemas hídricos e riscos ambientais em Volta Redonda, Rio de Janeiro**. 2004. 114p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CASTRO, C.M.; MELLO, E.V.; PEIXOTO, M.N.O. Tipologia de processos erosivos canalizados e escorregamentos – proposta para avaliação de riscos geomorfológicos urbanos em Barra Mansa (RJ). In: **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v.25, p.11-25, 2002.
- CATTO, N; MACQUARRIE, K.; HERMANN, M. Geomorphic response to Late Holocene climate variation and anthropogenic pressure, northeastern Prince Edward Island, Canada. In: **Quaternary International**, vol. 87, p.101-117. 2002.
- CHIN, A.; GREGORY, K.J. Managing urban river channel adjustments. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.69, p.28-45. 2005.
- CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A.; SUGDEN, D.E. **Geomorphology**. New York: Methuen & co. 496p. 1984.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: volume 1 – o canal fluvial**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 313p. 1981.
- COELHO, M.C.N. Impactos Ambientais em áreas urbanas: T conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.) **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, p.19-45. 2001.

- COELHO NETO, A.L. Hidrologia de encostas na interface a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. p.93-148. 1994.
- CORREIA, R.L. **Trajetórias geográficas**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 304p. 2001.
- COSTA, C.M.L.; RISBO, R.T.; RILLAS, E.H. **O bispo de Volta Redonda: memórias de Dom Waldyr Calheiros**. Rio de Janeiro: Ed.FGV. 200p. 2001.
- COSTA, K.M.R. **Análise palinológica e faciológica de depósitos fluviais recentes, Bananal (SP/ RJ)**. 74p. 2000. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS – Mapa Litológico do Estado do Rio de Janeiro (1:50000). 2000.
- CUNHA, E. **Os Sertões**. 2ª edição. São Paulo:Ed. Ateliê/Imprensa Oficial do Estado. 928p. 2001 [1902].
- CUNHA, E. **Contrastes e confrontos**. 1906.
- CUNHA, S.B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **A questão ambiental - diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. p.219-238. 2003.
- DANTAS, M.E. **Controles naturais e antropogênicos da estocagem diferencial de sedimentos fluviais: bacia do rio Bananal (SP/ RJ), médio vale do rio Paraíba do Sul**. 1995. 142 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira**. São Paulo: Ed. Cia. das Letras. 484p. 1996.
- DOWNS, P.W. River channel adjustment sensitivity to drainage basin characteristics: implications for channel management planning in South-East England. In: **Geomorphology and Land Management in a Changing Environment**. p.247-263. 1995.
- DOWNS, P.W.; GREGORY, K.J. The sensitivity of river channels in the landscape system. In: THOMAS, D.S.G.; ALLISON, R.J. (Orgs.) **Landscape sensitivity**. Chichester: Ed. John & Wiley, p.15-30. 1993.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo: Ed. Difel. 206p. 1983.
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. Channel Changes: **Water in environmental planning**. Ed. Freeman. p.687-710. 1978.
- FORMAN, R. T. T. River and stream corridors: **Land Mosaics – the Ecology of Landscapes and Regions**. Cambridge University Press. 1995.
- FORMAN, R. T. T.; GORDON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley e Sons. 619p. 1996.
- FRYE, J.C.; WILLMAN, H.B. Morphostratigraphic units in Pleistocene stratigraphy. In: **Bull. of American Assoc. of Petrology Geologists**, v. 46, n.1. p.112-133. 1962.
- FRYIRS, K. Guiding principles for assessing geomorphic river condition: application of a framework in the Bega catchment, South Coast, New South Wales, Australia. In: **Catena**, vol. 53, p. 17-52. 2003.
- FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. A geomorphic approach to identification of river recovery potential. In: **Physical Geography**, v.21, n.3, p.244-277. 2000.

- FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. Variability in sediment delivery and storage along river courses in Bega catchment, NSW, Australia: implications for geomorphic river recovery. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.38, p.237-265. 2001.
- FUJIMOTO, N.S.V.M. Análise geomorfológica no estudo das alterações ambientais urbanas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4, São Luís. **Trabalhos completos...**, São Luís, 2002. (CD-ROM).
- FUNDAÇÃO CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO (CIDE). Índice de Qualidade dos Municípios - Verde (IQM-Verde). Rio de Janeiro: CIDE, 2000. (CD-ROM).
- GIANETTI, E. **O valor do amanhã – ensaio sobre a natureza dos juro.** São Paulo: Ed. Companhia das Letras. 328p. 2005.
- GODOY, M.C.T.F.; NUNES, J.O.R.; BOVOLATO, L.E.; PERUSI, M.C.; SILVA, E.G. Depósitos tecnogênicos em Presidente Prudente – SP: exemplo da área de ampliação do distrito industrial. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, São Paulo (SP). **Trabalhos completos...**, p. 511-520. 2005.(CD-ROM).
- GONÇALVES, C.W.P. **Os (des)caminhos do meio ambiente.** São Paulo: Ed. Contexto. 147p. 2004.
- GONTIJO, A.H. **Morfotectônica do médio vale do rio Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro.** 1999. 259p. Tese (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.38, p.37-59. 1993.
- GRAZIANO NETO, F. **A questão agrária e ecologia: crítica da moderna agricultura.** São Paulo: Ed. Brasiliense. 219p. 1982.

GREGORY, K.J. River channels. In: GREGORY, K.J.; WALLING, D.E.(eds.) **Human activity and environmental processes**. Britain: John & Sons Ed. p.207-236. 1987.

GREGORY, K.J.; WALLING, D.E.(eds.) **Human activity and environmental processes**. Britain: John & Sons Ed.352p. 1987.

GREGORY, K.J.; DAVIS, R.; DOWNS, P.W. Identification of river channel change to due to urbanization. In: **Applied Geography**, v.12, p.299-318. 1992.

GUPTA, A. Urban hidrology and sedimentation in humid tropics: **Developments and applications of geomorphology**. Berlin: Ed.Springer Verlag. 1984.

GURNELL, A.M.; GREGORY, K.J. The influence of vegetation on stream channel processes. In: BURT, T.P.; WALLING, D.E. (eds.) **Catchment experiments in fluvial geomorphology**, Cambridge: Geo books. p.515-535. 1984.

GUSMÃO, P.P. **Eficácia da gestão ambiental urbana na região do médio curso do rio Paraíba do Sul (RJ)**. 2000. 209 p. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.; MIOTO, J.A. et al. **Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia Regionais de Interesse às Usinas Nucleares da Praia de Itaorna**. Monografias, São Paulo: IPT/SP, 1982. 149p. (Publicação IPT, 1225).

HIDROCONSULT/ PMVR. **Plano Diretor de Obras Prioritárias do Município de Volta Redonda**; V.I – Relatório de Drenagem, 96 p.,setembro/1989; V.II – Sistemas Urbanos: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, 157 p., maio/1990; V.III – Sistemas Urbanos:

Drenagem e Contenção de Encostas, 230 p., maio/1990.
Consultoria, Estudos e Projetos: Rio de Janeiro.

HUPP, C.R.; OSTERKAMP, W.R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.14, p.277-295. 1996.

IERVOLINO, P. **Mapeamento do Potencial de Ocorrência de Feições Erosivas com Base em Geoprocessamento – Barra Mansa/ RJ.** 1999. 104 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

JUSTO, R.L. **Caracterização palinológica de depósitos fluviais recentes da região do Médio Vale do rio Doce (MG).** 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

KARR, J. R. Biological Integrity: A Long Neglected aspect of water resources management. In: **Ecol. Applied**, n. 1, p. 66-84. 1991.

KESSTRA, S.D.; HUISSTEDEN, J.; VANDENBERGUE, J.; VAN O.; GIER, J.; PLEIZIER, I.D. Evolution of the morphology of the river Dragonja (SW/Slovenia) due to land-use changes. In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.69, p.191-207. 2005.

KLIMEK, K. Man's impact on fluvial processes in the Polish Western Carpathians. In: **Geografiska Annaler**, vol. 69A, p.221-226.1987.

KLIOT, N. Man's impact on river basins: an Israeli case study. In: **Applied Geography**, v.6, p.163-178. 1986.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms and processes.** London: Ed. Arnold. 218p. 1984.

KNIGHTON, A.D. Channel changes through time: **Fluvial forms and processes: a new perspective.** New York: Ed. John Wiley. P.151-260. 1998.

- KOHLER, H.C. A escala na análise geomorfológica. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 3, n. 1, p.21-31. 2002.
- LESSA, L.A.; **Avaliação do Controle Morfométrico na Geração e Evolução de Voçorocas em Compartimentos Geomorfológicos no Médio Vale do rio Paraíba do Sul (Bananal, SP)**. 45p. 1995. Monografia (Bacharêu em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- LIMA, R.G.S. **Volta Redonda do café e do leite**. Volta Redonda: Ed. Prefeitura de Volta Redonda. 70p. 2004.
- LISBOA, A. **A questão ambiental no espaço agrário: possibilidades para um diálogo**. 160p. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- LOPES, A.C. **A aventura da cidade industrial de Tony Garnier em Volta Redonda**. 235p. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- LOPES, A.C. **A aventura da forma: urbanismo e utopia em Volta Redonda**. Rio de Janeiro: e-papers, 219p. 2003.
- LUCAS, L.M. **Rede de drenagem urbana em área tropical: mudanças na morfologia do canal e dos níveis de poluição das águas do rio dos Macacos-RJ**. 2003. 110p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MADEIRA, C.V.; MELLO, C.L.; MOURA, J.R.S. Fluvial deposition response to recent environmental changes: the Resgate Alloformation study-case. In: GEOVEG99 - IGU Meeting on Geomorphic Responses to Environmental (Vegetation) Changes, problems and remedial work. Rio de Janeiro, Brasil. 1999. (CD ROM).

MEIS, M.R.M.; MONTEIRO, A.M.F. Upper quaternary rampas: Doce river valley, Southeastern Brazilian Plateau. In: **Zeitschrift für Geomorphologie**, vol.23, p.132-151.1979.

MEIS, M.R.M.; MOURA, J.R.S. Upper quaternary sedimentation and hillslope evolution, Southeastern Brazilian Plateau. In: **American Journal of Science**, vol. 284, p.241-254.1984.

MEIS, M.R.M.; MIRANDA, L.H.G.; FERNANDES, N.F. Desnívelamento e Altitude como Parâmetros para Compartimentação do Relevo: Bacia do Médio-Baixo Paraíba do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 32, 1972, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG-BA, V.4, p.1489-1503.

MELLO, C.L. **Fáceis Sedimentares, Arquitetura Depositional e Relações Morfoestratigráficas em um Sistema de Leques Aluviais Holocênicos: Aloformação Manso – Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. 1992. 188 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MELLO, C.L.; MOURA, J.R.S.; CARMO, I.O.; SILVA, T.M.; M.N.O. Eventos de sedimentação durante o Holoceno no Médio Vale do ro Paraíba do Sul – Aloestratigrafia e datações por radiocarbono. In: CONG. ASSOC. BRAS. ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, Niterói. **Anais...**, Niterói, p.193-200. 1995.

MELLO, C.L.; HESS, F.J.; MOURA, J.R.S.; METELO, C.M.S. Neotectonic Control on a River Capture System in the Paraíba do Sul River Middle Valley – Bananal (SP/RJ). In: Regional Conference on Geomorphology: Tropical Geomorphology and Quaternary Landscape Evolution Along the Southeastern Brazilian Plateau (Paraíba do Sul River Basin). July 23-25, 1999.

MELLO, E.V.; CASTRO, C.M.; PEIXOTO, M.N.O. Análise dos processos erosivos e escorregamentos em sub-bacias de drenagem em Barra

- Mansa (RJ). In: SIMP. NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, IV. São Luís/MA. **Trabalhos completos.....**, 2002. CD-ROM.
- MELLO, E.V.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; MOURA, J.R.S. Evolução da rede de drenagem e transformações tecnogênicas nos canais fluviais em Volta Redonda (RJ), Médio Vale do rio Paraíba do Sul. In: CONG. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, X; ENCONTRO DO TECNÓGENO, I. **Trabalhos completos...** Guarapari/ES, 2005. (CD-ROM).
- MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Ed.Polis. 392p. 1977 [1952].
- MORAES, A.C.R. Introdução da temática ambiental nas ciências sociais: **Meio Ambiente e ciências humanas**. São Paulo: Ed. Hucitec, p.81-100. 1994.
- MOSLEY, M.P. River classification and characterization. In: RICHARDS, K.S. (ed.) **Rivers: environmental, process and form**. Cambridge: Methuen e Co. p.295-320. 1987.
- MOURA, J.R.S. **Transformações ambientais durante o Quaternário Tardio no Médio Vale do rio Paraíba do Sul (SP-RJ)**. 267p. 1990. Tese (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MOURA, J.R.S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA,S.B. (Orgs.) **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.335-363. 1994.
- MOURA, J.R.S.; MEIS, M.R.M. Contribuição à Estratigrafia do Quaternário Superior no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Bananal (SP). **Anais Acad. Bras. De Ciências**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 89-102. 1986.

- MOURA, J.R.S.; MELLO, C.L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário Superior na região de Bananal. In: **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol. 21, n.3, p.236-254. 1991.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M. Geometria relevo e estratigrafia do Quaternário como base à tipologia de drenagem em anfiteatro – médio vale do rio Paraíba do Sul. In: **Rev. Bras. Geociências**, São Paulo, v.21, n.3, p.236-254.1991a.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; MELLO, C.L. Mapa de Feições Gaeomorfológicas e Coberturas Sedimentares Quaternárias: Abordagem para o Planejamento Ambiental em Compartimentos de Colinas no Planalto Sudeste do Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37, São Paulo (SP). Boletim de Resumos Expandidos, São Paulo, SBG-SP, V.1, p.60-62. 1992.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; Mapa de Dinâmica de Erosão de Bacias de Drenagem: Uma Proposta Metodológica de Avaliação Ambiental. In: **Simpósio de Geografia Física Aplicada**, 7, Curitiba (PR). **Anais...**, São Paulo, Tec-Art, V.I: 45. (Integra em CD-ROM). 1997.
- MOURA, J. R. S.; SILVA, T. M.; PEIXOTO, M.N.O. Transformações ambientais quaternárias e desequilíbrios nos sistemas drenagem - médio vale do Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOS HÍDRICOS, 3, 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRH/APRH, v. 3, p. 485-494, 1991b.
- MOURA, J.R.S.; SILVA, T.M. Complexo de rampas de colúvio. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 143-180. 1998.
- MURCK, B.W.; SKINNER, B.J.; PORTER, S.C. **Environmental geology**. New York: John Wiley e Sons. 535p. 1996.

NEVES, W. **Evolução Humana: comentários**. In: BBC/Superinteressante. 2004.(DVD).

NOLASCO, M.C. **Registros Geológicos gerados pelo garimpo. Lavras Diamantinas - BA**. 316 p. 2002. Tese (Doutoramento em Geociências), Porto Alegre, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, A.M.S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: CONG. BRAS. GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, Salvador. **Atas...**, Salvador: ABGE, p.411-415. 1990.

OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento em reservatórios: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/ PR**. 211p. 1994. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRANNSTROM, C.; NOLASCO, M.C.; PELOGGIA, A.U.G.; PEIXOTO, M.N.O.; COLTRINARI, L.; Tecnógeno: registros ação geológica do homem. In: SOUZA, C.R.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (orgs.) **O Quaternário no Brasil**. São Paulo: ABEQUE/FAPESP. 2005.

OLIVEIRA, M. A. T.; MEIS, M. R. M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). In: **Geociências**, São Paulo, n. 4, p.87-99. 1985.

OLIVEIRA, P.T.T.M. **Relações entre o crescimento urbano e as características da drenagem fluvial no município de Teresópolis/ RJ**. 109p. 1999. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OTTONI, A.B.; OTTONI FILHO, T.B. Enchentes em bacias hidrográficas. In: **Revista do CREA-RJ**, n.28, p.21-28. 2000.

PEIXOTO, M. N. O. **Estocagem de sedimentos em cabeceiras de drenagem em anfiteatro – Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/ RJ)**. 192p. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEIXOTO, M.N.O. **Evolução do relevo, coberturas sedimentares e formação de solos em superfícies geomorfológicas – Médio Vale do rio Paraíba do Sul (SP/ RJ)**. 197p. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEIXOTO, M.N.O.; IERVOLINO, P.; SILVA, T.M.; BARROSO, ; MOURA, J.R.S. Comportamento morfodinâmico de bacias de drenagem como base ao diagnóstico e previsão de processos erosivos no Médio Vale do rio Paraíba do Sul (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, Bauru. **Anais de Resumos Expandidos...** Bauru: ABGE, p.175-177. 1995.

PEIXOTO, M.N.O.; LESSA, L.A.; SALGADO, C.M.; SANTOS, D.A.; MOURA, J.R.S. Erosão em cabeceiras de drenagem em anfiteatro Médio Vale do rio Paraíba do Sul (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, Bauru. **Anais de Resumos Expandidos...** Bauru: ABGE, p.229-231. 1995.

PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. Estocagem de sedimentos no domínio de colinas no médio vale do rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1993, p.221-224.

PELOGGIA, A.U.G. A dialética da geologia (temas de geologia inspirados na obra de Friedrich Engels e suas aplicações). In: **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 25, n.2, p.107-110. 1995.

PELOGGIA, A.U.G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do

caso do município de São Paulo. In: **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 27, n.3, p.257-268. 1997.

PELOGGIA, A.U.G. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Ed. Xamã. 271p. 1998.

PELOGGIA, A.U.G. O problema estratigráfico dos depósitos tecnogênicos. In: CONG. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, IX; CONG. DO QUATERNÁRIO DE PAÍSES DE LÍNGUAS IBÉRICAS, II; CONG. SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ZONA COSTEIRA DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, II, *Trabalhos completos...* Recife/PE, 2003 (CD-ROM).

PONÇANO, W.L.; ALMEIDA, F.F.M. et al. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000**. V.I e II, São Paulo: IPT/SP, 1981. 94p.

PHILLIPS, J.D. Humans as geological agents and the question of scale. In: **American Journal of Science**, v. 297, january, p.98-115. 1997.

PINTO, S.; MELLO, E.V.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. Relações entre comportamento de feições erosivas e movimentos gravitacionais de massa e as transformações recentes nos sistemas de drenagem em Volta Redonda (RJ). In: SIMP. BRAS. GEOG. FISICA APLIC Paulo, **Trabalhos completos...**, São Paulo, 2005. (CD-ROM).

PIQUET, R. Volta Redonda: um exemplo clássico de cidade-empresa: **Cidade-empresa: Presença na paisagem urbana brasileira**. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar. 166p. 1998.

PMVR – PREFEITURA MUNICIPAL DE VOLTA REDONDA - coleções de fotos aéreas de 1966 (USAF) e 1999 (PMVR).

PMVR - PREFEITURA MUNICIPAL DE VOLTA REDONDA. **Informações para o Plano Diretor**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de

Volta Redonda (IPPU)/Secretaria Municipal de Planejamento 130p.
1994.

PMVR – PREFEITURA MUNICIPAL DE VOLTA REDONDA – **Informações municipais de Volta Redonda**. 2002.

POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G.; VALENTIN, C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. In: **Catena**, vol. 50, p.91-133. 2003.

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

RIBEIRO, M.R.C.; MOURA, J.R.S.; MELLO, C.L.; SALGADO, Caracterização pedológica de depósitos coluviais tecnogênicos no médio vale do rio Paraíba do Sul - região de Bananal (SP/RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador (BA). **Anais...**, SBG, v. 2, p. 493-495. 1996.

RICCOMINI, C. **O Rift continental do sudeste do Brasil**. 1989. 256p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RICHARDS, K.S. **Rivers: environmental, process and form**: Rivers: environmental, process and form. Cambridge: Methuen e Co. p.1-13. 1987.

RODHE, G.M. **Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana**. Porto Alegre: PUC-RS, 196p. 1996.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambientes brasileiros**. 205p. 1998. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROSGEN, D. L. A classification of Natural Rivers. In: **Catena**, vol. 22, p. 169-199. 1994.

SAAE/VR (Serviço de Abastecimento de Águas e Esgoto de Volta Redonda) **Informações sobre tratamento e abastecimento de águas**. 2004. www.portalvr.com/saae

SAH, M.P.; MAZARI, R.K. Anthropogenically accelerated movement, Kulu Valley, Himachal Pradesh, India. In: **Geomorphology**, vol. 26, p.123-138. 1998.

SALGADO, C.M. **Erodibilidade de cobertura sedimentares/ pedológicas e variabilidade espacial de propriedades pedológicas físicas em cabeceiras de drenagem em anfiteatro**. 132p. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SALGADO, C.M. **A influência da erosão linear na dinâmica evolutiva de bacias de drenagem – Paty do Alferes (RJ)**. 192p. 2004. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANSON, M.S.R.; MELLO, C.L.; RAMOS, R.R.C. Análise estratigráfica dos sistemas aluviais palogênicos na região de Volta Redonda (rift continental do sudeste do Brasil – RJ). In: SIMPÓSIO GEOLOGIA DO SUDESTE, 9, Niterói, 18 a 22 de Novembro. **Livro de Resumos**. 2005. (CD-ROM).

SANSON, M.S.R.; MELLO, C.L.; RAMOS, R.R.C.; GOMES, L. Tectônica Rúptil Cenozóica e Evolução Tectono-sedimentar na Região da Bacia de Volta Redonda (RJ). In: SIMPÓSIO GEOLOGIA DO SUDESTE, 9, Niterói, 18 a 22 de Novembro. **Livro de Resumos**. 2005. (CD-ROM).

- SANTOS, A.M. **Evolução pedo-geomorfológica das seqüências coluviais nequatrenárias, Bananal (SP)**. 234p. 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem**. São Paulo: Ed. Hucitec. 64p. 1982.
- SANTOS, M. **Técnica, espaço e tempo: a globalização e o meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Ed. Hucitec. 190p. 1994.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço**. São Paulo: Ed.USP. 384p. 2002.
- SAUER, C. La geografía cultural. In: MENDOZA, J.G.; JIMÉNEZ (Orgs.) **El pensamiento geográfico**, Madrid: Ed.Alianza. p. 466-473. 1982 [1925].
- SCHUMM, S.A.; KHAN, H.R. Experimental study of channel patterns. In: **Geological Society of American Bulletin**, v.83, p. 1755-1770. 1972.
- SILVA, T.M.; MELLO, C.L.; MOURA, J.R.S. Compartimentação morfoestrutural do Médio Vale do rio Paraíba do Sul e áreas serranas adjacentes (RJ/SP/MG). In: SIMP. GEOL. SUDESTE, 3, 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SGB/Rio de Janeiro, p.103-109. 1993.
- SILVA, T.M. **Evolução geomorfológica e sedimentação de canais erosivos holocênicos no Médio Vale do rio Paraíba do Sul**. 189p. 1991. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SILVA, T.M. **Estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no estado do Rio de Janeiro**. 243p. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- SMITH, D.G. Fluvial geomorphology: where do we go from here? In: **Geomorphology**, Amsterdam, v.7, p.251-262. 1993.
- SOFFIATI-NETTO, A.A. **O Nativo e o Exótico: perspectivas para a história ambiental na ecorregião Norte-Noroeste Fluminense entre os séculos XVII e XX**". 243 p. 1996. Tese (Doutorado em História), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Rio de Janeiro.
- SOTCHAVA, V. O estudo de geossistemas. In: **Métodos em Questão**, São Paulo, v. 16, p.1-52.1963.
- SOUZA, M.L. **Mudar a cidade**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 560p. 2002.
- SUERTEGARAY, D.M.A.; NUNES, J.O.R. A natureza da geografia física na geografia. In: **Terra Livre**, São Paulo, nº 17, p. 11-24. 2001.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Tecnogene. In: BULL. OF THE INTER. ASSOC. OF ENGINEERING GEOLOGY, Paris, **Anales ...**, nº 38, p.133-142. 1988.
- THOMAS, D.S.G.; ALLISON, R.J. The sensitivity of landscapes: **Landscape sensitivity**. Chichester: Ed. John & Wiley, p.1-7. 1993.
- THOMAS, M.F. Landscape sensitivity in time and space: introduction. In: **Catena**, vol. 42, p. 83-98. 2001.
- THOMAS, M.F. Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas. In: **Catena**, vol. 55, p. 107-124. 2004.
- THORNE, C.R.; OAMAN, A.M. The influence of bank stability on regime geometry of natural channels. In: WHITE, C. (ed.) **International Conference on river regime**, John Wiley e Sons Ed. p.135-147. 1988.

- THORNE, C.R.; ALLEN, R.G.; SIMON, A. Geomorphological channel reconnaissance for river analysis, engineering and management. In: **Transactions of the Institute British Geographers**, vol. 21, p. 469-483. 1996.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Ed.IBGE/SUPREN. 91p. 1977.
- TRIMBLE, S.W.; MENDEL, A.C. The cow as a geomorphic agent: a critical review In: **Geomorphology**, vol. 13, p.233-253. 1995.
- TRIGGER, B.G. **História do Pensamento Arqueológico**. São Paulo: Ed. Odysseus. 477p. 2004.
- TURK, L.J. **Hydrology in the urban environmental**. Austin/University of Texas. 37p. 1971.
- USHER, M.B. Landscape sensitivity: from theory to practice. In: **Catena**, vol. 42, p. 375-383. 2001.
- VANNOTE, R; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E The river continuum concept. In: **Canadian Journal Fish. Aquatic Science**, vol. 37, n.2, p.130-137. 1980.
- VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. p.111-145. 2004.
- WERRITTY, A.; LEYS, K.F. The sensitivity of scottish rivers and upland valley floors to recent environmental change. In: **Catena**, vol.42. p.251-273. 2001.
- WOLMAN, G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. In: **Geografiska annaler**, vol. 8. p. 385-395.1967.
- WRIGHT, J.C. Landform inheritance and regional contrasts in the Daly river basin, Northern Austrália. In: JONES, R.J.; EYRE, S. (Orgs.) **Geography as human ecology**. London. p.122-146.1966.

ZANCOPE, M.H.C.; PEREZ FILHO, A. Os padrões de canal do rio Mogi Guaçu/SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4, São Luís. **Trabalhos completos...**, São Luís, 2002. (CD-ROM).