

MAURÍLIO MARTINEZ

**APLICAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE
DRENAGEM NA BACIA DO RIO PIRAPÓ:
O PERFIL LONGITUDINAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado) área de concentração: Análise Regional e Ambiental, do Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá com requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador:
Prof. Dr. José Candido Stevaux

MARINGÁ
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**“APLICAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE DRENAGEM NA BACIA
DO RIO PIRAPÓ: O PERFIL LONGITUDINAL”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado) da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em **21 de junho de 2005**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Cândido Stevaux
(presidente orientador)
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Mario Linconl Etchebehere
Universidade Guarulhos - SP

Dedico este trabalho

A minha mãe **Judith Giorge Martinez**, que sempre me deu forças para vencer os obstáculos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Ao Prof. Dr. José Candido Stevaux, pela atenção, e competência na orientação deste trabalho.

Ao prof. Dr. Mario Lincoln de Carlos Etchebehere, pela atenção e valiosa contribuição para a confecção de mapas.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Manoel dos Santos e Édson Fortes, pela leitura atenta e sugestões pertinentes.

Aos amigos Ericson Hideki, Janaina Profeta e Isabel Terezinha Leli pela inestimável ajuda e amizade dispensada no decorrer deste trabalho. Serei sempre muito grato a vocês.

Ao amigo José Roberto Machado, pela atenção dispensada no trabalho de qualificação.

Aos professores deste curso de mestrado pelo conhecimento transmitido.

A secretária “Cida” pela atenção e competência.

A família Reis pela grande amizade, apoio e incentivo.

Ao Dr. Sérgio Abujanra e sua esposa Tamar pelo grande incentivo e compreensão durante o período de mestrado.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

O rio foi talhado pela maior enchente da história

E corre sobre as rochas do porão do tempo.

Em algumas rochas, há pingos de chuva eternos.

Sob as rochas estão as palavras.

E algumas palavras são delas.

(do filme: Nada é para sempre)

RESUMO

A aplicação de uma técnica pouco utilizada no Brasil para a análise do desenvolvimento de um sistema fluvial foi o elemento norteador da realização deste trabalho e sua eficácia pôde ser comprovada com os resultados obtidos. A técnica citada se traduz no estudo do índice de gradiente (SL) ou índice Relação Declividade vs Extensão (RDE), que associados ao estudo do perfil longitudinal da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Pirapó e à estrutura geológica levou à detecção de anomalias que respondem a fatores de ordem litológica e ou tectônica. A bacia em questão corresponde a uma significativa área da região noroeste do Paraná, abrangendo 29 municípios configurando em um espaço de relevante desenvolvimento nesta região. Os pontos anômalos detectados por meio das duas modalidades de aplicação que a técnica oferece (RDE_{trecho} e RDE_{total}) calculados respectivamente pelas fórmulas $(\Delta H/\Delta L) \times L$ e $(\Delta H/\ln L)$ se configuraram em áreas distintas mostrando setores em que a drenagem encontra-se em considerável desequilíbrio. De modo geral o estudo preliminar do perfil longitudinal do rio Pirapó mostrou pontos de desajuste no canal configurados tanto no alto como no baixo curso. O estudo do índice RDE se estendeu então para as drenagens de toda a bacia resultando em mapas mostrando áreas de concentração de anomalias em toda bacia. Tanto na categoria RDE_{trecho} como na RDE_{total} ocorreram duas áreas de concentração de anomalias uma na alta e outra na média bacia, ambas ocorrendo em modelado de relevo distinto, sendo as formas mais enérgicas situadas na alta bacia e as mais suaves na média. Os mapas gerados orientaram os trabalhos de campo, na execução de perfis transversais aos canais nos pontos em apresentaram anomalias. As feições detectadas em campo mostram vales e terraços assimétricos, profundo entalhe das drenagens, presença de cachoeiras, rápidos e corredeiras, formação de *canyons*, blocos rebaixados, falhamentos com basculamento, sendo todas indicativas de significativo desequilíbrio de toda a rede de drenagem da bacia do rio Pirapó.

Palavras-chave: Rio Pirapó; Perfil longitudinal; Evolução tectônica; Geomorfologia fluvial.

ABSTRACT

The application of a technique little used in Brazil for the analysis of the development of a fluvial system was the key element to accomplish the present work. Its effectiveness could be proven with the obtained results. The mentioned technique comprises a study of the gradient index (SL) Relation Declivity index vs Extension (RDE) which associated to the study of the longitudinal profile of the drainage net of the hydrographic basin of the Pirapó River and the geological structure led to the detection of anomalies of lithic and or tectonic order. The referred basin corresponds to a significant area of the northwest of Paraná, including 29 municipal districts characterizing a space of relevant development in this area. The anomalous points detected through the two application modalities the technique offers (RDE_{reach} and RDE_{total}) calculated by the formulas $(\Delta H / \Delta L) \times L$ and $(\Delta H / \ln L)$ respectively, they happened in different areas showing sections where the drainage is in considerable unbalance. In general a preliminary study of the longitudinal profile of the Pirapó river showed maladjustment points in the channel configured in the high as well in the low course. The study of the RDE_{reach} index was then extended to the drainages of the whole basin resulting in maps showing areas of concentration of anomalies all over the basin. In the RDE_{reach} as well as in RDE_{total} category two areas of concentration of anomalies occurred. One in the high and other in the medium basin, both occurring in pattern of distinct relief, being the steepest forms located in the high basin and the smoother ones in the medium basin. The generated maps guided the field works, from the execution of transverse profiles to the channels in the points where they presented anomalies. The features detected in the field show asymmetrical valleys and terraces, deep incision of the drainages, presence of waterfalls and rapids, canyons formation, lowered blocks, fissure with inclination, being all an indicative of significant unbalance of the whole drainage net of the Pirapó river basin.

Key-words: Pirapó River; Longitudinal profile; Tectonic evolution; Fluvial Geomorphology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura I.1** Esquema de Hack (1973) utilizado para o cálculo do índice RDE21
- Figura I.2** Esquema mostrando o processo de levantamento dos índices RDE24
- Figura I.3** Disposição das cartas topográficas em escala 1:50.000 do IBGE e relação dos canais estudados25

CAPÍTULO II

- Figura II.1** Localização da área de estudo30
- Figura II.2** Mapa Geológico da Bacia do Rio Pirapó34
- Figura II.3** Aspectos dos Basaltos da Formação Serra Geral na alta bacia do rio Pirapó36
- Figura II.4** Planície frequentemente inundada durante as cheias localizada a partir do médio curso do rio Pirapó.....39
- Figura II.5** Formas de relevo sustentado por basaltos, existentes na alta bacia apresentando modelado mais enérgico, com colinas que variam de médias a amplas.....44
- Figura II.6** A - Morros isolados derivados do processo de dissecação da Paisagem B - Série de rupturas mostrando desigualdade entre litologias diferentes ou ao contato entre diferentes derrames basálticos.....44
- Figura II.7** Formas de relevo existentes a partir da média a baixa bacia apresentando colinas amplas com encostas suavizadas45
- Figura II.8** Perfil estrutural da vegetação do Parque do Ingá – Maringá47

CAPÍTULO III

- Figura III.1** Perfis longitudinais do rio Pirapó em escala aritmética e semilog.....51
- Figura III.2** Perfis longitudinais do rio Bandeirantes do Norte em escala aritmética e semilog52
- Figura III.3** Ilustração mostrando o efeito do comprimento do vale.....53

Figura III.4 Perfis longitudinais do vale do rio Pirapó em escala aritmética e semilog.55

Figura III.5 Índices de Sinuosidade do Rio Pirapó58

CAPÍTULO IV

Figura IV.1 Perfil longitudinal do rio Pirapó e a variação dos índices de RDE.61

Figura IV.2 Perfil longitudinal do rio Bandeirantes do Norte e a variação dos índices de RDE.63

Figura IV.3 Mapa das anomalias de RDE trecho detectadas para toda a bacia do rio Pirapó64

Figura IV.4 Mapa com os valores de RDE total distribuídos nas drenagens da bacia hidrográfica do rio Pirapó.....69

Figura IV.1 Modelo digital do terreno correspondente ao primeiro setor anômalo do alto curso do rio Pirapó.....71

Figura IV.2 Modelo digital do terreno correspondente ao segundo setor anômalo do baixo curso do Rio Pirapó.....71

CAPÍTULO V

Figura V.1 Localização de execução dos perfis transversais73

Figura V.2 Série de perfis transversais executados no rio Pirapó e afluentes74

Figura V.3 Configuração do canal a partir da dinâmica dos blocos76

Figura V.4 Freqüência acumulada da composição granulométrica do material depositado em pontos do rio Pirapó e Bandeirantes do Norte79

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO II

Quadro II.1	Características flúvio-morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pirapó	31
Quadro II.2	Área de abrangência dos Municípios da Bacia Hidrográfica do rio Pirapó	31
Quadro II.3	Seqüência estratigráfica envolvendo as unidades de superfície da bacia do rio Pirapó.....	35
Quadro II.4	Formação Serra Geral	40
Quadro II.5	Formação Caiuá	41
Quadro II.6	Formação Santo Anastácio.....	42
Quadro II.7	Sedimentos Cenozóicos	42

CAPÍTULO III

Quadro III.1	Valores dos índices de sinuosidade para o rio Pirapó	57
Quadro V.1	Composição granulométrica do material depositado em pontos do rio Pirapó e Bandeirantes do Norte	79

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO I	16
PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	16
1.1.1 Objetivo geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
1.1.3 Justificativa.....	16
1.1.4 Problema.....	17
1.1.5 Hipótese.....	17
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
1.2.1 O perfil longitudinal dos cursos de água.....	18
1.2.2 Perfil longitudinal semilogarítmico – importância e obtenção.....	19
1.2.3 O índice de gradiente ou relação declividade-extensão (RDE).....	19
1.3 METODOLOGIA.....	23
CAPÍTULO II	29
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	
2.1 LOCALIZAÇÃO.....	29
2.2 CLIMA.....	32
2.3 GEOLOGIA.....	33
2.3.1 Formação Serra Geral (quadro II.4).....	35
2.3.2 Grupo Caiuá (quadro II.5).....	37
2.3.3 Formação Santo Anastácio (quadro II.6).....	37
2.3.4 Depósitos Cenozóicos (quadro II.7).....	38
2.4 FRATURAS.....	39
2.5 SÉRIE DE QUADROS.....	40
2.5 RELEVO.....	42
2.6 VEGETAÇÃO.....	45
CAPÍTULO III	48
O PERFIL LONGITUDINAL DAS DRENAGENS DA BACIA DO RIO PIRAPÓ E AS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS ASSOCIADAS AO CANAL PRINCIPAL	

3.1	INTRODUÇÃO	48
3.2	O PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PIRAPÓ	48
3.3	O PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BANDEIRANTES DO NORTE	49
3.4	OS PERFIS LONGITUDINAIS DAS DRENAGENS SECUNDÁRIAS DA BACIA DO RIO PIRAPÓ.....	50
3.5	O PERFIL LONGITUDINAL DO VALE DO RIO PIRAPÓ.....	53
3.6	SINUOSIDADE DO RIO PIRAPÓ	54
CAPÍTULO IV.....		59
A DISTRIBUIÇÃO DOS ÍNDICES DE RDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ.....		59
4.1	INTRODUÇÃO	59
4.2	OS ÍNDICES DE RDE DETECTADOS NO RIO PIRAPÓ.....	59
4.3	OS ÍNDICES RDE DETECTADOS NO RIO BANDEIRANTES DO NORTE	62
4.4	OS ÍNDICES RDE DETECTADOS PARA TODA A BACIA DO RIO PIRAPÓ	62
4.4.1	Índices de RDE_{trecho}	62
4.4.2	Índices RDE_{total}	67
4.5	ANÁLISE GERAL DA CONFIGURAÇÃO DO RELEVO EM PONTOS DE OCORRÊNCIA DE ANOMALIAS NO RIO PIRAPÓ.....	70
CAPÍTULO V.....		72
OBSERVAÇÃO IN LOCO DE PONTOS ANÔMALOS E EXECUÇÃO DE PERFÍS TRANSVERSAIS.....		72
5.1	INTRODUÇÃO	72
5.2	ANÁLISE DOS PERFIS TRANSVERSAIS.....	75
5.3	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.	79
CONCLUSÕES		87
REFERÊNCIAS.....		90
ANEXOS		94

INTRODUÇÃO

As formas atuais de relevo configuram o processo de milhões de anos de trabalho de agentes que lentamente foram modelando superfícies outrora originadas da atividade de processos geodinâmicos¹. A intensa ação de elementos físicos e químicos, aos poucos modelam e dão origem a inúmeras formas. Esses processos naturais, então chamados de degradação e denudação, são responsáveis pelo abaixamento das superfícies elevadas, sendo mais atuantes nas partes menos resistentes, aplainando as irregularidades e remodelando as rochas em formas caprichosas (CARVALHO, 1994, p. 47).

No ambiente fluvial a contribuição dos rios para modelagem do relevo está ligada aos processos de erosão e sedimentação, sendo importante objeto de estudo, pois a existência de um canal envolve significativa escala temporal e o desenho de seu curso deixa pistas passíveis de se compreender eventos naturais ocorridos ao longo do tempo e que resultaram na configuração atual de um vale fluvial. As topografias existentes no ambiente fluvial também dependem das formações rochosas existentes no leito, sendo distintas as formas originadas em leitos aluviais e em leito sobre rocha. As planícies de inundação, os deltas, os cones aluviais, as formações sedimentares, os terraços e o vale fluvial são exemplos das formas geradas no ambiente deposicional e erosivo.

Os estudos relacionados aos rios como modeladores do relevo vêm de longa data. Tendo em um primeiro momento a instituição do conceito do “nível de base” estabelecido em 1876 por Powell implementando o ciclo de erosão fluvial que foi em 1909 sistematizado por Davis atribuindo estádios sucessivos de desenvolvimento denominados de “juventude, maturidade e senilidade” (SUGUIO E BIGARELA, 1990).

Várias ciências se ocupam do estudo dos ambientes fluviais e cada uma com as técnicas que lhe competem. A geomorfologia fluvial estuda a dinâmica dos

¹ Segundo Penha (1995) os processos geodinâmicos podem ser examinados sob três aspectos: o magmático, que trata do magma, sua formação e movimentação no interior e exterior da crosta; o metamórfico, das transformações mineralógicas e estruturais das rochas preexistentes, no interior da crosta; e o tectônico, dos diversos tipos de esforços internos, que as rochas são submetidas, isso é da deformação da crosta terrestre e resultados estruturais característicos, como por exemplo, as montanhas.

canais fluviais no que diz respeito à formação e estruturação das formas originadas pela erosão e sedimentação neste ambiente.

O perfil longitudinal e a rede de drenagem são importantes elementos de estudo da geomorfologia fluvial e estabelecem as condições limites para os processos de vertente. Segundo Cristofolletti (1980), por meio do perfil longitudinal de um curso de água pode-se perceber a declividade ou gradiente, além da relação entre altimetria e extensão desse canal. O perfil longitudinal demonstra a atual configuração de um rio, onde a forma característica é o côncavo, sendo denominado assim de perfil de equilíbrio. Porém, alguns perfis fluviais apresentam anormalidades no seu curso, demonstrando que há elementos modificadores de relevo que muitas vezes não são compreendidos devido à falta de técnicas adequadas ao seu reconhecimento no estudo do perfil longitudinal de um sistema fluvial na sua totalidade. Mais escassos ainda são os estudos que relacionam o perfil longitudinal com o substrato rochoso e a estruturação geológica, possíveis causas para anormalidades em um perfil. Raros também são os estudos em áreas tectonicamente estáveis, uma vez que os trabalhos envolvendo perfil longitudinal de rios restringem-se a sistemas fluviais ligados a áreas de intenso tectonismo como alguns rios da Califórnia (MERRITS et al., 1994), Amu Darya, Hari rud, Adraskand, Farah rud e Indus no Afeganistão (BROOKFIELD, 1998) e Swat, Ganges-Alaknanda, Kalin, Brahamaputra, entre outros ligados ao Himalaia (SEEBER & GORNITZ, 1983). Portanto, este trabalho propõe o estudo do perfil longitudinal de um sistema fluvial que não se encontra em área de intensa atividade tectônica, mas que mostra em suas drenagens um acentuado estado de desequilíbrio, os quais podem estar associados ao substrato rochoso ou a eventos neotectônicos de idade Cenozóica, mais precisamente no Quaternário.

A elaboração do perfil longitudinal, mais especificamente o perfil semilogarítmico, permite a análise global do sistema e sua discrepância do perfil equilibrado (*graded profile*) ressaltando os principais pontos de inflexão da linha de gradiente, levando a interpretação de seu significado geológico e geomorfológico. A detecção destes pontos em um perfil longitudinal pode ser quantificada a partir do momento que se aplica uma nova unidade de medida proposta por Hack (1973): o índice de gradiente (*stream gradient index*), ou índice SL, relação declividade (*slope*) vs. extensão do curso de água (*length*). O índice SL foi traduzido como índice RDE

(Relação Declividade vs. Extensão) por Etchebehere (2000) o qual é adotado neste trabalho. Este método ainda se mantém desconhecido para muitos pesquisadores principalmente no Brasil. Dessa forma, devido à relativa escassez de estudos relacionados ao perfil longitudinal bem como da aplicação do índice RDE, procurou-se comprovar a eficiência do método, aplicando-o às drenagens da bacia hidrográfica do rio Pirapó. Sendo assim, o entendimento das formas de relevo propiciadas pela evolução da rede de drenagem da bacia do rio Pirapó pode contribuir para entendimento da evolução do relevo da área em que está inserida, ou seja, a Bacia Sedimentar do Paraná, utilizando para isso uma técnica alternativa que não implica em custos elevados. Por outro lado, a bacia hidrográfica do rio Pirapó está localizada em uma região considerada a mais desenvolvida do noroeste do Paraná, e encontra-se carente de estudos associados à geomorfologia e ao entendimento da evolução da rede de drenagem bem como ao seu substrato rochoso.

Portanto, este estudo foi sistematizado abordando, no primeiro capítulo, os pressupostos teórico-metodológicos seguidos pela caracterização da área de estudo apresentada no segundo capítulo, no qual se enfatiza os aspectos geológicos e geomorfológicos da área em questão. No terceiro capítulo apresenta-se uma análise do desenho do perfil longitudinal dos rios Pirapó e Bandeirantes do Norte a fim de se detectar os pontos de desajustes na linha do perfil, os quais são associados a variáveis morfométricas como a declividade e sinuosidade e que servirão para as interpretações dos índices de RDE que são tratados no quarto capítulo e que envolveu os dois canais principais e 126 canais secundários traduzindo-se em um mapeamento de pontos anômalos por toda a bacia estudada. O quinto capítulo corresponde à análise dos perfis transversais obtidos nos trabalhos de campo além dos resultados granulométricos do material coletado nos depósitos aluviais associados. Por fim apresentam-se as conclusões relativas ao desenvolvimento deste estudo.

CAPÍTULO I

PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo geral

Aplicar parâmetros morfométricos de drenagem na bacia hidrográfica do rio Pirapó, traduzidos no estudo do perfil longitudinal, índices de sinuosidade, declividade e índices RDE (Relação Declividade x Extensão), a fim de compreender a evolução do vale fluvial.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os pontos anômalos de drenagem na bacia do rio Pirapó.
- Mapear e quantificar a distribuição espacial das anomalias e suas possíveis causas.
- Fornecer subsídios para estudos que visem ao conhecimento da instalação e evolução da bacia do alto Paraná e contribuição para o entendimento da própria evolução da Plataforma Brasileira.

1.1.3 Justificativa

Este trabalho justifica-se pela importância econômica que a bacia de drenagem do rio Pirapó representa para a região Noroeste do Paraná e conseqüentemente para os municípios que dela fazem parte e que fazem uso de suas drenagens, principais ou secundárias, para os mais diversos fins. Portanto diante do desenvolvimento econômico experimentado por essa região, não se descarta a possibilidade da construção de grandes obras associadas aos canais principais da bacia, nos quais se tornam indispensáveis estudos que visem conhecer a história evolutiva do vale fluvial, bem como áreas de riscos.

Por fim a relação do perfil longitudinal com os índices RDE (Relação Declividade vs Extensão) configura-se em uma ferramenta alternativa e de baixo

custo para o estudo da fisiografia de uma rede de drenagem, e a sua aplicação em uma bacia como a do rio Pirapó que apresenta geologia relativamente homogênea facilita as inferências sobre a morfologia do perfil longitudinal. Sendo assim os resultados finais obtidos neste trabalho podem oferecer a possibilidade do conhecimento da evolução recente da bacia do Paraná e da própria Plataforma Brasileira.

1.1.4 **Problema**

O problema consiste em entender e, se possível, quantificar os processos e formas associadas à rede de drenagem existentes na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

1.1.5 **Hipótese**

A hipótese é de que o rio Pirapó esteja controlado tanto pelo substrato litológico como estrutural, sendo que em certos setores poderia estar influenciado por movimentações neotectônicas, levando o canal a apresentar setores em desequilíbrio como resposta a esses fatores. Neste contexto surgem as seguintes questões:

- 1) Qual o grau de desequilíbrio que em se encontra o rio Pirapó?
- 2) Quanto e como a morfologia atual varia longitudinalmente ao longo dos desequilíbrios detectados?
- 3) O que o perfil longitudinal revelaria sobre a origem e idade do vale do rio Pirapó?
- 4) Quanto se pode ser atribuído às características líticas do substrato e quanto se deve a neotectônica?

As respostas destas questões serão usadas para estabelecer e escrever uma história mais detalhada da origem do rio Pirapó e de sua bacia de drenagem.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1 O perfil longitudinal dos cursos de água

O perfil longitudinal e a rede de drenagem consistem em importantes elementos da geomorfologia fluvial e estabelecem as condições limites para os processos de vertente. O perfil longitudinal é uma curva obtida num gráfico, onde as coordenadas correspondem à altitude (H) contra a distância jusante (L) expressa pela equação:

$$H = f(L) \quad (1)$$

Em que a tangente expressa o gradiente do canal no trecho estudado. Por meio do perfil longitudinal de um curso de água pode-se determinar não apenas o seu gradiente, mas o comportamento dessa variável ao longo do canal, da nascente à foz (CRISTOFOLETTI, 1980). O perfil longitudinal de um rio tende a ter maior concavidade quanto maior for o canal (KNIGHTON, 1998). A concavidade do perfil está também relacionada ao seu estado de equilíbrio. De acordo com Etchebehere (2000), considera-se uma drenagem equilibrada, ou trechos dela, quando não se verificar agradação ou entalhe do talvegue, havendo, tão somente, fluxo de carga sedimentar. Qualquer alteração leva o rio a buscar um novo equilíbrio, seja erodindo seu próprio leito, seja propiciando agradação.

Cursos que apresentam trechos convexos podem ser considerados anômalos, e revelam a presença de elementos modificadores de relevo, que muitas vezes não são compreendidos devido à complexidade das variáveis que interagem no seu controle. Essas variáveis podem estar relacionadas a uma ou mais das seguintes causas:

- a)** ocorrência de rochas mais resistentes;
- b)** introdução de carga sedimentar maior ou mais grossa;
- c)** atividade tectônica; e
- d)** queda no nível de base, como mudança do nível do mar durante uma glaciação (KNIGHTON, 1998, p. 244).
- e)** confluência com tributários.

No Brasil, são bastante escassos os trabalhos que incluem o estudo do perfil longitudinal de rios, principalmente aqueles de canais sobre rocha.

A determinação do grau de desequilíbrio que um determinado perfil encontra-se em relação ao perfil equilibrado (*graded*) é um tema que há muito vem sendo desenvolvido na geomorfologia fluvial. Baseando-se em resultados de experimentos numéricos, Snow & Slingerland (1987) mostraram que há três tipos de equações para a determinação do perfil longitudinal, dependendo da variável, ou das variáveis, que o controlam: exponencial, logarítmica e potencial. Hack (1959), estudando o perfil e a carga de fundo do rio Shenandoah (EUA), determinou que o gráfico semilogarítmico do perfil de um rio fornece as bases para um sistema de análise bastante útil, uma vez que, num perfil dessa natureza um rio equilibrado (*graded river*) se apresentaria como uma reta inclinada.

1.2.2 Perfil longitudinal semilogarítmico – importância e obtenção

A representação gráfica do perfil longitudinal já foi motivo para discussões entre autores da década de 1950 (DARTON, 1950; HACK, 1957, 1959). Mackin (1948, p. 464) descreveu um canal equilibrado como aquele em que o gradiente produz a velocidade necessária para o transporte de toda carga fornecida (gradiente de transporte). Assim qualquer diferença entre uma reta e o perfil estudado revelaria quanto e onde o perfil longitudinal do rio estaria em desequilíbrio. A associação dessas informações ao substrato geológico poderia conduzir ao “porquê” desse desequilíbrio.

Num perfil semilogarítmico, a origem é o divisor de drenagem. A coordenada vertical é uma escala aritmética e representa a altitude acima do datum e a coordenada horizontal, na escala logarítmica, representa o comprimento do canal desde sua nascente. O perfil semilogarítmico de um rio equilibrado (*graded profile*) é uma linha reta conforme a equação:

$$H = C - k \log_n L \quad (2)$$

onde H é a altitude em dado ponto do perfil e L é o comprimento do canal (distância horizontal do divisor de drenagem ao mesmo ponto). C e k são constantes.

1.2.3 O índice de gradiente ou relação declividade-extensão (RDE)

Redes de drenagem têm propriedades geométricas regulares que podem ser descritas quantitativamente (LEOPOLD *et al.*, 1964). Em uma paisagem erosiva, o

perfil longitudinal de um rio é uma propriedade da drenagem que fornece subsídios para o conhecimento do substrato rochoso, bem como para o entendimento dos processos geológicos e a história geomorfológica de uma área (HACK, 1960, p.50).

Hack (1973) propõe o índice de gradiente (*stream gradient-index*) como um elemento bastante prático para a determinação de “anomalias” na concavidade natural do perfil longitudinal. Em suma, o índice de gradiente proposto por Hack permite a normalização dos valores de gradiente e a identificação de valores anômalos do rio em cada trecho do seu curso. Este elemento veio solucionar o problema de se determinar e identificar valores anômalos no gradiente do perfil longitudinal, uma vez que este apresenta na maioria das vezes, uma diminuição gradativa da declividade da cabeceira à foz, não necessariamente demonstrando a existência de pontos anômalos.

A utilização desse índice permite detectar, no perfil longitudinal de um rio, alterações no seu curso, uma vez que relaciona a declividade do canal com a extensão do respectivo trecho, fornecendo assim um índice para comparação de trechos fluviais de diferentes magnitudes.

Assim, o índice de relação declividade vs. extensão por trecho é calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{RDE: } (\Delta H/\Delta L) \times L \quad (3)$$

Onde ΔH é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados do curso de água, ΔL é o comprimento do trecho analisado e L corresponde à extensão total do canal da nascente até o ponto final do trecho para onde o índice RDE está sendo calculado (Figura I.1).

Pode-se também calcular o índice RDE de um canal na totalidade de sua extensão, assim, considera-se a diferença altimétrica entre a cota superior e inferior do canal, ou seja, a diferença entre a cota localizada a cabeceira do rio e a cota localizada na foz do mesmo e o logaritmo natural da extensão total do curso de água. Segue a fórmula:

$$\text{RDEtotal: } (\Delta H/\ln L) \quad (4)$$

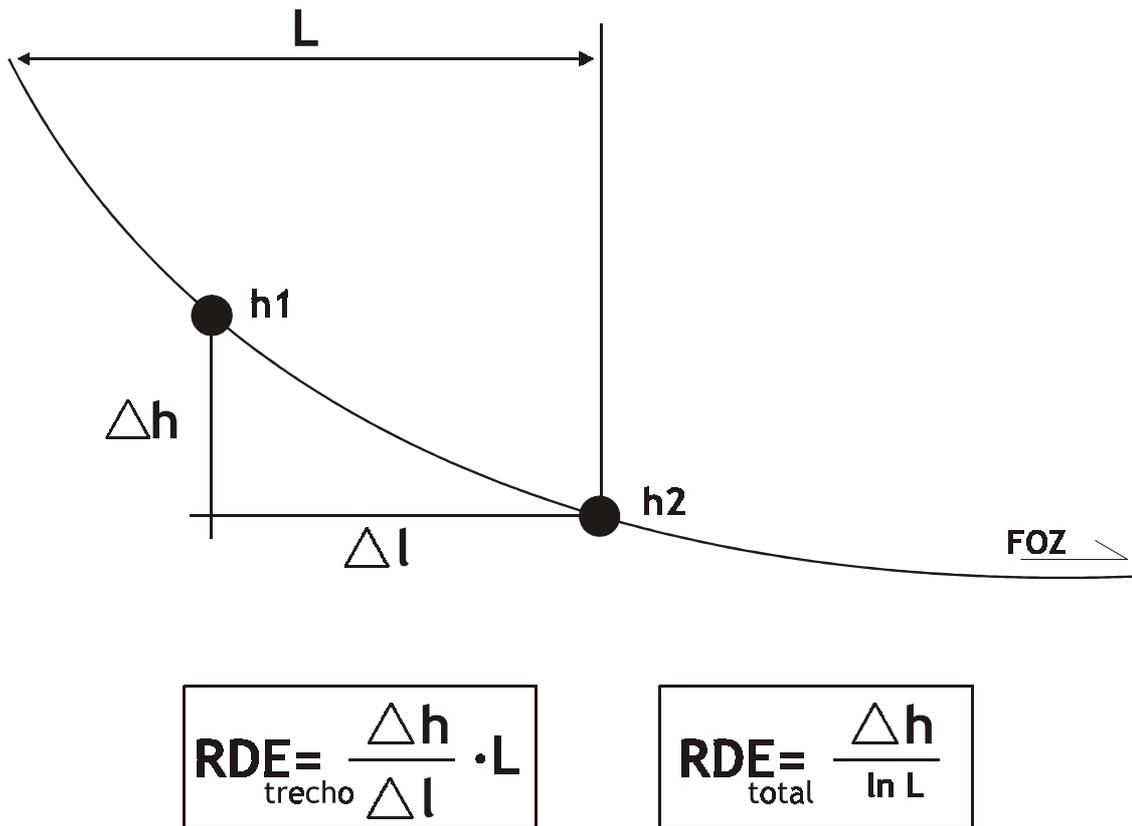


Figura I.1 - Esquema de Hack (1973) utilizado para o cálculo do índice RDE – modificado por Etchebehere (2000).

Os índices de RDE_{trecho} considerados anômalos serão aqueles que divididos pelo RDE_{total} obtiverem valores acima de 2. Para tanto existem 2 categorias, ou seja as anomalias de 2ª ordem, referentes aos índices obtidos compreendidos entre os limiares 2 a 10 e as anomalias de 1ª ordem referentes aos valores iguais ou superiores a 10 (SEBEER E GORNITZ, 1983). Os referidos autores associam, em estudo do perfil longitudinal dos rios do Himalaia, os valores menores que dois a trechos *pouco íngremes* configurados como o “gradiente ideal” (*graded*), sendo que acima deste número o trecho pode tornar-se *significativamente íngreme*. Já os trechos onde o valor ultrapassa o limiar 10 são considerados *muito íngremes*. Para os fins que esse trabalho se destina optou-se, conforme Etchebehere (2000), acatar essa preposição, uma vez que ao observar a relação dos índices de RDE com o perfil longitudinal da rede de drenagem da área em estudo nota-se em todos os casos alguma alteração no perfil longitudinal a partir do momento que o índice RDE atinge o limiar 2. Essa alteração se acentua a medida que o índice cresce e mostra

um perfil sem grandes rupturas na linha de declividade² onde esses índices apresentam valores menores que 2 denotando um caráter mais equilibrado ao curso de água. Em relação aos índices de RDE_{total} , os canais apresentam um valor único para toda sua extensão, sendo então utilizados para a verificação em mapa dos pontos de concentração de valores mais altos ou mais baixos deste índice. Desta forma o mapeamento dos pontos anômalos detectados na rede de drenagem torna-se uma importante ferramenta para a sua verificação em campo

Alem das variáveis já citadas como causadoras do desequilíbrio de um canal, Etchebehere (2000), ressalta ainda que os índices RDE também estejam associados com a competência do rio em erodir e transportar os sedimentos e são importantes indicadores de anormalidades na extensão total do canal que podem estar relacionadas à confluência de tributários, tamanho da partícula da carga de fundo, diferenciação do substrato rochoso ou a processos de deformação crustal³. Segundo Fortes (2003), a associação dessas informações relacionadas a interpretações que levem em considerações também aspectos como os diferentes ambientes climáticos, geomorfológicos, biogeográficos e tectônicos poderiam conduzir as causas desse desequilíbrio, uma vez que os canais fluviais estão condicionados a esses elementos. O referido autor considera as deformações tanto positivas quanto negativas como indícios de atividade tectônica, contudo chama a atenção também para as atividades antrópicas como possíveis causadoras de anomalias em um perfil.

O estudo dos perfis longitudinais, relacionando as quebras encontradas ao longo dos mesmos como manifestações neotectônicas foi pela primeira vez desenvolvido no Brasil por Bjornberg (1969) apud Etchebehere (2000).

² As rupturas de declive assinalam os trechos em que há mudanças bruscas na declividade entre dois segmentos fluviais, costumeiramente descritas como rápidos, corredeiras, saltos, cachoeiras e cataratas. Associadas ao nível de base cada ruptura de declive corresponde a uma vaga erosiva remontante, relacionada a determinada oscilação do nível de base, que provoca fase de rejuvenescimento. Evidentemente, há fatores locais (litológicos ou tectônicos) que afetam o perfil de equilíbrio, produzindo rupturas na declividade (Christofolletti, 1981, p. 131).

³ O termo deformações crustais ou deformações neotectônicas, refere-se a eventos tectônicos jovens que ocorreram desde o Terciário Superior ou que ainda ocorrem associados às últimas orogêneses, epirogêneses ou a tensões crustais diversas. Estes estudos são de fundamental importância para a análise e interpretação da geomorfologia atual e evolução paleogeográfica (GLOSSÁRIO GEOLÓGICO ILUSTRADO, 2005).

A aplicação dos índices RDE foi pela primeira vez aplicada, em rios brasileiros, por Etchebehere (2000), onde através das análises dos dados obtidos, o autor conseguiu levantar explicações pertinentes para as anomalias encontradas na Bacia do rio do Peixe/SP, sempre correlatas aos elementos já citados como possíveis causadores das anormalidades verificadas.

Desta forma a partir do estudo do perfil longitudinal e da aplicação de parâmetros morfométricos como o gradiente, índice de gradiente e sinuosidade, pode se ter um retrato das características de drenagem de uma bacia hidrográfica no que diz respeito às feições morfoestruturais e morfotectônicas desenvolvidas⁴.

1.3 METODOLOGIA

O levantamento cartográfico realizou-se a partir dos materiais existentes no Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá – UEM -, e também no GEMA – Grupo de Estudos Multidisciplinar do Ambiente além do material produzido pelo levantamento geológico executado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT (1981), nas escalas: 1:50.000 e 1:250.000 (cartas topográficas do IBGE), 1:100.000 (mapa geológico do IPT, 1981), 1:600.000 (mapa Geológico Mineropar, 1980). O material cartográfico foi a base de todo o mapeamento elaborado para este trabalho bem como para a obtenção dos perfis longitudinais de todos os cursos de água, dos índices RDE, e das variáveis morfométricas estudadas, como a sinuosidade e declividade, além do perfil longitudinal do vale. Na obtenção dos índices RDE usou-se um curvímeter para medir todos os canais e o índice foi calculado para cada intervalo existente entre cada curva de nível com equidistância de 20 metros originando uma planilha contendo todas as informações do curso de água estudado (Figura I.2).

⁴ Etchebehere (2000) considera o termo “morfoestrutural” aquele que abrange feições eventualmente resultantes de deformações pretéritas, sob a qual os cursos de água podem se amoldar, refletindo a disposição dos corpos rochosos e feições estruturais. Já o termo morfotectônica, compreende a ligação entre a acomodação dos elementos da rede de drenagem e as deformações crustais síncronas com caráter ativo, passíveis de mensuração.

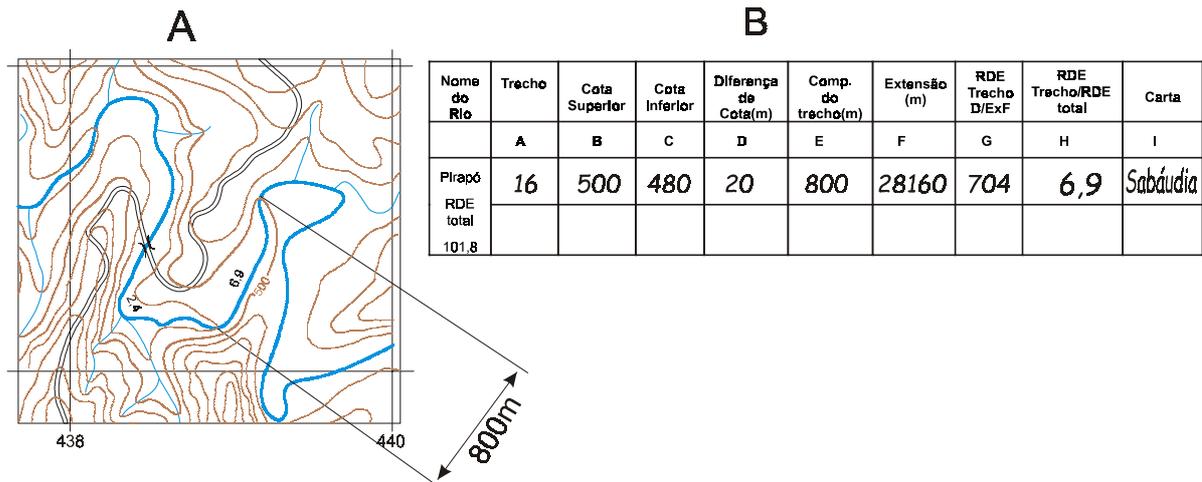


Figura I.2 – Esquema mostrando o processo de levantamento dos índices RDE. A - Trecho do rio Pirapó medido com curvímeter para o cálculo do índice RDE, B - Planilha originada a partir das medições contendo todas as informações levantadas.

As cartas topográficas nas escalas 1:50.000, referentes a área de estudo totalizaram o número de 16 e foram utilizadas para a delimitação da área da bacia e para as medições de todas as drenagens selecionadas. Além do rio Pirapó e Bandeirantes do Norte foram selecionados 126 canais para a aplicação dos índices de RDE (Figura I.3).

No rio Pirapó foram medidos 28 trechos entre as referidas curvas de nível. A explanação que segue procura explicitar detalhadamente o procedimento adotado para uma melhor compreensão, retomando pontos do item 5.3 referente ao Referencial Teórico. Trata-se primeiramente do processo usado para a obtenção do RDE_{total} do rio Pirapó que como já explanado nada mais é que a divisão da diferença altimétrica entre a cota superior e a inferior do canal pelo logaritmo natural do canal. Considerando que o comprimento do rio Pirapó obtido pelo curvímeter é de 247.010m (L) e a diferença altimétrica da nascente a foz é de 560m (ΔH), temos:

$$RDE_{total}: (\Delta H / \ln L)$$

$$RDE_{total} = 560 / 5.50 = 101,8 \quad (5)$$

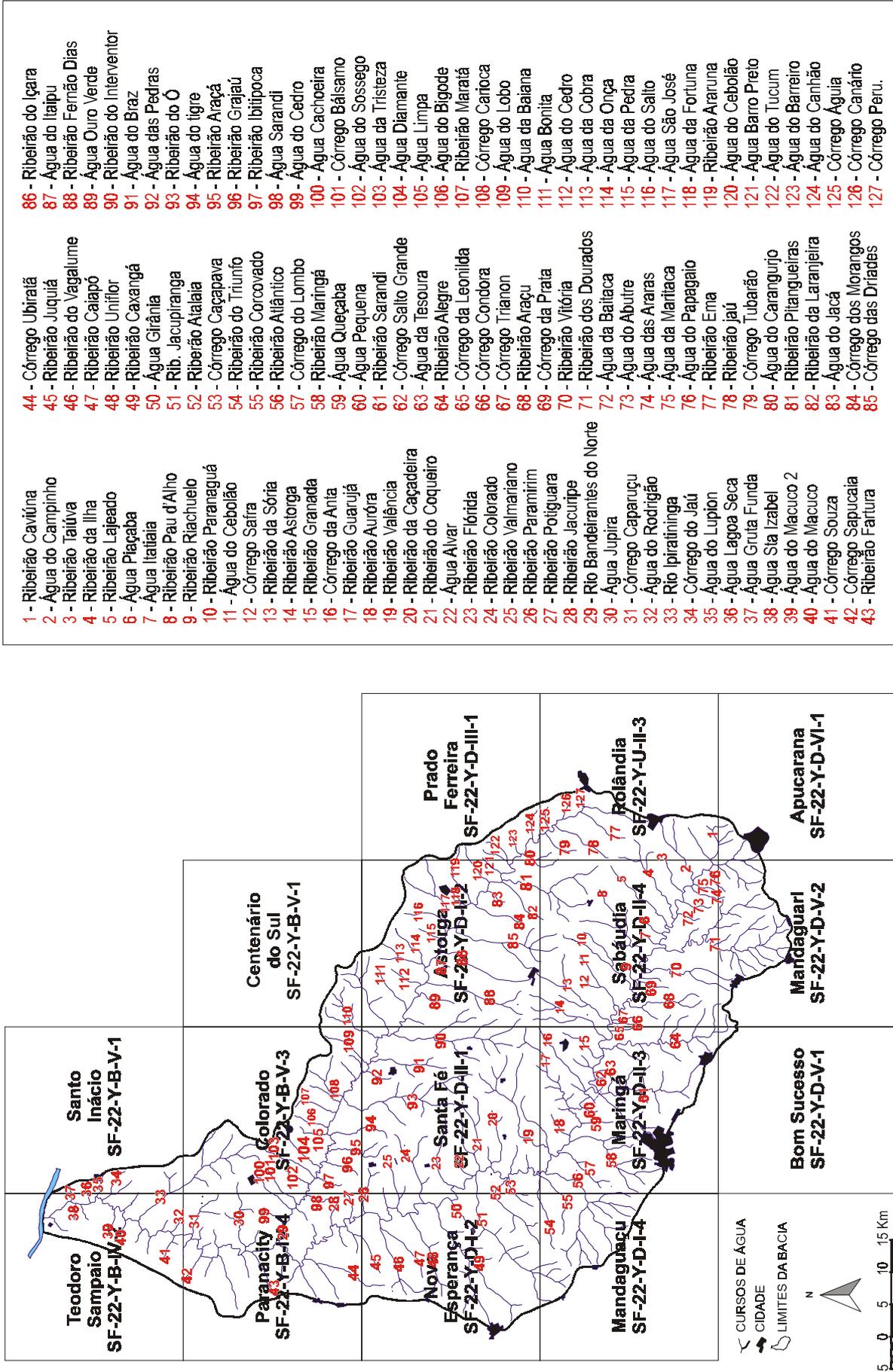


Figura 1.3 - Distribuição das cartas topográficas relativas a área de estudo e numeração dos cursos de água estudados.

Já para o RDE_{trecho} , toma-se como exemplo o 16º trecho medido ao longo do rio Pirapó situado entre as curvas de nível de 500 a 480m (Figura 1.2), com uma diferença altimétrica de 20m (ΔH) e comprimento de 800m (ΔL), sendo que a extensão da cabeceira até a curva de nível a jusante é de 281,60m (L). A diferença altimétrica dividida pelo comprimento do trecho entre curvas de nível é multiplicada pelo comprimento do canal da nascente até a curva de nível localizada a jusante e em seguida dividida pelo RDE total que fornecerá o valor do RDE para do referido trecho.

$$RDE_{\text{trecho}}: (\Delta H/\Delta L) \times L$$

$$RDE_{\text{trecho}} : (20/800) \times 28160 = 704 \quad (6)$$

Logo

$$RDE_{\text{trecho}} / RDE_{\text{total}} = 704/101,8 = 6,9$$

Neste caso o valor do RDE (6,9), está entre os limiares de 2 a 10, configurando-se em uma anomalia de segunda ordem.

Desta forma, temos o processo de obtenção de índice RDE para um determinado trecho existente entre duas curvas de nível no rio Pirapó e que foi aplicado em toda extensão do canal e seus tributários possibilitando a confecção de dois mapas, um para o RDE_{trecho} e outro para o RDE_{total} .

No mapa de RDE_{trecho} que foi gerado a partir dos valores anômalos levantados em cada trecho das drenagens, optou-se por símbolos para diferenciar as anomalias, sendo que as de primeira ordem foram representadas por um triângulo na cor vermelha e as de segunda ordem por um círculo na cor laranja. Estes símbolos foram plotados no mapa da bacia, no ponto médio do trecho anômalo. Da mesma forma no mapa de RDE_{total} , lançou-se no ponto médio da extensão total de cada canal o valor obtido (equação 5), possibilitando assim gerar curvas de isovalores, ou seja, os canais de valores de RDE considerados dentro de um determinado intervalo, ex.: de 20 a 60, são ligados manualmente entre si, possibilitando visualizar no mapa pontos de concentração de determinados valores. A concentração de um determinado valor em um ponto determinará os valores das

anomalias. Para o traçado das referidas linhas de isovalores optou-se por intervalos de índices de RDE de 20 em 20.

Em ambos os mapas foi usado como base o mapa geológico da bacia confeccionado a partir das cartas geológicas do IPT (1981) em escala 1:100.000, que foi complementado pelo Mapa Geológico do Paraná (MINEROPAR, 1989) escala 1:600.000 e por trabalho de campo. Optou-se nos mapas de anomalias, por manter o embasamento geológico bem como os lineamentos fotogeológicos, uma vez que representam a base para as interpretações dos dados. Nestes mapas também se encontram as principais estradas, propiciando uma visão da acessibilidade das áreas anômalas.

As medições feitas para calcular os índices RDE também foram usadas para a construção do perfil longitudinal, para o cálculo da sinuosidade, declividade e para o perfil longitudinal do vale (extensão linear do vale, desprezando a sinuosidade do canal). A construção do perfil longitudinal ocorreu conforme explicitado no item 5.1 do Referencial Teórico e foi aplicada no Pirapó e em 33 afluentes com extensão superior a 6 km, que apresentaram anomalias em seus cursos. Juntamente com o perfil longitudinal destes canais, foram gerados os gráficos com a variação dos índices RDE os quais foram associados ao perfil longitudinal dos referidos canais. Foi desenvolvida também uma página para os principais canais estudados, contendo a tabela, o perfil longitudinal, o perfil longitudinal semilogarítmico e o gráfico dos índices de RDE no qual se traçou uma linha mostrando os pontos de desajustes no perfil associados aos altos índices de RDE (Anexo A). A fim de se visualizar melhor os pontos de desajustes no perfil longitudinal também foi traçada em cada perfil a Função de Melhor Ajuste (*Best Fit Line*). Essa função pode ser aplicada em qualquer gráfico fazendo uso do software Excel, e consiste em mostrar o quanto um gráfico, no caso o perfil longitudinal, encontra-se disforme em relação a uma reta, propiciando desta forma uma visão dos pontos de quebra no perfil bem como trechos em subsidência (abaixo da reta) ou em soerguimento (acima da reta).

Os recursos computacionais utilizados na elaboração deste trabalho foram executados a partir dos seguintes softwares: Auto Cad - utilizado para digitalização das cartas topográficas, Spring – utilizado para o tratamento e edição das digitalizações efetuadas no Auto Cad e elaboração de cartas declividade e hipsométrica, Surfer – utilizado para a elaboração dos modelos digital do terreno,

Excel – utilizado para a elaboração de gráficos e planilhas, e Corel Draw – utilizado para a digitalização e elaboração das ilustrações contidas no trabalho.

O trabalho de investigação empírica desenvolveu-se posteriormente ao trabalho de escritório traduzindo-se na observação *in loco* de alguns setores anômalos detectados nos trabalhos de escritório. Com base nos pontos anômalos existentes nos mapas de anomalias de RDE total e trecho, foram determinados os locais para os trabalhos de campo, sendo elaborado um mapeamento de detalhe com a confecção de perfis transversais, além da documentação fotográfica destes locais e coleta de sedimentos. O levantamento das seções transversais em detalhe do canal foi elaborado pelo método do clinômetro e régua. Os perfis transversais foram associados aos perfis longitudinais, mostrando a configuração do vale nestes pontos. As coletas de sedimentos ocorreram nos locais de trabalho de campo nas barras de meandro, barras do canal e nos diques marginais e foram analisadas pelo método de peneiramento e pipetagem no Laboratório de Geologia, Pedologia e Palinologia localizado no GEMA.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

2.1 LOCALIZAÇÃO

A área da pesquisa compreende toda a bacia hidrográfica do rio Pirapó, localizada no noroeste do Estado do Paraná (Lat. 22°32'30" e 23°36'18"S; long. 51°22'42" e 52°12'30"W), que deságua no rio Paranapanema ao norte. De acordo com o Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná (1998), a bacia tem como limites a bacia do rio Ivaí ao sul, do rio Paranapanema IV a oeste, e a do rio Tibagi juntamente com a do Paranapanema III a leste (Figura II.1).

Com uma área de cerca de 5.076,00 km², a bacia do rio Pirapó apresenta-se em forma de leque e suas características flúvio-morfométricas são sumarizadas no quadro II.1.

A área de estudo abrange cerca de 30 municípios (Quadro II.2), entre o mais importante, cita-se Maringá, no qual o rio Pirapó vem a ser a principal fonte de abastecimento de água desta cidade.

De sua nascente localizada no município de Apucarana (altitude 800m), até sua foz no rio Paranapanema (altitude 240m), o rio Pirapó percorre aproximadamente 250 km, e orienta-se para noroeste até a cidade de Maringá quando muda sua direção rumo ao norte. O seu maior afluente (margem direita) é o rio Bandeirantes do Norte, que possui 149 km de extensão, nasce no município de Arapongas e desemboca no rio Pirapó nas divisas dos municípios de Paranacity, Lobato e Colorado.

Os outros principais afluentes da margem direita do rio Pirapó são: ribeirão Lajeado, ribeirão da Ilha, ribeirão Pau d'alho, ribeirão Valência e rio Ipiratininga. Os principais afluentes da margem esquerda são: ribeirão dos Dourados, ribeirão Sarandi, ribeirão Jacupiranga, ribeirão Caxangá e ribeirão do Vagalume.

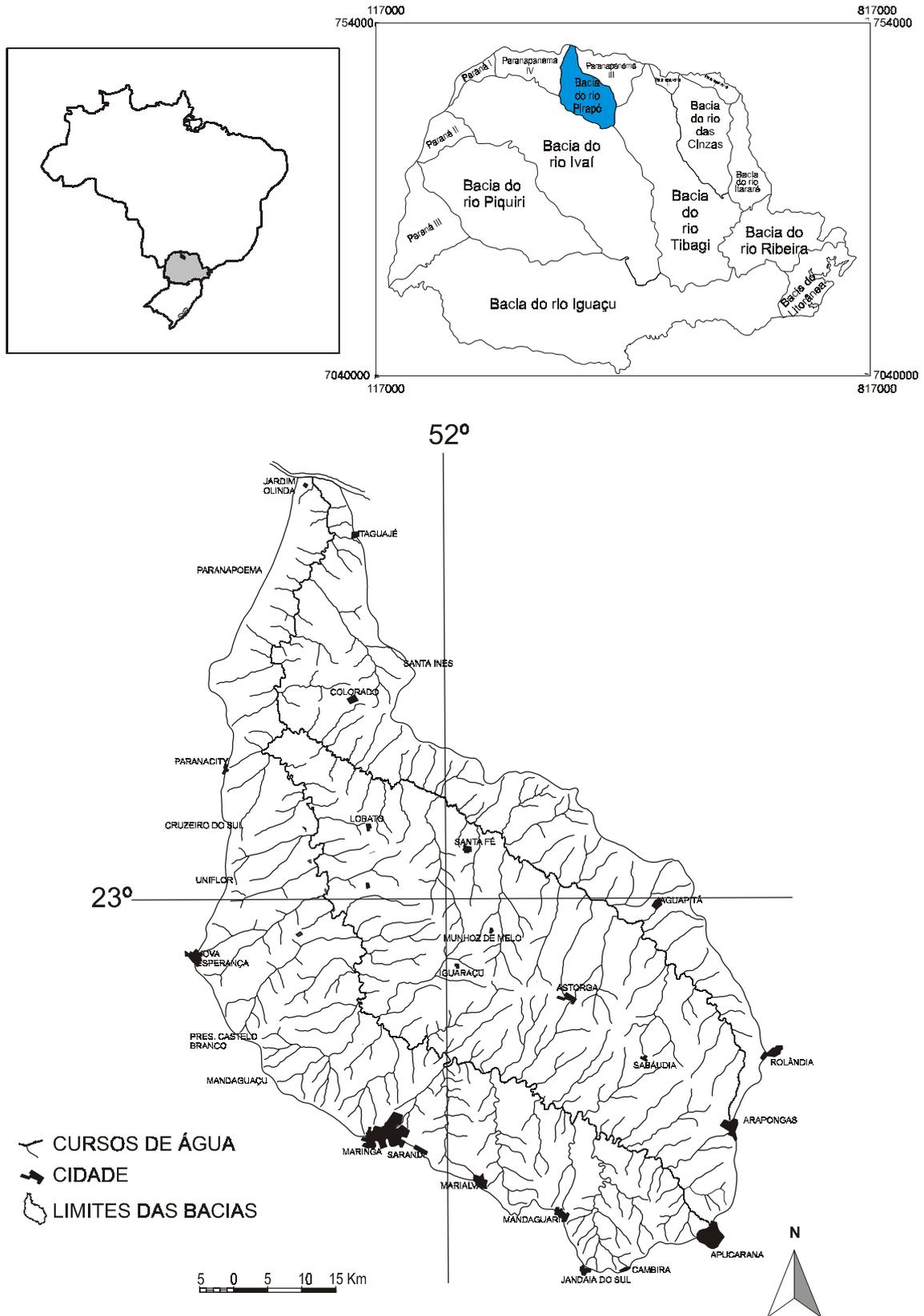


Figura II.1 – Localização da área de estudo.

Quadro II.1 – Características flúvio-morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pirapó

Número total dos cursos de água	Comprimento total dos cursos de água (Km)	Densidade de Drenagem D_d^*	Densidade hidrográfica D_h^{**}	Área da Bacia (Km ²)	Perímetro da bacia (Km)
1.982	3534.15	0,696	0,39	5.076,35	370,125

* $D_d = \Sigma l/A$ onde: l = comprimento de cada curso de água e A = Área da bacia.

** $D_h = N/A$ onde: N = número total dos cursos de água e A = Área da bacia.

Fonte: Paredes: (1980)

Quadro II.2 – Área de abrangência dos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó

Município	Área Total (km ²)	Área ocupada na bacia do rio Pirapó(km ²)	Participação (%)	
1	Jardim Olinda	136,206	38,64	28,37
2	Itaguajé	215.313	150,23	69,77
3	Paranacity	406,791	191,3	47,03
4	Colorado	412,233	358,75	87,03
5	N.Sra das Graças	168,843	55,46	32,85
6	Guaraci	214,95	102,36	47,62
7	Jaguapitã	463,186	277,1	59,83
8	Rolandia	591,046	361,52	61,17
9	Arapongas	379,096	184,68	48,72
10	Sabáudia	185,25	185,28	100
11	Astorga	446,626	466,626	100
12	Munhoz de Melo	139,238	139,238	100
13	Santa Fé	282,067	282,067	100
14	Iguaraçu	262172	262,172	100
15	Flórida	82,365	82,365	100
16	Lobato	243,118	243,118	100
17	Cruzeiro do Sul	261,016	153,5	58,81
18	Uniflor	95,785	73,6	7684
19	Atalaia	133,996	133,966	100
20	Nova Esperança	389,3	80,01	20,55
21	Pres.CasteloBranco	158,902	95,41	60,04
22	Mandaguaçu	292,115	222,78	76,26
23	Maringá	486,527	282,71	58,11
24	Marialva	578,599	140,7	24,32
25	Mandaguari	337,461	243,72	72,22
26	Jandaia do Sul	185,067	28,21	15,24
27	Cambira	314,497	34,58	11
28	Apucarana	544,388	181,35	33,31
29	Paranapoema	117,162	44,88	38,31
Total	8.523,33	5.076,35	59,56%	

Fonte: Paredes (1980)

2.2 CLIMA

A bacia do Rio Pirapó localiza-se na região em que o micro sistema climático é definido como *subtropical úmido, mesotérmico*, com verões quentes, sem estação seca de invernos definidos e geadas pouco freqüentes (MAACK, 1968). Em estudo sobre a caracterização termo-pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó, Ribeiro (1987) tece as seguintes considerações sobre a dinâmica do clima na área de estudo:

O ritmo mensal da temperatura associa-se ao deslocamento aparente do sol e da dinâmica das massas de ar e, dada a latitude da bacia – cortada a sul pelo Trópico de Capricórnio – apresenta duas estações extremas, com verões sempre quentes e invernos brandos, além de estações intermediárias, estas mais próximas à situação de verão. O aquecimento é mais intenso no setor noroeste da bacia, mais próximo à foz do Pirapó, onde o efeito de vale é mais acentuado e as temperaturas médias anuais estão estimadas em torno de 22°C e a temperatura média estimada para o mês de fevereiro, o mais quente do ano, em torno de 32°. Por outro lado, no setor das cabeceiras do rio Pirapó, em torno de Apucarana e Arapongas, as elevadas temperaturas do verão são abrandadas pela altitude.

Os meses mais frios são junho, julho e agosto, podendo, porem, as condições hibernais se incidirem a partir de maio, estendendo até setembro. Ainda o efeito altimétrico controla a distribuição espacial dos setores mais frios, apresentando as áreas mais elevadas do bloco de Apucarana, temperaturas médias compensadas estimadas em torno de 16°C para o mês de julho, o mais frio, estando as médias mínimas em torno de 10°C para o mesmo mês.

Em suma a temperatura média é superior a 22°C para o mês mais quente e de 18°C para o mês mais frio e, o símbolo climático que define o clima da área segundo classificação de W. KÖPPEN é o Cfa - úmido em todas as estações e verão quente (AYOADE, 1986), e envolve uma região compreendida das margens do rio Paranapanema, com cota 240m até altitudes de 600 e 800m.

Quanto ao macro-sistema climático que atua na região Norte do estado do Paraná, pode-se citar a Massa Tropical Atlântica, a Massa Continental (tropical-equatorial) e a Massa Polar Atlântica. A primeira é a de maior influência, atuando praticamente em todo o decorrer do ano, trazendo uma massa quente e úmida que em contato com o continente, descarrega grande parte da umidade, principalmente nas áreas costeiras, diminuindo a precipitação no interior do continente. Isso ocorre principalmente nos períodos mais quentes do ano, porém, em épocas mais frias, essa massa de ar resfria-se, diminuindo assim a incidência de precipitação. A Massa Continental (tropical-equatorial), esta é de origem térmica, formada na região do

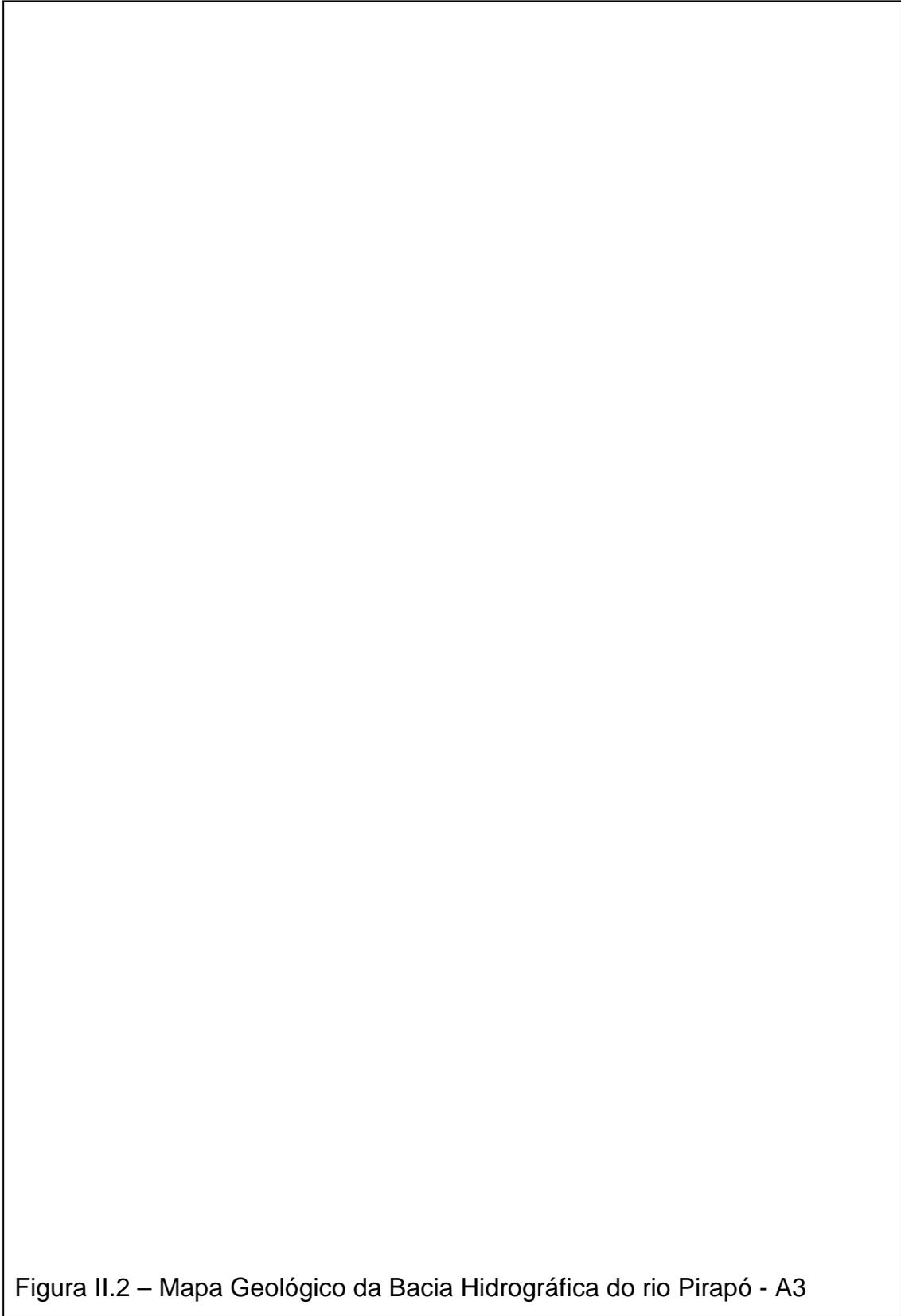
Chaco e atua principalmente no verão. A Massa Continental (tropical) é de origem quente e seca e precede a um avanço da massa polar e a Massa Continental (equatorial) provoca chuvas seguidas de calor. Já a Massa Polar Atlântica, é uma massa fria e úmida atuante durante todo o ano, com maior intensidade no inverno, considerada a principal causa das chuvas desta estação (NIMER, 1979).

Segundo dados da Estação Climatológica Principal de Maringá a precipitação média anual dos últimos 28 anos é de 1.623,2 mm, tendo como máxima 2.266,9 mm no ano de 1983 e mínima de 1.280,6 mm no ano de 1988. No inverno, os meses que apresentam a mais baixa temperatura, correspondem geralmente, àqueles menos chuvosos, já as maiores concentrações pluviométricas, verificam-se nos meses de setembro a março, justamente quando ocorre o aquecimento mais pronunciado, sendo, portanto o verão a estação mais chuvosa para toda a área da bacia (RIBEIRO, 1983).

2.3 GEOLOGIA

A bacia do rio Pirapó localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968) e compreende apenas duas unidades litológicas: o basalto originado pelos derrames de lava da Formação Serra Geral e o arenito das formações Caiuá e Santo Anastácio. A cobertura inconsolidada compreende alguns setores de depósitos aluviais quaternários (Figura II.2).

Dada a importância que o substrato geológico representa para as análises deste trabalho algumas considerações serão traçadas a respeito das formações existentes na bacia, tendo como base o estudo realizado pelo IPT (1981), o qual envolve praticamente toda a bacia. No item 2.5 são apresentados em forma de quadros os autores citados no trabalho do IPT (1981) *op cit*, e que deram significativa contribuição ao entendimento da geologia de toda a Bacia Sedimentar do Paraná, muito embora não seja objetivo deste trabalho fazer uma revisão estratigráfica sobre o assunto. Os dados das unidades litoestratigráficas são apresentados no Quadro II.3.



Quadro II.3 – Seqüência estratigráfica envolvendo as unidades de superfície da bacia do rio Pirapó. A área cinza representa o embasamento geológico da bacia. (Fonte IPT, 1981).

CRONOLOGIA		ESTRATIGRAFIA		SIMBOLOGIA
Cenozóico	QUATERNÁRIO		Aluviões, terraços e colúvios.	Qa, Qt, Qc
	TERCIÁRIO		Aluviões e cascalheiras suspensas	QTa, QTcc
Mesozóico	CRETÁCEO SUPERIOR	GRUPO BAURU	Formação Adamantina	Ka
			Formação Santo Anastácio	Ksa
			Formação Caiuá	Kc
	CRETÁCEO INFERIOR	GRUPO SÃO BENTO	Formação Serra Geral	JKsg
	JURÁSSICO		Formação Botucatu	JKB
	TRIÁSSICO		Formação Pirambóia	T _R Jp
Paleozóico	PERMIANO SUPERIOR	GRUPO PASSA DOIS	Formação Rio do Rasto	Prr

2.3.1 Formação Serra Geral (quadro II.4)

A Formação Serra Geral abrange grande extensão do Terceiro Planalto do Estado do Paraná, que se estende entre o rio Paranapanema e o divisor de água Iguaçu-Uruguaí (Maack, 1968). O basalto originado dos derrames da Formação Serra Geral aflora no vale do rio Pirapó em uma faixa com largura de 10 até 20 km, ininterruptamente, desde a cabeceira até a confluência deste com o rio Paranapanema, compreendendo uma espessa seqüência de derrames de lavas basálticas (com intercalações de arenitos e brechas intertrapianas), sobrejacentes às camadas de arenitos eólicos da Formação Botucatu e subjacente aos sedimentos da Formação Caiuá. Inclui ainda rochas básicas intrusivas sob a forma de diques e “sills” (diabásio) que não afloram na área. Ressalta-se ainda que a Formação Serra Geral (Figura II.3), na área da bacia estudada, é constituída, via de regra, por derrames de basalto, aparentemente homogêneo, com espessura da ordem de 20 a 40m, delimitadas no topo por zonas de 1 a 2 m de basalto vesicular. São esses corpos que definem as grandes feições do relevo tabular da região.

Em estudo sobre a constituição, composição e dinâmica da Formação Serra Geral o IPT (1981) ressalta que:

A Formação Serra Geral é constituída predominantemente por rochas de composição basáltica dispostas em derrames sucessivos e sub horizontais, subordinadamente por arenitos finos e médios, siltitos e brechas intertrapianas, e mais raramente, por pequenos “diques” siltico-arenosos intertrapianos [...] os derrames são em geral pouco espessos, sendo comum a presença de corpos intertrapianos a separá-los. A espessura dos derrames varia desde centimétrica a até cerca de 50 m, sendo mais comuns espessuras ao redor de 6 a 10 m. Constituem-se de basaltos com estruturas maciça ou vesículo- amigdaloidal, sendo esta característica de topo e base, e aquelas das porções centrais dos derrames. São rochas afaníticas, às vezes porfíricas, constituídas principalmente de plagioclásio (labradorita) e piroxênio (augita). Apresentam geralmente cores cinza-esverdeado escuro e cinza escuro a preto. As amídalas estão geralmente preenchidas por calcedônia, zeólitas, quartzo, minerais de argila (provavelmente do grupo da clorita) e mais raramente por calcita [...].

O vulcanismo de natureza basáltica, que originou os derrames da Formação Serra Geral, teve início ainda em ambiente desértico onde se depositavam os arenitos da Formação Botucatu, havendo um caráter cíclico entre extrusão de lavas com depósito de sedimentos interderrames (IPT, 1981, Relatório 15377, p 34 a 40).

Em relação à idade, as atividades ígneas básicas da Formação Serra Geral na Bacia Sedimentar do Paraná têm início no Jurássico perdurando até ao final do Cretáceo (Popp, 1987). Segundo Pinese e Nardi (2003 p. 01) o magmatismo ocorreu a 132 M.a. atrás e se estendeu por um período relativamente curto (1,1 M.a), o que conferiu ao fenômeno uma taxa de efusão elevada, da ordem de 1 km³ de lavas/ano.



Figura II.3 – Aspectos dos Basaltos da Formação Serra Geral na alta bacia do rio Pirapó – região de Mandaguari – Foto E. Hidecki

2.3.2 Grupo Caiuá (quadro II.5)

A partir da média bacia, o basalto encontra-se recoberto por arenito nos divisores de drenagem e no alto curso dos menores tributários. A Formação Caiuá está presente na maior parte da baixa bacia e a exposição dos arenitos ocorre desde localidade de Jardim Olinda, na foz do rio Pirapó. As características litológicas da Formação Caiuá na área de estudo são descritas pelo IPT (1981) da seguinte forma:

Litológicamente a Formação Caiuá é constituída essencialmente por arenitos médios a finos, com coloração arroxeadada típica fornecida por película ferruginosa que envolve os grãos.

Uma das características mais distintivas destes arenitos além de sua coloração típica corresponde a marcante estratificação cruzada e de grande porte, apresentando-se sob a forma tabular, por vezes acanalada. [...] Quanto à granulometria, predominam arenitos médios, e subordinadamente arenitos finos e grossos; arenitos muito finos são de ocorrência muito rara. [...] De maneira geral os arenitos da Formação Caiuá são moderadamente bem selecionados, sendo que cada um dos estratos e lamina dominam grãos do mesmo tamanho. [...] Quanto à mineralogia observa-se a predominância de grãos de quartzo atingindo cerca de 70 a 90% do total. Secundariamente ocorre feldspato de 10 a 20%, calcedônia de 5 a 10% e opacos de 10 a 15%, aproximadamente (IPT, 1981, Relatório 15377, p. 40 a 44).

A Formação Caiuá situa-se estratigraficamente acima da Formação Serra Geral, e abaixo dos arenitos da Formação Santo Anastácio e é caracterizada como iconofósseis. Sendo assim a idade dos seus depósitos pode ser estimada a partir da relação com depósitos de outras formações, como a sobrejacente Formação Adamantina que tem seus fósseis datados do Cretáceo Superior, e da Formação Santo Anastácio que foi base para Formação Adamantina. Desta forma estima-se que a Formação Caiuá tenha idade correspondente ao Cretáceo Médio. Quanto à origem têm-se evidências de ambientes tanto de deposição eólica como fluvial embora estudos mais aprofundados sejam necessários.

2.3.3 Formação Santo Anastácio (quadro II.6)

A Formação Santo Anastácio encontra-se estratigraficamente situada entre as Formações Caiuá e Adamantina e tem suas exposições mais expressivas a partir das cotas 510 até 580 m, nas proximidades da cidade de Jaguapitã, à margem direita do rio Bandeirantes do Norte e também no espigão divisor de água dos rios

Pirapó e Bandeirantes do Norte, configurando-se em uma faixa estreita que desaparece em direção a sudeste, próximo a cidade de Arapongas. Já em direção noroeste entre as cidades de Astorga e Sabáudia a área de exposição amplia-se ligeiramente desaparecendo bruscamente a oeste do ribeirão do Interventor. As características litológicas desta formação são descritas pelo IPT da seguinte forma:

A Formação Santo Anastácio constitui-se predominantemente por arenitos de estrutura maciça, granulação média a fina, medianamente mal selecionados, com pouca matriz argilosa. Mineralógicamente constituem-se essencialmente por quartzo e subordinadamente por feldspato, calcedônia e opacos. A quantidade de feldspato pode atingir valores de 10 a 15%, conferindo aos arenitos um caráter subarcoseano. Raramente observam-se tênues estratificações cruzadas e plano paralelas. Os grãos possuem formas arredondadas a subarredondadas a angulosas e subangulosas nas frações areia fina. Os arenitos apresentam coloração rosada e arroxeada [...] os grãos apresentam-se recobertos por películas de óxido e hidróxido de ferro, conferindo-lhes cores vermelhas e arroxeadas. A cimentação é de pequena intensidade acarretando baixa coesão à rocha (IPT, 1981. Relatório 15377, p 44 a 50).

Em certos pontos a Formação Santo Anastácio apresenta variações nos arenitos no que se refere à granulometria e a forma. A nordeste de Maringá nota-se uma pequena diminuição na granulação e arredondamento dos grãos, a qual sugere uma passagem gradual para os arenitos da sobreposta Formação Adamantina. Os depósitos da Formação Santo Anastácio podem ser datados com idade situada dentro do Cretáceo Superior, uma vez que estes se encontram estratigraficamente sobrepostos a Formação Caiuá (Cretáceo Médio) e subjacentes aos depósitos da Formação Adamantina na qual os fósseis concentrados no topo dos depósitos a colocam no Cretáceo Superior IPT (1981).

2.3.4 Depósitos Cenozóicos (quadro II.7)

Os depósitos cenozóicos referem-se aos depósitos sedimentares continentais inconsolidados, e são de idade quaternária. Os depósitos quaternários constituem-se, em parte, de aluviões em terraços alçados em relação ao leito atual da drenagem (desníveis de meia a uma dezena de metros) constituído predominantemente por depósitos argilo-arenosos. São planícies hoje entalhadas que são geralmente inundadas durante cheias (Figura II.4). Suas ocorrências foram mapeadas junto às margens do rio Pirapó, com largura variando de 200 e 300 m (IPT, 1981).



Figura II.4 – Planície frequentemente inundada durante as cheias localizada a partir do médio curso do rio Pirapó. (Foto do autor).

Os depósitos de origem coluvionares são arenosos e areno-argilosos derivados dos arenitos Caiuá e Santo Anastácio dispostos sobre espigões ou rampas à meia encosta. Apresentam ampla distribuição sobre as áreas de ocorrência dos arenitos Caiuá e Santo Anastácio. A maior “mancha” deste depósito na bacia do rio Pirapó situa-se no espigão Altaneira-Pulinópolis, os quais representam o coluvionamento de arenitos da Formação Caiuá. Ocorrem também depósitos de aluviões atuais e sub atuais em planícies e terraços ao longo das drenagens principais, apresentando constituição variada, predominando depósitos areno-argilosos, com intercalações de bancos arenosos. São também observadas cascalheiras encontradas no baixo curso do rio Pirapó constituídas de seixos e blocos de tamanho entre 2 e 20 cm de quartzito, calcedônia, variedades criptocristlinas e amorfa de sílica, quartzo leitoso e, mais raramente, pequenos seixos de basalto.

2.4 FRATURAS

As fraturas observadas na Formação Serra Geral não possuem grandes extensões, resumindo-se a algumas centenas de metros e originaram-se principalmente do resfriamento das lavas como também por alívios de cargas. Contudo, nos casos evidenciados pela regularidade da superfície de quebra e

persistência nas orientações é possível que esses elementos também tenham origem tectônica, provavelmente associada à atividade do Arco de Ponta Grossa. O estudo detalhado do IPT (1981) na região de Mandaguari mostrou que os lineamentos de origem tectônica tinham orientação N40-60E e N40-60W. No campo, constituíam-se de fraturas com planos regulares de pouca abertura, freqüentemente preenchidas por calcedônia, zeólitas, calcita e clásticos finos, quase sempre recobertas por películas de óxido e hidróxido de ferro. Os lineamentos fotogeológicos existentes na área de estudo correspondem segundo o IPT (1981, *op cit*), em grande parte, a linha de fraturas tectônicas e atectônicas.

2.5 SÉRIE DE QUADROS.

Neste item são apresentados os autores mencionados pelos relatórios do IPT (1981), bem como suas contribuições a respeito da geologia da área de estudo.

Quadro II.4 - Formação Serra Geral

AUTOR	ANO	CONSIDERAÇÕES
WHITE	1908	Responsável pela denominação "Serra Geral" para os basaltos da Formação Serra Geral em termos estratigráficos.
BAKER	1923	Estabelece os limites da área de ocorrência dos derrames basálticos e considera-os como os mais extensos derrames do mundo.
DU TOIT	1927	Realizou observações nas diversas formações gondwânicas da Bacia do Paraná, entre os quais os derrames basálticos.
WASBURNE	1930	Apresenta uma explanação relativamente extensa sobre os basaltos.
GUIMARÃES	1933	Apresentam dados sobre a petrografia da rochas eruptivas básicas
WALTHER	1938	
ALMEIDA	1946	
LEINZ	1949	Apresenta o mais completo estudo geológico dos derrames basálticos do sul do Brasil, em especial nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.
AMARAL <i>et al.</i>	1966	Apresentam determinações geocronológicas de amostras de basalto.
MELFI	1967	

Quadro II.5 – Grupo Caiuá

AUTOR	ANO	CONSIDERAÇÕES
BAKER	1923	Faz a primeira menção acerca de uma formação arenosa posterior aos basaltos, denominando de “Formação Supra Basáltica”, considerando-o de origem deltaica.
WASHBURNE	1930	Apresentou a primeira descrição formal do Arenito Caiuá, considerando-o de origem eólica.
MAACK	1941	Delimitou a área de ocorrência do Arenito Caiuá na região noroeste do Estado do Paraná e denominou-o de “Arenito São Bento Superior”, admitindo origem eólica.
SCORZA	1952	Efetua uma série de observações no Arenito Caiuá nas regiões oeste e sudoeste do Estado de São Paulo e noroeste do Paraná, compartilhando quanto a origem, as idéias de Washburne (1930) e Mack (1941)
FREITAS	1955	Retoma as idéias de Baker (1923) admitindo uma origem deltaica-fluvial para esta formação.
OLIVEIRA	1956	Retoma as idéias de Washburne (1930) e de Maack (1941) atribuindo um ambiente eólico para a Formação Caiuá.
MEZZALIRA	1964	Apresenta uma descrição da Formação Caiuá no Estado de São Paulo onde aventa a possibilidade de uma origem mista para a formação.
MEZZALIRA E ARRUDA	1965	Observaram que a Formação Caiuá maior expressão em área que a admitida anteriormente, e sugerem um ambiente misto, aquoso e eólico, para a deposição desta formação.
BÓSIO E LANDIM	1971	Com base em análises sedimentológicas e dados de campo, retomam as idéias de Baker (1923) e Freitas (1955), atribuindo um ambiente aquoso de deposição para o Arenito Caiuá. Admitem ainda uma idade cenozóica para a formação, considerando-a restrita à calha do rio Paraná e seus principais afluentes.
LANDIM E FULVARO	1971	Propõem uma hipótese sobre a gênese do pacote sedimentar Caiuá, o qual teria se originado a partir de um barramento no rio Paraná, na altura de Sete Quedas.
FREITAS	1973	Reformula parte de suas idéias anteriormente expostas em 1955. Postula um ambiente flúvio-deltaico ou lacustre-deltaico para a sedimentação Caiuá.
MEZZALIRA	1974	Reitera sua posição anterior (1955), atribuindo um ambiente misto para a deposição da Formação Caiuá.
SUAREZ	1975, 1976	Admite ambiente misto, aquoso e eólico, para a deposição da Formação Caiuá, com predominância do primeiro.
LANDIM E SOARES	1976	Consideram a Formação Caiuá como um depósito deltaico sotoposto à Formação Bauru.
LEONARDI	1977	Descreve a ocorrência de pistas fósseis de vertebrados invertebrados nos arenitos da Formação Caiuá, nas proximidades de Cianorte e São Manoel (PR).
SOARES <i>et al.</i> ALMEIDA <i>et al.</i>	1980	Incluem a Formação Caiuá na base do Grupo Bauru. Os primeiros autores indicam um ambiente eólico de deposição, ao passo que os últimos sugerem uma sedimentação aquosa pelo menos em parte da formação.

Quadro II.6 - Formação Santo Anastácio

AUTOR	ANO	CONSIDERAÇÕES
LANDIM E SOARES	1976	Autores fazem primeira referência ao nome desta formação, para denominar uma das duas fácies em que subdividiram o que chamavam de Formação Baurú
STEIN <i>et al</i>	1979	Realizaram um mapeamento geológico regional dos vales dos rio Paraná e Paranapanema, e propuseram a transformação da anteriormente denominada fácies Santo Anastácio para a Formação Santo Anastácio.
SOARES <i>et al</i>	1979	Propõem o Sistema Cretáceo onde subdividem, da base para o topo, a Formação Bauru em fácies Santo Anastácio, fácies Ubirajara, fácies Taciba e fácies Marília.
SOARES <i>et al</i>	1980	Propõem a denominação do Grupo Bauru, constituído de quatro formações: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, da base para o topo.
ALMEIDA <i>et al</i>	1980	Compartilham dessa visão de Soares <i>et al</i> (1980) e caracterizam a Formação Santo Anastácio, como um arenito predominantemente médio a fino, com seleção regular a ruim, de arredondamento bom nos grãos médios, e subarredondados nas frações mais finas. A esfericidade é boa a regular, e a constituição apresenta quartzo, feldspato, sílica amorfa e opacos, aparecendo localmente cimento e nódulos carbonáticos.

Quadro II.7 - Sedimentos Cenozóicos

AUTOR	ANO	CONSIDERAÇÕES
POPP e BIGARRELA	1975	A partir de reconhecimentos realizados em boçorocas nas cidades de Paranaíba e Cianorte, chamam a atenção para a importância de algumas unidades litoestratigráficas quaternárias, para as quais propõem a designação de Formação Paranaíba.
IPT	1981	Por ocasião dos trabalhos desenvolvidos na área do bloco ACS-73 (1981, Relatório IPT nº 14 845) foi possível o estabelecimento de uma proposta de estratigrafia para os sedimentos cenozóicos da região, baseada fundamentalmente nos tipos de depósitos sedimentares e sua associação geomorfológica.

2.5 RELEVO

As efusivas básicas, os arenitos intertrapianos da Formação Serra Geral e sedimentos arenosos do Grupo Bauru é que dão sustentação ao relevo do Terceiro Planalto onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Pirapó. Os aspectos do relevo da região devem-se à fase final da Reativação Wealdeniana da Plataforma Brasileira caracterizada por tectonismo atenuado, concomitantemente ao soergimento epirogenético, acompanhado pelo desenvolvimento de extensas e muito evoluídas superfícies de erosão (ALMEIDA, 1969 *apud* IPT, 1981).

A reativação Wealdeniana citada pelo IPT, foi descrita por Almeida (1967) como um evento tectônico que ocorre depois de um longo período de estabilidade experimentado pela Plataforma Brasileira. Ocorrido no início do Jurássico, este evento caracterizou-se por um “verdadeiro drama tectônico”: a *reativação Wealdeniana*.

Manifestou-se o fenômeno com maior intensidade na região costeira e suas proximidade (sic), mas estendeu às áreas das bacias sedimentares e possivelmente, a maior parte da plataforma e ao próprio escudo das Guianas, tão estável desde o Arqueano. O início do fenômeno deve ser atribuído ao Jurássico Superior, ao chamado Wealden [...]. Numerosas foram as conseqüências do fenômeno, que fez sentir seus efeitos até durante o Terciário. Grandes falhas antigas foram reativadas [...]. Vários sistemas de fraturas surgiu (sic) na região costeira e na plataforma continental e atuais fraturas que vêm sendo postas em evidência pelas pesquisas de petróleo, nas costas nordeste e leste do País [...]. Outra manifestação da reativação Wealdeniana foi o magmatismo basáltico que se apresentou nas bacias Paleozóicas, na maior parte da área do Planalto Atlântico e em menor escala, nas regiões mais afetadas no interior do País [...]. Parece que se deve atribuir à reativação Wealdeniana a subsidência que no Cretáceo se manifestou nas bacias do Paraná e Parnaíba, propiciando condições de fixação à sedimentação do Grupo Bauru, na primeira, Corda, Codó e Itapecuru, na última (Almeida, 1967, p 25).

Desta forma o relevo da bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta formas resultantes de entalhes sofridos ao longo do tempo apresentando na maior parte da área relevos maturamente dissecados. As formas mais enérgicas encontradas na bacia estão associadas à área onde predominam as efusivas básicas, ou seja, na alta bacia, onde as colinas podem variar de médias a amplas com topos amplos e convexos sustentada por pacotes espessos de basalto maciço capeados por camadas de basalto vesicular apresentando perfis convexos retilíneos (Figura II.5)

Na passagem entre a alta e média bacia essas formas sobressaem-se como morrotes e morros isolados, derivados do processo de entalhamento e dissecação da paisagem, os quais apresentam topos achatados com ruptura de declive bem marcada no topo, desenvolvendo trecho retilíneo e abrupto de encosta (Figura II.6 – A). A sucessão destas rupturas denota desigualdade entre litologias diferentes ou ao contato entre diferentes derrames basálticos. Essas formas de relevo ocorrem também segundo o IPT (1981) na região oeste de Apucarana. (Figura II.6 - B).



Figura II.5– Formas de relevo sustentado por basaltos, existentes na alta bacia apresentando modelado mais enérgico, com colinas que variam de médias a amplas. Fotos E, Hidecki, J.C, Stevaux.

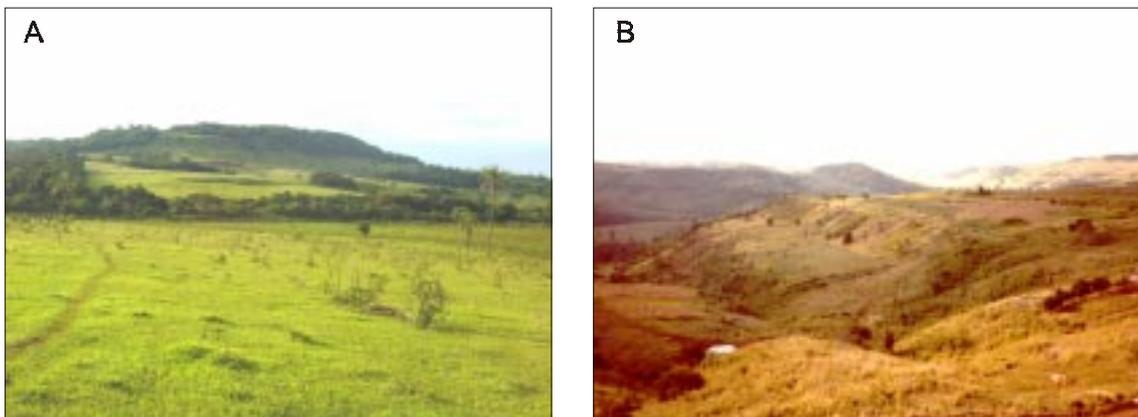


Figura II.6- A – Morros isolados derivados do processo de dissecação da paisagem. Foto O, Rigon. B - Série de rupturas mostrando desigualdade entre litologias diferentes ou ao contato entre diferentes derrames basálticos. Foto IPT (1981).

A partir da região de Maringá o relevo já se apresenta em formas pouco diferenciadas das encontradas na baixa bacia, área de exposição dos arenitos da Formação Caiuá (Figura II.7), que apresentam colinas amplas e médias. As encostas são suaves e os perfis convexos apresentando algumas vezes inclinações diferenciais condicionadas pelos mergulhos de estratos cruzados dos arenitos (IPT, 1981).



(Figura II.7 – Formas de relevo existentes a partir da média a baixa bacia apresentando colinas amplas com encostas suavizadas. A) corresponde área de predominância da Formação Serra Geral. Foto do autor. B) área de exposição dos arenitos da Formação Caiuá. Foto IPT (1981)

Os depósitos colúvio-aluvionares existentes na área de ocorrência do arenito Caiuá, associados aos fundos de vales apresentam-se em forma de terraços e rampas de colúvio na drenagem principal. Nas menores drenagens, estas entalham estes depósitos apresentando notável encaixamento (5 metros entre o leito e o terraço baixo).

A rede de drenagem da área mantém uma íntima relação com o substrato rochoso, possuindo quase que invariavelmente leito em rocha, com alguns trechos encaixados que formam pequenos “canyons” além de numerosas corredeiras e cachoeiras em degraus. Na baixa bacia o rio Pirapó chega a apresentar uma pequena planície de inundação com depósitos aluviais associados. A drenagem do Pirapó é de caráter subsequente/obsequente devido provavelmente ao movimento epirogenético ou neotectônico. As demais bacias de drenagem observadas na área apresentam padrão predominantemente subdendrítico e dendrítico, possuindo localmente padrões que denotam controle estrutural o que resulta uma drenagem sub-retangular e em treliça.

2.6 VEGETAÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Pirapó está localizada na região definida por Maack (1968) onde no passado se encontrava a exuberante Mata Pluvial Tropical do Terceiro Planalto e de seus vales fluviais, como o vale do rio Tibagi, rio Pirapó e rio Ivaí. Na década de 1990 o IBGE, adotou nova nomenclatura expressa no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (1992), no qual são definidas as regiões

fitogeográficas do Paraná que são distribuídas da seguinte forma: floresta estacional semidecidual (norte e sudeste), floresta ombrófila densa (planície litorânea e parte oriental do estado), floresta ombrófila mista (região sul), savana – campos e cerrados, estepe (campos gerais planálticos) e áreas de formações pioneiras (litoral do estado).

Desta forma, a floresta estacional semidecidual abrange a maior parte do Terceiro Planalto. De acordo com Santos (2001), trata-se de uma floresta exuberante com grandes espécies vegetais, desenvolvidas sobre as férteis terras roxas do norte do Estado e sobre o Arenito Caiuá, no noroeste, onde assume menor porte e também relativa redução da diversidade em função das características limitantes do solo e menor índice pluviométrico. Em relação ao relevo e as características pedológicas apresenta-se sob forma de floresta aluvial, nas planícies aluviais no entorno dos rios e submontana em planaltos abaixo dos 500m.

Segundo o Manual Técnico de Vegetação do IBGE esta floresta envolvia o lado esquerdo do rio Paranapanema a partir do rio Itararé e as bacias de todos os afluentes da margem esquerda do rio Paraná desde o rio Paranapanema até a bacia do rio Iguaçu. Caracterizada como floresta caducifólia (perdem entre 20 a 50% das folhas no inverno) este tipo de floresta atinge em seu estrato superior cerca de 30 a 40m de altura, possuindo grande número de espécies vegetais como peroba, pau-marfim, figueira, cedro entre diversas outras espécies, sendo que muitas possuem alto valor comercial, o que contribuiu para a devastação da área, além disso, devido à fertilidade do solo, grande parte da área foi “aberta” cedendo lugar às atividades agrícolas traduzida no plantio de culturas rotativas como soja, trigo e milho. Já nos solos desenvolvidos no Arenito Caiuá, a cafeicultura era intensa (MAACK, 1968). Porém devido ao esgotamento do solo, processos erosivos e outros fatores, foram substituídos por pastagens, denotando a algumas áreas o caráter pecuário. Assim, como praticamente toda a cobertura vegetal original foi retirada para dar lugar a inúmeras culturas agrícolas, tornou-se difícil a reconstituição da cobertura original, embora que ainda existam alguns remanescentes, tanto na área rural como na área urbana, como por exemplo, as três principais Reservas Florestais urbanas da cidade de Maringá (MARTINEZ, 2003) as quais se encontram na área de domínio da Floresta Estacional Semidecidual, e apresentam grande variedade espécies arbóreas registradas (Figura II.8)

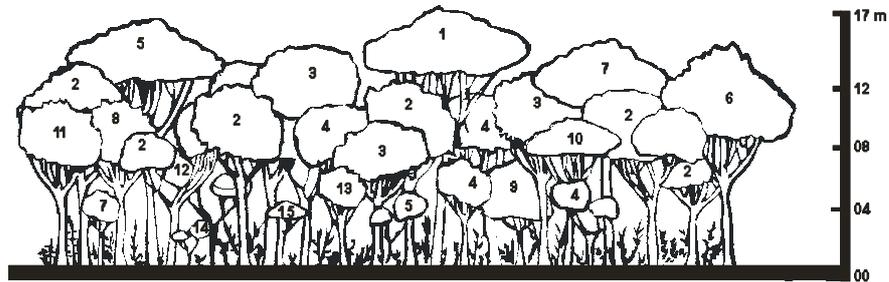


Figura II.8 – Perfil estrutural da vegetação do Parque do Ingá – Maringá. (1) *Endlicheria paniculata*, (2) *Alchornea triplinervia*, (3) *Acácia polyphylla*, (4) *Cróton floribundus*, (5) *Parapitadenia rígida*, (6) *Chorisia speciosa*, (7) *Cedrelha fissilis*, (8) *Bouganvillea glabra* (9) *Cabrlea canjerana*, (10) *Schefflera morototoni*, (11) *Jaracatiá spinosa*, 12. *Inga Marginata*, (13) *Ocotea puberula*, (14) *Urera sp.* (15) *Rollinia sp.* Fonte Prefeitura Municipal de Maringá (1994) Fonte: Plano de Manejo do Parque do Ingá – Secretaria do Meio Ambiente – 1994.

CAPÍTULO III

O PERFIL LONGITUDINAL DAS DRENAGENS DA BACIA DO RIO PIRAPÓ E AS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS ASSOCIADAS AO CANAL PRINCIPAL

3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo a construção e o estudo do perfil longitudinal das drenagens da Bacia do rio Pirapó, com a aplicação das técnicas anteriormente descritas a fim de se detectar o nível de desequilíbrio destas drenagens. A discussão que segue refere-se primeiramente às duas principais drenagens da bacia – rio Pirapó e Bandeirantes do Norte e em seguida aborda-se de maneira geral as drenagens secundárias.

Portando esse capítulo aborda primeiramente o perfil longitudinal dos rios Pirapó e Bandeirantes do Norte e os pontos de desajustes detectados em seus traçados, ressaltando os pontos mais significativos de ruptura na linha de declividade (*knick points*). Em seguida faz-se uma análise geral dos perfis longitudinais das drenagens secundárias da bacia. Na seqüência, é abordado o perfil longitudinal do vale do rio Pirapó e por fim apresentam-se os valores de sinuosidade e declividade do rio Pirapó e seus locais de ocorrências no perfil longitudinal.

O estudo desenvolvido neste capítulo foi essencial para o conhecimento do comportamento da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Pirapó, mostrando os pontos de desajustes detectados no perfil longitudinal. A quantificação destes pontos pelo índice RDE será tratada no próximo capítulo.

3.2 O PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PIRAPÓ

A construção do perfil longitudinal do rio Pirapó, bem como de seus afluentes tem como base cartográfica as cartas topográficas do IBGE em escala de 1:50.000. Para a construção dos perfis foram medidos os trechos entre as curvas de nível com eqüidistância de 20 metros e que perfazem o comprimento total do curso de água (Anexo A).

A curva do perfil longitudinal do rio Pirapó mostra em seu desenho uma sucessão pontos côncavos e convexos seguidos por quebras na linha de declividade distribuídas por toda a extensão do perfil (Figura III.1). Os primeiros quilômetros relacionados ao relevo mais enérgico da bacia, apresentam uma significativa

declividade (Quadro III.1) perfazendo uma distância de 30 km que se situa entre as curvas de nível de 800 a 460 m. Neste trecho significativamente íngreme, ocorre a primeira área convexa entre as curvas de 580 a 500m com extensão de aproximadamente 18 km. O final desta convexidade representa uma significativa ruptura na linha de declividade no perfil longitudinal que ocorre no trecho existente entre as curvas de nível de 500 a 460m, com extensão de 3,3 km. Trata-se de um pequeno trecho com acentuado desnível altimétrico e que no seu final marca o início de uma grande extensão mais equilibrada do canal, apresentando uma curva de modo geral côncava que se estende até próximo aos 150 km. Nota-se neste trecho a linha do perfil mais suavizada, sem rupturas bruscas até alcançar a cota de 300m, próximos aos 200 km percorridos pelo canal desde a nascente, onde voltam ocorrer uma série de rupturas.

A função linear de melhor ajuste que ressalta os pontos de soerguimento e subsidência na linha do perfil longitudinal e serve para mostrar o quanto esse perfil encontra-se disforme em relação à curva côncava apresentada pelo perfil de um rio equilibrado (*graded river*), foi aplicada ao perfil longitudinal do rio Pirapó a partir de seus 50 km. Este procedimento foi adotado conforme Etchebehere (2000 p. 179/181), que despreza os primeiros 50 quilômetros de extensão referentes à área de significativa declividade, com o intuito de evitar distorções no ângulo de inclinação da reta dificultando assim a análise.

Podemos então confirmar por meio desta função que a partir dos 150 km do curso do rio a existência de uma área convexa com extensão de cerca de 50 km. Essa convexidade é rompida pela segunda série de rupturas apresentada no perfil longitudinal no baixo curso do rio Pirapó onde ocorrem as desembocaduras do rio Bandeirantes do Norte e Ipiratinga. Desta forma o perfil longitudinal do rio Pirapó apresentou-se discrepante em relação a um perfil equilibrado, mostrando pontos de significativos desajustes tanto alto como no baixo curso.

3.3 O PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BANDEIRANTES DO NORTE

A curva que representa o perfil longitudinal do rio Bandeirantes do Norte apresenta em seu desenho uma acentuada concavidade, a qual é mais perceptível no trecho que ocorre da cabeceira até os 60 km, configurando no trecho mais equilibrado do canal (Figura III.2). A partir destes 60 km, ocorrem os primeiros trechos de desajustes no perfil longitudinal, mostrando rupturas que se traduzem em

uma série de movimentos positivos (soerguimento) e negativos (subsidiência) denotados também pela função de melhor ajuste (*best fit line*). Percebe-se a evidência de um *knick point* localizado entre as curvas de nível de 380 e 360 m, onde o rio apresenta corredeiras e cachoeiras no qual a mais conhecida é o Salto Bandeirantes. Na sua desembocadura no rio Pirapó ocorre outra quebra brusca na linha de declividade apresentando um acentuado desnível altimétrico para um trecho de aproximadamente 22 km que vai da curva de 320 até a desembocadura.

De modo geral o perfil longitudinal do rio Bandeirantes do Norte apresentou um perfil mais equilibrado em relação ao do rio Pirapó, principalmente na cabeceira, onde o seu vale é menos acidentado. Os pontos de rupturas no perfil ocorrem já no baixo curso, quando este está mais próximo ao rio Pirapó.

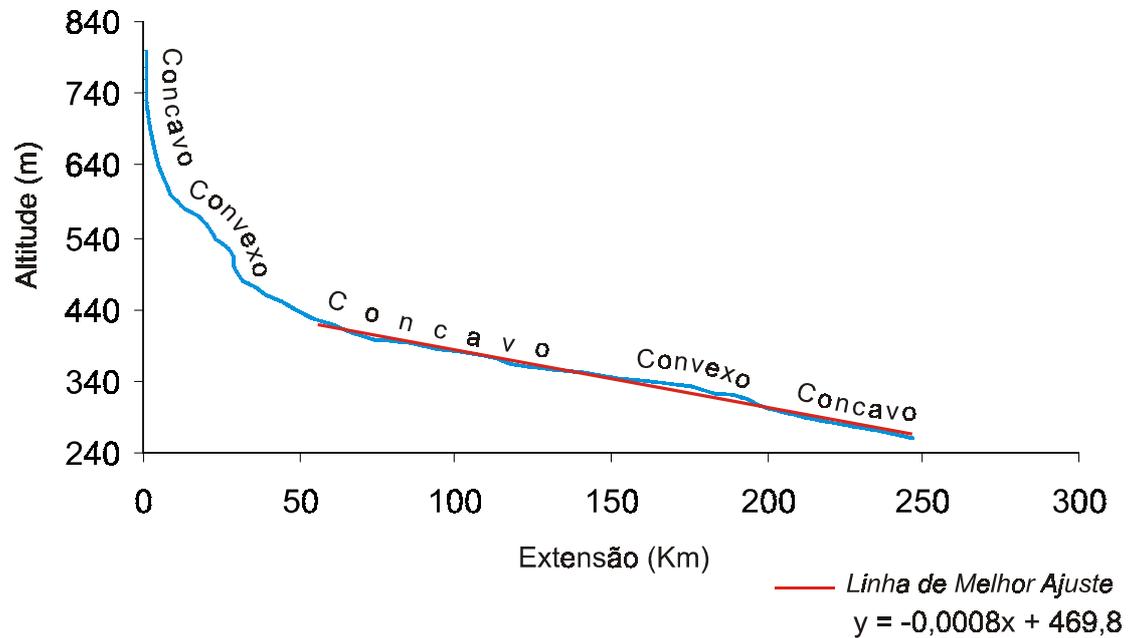
3.4 OS PERFIS LONGITUDINAIS DAS DRENAGENS SECUNDÁRIAS DA BACIA DO RIO PIRAPÓ.

Neste item faz-se uma análise geral de 33 canais secundários da bacia para os quais foram elaborados os perfis longitudinais. Essas drenagens apresentaram perfis com significativas quebras na linha de declividade. Observam-se quebras muito mais significativas que as apresentadas pelos rios Pirapó e Bandeirantes do Norte (Anexo A). São geralmente rupturas bruscas com desnível altimétrico elevado para pequenas distâncias. Geralmente as rupturas se apresentam sucessivamente configurando-se perfis em degraus, como podemos observar nos ribeirões Lajeado , Paranaguá, Aurora, Dourados, Jacupiranga e Araruna, entre outros.

Alguns ribeirões apresentam rupturas nas suas desembocaduras, as quais ocorrem nos afluentes do rio Bandeirantes do Norte como é o caso da Água da Baiana , Água do Brás, ribeirões Fernão Dias , Ema, do Ó, e afluentes do rio Pirapó como nos ribeirões Uniflor, Caxangá, Flórida, rio Ipiratininga e Água do Cebolão entre outros.

Trechos em subsidiência e soerguimento detectados pela função de melhor ajuste também ocorrem de maneira acentuada em vários afluentes tendo como exemplo os ribeirões Astorga, do Coqueiro, Alegre, Triunfo e rio Ipiratininga.

A - Perfil longitudinal do rio Pirapó Escala Aritmética



B - Perfil longitudinal do rio Pirapó Escala logarítmica

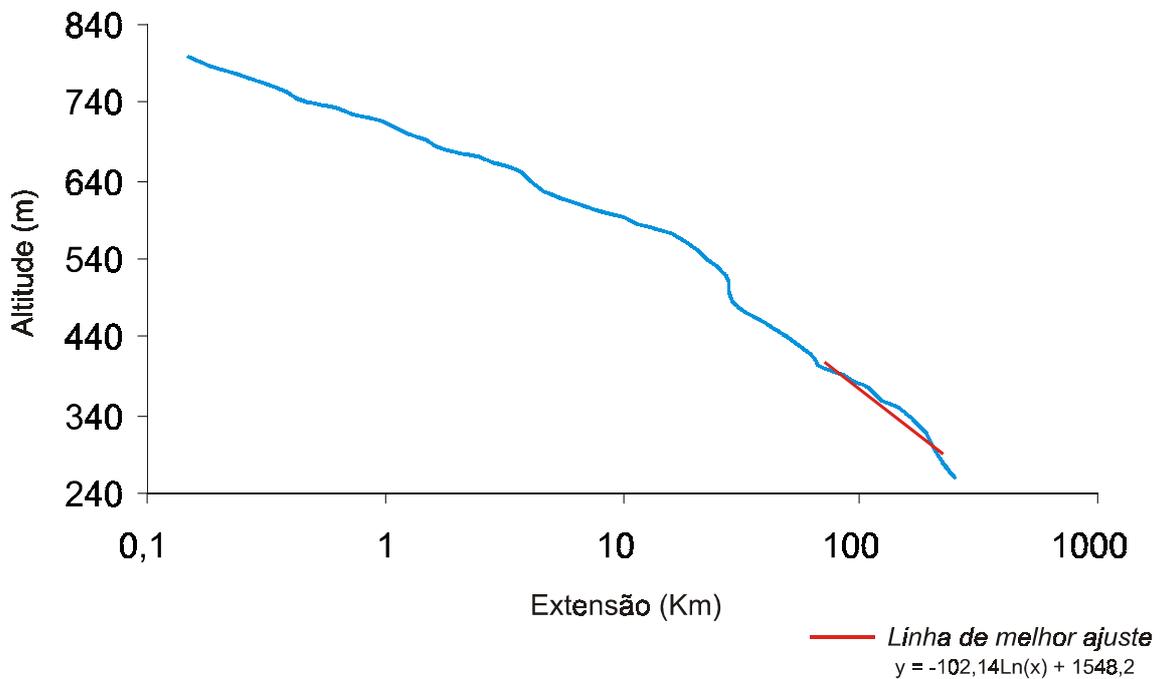
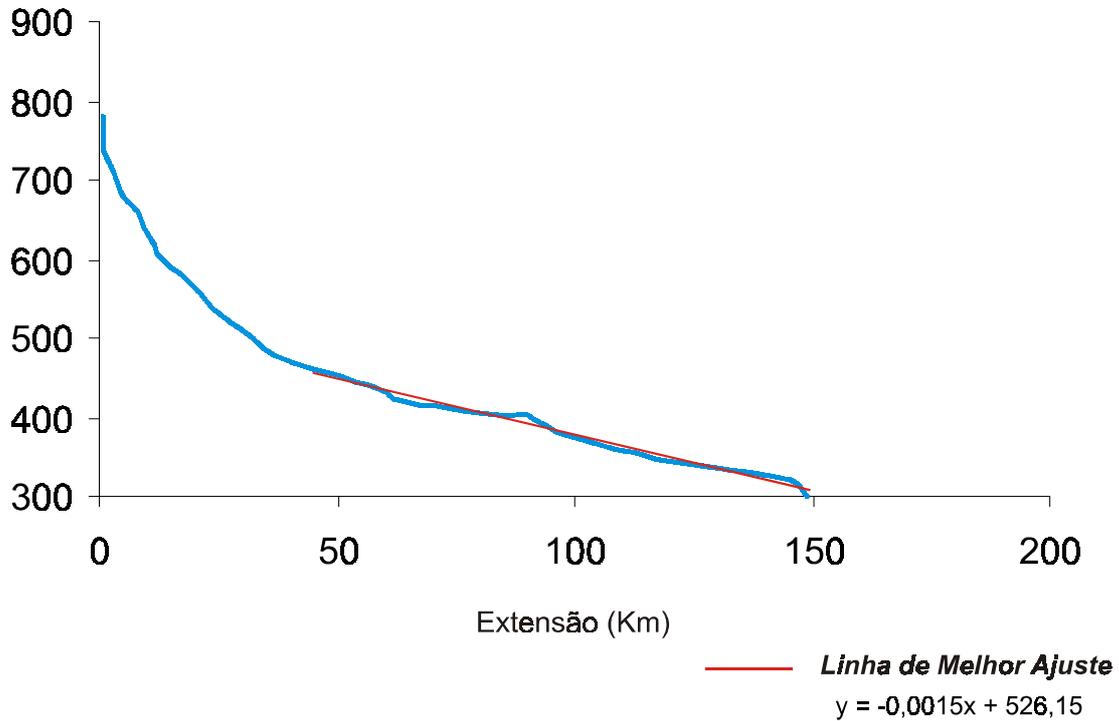


Figura III.1 – Perfis longitudinais do rio Pirapó em escala aritmética e semilog. Base cartográfica para obtenção dos dados topográficos: Folhas do IBGE – Escala 1:50.000.

A - Perfil longitudinal do rio Bandeirantes do Norte
Escala Aritmética



B - Perfil longitudinal do rio Bandeirantes do Norte
Escala logarítmica

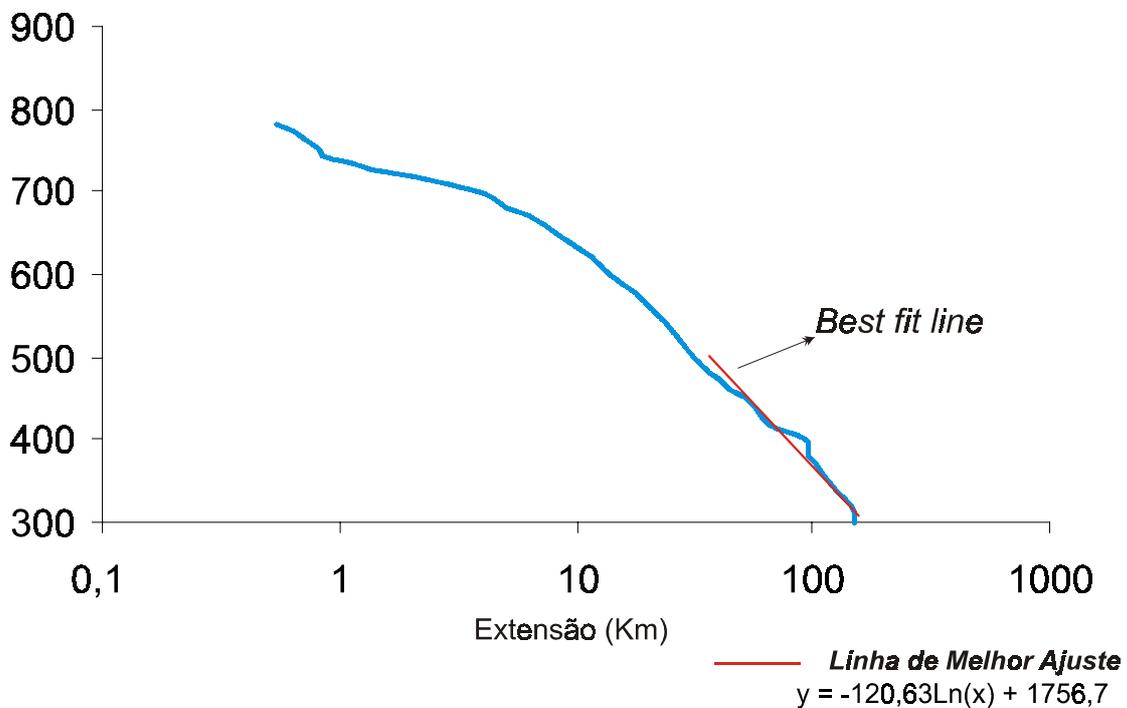


Figura III.2 – Perfis longitudinais do rio Bandeirantes do Norte em escala aritmética e semilog. Base cartográfica para obtenção dos dados topográficos: Folhas do IBGE – Escala 1:50.000.

De modo geral as quebras ou rupturas na linha do perfil ocorrem nos afluentes distribuídos em toda a bacia. Essas quebras devem representar processos que estão alterando o equilíbrio do curso de água nestes setores (ETCHEBEHERE, 2000). Dos 33 canais estudados apenas o ribeirão do Interventor não apresentou rupturas na linha do perfil, servindo como exemplo de um rio equilibrado.

3.5 O PERFIL LONGITUDINAL DO VALE DO RIO PIRAPÓ

A técnica de estudo do perfil longitudinal do vale vem complementar os estudos realizados no perfil longitudinal do canal. Para a construção do perfil longitudinal do vale de um determinado curso de água, procede-se de maneira semelhante à técnica da construção do perfil de um canal no qual se representa a extensão do vale no eixo das abscissas e a altitude no eixo das ordenadas. A curva resultante representa o comportamento do vale desde a cabeceira até a foz do curso de água. O diferencial desta modalidade de perfil está na representação do comprimento linear do vale e não na extensão do curso de água que adquire comprimentos diferentes em função da sinuosidade (Figura III.3).

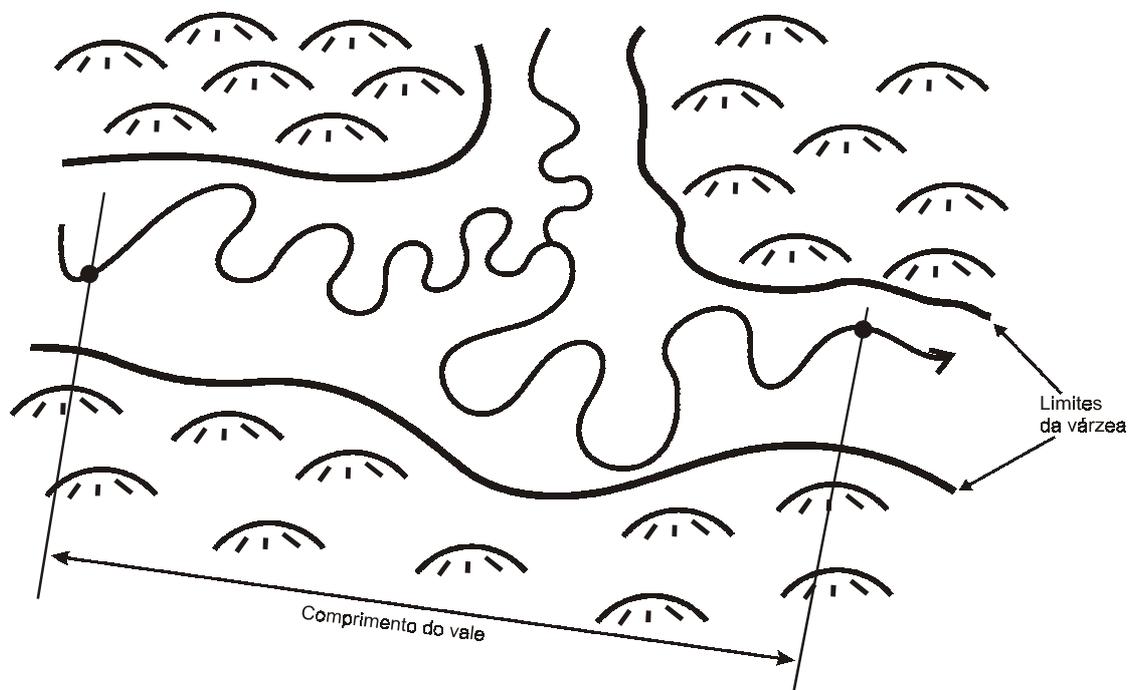


Figura III.3 – Ilustração mostrando o efeito do comprimento do vale (Etchebehere, 2000)

Portanto, o perfil longitudinal do vale vem eliminar o efeito da sinuosidade na construção do perfil e as áreas em soerguimento mostrarão uma convexidade no perfil do vale e nas regiões deprimidas ocorrerá efeito inverso (ETCHEBEHERE, 2000). A planilha com os dados obtidos para a construção do perfil longitudinal do vale do rio Pirapó é mostrada no Anexo A.

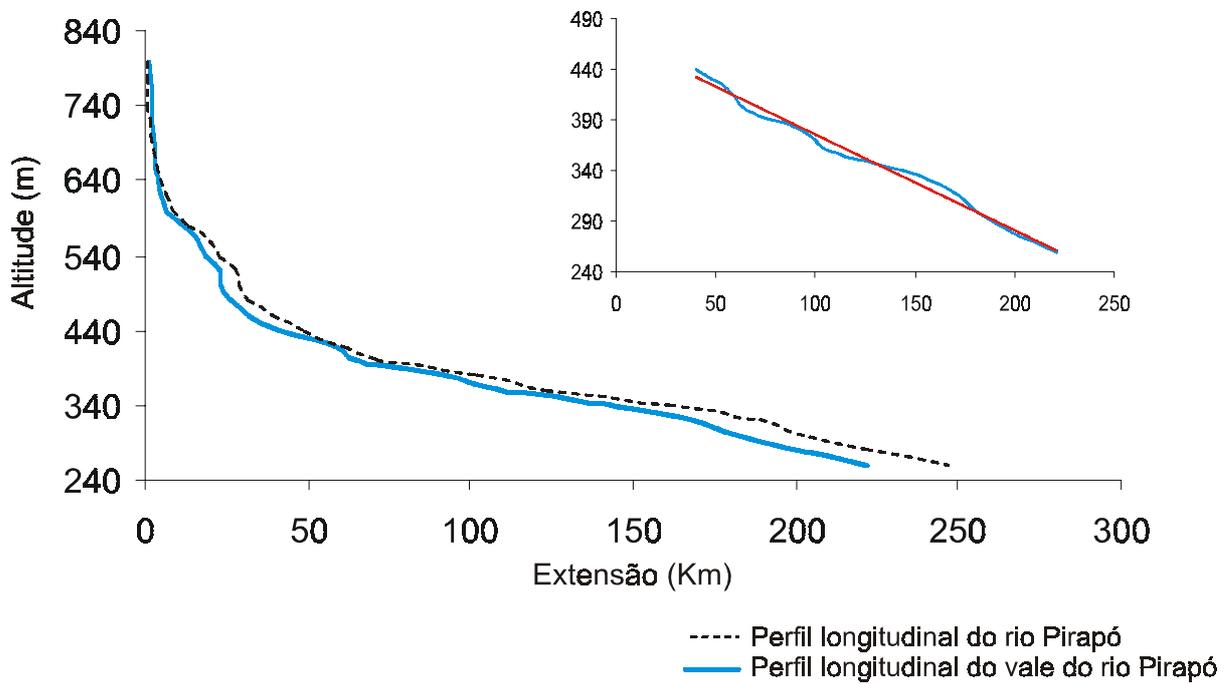
São apresentados dois perfis, um em escala aritmética e outro em escala logarítmica, bem como a função de melhor ajuste, a qual se mostra um importante objeto na detecção dos desajustes existentes ao longo do perfil. (Figura III.4). De modo geral o perfil longitudinal do vale do rio Pirapó não apresentou discrepâncias em relação ao perfil longitudinal do canal. Apenas fica mais evidenciada a significativa declividade nos primeiros quilômetros e os desajustes perfil longitudinal do canal se sobressaem. Pode-se também detectar a significativa área convexa a partir da média bacia, a qual remete ao provável já comentado soerguimento nessa área. Na rugosidade do perfil em escala logarítmica também se percebe esses pontos.

3.6 SINUOSIDADE DO RIO PIRAPÓ

Se por um lado o perfil longitudinal do vale elimina o efeito da sinuosidade, não se pode deixar de considerar este fator como fornecedor de pistas de pontos anômalos em uma drenagem. O estudo da sinuosidade do curso de água em áreas tectonicamente ativas surge como elemento importante na detecção de pontos anômalos. Em estudo no rio Mississipi, Schumm *et al.* (2000) mostram que setores tectonicamente ativos apresentam alta sinuosidade e, similarmente, mudanças no perfil longitudinal onde a projeção destes pontos é consideravelmente íngreme.

Embora o rio Pirapó apresente leito em rocha, desenvolvendo-se totalmente sobre basaltos e a sinuosidade de seu curso esteja relacionada à direção dos lineamentos das fraturas existentes, optou-se neste item pelo cálculo deste índice para quantificar o grau de sinuosidade do canal a fim de complementar os outros estudos realizados no perfil longitudinal, bem como a localização de trechos retilíneos, auxiliando nas interpretações.

A - Perfil longitudinal do vale do rio Pirapó Escala Aritmética



B - Perfil longitudinal do vale do rio Pirapó Escala logarítmica

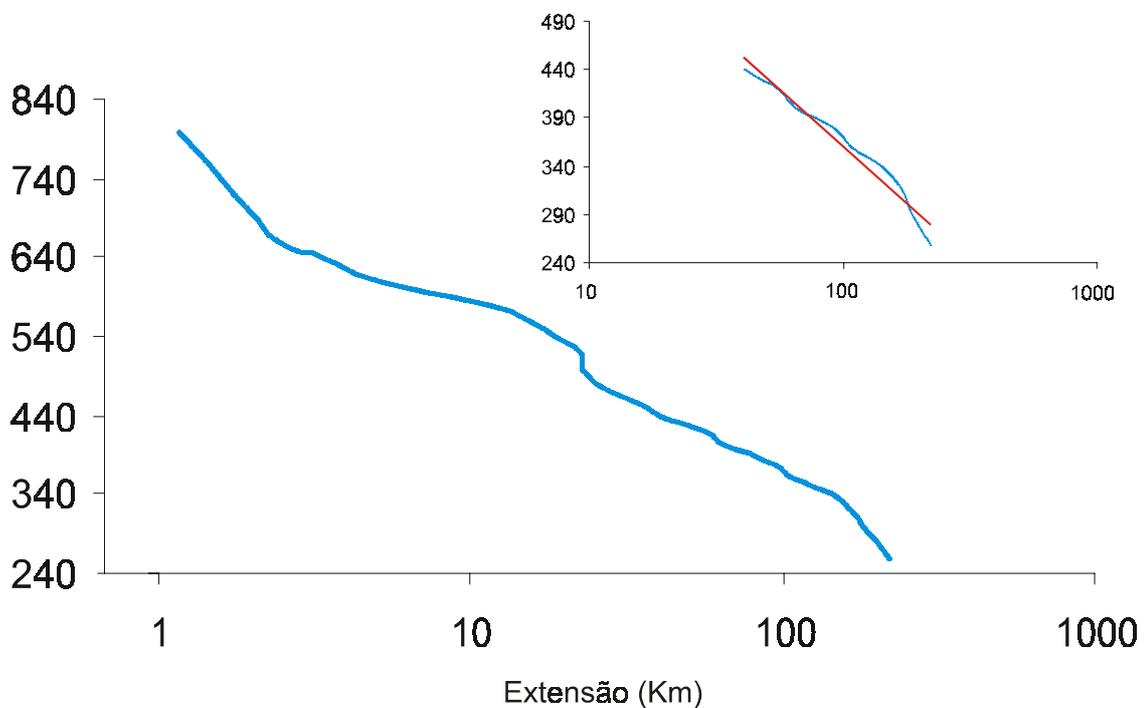


Figura III.4 – Perfis longitudinais do vale do rio Pirapó em escala aritmética e semilog. Base cartográfica para obtenção dos dados topográficos: Folhas do IBGE – Escala 1:50.000.

Segundo Christofolletti (1981), os canais retilíneos são muito raros na natureza, e a existência desses se dá quando o mesmo é controlado por linhas tectônicas, como no caso de cursos de água acompanhando linhas de falhas além de sua presença exigir embasamento rochoso homogêneo. O que existe na verdade são pequenos trechos retilíneos em determinados setores do canal. As drenagens da bacia do Pirapó estão fortemente controladas pelo grande número de fraturas, que impõem trechos retilíneos tanto nas drenagens principais (rios Pirapó e Bandeirantes do Norte) como nas secundárias. Christofolletti (1981), ressalta ainda que trechos retilíneos não implicam em topografia uniforme. Já em relação aos canais tortuosos ou irregulares ressalta que estes possuem altos valores do índice de sinuosidade, surgindo como rios em que pode haver intenso controle das linhas tectônicas (fraturas, falhas e juntas) ou de contato litológico produzindo mudanças bruscas nas direções.

A maneira mais comum para o cálculo da sinuosidade está na divisão do comprimento do canal em determinado trecho pelo comprimento deste trecho medido ao longo do vale, onde os valores variam de 1 a 4 (Christofolletti, 1981). É considerado um rio de baixa sinuosidade aquele que cujo índice esteja entre 1 e 1,5. Quando o valor for igual ou maior a 1,5, o canal é considerado meandrante.

Para o cálculo do índice de sinuosidade do rio Pirapó, optou-se pelos trechos localizados entre as curvas de nível (Quadro III.1), sendo também lançados os valores de declividade para cada trecho. Geraram-se, portanto dois gráficos com a variação da sinuosidade e da declividade e seus pontos de ocorrência ao longo do canal do rio Pirapó foram confrontados com o perfil longitudinal (Figura III.5). Percebe-se que a sinuosidade mostrou valores mais elevados nos trechos considerados de alta declividade. Os valores variam de 1,1 a 1,6 sendo que este último ocorre na cabeceira do canal, no trecho entre as cotas de 800 a 660 m, já o segundo trecho está relacionado à quebra da linha de declividade detectada a 32 km da nascente (Figura III.5). O baixo curso apresentou valores acima de 1.1 obtendo picos de 1,4.

Analisando os gráficos do perfil longitudinal e o da variação dos índices de sinuosidade, percebe-se que o padrão da drenagem apresenta trechos tortuosos com altos índices de sinuosidade, os quais estão relacionados a alguma anormalidade do perfil, podendo estas estar em maior evidência, como é o caso da

alta bacia ou aos trechos mais a jusante, nos quais as variáveis apresentam valores mais baixos.

Quadro III.1 - Valores dos índices de sinuosidade declividade para o rio Pirapó

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Trecho	Cota Superior	Cota Inferior	Diferença cota (m)	Extensão do vale trecho (m)	Extensão do vale (acumulada) (m)	Extensão do canal no trecho (m)	Extensão do canal (acumulada) (m)	Sinuosidade por trecho G/E	Declividade por trecho $\Delta H/G$
1	800	660	220	1150	1150	1810	1810	1,6	0,077348
2	660	640	20	1250	2400	1400	3210	1,1	0,014286
3	640	620	20	850	3250	1000	4210	1,2	0,02
4	620	600	20	1100	4350	1250	5460	1,1	0,016
5	600	580	20	2150	6500	2500	7960	1,2	0,008
6	580	560	20	4500	11000	5000	12960	1,1	0,004
7	560	540	20	4500	15500	6000	18960	1,3	0,003333
8	540	520	20	3000	18500	3500	22460	1,2	0,005714
9	520	500	20	4000	22500	4900	27360	1,2	0,004082
10	500	480	20	500	23000	800	28160	1,6	0,025
11	480	460	20	2000	25000	2500	30660	1,3	0,008
12	460	440	20	6500	31500	7850	38510	1,2	0,002548
13	440	420	20	9000	40500	10000	48510	1,1	0,002
14	420	400	20	10500	56000	12500	61010	1,1	0,0016
15	400	380	20	9500	65500	10000	70510	1,1	0,002
16	380	360	20	27000	92500	31000	101510	1,1	0,000645
17	360	340	20	15000	107500	21000	122510	1,4	0,000952
18	340	320	20	37000	144500	38500	161010	1,0	0,000519
19	320	300	20	23500	168000	27750	188760	1,2	0,000721
20	300	280	20	13000	181000	15250	204010	1,2	0,001311
21	280	260	20	16500	197500	17500	221510	1,1	0,001143
22	260	240	20	24000	221500	25500	247010	1,1	0,000784

Sinuosidade total $247010m/221500=1,1$

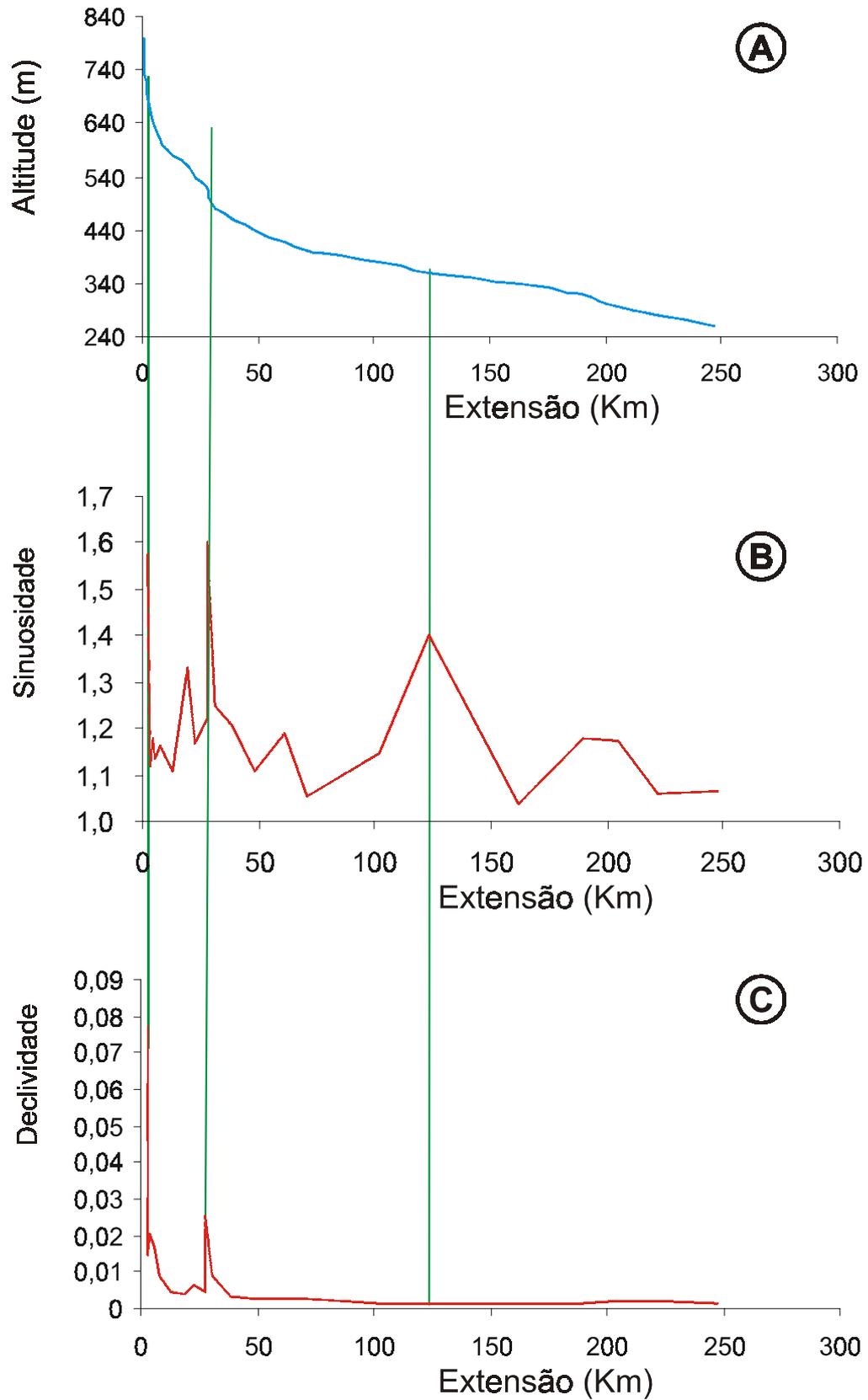


Figura III.5 – Índices de sinuosidade e declividade do rio Pirapó - A representa a curva do perfil longitudinal; B representa o gráfico da variação dos índices de sinuosidade e C refere-se a variação da declividade por trecho ressaltando os picos de ocorrência no perfil longitudinal.

CAPÍTULO IV

A DISTRIBUIÇÃO DOS ÍNDICES DE RDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ

4.1 INTRODUÇÃO

O capítulo anterior mostrou uma análise geral dos perfis longitudinais das drenagens da bacia hidrográfica do rio Pirapó. Esta análise propiciou uma visão preliminar dos pontos de desajustes de vários canais nos quais serão aplicados os índices RDE atribuindo valores a estes pontos, podendo desta forma avaliar o grau de desequilíbrio em que se encontra toda a rede de drenagem da bacia estudada.

Conforme já especificado, os índices RDE podem ser analisados de duas formas: para um determinado seguimento de drenagem (RDE_{trecho}), e para todo o comprimento do canal (RDE_{total}). O RDE foi usado para a elaboração dos mapas da distribuição areal das anomalias em toda a bacia (figura IV.3 e IV.4 e Anexo A). Além da drenagem principal, foram selecionados 127 canais, que foram medidos com curvímetro; os valores foram transformados em planilhas que possibilitaram o cálculo dos referidos índices RDE.

Em um primeiro momento não se levou em consideração a extensão de cada curso de água, obtendo assim valores anômalos em 60 canais (Anexo C). Dentre esses canais foram selecionados os de maior extensão (acima de 6 km) num total de 33, para os quais foram confeccionados os perfis longitudinais em escala aritmética e logarítmica juntamente com o gráfico com a variação dos índices RDE (Anexo A). Vale ressaltar que as anomalias detectadas foram classificadas como de primeira e de segunda ordem, onde os valores compreendidos entre os limiares 2 a 10 denotam anomalias de segunda ordem e os valores acima de 10 correspondem a anomalias de primeira ordem.

4.2 OS ÍNDICES DE RDE DETECTADOS NO RIO PIRAPÓ

Na drenagem principal da bacia, rio Pirapó, foram medidos 28 trechos definidos, como já enfatizado anteriormente, pela equidistância entre as curvas de nível. Os valores de RDE detectados em cada trecho do rio Pirapó e afluentes encontram-se nas planilhas do Anexo A.

Semelhante aos trechos que obtiveram altos índices de sinuosidade e declividade o rio Pirapó apresentou uma série de anomalias em seu curso que também se distribuem em dois pontos distintos. Na alta vertente a uma distância de 28 km da nascente, justamente no trecho em que ocorrem as rupturas destacadas no capítulo anterior, ou seja, no trecho de cerca de 3 km, compreendido entre as cotas 500 a 460 m foram detectadas as anomalias mais expressivas com valores que variam de 2,5 a 6,9. No trecho em que o perfil apresentou o desenho mais suavizado não ocorreram índices anômalos de RDE. Após a confluência do rio Bandeirantes do Norte uma nova série de anomalias volta a ocorrer com valores menos expressivos que as primeiras variando de 2,6 e 2,5 (Figura IV.1). Embora sejam de valores menores essas anomalias envolvem um trecho mais significativo que as primeiras medindo aproximadamente 50 km. Ressalta-se ainda que em ambos os casos o rio Pirapó apresentou apenas anomalias de segunda ordem.

Quando se confronta o perfil longitudinal do rio (Figura IV.1) com o gráfico de variação do índice RDE verifica-se a coincidência entre os pontos anômalos verificados na reta que representa o perfil longitudinal com a reta que representa o índice de gradiente. Os pontos onde o RDE ultrapassa o limiar 2 coincidem com as quebras apresentadas no perfil longitudinal tanto na detectada nos seus primeiros quilômetros quanto a do baixo curso.

As anomalias detectadas nos primeiros quilômetros, as quais apresentaram índices maiores, concentram-se na parte alta do canal e o pico dos valores (6.9), encaixa-se perfeitamente na ruptura da linha de declividade. Outras duas anomalias detectadas no baixo curso do rio Pirapó compreendem dois trechos localizados após confluências de tributários, sendo a primeira localizada após a confluência do rio Bandeirantes do Norte e a segunda após o rio Ipiratininga. Ressalta-se também que essas anomalias coincidem com o término da parte convexa apresentada no perfil (Figura IV.1).

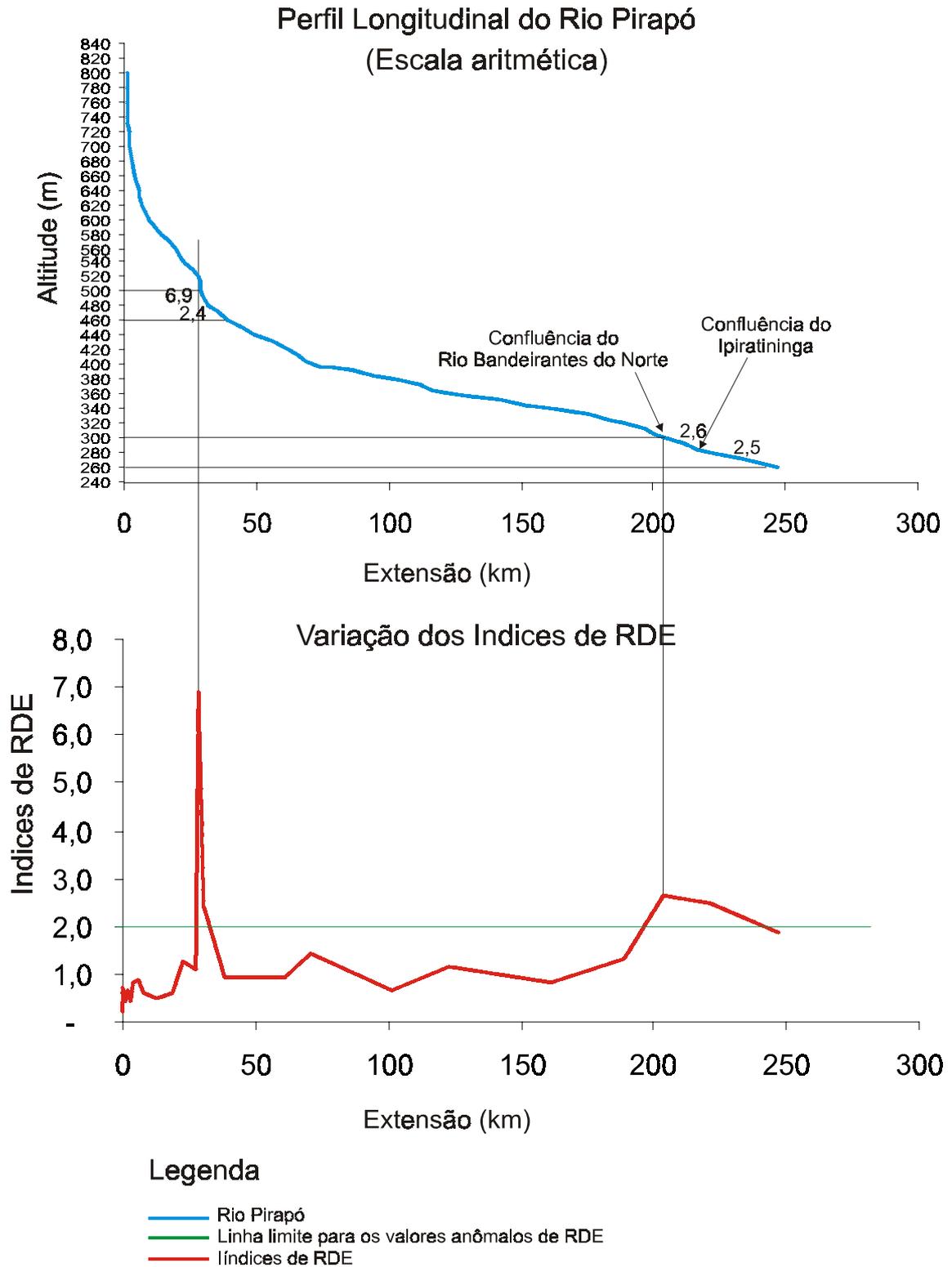


Figura IV.1 – Perfil longitudinal do rio Pirapó e a variação dos índices de RDE.
Fonte dos dados topográficos: Folhas do IBGE – Escala 1:50.000.

4.3 OS ÍNDICES RDE DETECTADOS NO RIO BANDEIRANTES DO NORTE

Conforme já ressaltado na análise do perfil longitudinal, o rio Bandeirantes do Norte apresenta seu curso mais equilibrado em relação ao do rio Pirapó, no que diz respeito aos seus primeiros 50 quilômetros, onde o perfil apresenta-se sem rupturas com uma nítida concavidade. Após esse trecho o rio apresenta as rupturas de declive onde os índices RDE começam a se elevar aos patamares considerados anômalos (Figura IV.2), porém com valores também configurados como de segunda ordem. Os trechos com rupturas de declive mais significativos foram os que apresentaram os mais altos índices de RDE onde a primeira anomalia com valor de 4,4 está localizada já no médio/baixo curso do canal, a 96 km da nascente entre as cotas 380 e 360 m, e ocorre na área dominada por cachoeiras e corredeiras localizada no município de Santa Fé, onde o perfil apresentou um *knick point*. A segunda anomalia, com valor de 3,8, ocorre entre as cotas 300 e 290 m já na sua desembocadura no rio Pirapó (Figura IV.2).

4.4 OS ÍNDICES RDE DETECTADOS PARA TODA A BACIA DO RIO PIRAPÓ

4.4.1 Índices de RDE_{trecho}

No mapa de anomalias de RDE_{trecho} (Figura IV.3) é possível perceber as áreas de concentração de anomalias de RDE. Conforme já enfatizado, além do mapa das anomalias, é possível verificar os dados de cada curso de água por meio do quadro de drenagem localizado no Anexo A. Em primeira análise do referido mapa percebe-se que todas as anomalias se desenvolvem sobre os basaltos que acompanham os rios desde a nascente até a foz. No rio Pirapó e em seus afluentes à medida que há um estreitamento na faixa aflorante de basalto, em direção à porção norte da bacia, há também uma diminuição no número de anomalias, caso que não ocorre com o rio Bandeirantes do Norte no qual seus afluentes desenvolvem anomalias em todo seu percurso sendo essas as de valores mais significativos. A partir do ponto de redução na frequência de anomalias nos afluentes do rio Pirapó ocorrem:

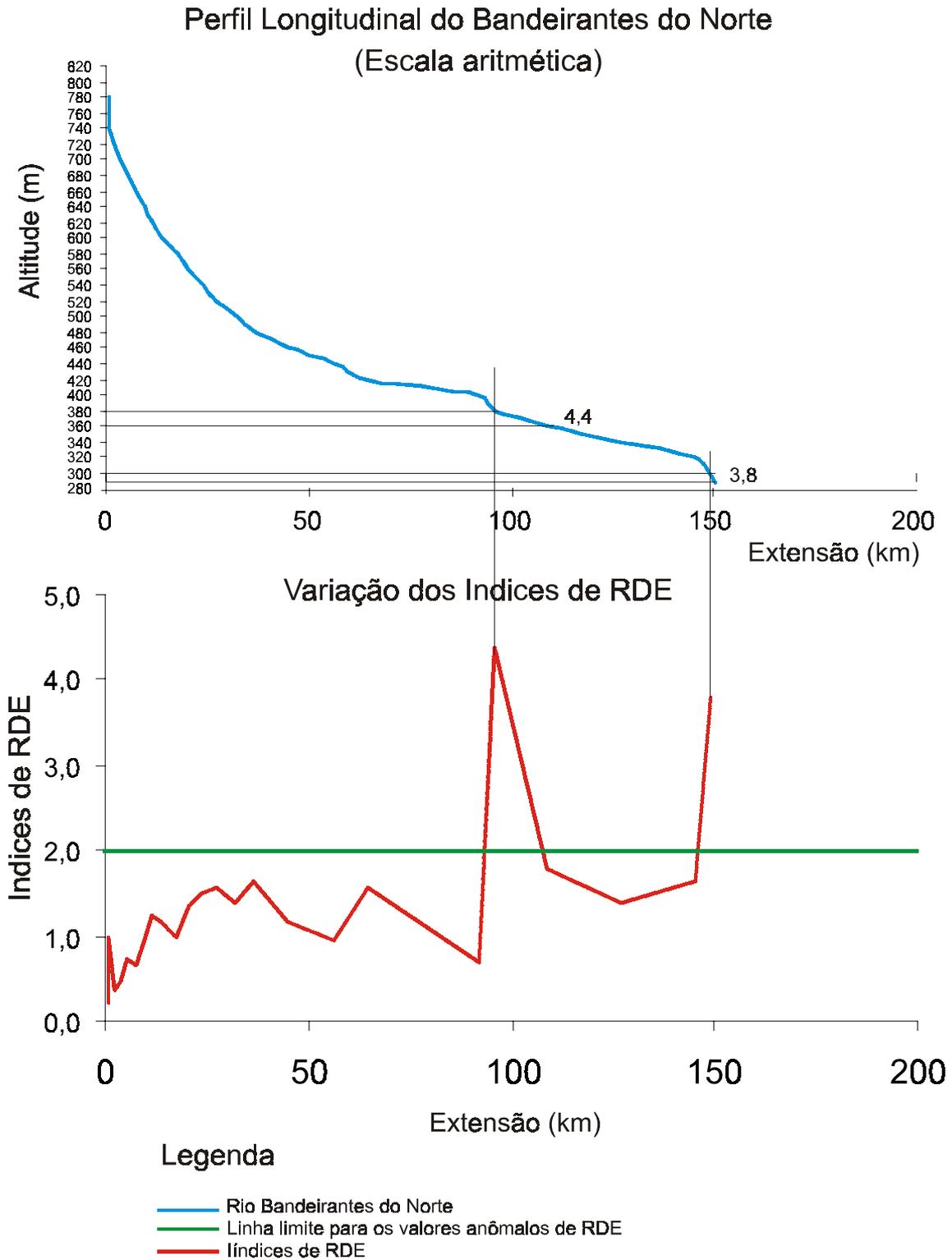
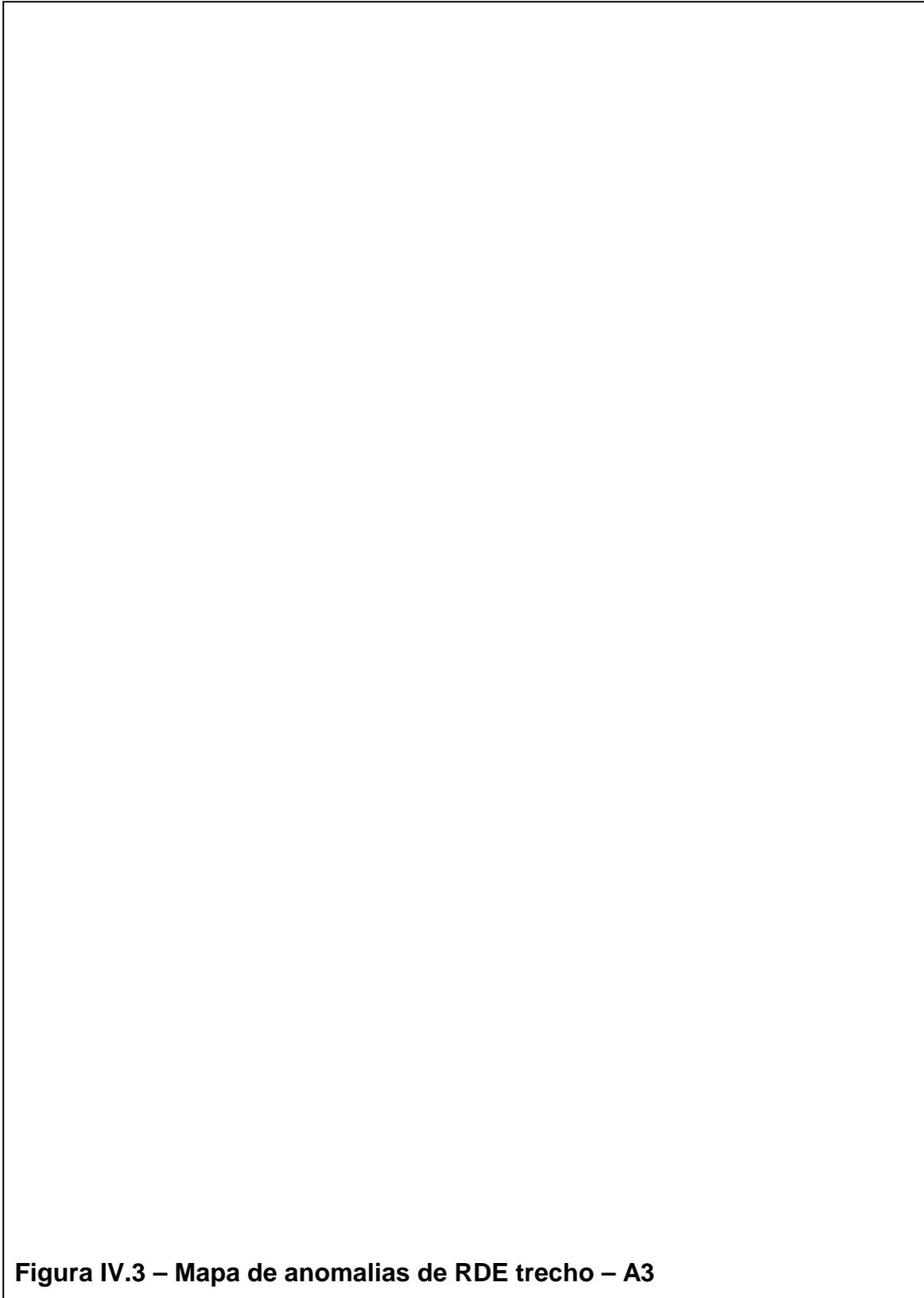


Figura IV.2 – Perfil longitudinal do rio Bandeirantes do Norte e a variação dos índices de RDE. Base cartográfica para obtenção dos dados topográficos: Folhas do IBGE – Escala 1:50.000.



a) mudança na forma de relevo, apresentando feições geralmente suavizadas e predominantemente coliniformes, com topos convexos amplos, subnivelados, e perfis convexos a retilíneos (IPT, 1981);

b) diminuição na densidade de drenagem, por se tratar de área de predominância de arenitos nos qual a porcentagem de infiltração é maior que a do escoamento;

c) diminuição na densidade dos lineamentos fotogeológicos.

Em toda área da bacia, 30 afluentes do rio Pirapó distribuídos nas margens direita e esquerda apresentaram anomalias em seus trechos, sendo que entre esses, 10 apresentaram anomalias de primeira ordem. Embora os índices anômalos de RDE se distribuam por toda extensão dos cursos de água, observa-se uma tendência de concentração destes índices nas desembocaduras dos tributários, principalmente nos valores considerados de primeira ordem, podendo estas estar representando as quedas de água ou corredeiras geralmente localizadas nestes pontos. Isto foi observado também nos tributários do rio Bandeirantes do Norte, o qual apresentou 30 afluentes com valores anômalos e dentre eles 12 apresentaram anomalias de primeira ordem. Portanto, observando o mapa de anomalias por trecho (Figura IV.3) temos a primeira área anômala configurada na alta bacia onde os valores se distribuem tanto nos afluentes do rio Pirapó, quanto nos afluentes do rio Bandeirantes do Norte. Esta área caracteriza-se pela predominância dos índices de segunda ordem. Neste setor o relevo apresenta-se mais movimentado, com a ocorrência de morrotes de encostas íngremes. Convém lembrar que esta área está associada à quebra de declividade e aos altos índices de RDE concentrados nos primeiros quilômetros do rio Pirapó. Neste ponto do rio temos a confluência dos ribeirões Lajeado e da Ilha, ambos da margem direita e que deságuam próximos ao primeiro trecho anômalo e que também apresentaram anomalias em seus cursos. Esses dois ribeirões de porte semelhante correm paralelos e suas anomalias ocorrem dentro dos mesmos valores de altitude entre as cotas de 580 a 500m, pois ambos estão em mesmas condições topográficas e litológicas (Anexo A).

A poucos metros a jusante deságua o ribeirão dos Dourados (margem esquerda) que também apresentou uma série de anomalias após o seu médio curso. Este ribeirão é um dos principais afluentes da margem esquerda do rio Pirapó, nascendo na região de Mandaguari a uma altitude aproximada de 700m e percorre

aproximadamente 35 km no sentido norte até alcançar o rio Pirapó, a uma altitude aproximada de 420m, fluindo por entre o relevo movimentado da alta bacia. Os índices anômalos neste canal ocorreram entre as curvas 520 a 480, (Anexo A) e obtiveram valores que variam de 2,9 a 5,7 e a forma do perfil longitudinal apresentou rupturas em forma de degraus conforme já ressaltado.

Percebe-se que, semelhante ao rio Pirapó, os índices de RDE considerados anômalos ocorrem em setores em que existe alguma anormalidade no perfil (Perfis longitudinais, anexo A), e são geralmente trechos curtos com desnível altimétrico acentuado, sugerindo a presença de corredeiras, rápidos ou cachoeiras. Os canais que apresentam uma seqüência de pontos anômalos em seu curso são aqueles que têm a forma do perfil em degraus, sugerindo diferentes níveis de erosão, conforme podemos verificar na maioria dos perfis produzidos e discutidos no capítulo anterior, os quais ocorrem em maior número na alta bacia, onde a Formação Serra Geral apresenta uma sucessão de micro derrames de ordem centimétrica a métrica, que não são totalmente maciços e homogêneos, apresentando desta forma diferentes níveis de susceptibilidade à erosão. Dessa forma esses cursos de água correm encaixados no basalto e desenvolvem suas quedas no contato com os derrames. Alguns tributários apresentam em seus perfis setores em subsidência como o ribeirão Astorga (margem direita) e o ribeirão Alegre (margem esquerda), ambos desaguando próximo um do outro no rio Pirapó refletindo certa concavidade na forma do vale neste local. Os ribeirões Caxangá (margem esquerda) e Florida (margem direita) apresentam desníveis acentuados em suas desembocaduras, com altos índices RDE nestes pontos, mostrando um significativo entalhe do rio Pirapó neste ponto. Vale ressaltar que esta área está marcada no perfil longitudinal do rio Pirapó como área de significativa convexidade. A homogeneidade litológica e as características invariáveis da carga de fundo neste trecho sugerem uma provável influência tectônica na deformação do perfil longitudinal. Nesta porção da bacia é bastante evidente o encaixamento da drenagem principal, que pode atingir 10 a 15 m de desnível entre o leito e o terraço baixo, como ressaltado pelo IPT (1981), e pode estar associado a um processo de soerguimento. O desenvolvimento de *canyons* é outra consequência desse encaixamento.

A presença de anomalias em área de contato do basalto com o arenito Caiuá é notada nos afluentes da margem esquerda do rio Pirapó, nos ribeirões

Jacupiranga e Caxangá. Em ambos notam-se quebras na linha de declividade do perfil a partir do ponto que os cursos de água atingem áreas de basalto, e os índices RDE nestes pontos são de primeira ordem. A análise destes perfis, juntamente com os índices de RDE, denota uma segunda área anômala concentrada na parte média da bacia, a qual está representada pelos mais altos índices de RDE obtidos.

Os canais existentes neste local, tanto afluentes do rio Pirapó quanto do rio Bandeirantes do Norte obtiveram índices RDE_{trecho} que variam de 10 a valores próximos a 50. Na baixa bacia, as anomalias que se observam são as existentes no rio Pirapó e uma outra de significativo valor localizada na foz do rio Ipiratinga. Este rio tem uma extensão de aproximadamente 23 km, e corre quase que totalmente sobre basaltos, com exceção de cabeceira que tem os tributários formadores de seu curso correndo sobre o Arenito Caiuá. Apresenta em seu perfil longitudinal significativa declividade com um setor de rebaixamento seguido por soerguimento no baixo curso. Na sua desembocadura apresenta uma das mais altas anomalias de RDE da bacia (41).

Nas proximidades de Iguaçu foi observado pelo IPT (1981) evidências indiretas de movimentações tectônicas que podem estar relacionadas à falhamentos normais. “Nesta área encontram-se feições anômalas nas estruturas sedimentares caracterizada pelo arqueamento de estratos sedimentares horizontais, constituídos de material arenoso (pouco plástico), o que sugere uma origem pós-sedimentar para essas deformações”. Buscou-se constatar alguma anormalidade nesta área analisando o perfil longitudinal do ribeirão do Interventor (margem esquerda do rio Bandeirantes do Norte), situado nas proximidades de Iguaçu. Este ribeirão não apresentou anomalias no seu perfil longitudinal, pelo contrário conforme já ressaltado, mostrou um perfil bastante equilibrado em relação aos outros tributários do rio Bandeirantes do Norte.

4.4.2 Índices RDE_{total}

O índices de RDE_{total} calculados para cada tributário e drenagem principal da bacia hidrográfica do rio Pirapó, foram lançados em mapa no ponto mediano de seus respectivos cursos gerando o mapa de anomalias de RDE_{total} (Figura IV.4). Para tanto foram considerados todos os cursos de água medidos, independente de sua extensão (tabela do Anexo B). A partir da plotagem dos valores nos pontos

medianos de cada curso de água foram geradas curvas de isovalores de RDE com interpolação manual de acordo com o proposto por Etchebehere (2000).

O mapa gerado apresentou uma tendência de concentração dos mais altos valores na alta bacia, os quais foram diminuindo em direção a baixa bacia. Semelhantes aos índices RDE_{trecho} , a primeira área anômala configura-se na alta bacia, caracterizada com a concentração de índices que variam de 80 a 180, envolvendo uma faixa que compreende toda a alta bacia. Portanto, o pico dos valores coincide como a concentração dos altos valores de RDE_{trecho} , tanto no rio Pirapó como nos tributários aproximadamente 30 km da cabeceira.

Neste ponto da bacia o divisor de água das drenagens que correm em direção ao rio Pirapó e ao rio Bandeirantes do Norte alcança altitudes na ordem de 700m, configurando-se em um espigão onde se localizam as cidades de Sabáudia e Astorga. Devido às características do relevo essas drenagens apresentam elevado gradiente e as características litológicas impõem um traçado com trechos ora retílineos ora sinuosos, além de drenagens paralelas.

A segunda área anômala da bacia ocorre ao norte da cidade de Maringá e a leste de Mandaguaçu e Pres. Castelo Branco. Estas anomalias correspondem a índices que atingem patamares de 60 e situam-se em área de ocorrência de depósitos cenozóicos constituídos por coluviões arenosos e areno-argilosos derivados dos arenitos Caiuá e Santo Anastácio dispostos sobre espigões ou rampas à meia encosta, com áreas de ocorrência no espigão Altaneira-Pulinópolis. As associações morfológicas destes depósitos, bem como a pequena representatividade e o nível de entalhamento são indicativos de soerguimento da área, havendo um predomínio de processos erosivos e de transporte sobre a sedimentação (IPT, 1981). Neste trecho também ocorre mudança na direção do curso do rio Pirapó de noroeste para norte. Outra característica marcante desta área é a proximidade do contato do basalto para o Arenito Caiuá. Da média à baixa bacia encontram-se isolinhas de RDE_{total} , esparsas, com valores de 80, 60 e 40, configurando uma área distinta da cabeceira coincidindo também com os baixos valores de RDE_{trecho} .

Figura IV.4 – Mapa de RDE total – A3

4.5 ANÁLISE GERAL DA CONFIGURAÇÃO DO RELEVO EM PONTOS DE OCORRÊNCIA DE ANOMALIAS NO RIO PIRAPÓ

A bacia do rio Pirapó apresenta duas formas distintas da configuração do relevo para o seu setor alto e baixo. Em decorrência disso, o rio Pirapó também apresentou diferentes configurações no seu padrão de drenagem em resposta à declividade encontrada em cada setor. Mesmo apresentando modelados diferentes, houve a ocorrência de pontos anômalos tanto na alta como na baixa bacia, gerando setores distintos de concentração de anomalias. A fim de se mostrar a dinâmica do relevo com a visualização simultânea de dados geomorfológicos e fisiográficos nos dois pontos de ocorrência de anomalias do rio Pirapó foram gerados dois modelos digitais do terreno a partir da altimetria das folhas topográficas em escala 1:50.000. No primeiro ponto de ocorrência de anomalias do rio Pirapó, juntamente com alguns de seus tributários foi elaborado o primeiro modelo digital do terreno (Figura IV.5). No detalhe da referida figura mostra-se em fotografia aérea o local de ocorrência das anomalias no rio Pirapó. Este trecho refere-se à carta topográfica de Sabaúdia em escala 1:50.000. Percebe-se, portanto que a drenagem apresenta-se nitidamente encaixada. Neste ponto temos a presença dos “cayons”, cachoeiras e corredeiras. A altitude representada pela cor roxa e vermelha (760 a 660 m) corresponde ao divisor de águas entre o rio Pirapó e o rio Bandeirantes do Norte.

No modelo digital do terreno para a área da baixa bacia (Figura IV.6), é possível perceber a formas suavizadas de relevo apresentando altitudes na ordem de 480 a 240 m. Neste setor o rio apresenta uma pequena planície de inundação. Pode-se observar também a presença de lagos ferraduras e paleocanais neste trecho conforme o detalhe da foto aérea mostrada na mesma figura e que conferem um estágio de migração do canal, que podem estar relacionadas a possíveis movimentações de cunho tectônico. Observa-se também a presença de terraços nesta área e ao longo do canal do Pirapó, Bandeirantes do Norte e ribeirão Dourados.

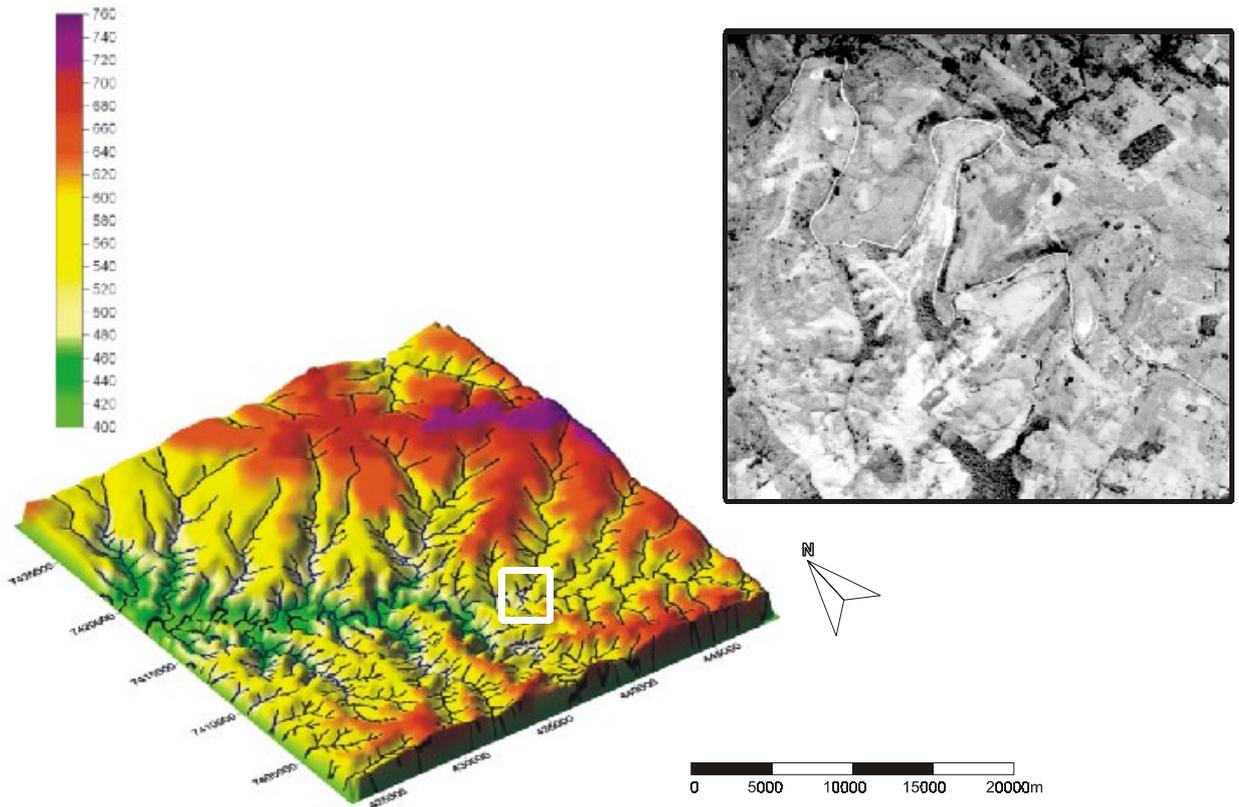


Figura IV.5 - Modelo digital do terreno e fotografia aérea correspondente ao primeiro setor anômalo do alto curso do rio Pirapó. Folha de Sabaudia em escala 1:50.000

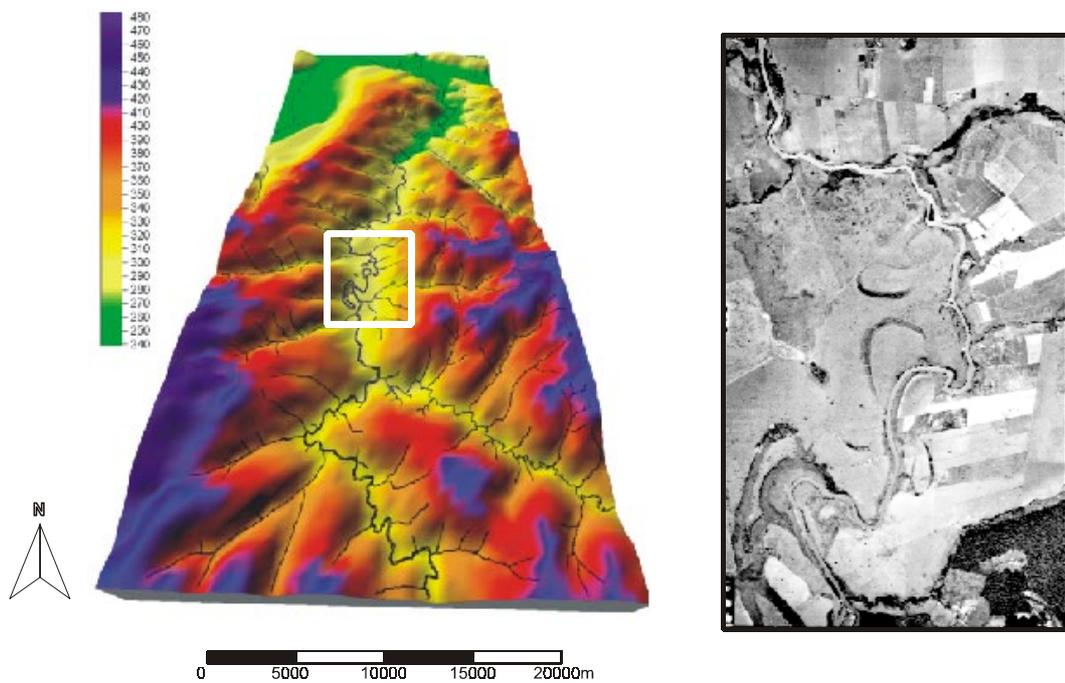


Figura IV.6 - Modelo digital do terreno correspondente ao segundo setor anômalo do baixo curso do rio Pirapó. Folhas de Paranacity, Teodoro Sampaio, Colorado e Santo Inácio - Escala 1:50.000

CAPÍTULO V

OBSERVAÇÃO IN LOCO DE PONTOS ANÔMALOS E EXECUÇÃO DE PERFIS TRANSVERSAIS.

5.1 INTRODUÇÃO

Com base nos mapas de RDE_{trecho} e RDE_{total} foram determinados pontos para observação *in loco* das anomalias e execução de perfis transversais ao canal das drenagens. Foram eleitos três pontos ao longo do rio Pirapó, dois pontos no rio Bandeirantes do Norte e um no ribeirão Dourados. Os locais foram denominados de Pontos A, B, C, D, E, F e G (Figuras V.1 e V.2).

Os perfis transversais referentes ao rio Pirapó foram executados no alto curso (Ponto A), envolvendo o trecho onde ocorrem as primeiras anomalias de RDE_{trecho} do canal e concentração das isolinhas de valores mais elevados do RDE_{total} ; no médio curso (Ponto B), local de ocorrência dos depósitos aluviais quaternários e de ocorrência da segunda área de concentração das isolinhas de RDE_{total} , e no baixo curso (Ponto D) próximo a confluência do rio Bandeirantes do Norte, correspondente ao setor da baixa bacia onde as anomalias de RDE_{trecho} voltam a ocorrer. O ponto C configura-se apenas como ponto de observação e coletas de materiais, sem a execução do perfil transversal.

No rio Bandeirantes do Norte os dois perfis transversais ocorrem no alto e médio curso respectivamente. O primeiro foi executado em um trecho onde o canal não apresentou anomalias de RDE_{trecho} , correspondendo ao setor mais equilibrado mostrado no perfil longitudinal (Ponto E). O segundo perfil transversal foi executado próximo a Santa Fé, no primeiro trecho de ocorrência de anomalias de RDE_{trecho} (Ponto F). No ribeirão dos Dourados o perfil transversal foi traçado em um trecho no baixo curso que também apresentou anomalias de RDE_{trecho} e total (Ponto G).

Dessa forma foi possível avaliar a configuração do vale em setores distintos da bacia. Juntamente com os perfis transversais serão discutidas as formas do canal e demais características observadas em campo e que são mostradas em uma série fotografias no final deste item.

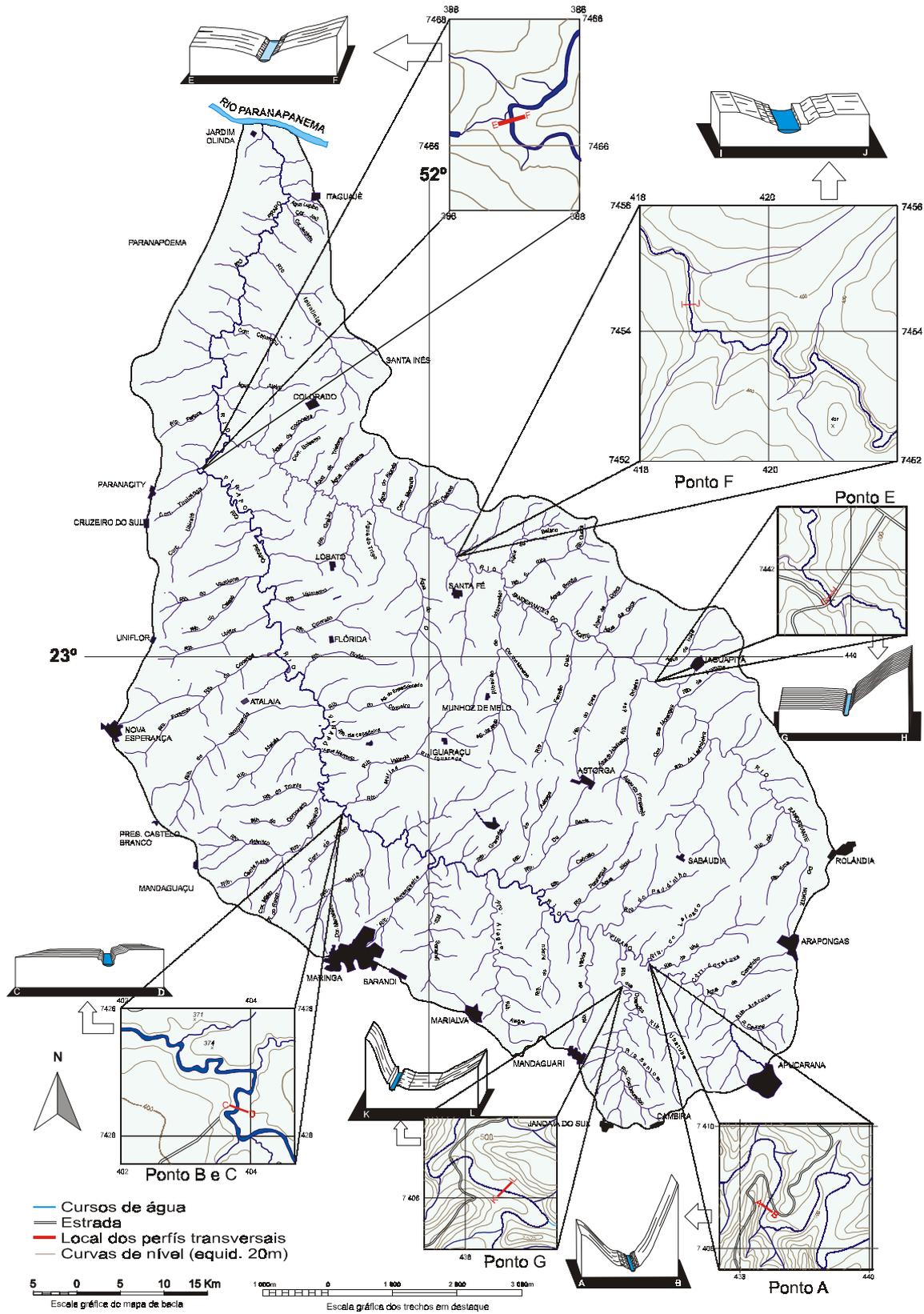


Figura V.1 – Localização dos pontos de execução dos perfis transversais

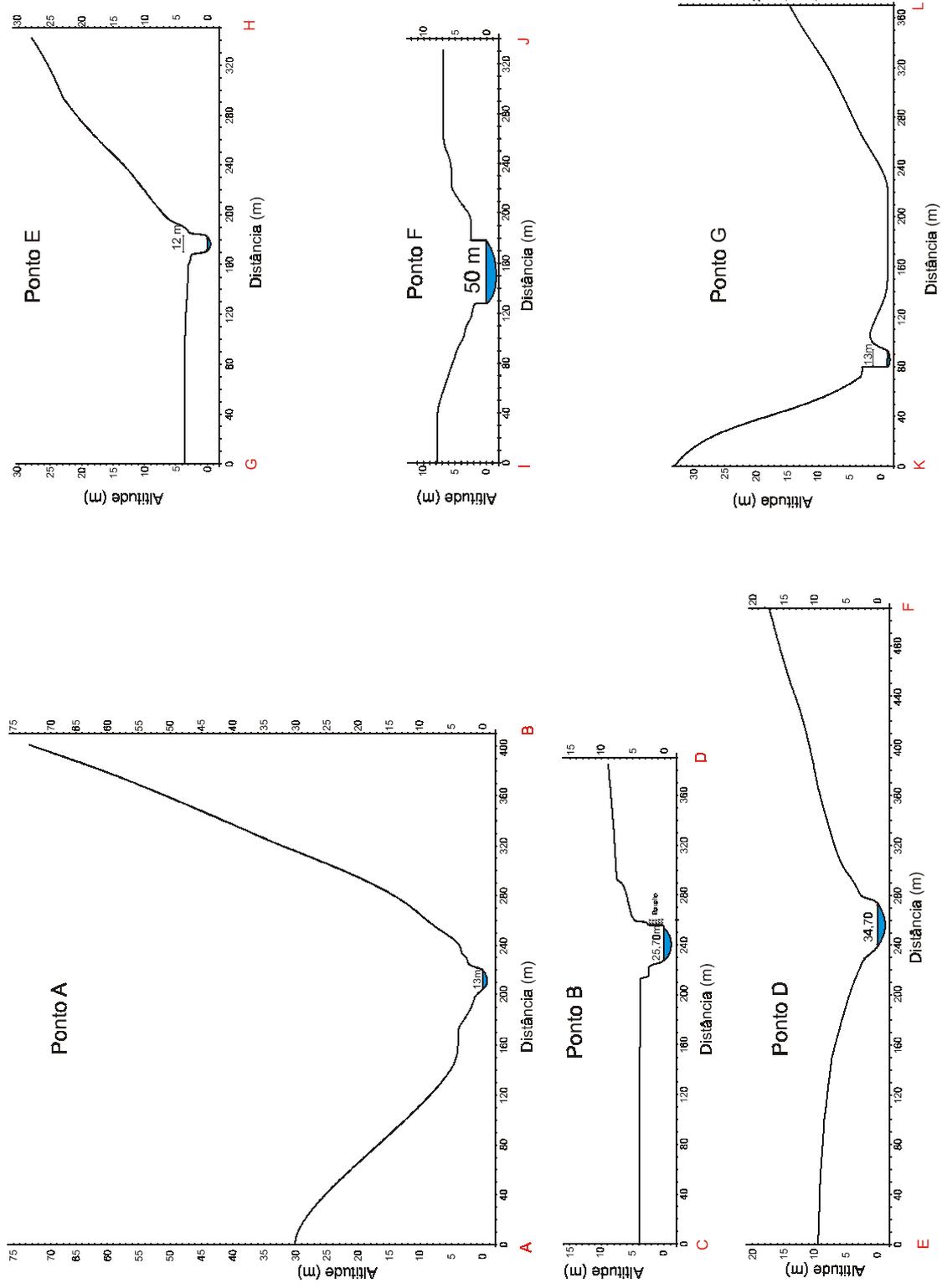


Figura V.2 - Série de perfis transversais executados no rio Pirapó e afluentes. Ponto A, B e D - Alto, médio e baixo curso do rio Pirapó; Pontos E e F, alto e médio curso do rio Bandeirantes do Norte; Ponto G, Rib. Dourados.

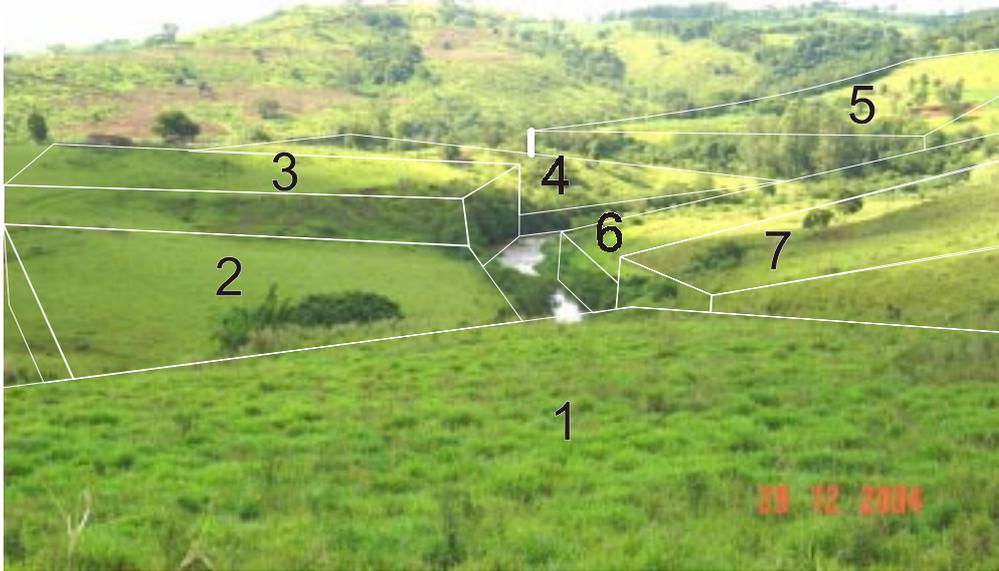
5.2 ANÁLISE DOS PERFIS TRANSVERSAIS.

Os perfis transversais ao rio Pirapó apresentaram formas distintas para cada local de execução. No Ponto A, local de realização do primeiro perfil o canal corre ao sopé de encostas íngremes na margem esquerda e suavizadas na margem direita configurando-se em um vale assimétrico⁵ (Fotografias de 1 a 6). O canal é encaixado e obedece ao padrão sinuoso de drenagem ocorridos em locais sujeitos a descontinuidades de derrames basálticos, desenvolvendo cotovelos abruptos entre curtos seguimentos retilíneos (Bartorelli, 2004). Essa característica acompanha todo o canal desde a cabeceira até a foz. A evidência de tectônica local observada neste trecho está na adaptação do canal à dinâmica do basculamento de blocos (Figura V.3). Na referida figura observa-se uma série de blocos soerguidos e em rebaixados impondo ao canal de drenagem um padrão ajustado por entre esses blocos ocasionando em um trecho com corredeira.

As formas exibidas pelo perfil transversal ao rio Pirapó no médio curso (Ponto B), local de ocorrência dos depósitos aluviais quaternários, são notadamente distintas da forma apresentada pelo perfil do alto curso. São formas suavizadas mostrando pequeno declive à margem esquerda e totalmente plana na margem direita. Esta última corresponde a uma grande várzea freqüentemente inundada pelas cheias que chegam a atingir de 10 a 15 metros de nível de água (Fotografias de 7 a 12). Neste ponto é possível perceber diferentes níveis de terraços e o entalhe da drenagem chega a atingir cerca de 3 m, cortando a seqüência dos derrames basálticos no qual se observa fraturas com orientação SE-NO. A aproximadamente 1 km a jusante deste ponto (Ponto C) não se percebe migração lateral do canal que corre encaixado com alta taxa de incisão vertical (Fotografias 13 a 18). O aprofundamento do canal já não permite que a planície de inundação seja afetada nos períodos de cheia ordinária, com exceção aos eventos atípicos quando o nível do canal sobe cerca de 10 metros, segundo informações de moradores da região.

⁵ Um vale fluvial (ou glacial) no qual um lado é inclinado em ângulo diferente que o outro. Entre outras causas são originados por circunstâncias estruturais (Thomas & Goudie, 2000).

A



B

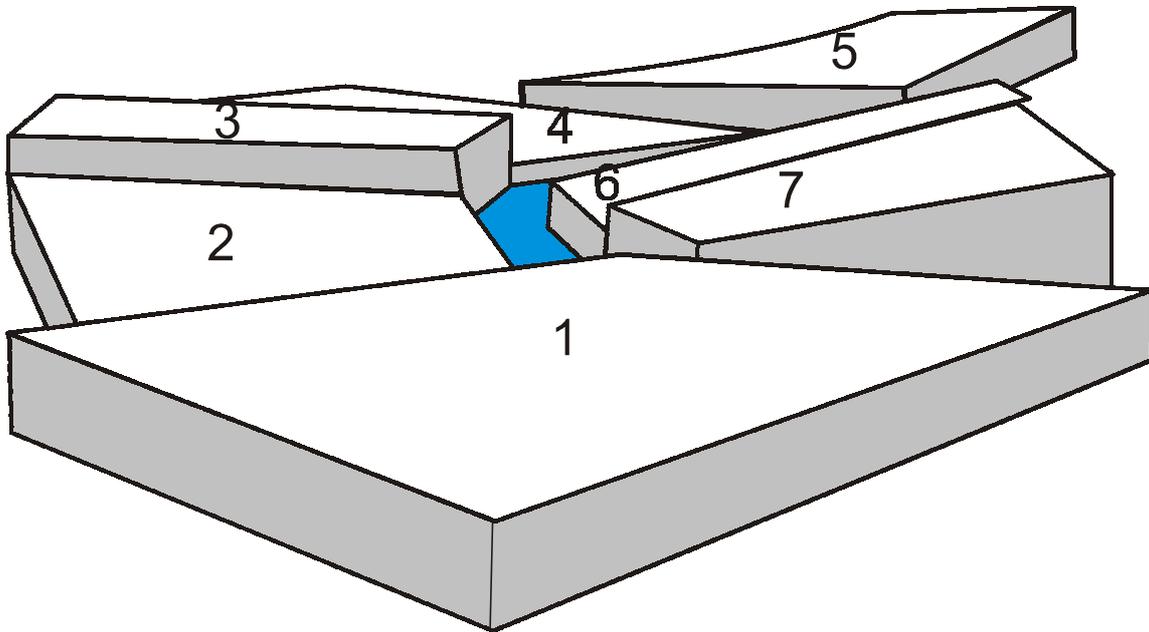


Figura V.3 – A) Configuração do canal a partir da dinâmica dos blocos, B) modelo esquemático para a representação dos blocos soerguidos e rebaixados.

Nota-se que a referida planície já assume características de terraço⁶. Neste ponto é notável o controle estrutural a partir da margem direita. O depósito de material ocorre na parte convexa do meandro apresentando barra de cheia estratificada medindo 3,5 m de espessura, composta de material arenoso e ferruginoso. As considerações a respeito da granulometria deste e de outros depósitos de sedimentos serão tratadas no próximo item. Outra característica desta área é o afloramento de basalto condicionando o desenvolvimento de corredeiras. Conforme já especificado, este ponto corresponde a área de depósitos aluviais quaternários e estes se encontram sempre associados às calhas das drenagens. Discutiu-se no item 4.2 do capítulo IV, a presença destes depósitos dispostos sobre espigões ou rampas à meia encosta, identificados pelo IPT (1981) e associando-os como provável soerguimento da área elevando esses depósitos a patamares mais altos. Nas verificações de campo não se identificou a ocorrência de depósitos aluviais nos topos das vertentes, principalmente no que diz respeito ao trecho localizado no espigão Altaneira- Pulinópolis. A hipótese mais plausível seria um rebaixamento dos arenitos nestes locais e não ao levantamento dos depósitos aluviais.

No baixo curso, o perfil transversal foi executado a cerca de 10 km da confluência do rio Bandeirantes do Norte (Ponto D), local do trecho convexo mostrado no perfil longitudinal. No vale simétrico proporcionado pelo relevo de colinas amplas com vertentes suavizadas (Fotografias 19 a 24), nota-se a presença de corredeiras e o curso do rio é encaixado. A respeito das drenagens que entalham o substrato rochoso e ao formato dos vales, o estudo do IPT (1981) nesta área também ressalta a característica muito marcante nas drenagens que atravessam as áreas basálticas referente ao profundo encaixamento do leito dos rios, nos quais se observa em certos locais, cerca de 10 a 15 m de encaixamento, como é possível verificar nos cruzamentos da rodovia Nova Esperança – Colorado com os rios Pirapó e Bandeirantes do Norte. Uma análise mais detalhada deste trecho mostra que a drenagem, aprofundou o entalhe sobre a cobertura sedimentar atingindo as rochas do embasamento e de acordo com Suguio e Bigarela (1990), com o tempo toda a cobertura sedimentar poderá ser removida ficando os vales profundamente embutidos nas rochas antigas.

⁶ Leopold, Wolman & Miller (1964) consideram o terraço de acumulação como uma planície de inundação abandonada.

No rio Bandeirantes do Norte o primeiro perfil foi realizado no alto curso nas proximidades de Jaguapitã (Ponto E) correspondente, a área de ocorrência de altos índices de RDE_{total} (Figura V.2 e fotografias 25 a 30). Nota-se que o vale configura-se com uma vertente mais convexa na margem esquerda derivada de colinas mais amplas, muito diferenciadas das encontradas no alto curso do rio Pirapó. A margem direita evidencia-se de forma plana. Nota-se que o profundo entalhe da drenagem não permite alagamento desta planície em épocas de cheia a qual se configura como terraço.

No médio curso do rio Bandeirantes do Norte (Ponto F) o perfil transversal foi executado nas proximidades de Santa Fé, no trecho dominado por corredeiras correspondente ao índice de RDE de 4,4 (Figura V.2 e fotografias 25 a 30). Neste perfil percebem-se diferentes níveis de terraços e a drenagem apresenta entalhe de 3 a 4 metros. Medindo aproximadamente 50 metros de largura o canal apresenta forte corredeira com afloramentos de basalto. A montante deste ponto localiza-se o Salto Bandeirantes, que conforme já ressaltado configura-se em uma das mais significativas cachoeiras da bacia (Fotografia 30).

No ribeirão Dourados o perfil transversal foi executado no baixo curso em locais de ocorrência de anomalias de RDE_{trecho} , no trecho em que o rio percorre entre as curvas de nível de 480 e 460m, correspondendo ao final do trecho anômalo com valor de 2,9 (Ponto G). A forma do perfil transversal revela a presença também de um vale assimétrico com fundo chato (Figura V.2), com as vertentes íngremes na margem direita e as planas na margem esquerda (Fotografias 31 a 36) configurando pequenos terraços que se desenvolvem após o dique marginal composto de argila arenosa. O canal apresenta aproximadamente 12 metros de largura e na margem direita escava um pequeno terraço medindo cerca de 3 metros de altura, considerando-se a diferença entre de cota entre a superfície dos depósitos e o leito atual da drenagem, no qual se percebe a presença de cascalhos em vários níveis. Em uma ravina desenvolvida na margem direita do ribeirão dos Dourados percebe-se a aproximadamente 5 m das margens do canal a ocorrência de depósito aluvial com presença de cascalhos fluviais (fotografia 33). O fluxo do ribeirão neste ponto é movimentado, em forma de corredeira com basaltos aflorantes dispersos pelo leito.

5.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.

Foi analisada a granulometria de amostras coletadas no médio e baixo curso do rio Pirapó e no médio curso do rio Bandeirantes do Norte (Anexo D). Seis amostras foram coletadas e analisadas em três pontos sendo três delas no médio curso do rio Pirapó (Ponto C), uma no baixo curso (Ponto D) e outras duas no médio curso do rio Bandeirantes do Norte (Ponto F) (Quadro V.1 e Figura V.4).

Quadro V.1 – Composição granulométrica do material depositado em pontos do rio Pirapó e Bandeirantes do Norte (%)

	Pirapó Dique Marginal	Pirapó Barra de Cheia Base	Pirapó Barra de Cheia Topo	Bandeirantes Dique Marginal	Bandeirantes Barra do Canal	Pirapó Barra de Meandro
Areia Grossa	0,308	0,505	0,706	0,934	0,36	0,541
Areia Média	22,766	0,25	7,609	30,807	36,844	41,618
Areia Fina	46,046	15,012	22,153	30,688	53,584	54,416
Areia Muito Fina	7,024	15,064	9,952	1,864	8,41	3,164
Silte e Argila	3,916	14,074	14,409	0,343	0,801	0,26
	1,577	3,049	0,855	1,463		
	2,492	4,691	6,971	1,091		
	1,577	7,688	3,939	0,559		
	14,293	39,667	33,406	32,247		
Total	100	100	100	100	100	100

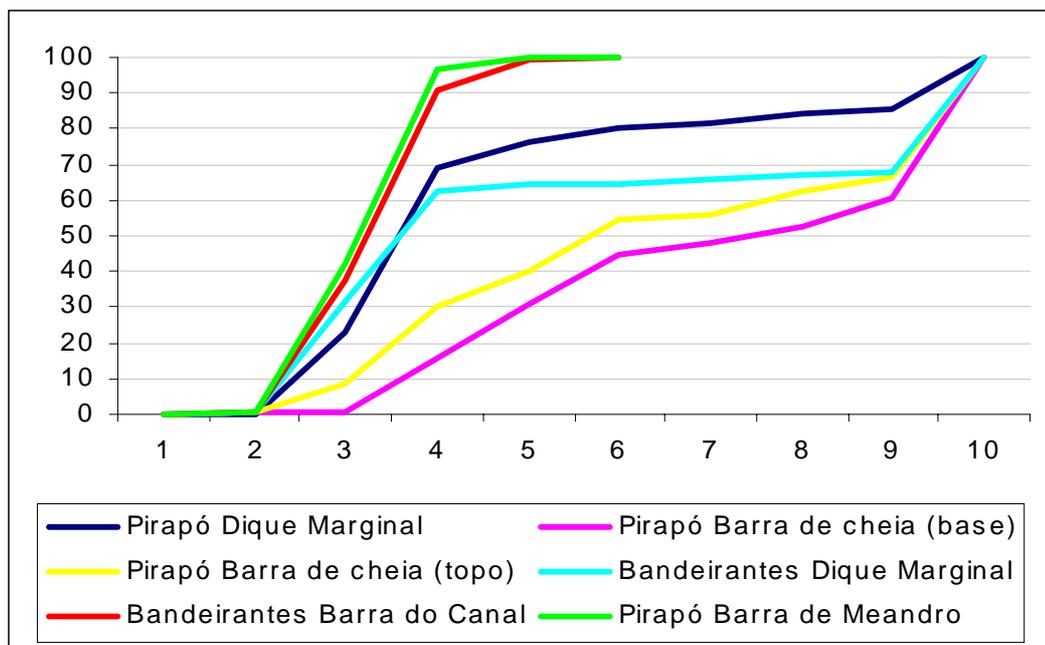


Figura V.4 – Frequência acumulada da composição granulométrica do material depositado em pontos do rio Pirapó e Bandeirantes do Norte.

No médio curso do rio Pirapó (Ponto C), analisaram-se amostras do dique marginal e a barra de cheia. No dique marginal foi detectada maior porcentagem de areias (76%) em relação concentração de silte e argila (24%). Nas areias tem-se a predominância de areia média e fina e baixa concentração de areia grossa. Na barra de cheia foram coletadas 2 amostras compostas de material areno / ferruginoso. A análise granulométrica destas amostras mostrou baixa concentração de areia grossa e média com predominância da areias finas e muito finas. Em relação à porcentagem de silte e argila, estes predominam sobre as areias sendo 31% de areias e 69% de silte e argila na base, e 30% de areias e 70% de silte e argila no topo, sendo, portanto uniforme a composição granulométrica no topo e na base da barra de cheia. No geral observa-se por esse depósito que no material transportado pelo canal a contribuição do Arenito Caiuá é menor, predominando material argiloso originado dos basaltos.

No baixo curso (Ponto D) é notável o depósito de barra de meandro com estratificação gradacional típica destes depósitos (Fotografias 21 e 22). A análise deste material feita por peneiramento mostra baixa concentração de areias grossas e muito finas com predominância de areias médias e finas. A dinâmica típica do canal em ocorrência das barras de meandro, depositando na margem convexa e erodindo na margem côncava evidencia a migração do canal neste local. Este fato se confirma se levarmos em consideração o grande número de meandros abandonados que ocorrem a jusante deste ponto (Figura V.2)

O material coletado no rio Bandeirantes do Norte (Ponto F) no dique marginal foi analisado por pipetagem e peneiramento e mostra predominância das areias (64%) em relação a porcentagem de silte e argila (36%). As areias média e fina são as que mais predominaram nesta análise. Na barra de canal situada a jusante da primeira coleta o material também apresentou alta concentração de areia média e fina, na qual a análise foi feita apenas por peneiramento.



1 - Vale assimétrico no alto curso do rio Pirapó - Local dos altos índices de RDE - Ponto A



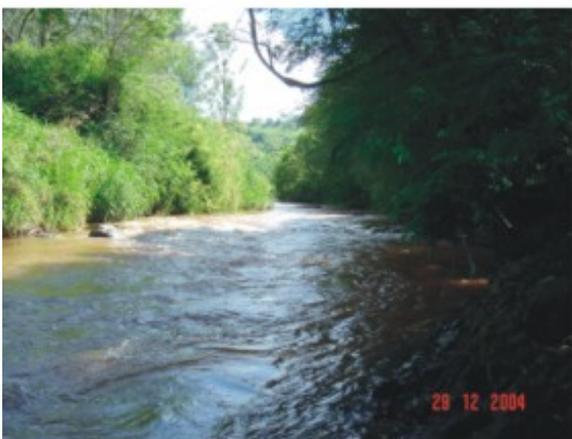
2 - Alto curso do rio Pirapó - Local de execução do perfil transversal



3 - Aspectos do vale



4 - Aspectos do vale



5 - Leito em forma de corredeira



6 - Detalhes do encaixamento da denagem



7 - Local de execução do perfil transversal Ponto B



8 - Varzea - Margem direita (Ponto B)



9 - Basaltos entalhados pela drenagem (Ponto B)



10 - Fraturas com orientação SE-NO (Ponto B)



11 -Aspectos do vale no Ponto B



12 - Aspectos do canal no Ponto B



13 - Margem direita do canal - Sinuosidade não erosiva (Ponto C)



14 - Margem direita do canal - controle estrutural (Ponto C)



15 - Barra de cheia estratificada (Ponto C)



16 - Planície de inundação elevada (Ponto C)



17 - Dique marginal (Ponto C)



18 - Forma do leito do canal (Ponto C)



19 - Ponto D - Local de execução do perfil transversal



20 - Corredeira apresentada pelo rio Pirapó no Ponto D



21 - Barra de meandro estratificada (Ponto D)



22 - Barra de meandro estratificada (Ponto D)



23 - Trecho a jusante da ponte na rodovia Colorado - Paranacity (Ponto D)



24 - Trecho a montante da ponte na rodovia Colorado - Paranacity (Ponto D)



25 - Margem direita do rio Bandeirantes do Norte - Planície não alagável (Ponto E)



26 - Aspecto do canal no Ponto E apresentando curso calmo sem a presença de corredeiras



27 - Aspecto rio Bandeirantes do Norte apresentando curso rápido com corredeiras (Ponto F).



28 - Padrão do canal - 50 m de largura Significativa corredeira (Ponto F).



29 - Barra do canal (Ponto F)



30 - Salto Bandeirantes localizado a montante do Ponto F.



31 - Local de execução do perfil transversal no Ribeirão Dourados - Vale de fundo chato (Ponto G)



32 - Detalhe do fundo do vale (Ponto G)



33 -Depósito aluvial na margem direita do Ribeirão Dourados - Presença de cascalho fluvia (Ponto G).



34 - Terraço entalhado na margem direita do Ribeirão Dourados. Presença de cascalho em vários níveis (Ponto G).



29 -Topo do terraço entalhado pelo Ribeirão Dourados (Ponto G).



36 - Feições do canal a jusante do Ponto G, apresentando depósitos na margem esquerda.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho levaram ao conhecimento do comportamento da rede de drenagem e à detecção de áreas anômalas distribuídas na bacia do rio Pirapó. O estudo do perfil longitudinal juntamente com o índice de gradiente e sinuosidade foi de suma importância para a detecção de irregularidades na configuração dos cursos de água fornecendo um retrato da atual estado de equilíbrio em que essas drenagens se encontram e as feições morfoestruturais e morfotectônicas desenvolvidas.

O perfil longitudinal do rio Pirapó mostrou um curso irregular com rupturas de declive no alto e baixo curso, além de uma área convexa a partir dos 150 km detectada pela função de melhor ajuste. O rio Bandeirantes do Norte apresentou perfil com quebras no médio e baixo curso.

As drenagens secundárias também apresentaram perfis com significativas quebras e curvas logarítmicas discrepantes em relação a uma reta inclinada.

O perfil longitudinal do vale do rio Pirapó mostrou-se pouco discrepante em relação ao perfil do canal, apenas ficando mais evidenciados os pontos de desajustes como quebra na linha de declividade e pontos convexos.

Os trechos que apresentaram irregularidade na linha do perfil longitudinal foram os que obtiveram altos valores de sinuosidade e declividade. Os valores acima de 1,5 estão relacionados aos trechos significativamente íngremes localizados no alto curso. No médio curso obteve-se o valor de 1,4 para um trecho que não apresentou valores expressivos de declividade. Desta forma os valores oscilaram de 1,1 a 1,6 sendo que a sinuosidade total do canal foi de 1,1. No trecho mais íngreme do rio Pirapó, é que ocorre o mais alto índice de sinuosidade, podendo denotar eventos de atividade tectônica recente.

Sendo assim o estudo do perfil longitudinal configurou-se como análise preliminar dos cursos de água, mostrando irregularidades nas configurações dos canais desde a cabeceira até a foz denotando forte desequilíbrio em toda rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Pirapó.

O cálculo do índice RDE se mostrou como técnica bastante eficiente para a detecção de pontos anômalos nas drenagens desta bacia que além de confirmar as

áreas em desequilíbrio já detectadas em análise anterior do perfil longitudinal foi possível atribuir valores a estas anomalias. Também foi essencial para a elaboração de mapas retratando a distribuição dos setores anômalos em toda a bacia.

Na drenagem principal, os índices RDE_{trecho} considerados anômalos, foram detectados no alto curso com valores de 6,9 e 2,4, ocorrendo a aproximadamente 28 km da nascente, envolvendo um trecho de 3,3 km, e no baixo curso onde os valores ocorrem em um trecho de aproximadamente 50 km e obtiveram valores de 2,6 e 2,5. No rio Bandeirantes do Norte as anomalias ocorrem no médio e baixo curso com valores de 4,4 e 3,8, respectivamente.

As drenagens secundárias, tanto afluentes do rio Pirapó quanto do rio Bandeirantes do Norte, foram as que apresentaram os mais altos valores do índice RDE, e que na maioria dos casos, se concentraram próximos as desembocaduras e estão associadas a quedas de água propiciadas pelo considerado entalhe do canal principal. Sendo assim os índices RDE_{trecho} destacaram duas áreas anômalas bem configuradas na bacia hidrográfica do rio Pirapó, sendo a primeira na alta bacia, caracterizada pelos índices de segunda ordem distribuídos no rio Pirapó e tributários, e a segunda na média bacia caracterizada pelos índices de primeira ordem. Na baixa bacia a área anômala está relacionada aos índices detectados no baixo curso do rio Pirapó.

O índices de RDE_{total} concentraram seus maiores valores na alta bacia mostrando uma área anômala com valores que variam de 80 a 180, relacionados ao alto gradiente dos tributários dos rios Pirapó e Bandeirantes do Norte. Na média bacia foi evidenciada uma outra anomalia de RDE_{total} , com valores menores que variam de 20 a 60, localizada em áreas de depósitos aluviais quaternários.

Desta forma as análises do perfil longitudinal, sinuosidade, declividade e índices RDE, foram o ponto de partida para se buscar uma interpretação quanto à gênese dos pontos anômalos detectados no perfil longitudinal. As variáveis morfométricas citadas se complementaram, todas evidenciando altos índices nos pontos de desajustes do perfil longitudinal do rio Pirapó.

As observações em campo juntamente com o traçado do perfil transversal consistiram na tentativa de se entender os processos ligados aos pontos de desequilíbrio da rede de drenagem e as feições detectadas mostram formas que

geralmente estão associadas a algum tipo de mudança na qual o canal está se adaptando.

Nos trabalhos de execução dos perfis transversais foi possível se ter uma idéia da configuração do vale do Pirapó e Bandeirantes do Norte os quais apresentaram formas distintas para cada setor analisado além de mostrar o significativo encaixamento destes canais. Na alta bacia pode se perceber acentuada assimetria do vale tanto nos perfis executados no rio Pirapó quanto no ribeirão Dourados. A evidência de tectonismo local pôde ser percebida na alta bacia a partir da adaptação da drenagem em relação da dinâmica de blocos rebaixados e soerguidos. As feições observadas nos trabalhos de campo foram trechos significativamente íngremes com a presença de cachoeiras, rápidos e corredeiras, profundo entalhe da drenagem, *canyons*, terraços e vales assimétricos e que possivelmente estão associadas ao controle neotectônico.

A análise granulométrica mostrou que o material transportado pelos rios Pirapó e Bandeirantes do Norte consiste na maioria de silte e argila. Areias média e fina predominam nos depósitos de canal, sendo insignificante a presença de areia grossa.

Quanto ao tempo de ocorrência de tais fatos que condicionaram uma rede de drenagem com grande número de pontos anômalos, embora não tenha sido possível neste trabalho a execução de datações, deve se considerar eventos ocorridos durante o Quaternário, mais especificamente no Pleistoceno, pois nesse período é que foram impressas as características da paisagem atual, as quais estão relacionadas à atividade neotectônica.

Desta forma este trabalho procurou mostrar a eficiência de uma técnica pouco utilizada no Brasil nos estudos fluviais. Esta técnica por sua vez mostrou sua confiabilidade quando as verificações em campo denotaram grandes feições anômalas na paisagem localizadas nos pontos anômalos detectados nos mapas e perfis longitudinais. As conclusões deste trabalho quanto aos fatores que determinaram os pontos anômalos não encerram o assunto, pelo contrário, abrem um leque de indagações que permitirão a execução de estudos posteriores a fim de complementar ou chegar a novas considerações a respeito abrindo espaço para um estudo tectônico quantitativo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA F. F. M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro: DNPM. n. 241, 1967.
- AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Trad. Maria Juraci Zani dos Santos: rev. Suely Bastos. São Paulo: DIFEL, 1986. 332 p.
- BARCHA, S. F. ; ARID, F. M. Origem das cachoeiras do Alto Paraná. **Rev. Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 2, p 120 – 135, 1975.
- BARTORELLI, A. Origem das grandes cachoeiras do Planalto Basáltico da Bacia do Paraná: Evolução Quaternária e Geomorfologia. In: **Geologia do Continente Sul – Americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida / Org. Bartorelli et al.** São Paulo: Editora Beca, 2004. cap. 6, p. 95 - 111.
- BROOKFIELD, M. E., The evolution of the great river systems of the southern Asia during the Cenozoic India-Asia collision: rivers draining southwards. **Geomorphology**, Amsterdã, v. 22, p. 285-312, 1988.
- CARVALHO, N. O. **Hidrosedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- DARTON, N. H. Configuration of the bedrock surface of the District of Columbia and vicinity. **U.S. Geol. Survay Prof. Paper 217**, 1950.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. **Terraços neoquaternários no vale do rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. 2000, 2v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro. Rio Claro, SP, 2000.
- FORTES, E. **Geomorfologia do baixo curso do rio Ivinhema, MS: uma abordagem morfogenética e morfoestrutural**. 2003, 209 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro. Rio Claro, SP, 2003.

GLOSSÁRIO GEOLÓGICO ILUSTRADO –2001. Site do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Disponível na Internet em <http://www.unb.br/ig/glossario/> . Acessado em 20 de Junho de 2004.

GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S.B. (Orgs) **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

HACK, J. T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**. v. 259-B. Washington, 1957.

HACK, J. T., and Young, R. S. Intrenched meanders of the North Fork of the Shenandoah River. **U.S. Geol. Survey Prof. Paper** 354-A. Virginia, 1959.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American journal of Science**, Bradley, v. 258-A. Washington, 1960.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **U.S. Geol. Survey, Jour. Research**, 1(4): 421-429. Washington, 1973.

IBGE: **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. FIBEGE. Rio de Janeiro, 1992.

IRIONDO, M. E., STEVAUX, J. C. ; ORFEO, O., Caracterização geomorfológica e sedimentológica do arroio Los Muertos: um tributário típico da alta bacia do rio Uruguai. **Geociências**, São Paulo, v.19, n.1, p. 61-69. 2000.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms & processes**. Londres: Arnold, 1998. 383p.

LEOPOLD. L. B. WOLMAN, M. G. ; MILLER, J. P. **Fluvial Process in Geomorphology**. San Francisco: W. H. Freeman & Co. 1964.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Badep: UFPR, 1968.

MACKIN, J. H. Concept of the graded river. **Geol. Soc. America Bull.** v.59, p. 463-512. Miami, 1948.

MARTINEZ, M. **Aspectos da qualidade da água do reservatório do Parque do Ingá**. 2002. 64 p. Trabalho de conclusão de curso, (Especialização) Curso de Pós Graduação em Gestão Ambiental. Universidade Estadual de Maringá. Maringá 2002.

MERRITTS, D., VICENT, K.R. and WHOL, E.E., 1994. Long river profiles, tectonism and eustasy: A guide to interpreting fluvial terraces. **Journal of Geophysical Research**, v.99, n.B7, p. 14,031-14,050.

MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ. Escala 1:650.000. Curitiba: Mineropar, 1989.

NIMER. E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

PAREDES, E. A. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, através de fotografias aéreas verticais. Pesquisa básica – Resolução nº 80/80 – Conselho de Ensino e Pesquisa da UEM. DEC/CTC, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 1980.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A - PAULIPETRO, Consórcio CESP/IPT. **Mapeamento geológico do Bloco SF-22-N (ACS. 42)**. Folha de Teodoro Sampaio, Escala 1:100.000. V. 1, Relatório Interno, 1981.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A - PAULIPETRO, Consórcio CESP/IPT. **Mapeamento geológico do Bloco SF-22-T (ACS-73)**.Folha de Paranavaí, Escala 1:100.000. V. 1, Relatório Interno, 1981.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A - PAULIPETRO, Consórcio CESP/IPT. **Mapeamento geológico do Bloco SF-22-U (ACS-74)**. Folhas de Apucarana, Londrina, Mandaguari, Maringá, Escala 1:100.000. Relatório Interno, 1981.

PAZZAGLIA, F. J. ; GARDNER, T. W. ; MERRITTS, D.J., Bedrock fluvial incision and longitudinal profile development over geologic time scale determined by fluvial terraces. In: TINKLER, K.J. ; WOHL, E.E. (Eds), **River over rocks**. Washington: American Geophysical Union, 1998. p. 207-235.

PENHA, H. M. Processos endogenéticos na formação do relevo. In GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 51 – 92.

PINESE, J. P. ; NARDY, A. J. R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto. In I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE – ENGEPAR, 1. , 2003, Maringá. *Anais...* Maringá UEM, UEL, UNIOESTE. Maringá, 2003. CD Rom.

POPP, J. H. ; BIGARELLA, J. J. **Formação cenozoicas do nordeste do Paraná**. Na. Acad. Brás. de Cienc., Rio de Janeiro, v. 47, p. 465-472 , 1975. Suplemento.

- POPP, J. H. **Geologia Geral**. 4. ed. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, 1987. 299 p.
- RIBEIRO, A. G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó – Pr. **Boletim de Geografia**, Maringá v. 5 n.1, p. 91-135, 1987.
- SANTOS, V .D. Aspectos fitogeográficos e ecológicos da vegetação natural do Estado do Paraná. **Geojandaia**, Revista de geografia. Jandaia do Sul. v. 1, n. 1. 2001, p. 15 – 37.
- SCHUMM, S. A. ; DUMONT, J. F. ; HOLBROOK, J. M., **Active tectonics alluvial rivers**. USA: Cambridge University Press, 2000. 290 p.
- SEEBER, L. ; GORNITZ, V. 1983. River Profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 92, p. 335 – 367.
- SNOW, R. S. & SLINGERLAND, R. L. Mathematical modeling of graded river profiles. **Journal of Geology**, Chicago, v. 95, p. 15-33, 1987.
- ATLAS DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ. Curitiba: SUDERHSA, 1998. 1 Atlas (27 p.) Mapas Color.
- SUGUIO K., BIGARELA J. J., **Ambientes Fluviais**. Florianópolis: Ed. da UFSC. Florianópolis, 1990. 183 p.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais: Passado + Presente = Futuro?** Paulo's Comunicações e Artes Gráficas. São Paulo, 1999. 366 p.
- THOMAS, D. S. G. ; GOUDIE, A. **The Dictionary of Physical Geography**. Malden, Massachusetts: Blackwel Publisher, 2000, 610p.

ANEXOS

ANEXO A

Planilhas, gráficos dos índices de RDE e perfis longitudinais dos principais cursos da
bacia hidrográfica do rio Pirapó.

Os números localizados no canto superior esquerdo da página, corresponde ao
número de cada canal conforme mostrado na figura 4.1

RIO PIRAPÓ

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)