



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**Curso de Pós-Graduação em GEOCIÊNCIAS**  
**Área de Concentração em GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE**

**COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL DA REGIÃO DO  
TRIÂNGULO MINEIRO (MG): APLICADO A EXPLORAÇÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

**Alessandra Cristina Corsi**

*Orientador:* Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

Tese de Doutorado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente para obtenção do Título de Doutor em Geociências.

Rio Claro – SP  
2003

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**Curso de Pós-Graduação em GEOCIÊNCIAS**  
**Área de Concentração em GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE**

**COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL DA REGIÃO  
DO TRIÂNGULO MINEIRO (MG): APLICADO A  
EXPLORAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

**Alessandra Cristina Corsi**

*Orientador:* Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

Tese de Doutorado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente para obtenção do Título de Doutor em Geociências.

Rio Claro – SP  
2003

*A confiança é nossa capacidade para pensar e enfrentar os desafios da vida;*

*A confiança em nosso direito de ser feliz, a sensação de sermos merecedores, dignos, qualificados para expressar nossas necessidades e desejos e desfrutar os resultados de nossos esforços.*

*Aos meus pais Edo e Lazara (in memoriam) e aos  
meus irmãos Julio e Marcelo.*

## *Agradecimentos*

*Quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram no decorrer deste trabalho com sua experiência profissional ou apenas com a amizade e incentivo.*

*Cabe agradecer:*

*Ao professor Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, pela orientação, amizade e confiança depositada.*

*Em especial ao Professor Dr. Antonio R. Saad, pelo estímulo, amizade e orientação no transcorrer do trabalho.*

*Ao Professor Norberto Morales, pelos esclarecimentos e auxílio durante a execução da Tese.*

*Aos Professores Alexandre J. Perinotto e Vicente J. Fulfaro e a Professora Ambrosina H. F. Gontijo pelo apoio na elaboração deste trabalho.*

*Ao Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (MG).*

*Aos amigos Sergio H. Almeida, Luis Mancini, Paulo César de Araújo, Shirley C. dos Santos, Paulo Sergio (Paulinho), Cynthia R. Duarte, Priscila, Maria O. Lucena (Neidinha), Iramaia F. Braga, Tácito, Marcelo Barison, Leila Perdoncini, Jorge Feola e aos demais colegas da Pós-Graduação.*

*Aos companheiros de laboratório Rubens C. Monteiro, Denise Baldissera, Tales Ushizima, José Vicente Bernardes e Roberto Wagner Lourenço pela amizade*

*Em especial as minhas amigas Luzia A. Joinhas e Claudia Lopes de Moura pelo companheirismo e amizade.*

*Ao Alessandro Batezelli pelo auxílio nos trabalhos de campo e pelas discussões dos dados no decorrer do trabalho.*

*A Darlene Armbrust e Laura Narciso pela amizade e auxílio na execução deste trabalho.*

*Meus agradecimentos à CAPES e à FAPESP pelo apoio financeiro.*

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FOTOS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>Capítulo 1 – Introdução</b> .....	001
<b>Capítulo 2 – Materiais e métodos</b> .....	008
<b>Capítulo 3 – Síntese de conceitos sobre Neotectônica</b> .....	025
<b>Capítulo 4 – Caracterização da área</b> .....	044
<b>Capítulo 5 – Análise morfoestrutural</b> .....	093
<b>Capítulo 6 – Hidrogeologia</b> .....	178
<b>Capítulo 7 – Conclusões</b> .....	217
<b>Capítulo 8 – Referências bibliográficas</b> .....	221

**ÍNDICE**

<b>Resumo</b> .....	xii
<b>Abstract</b> .....	xiii
<b>Capítulo 1 – Introdução</b> .....	001
1.1 – Generalidades .....	001
1.2 – Localização da área de estudo .....	003
1.3 – Objetivo .....	003
1.4 – Referências bibliográficas.....	006
<b>Capítulo 2 – Materiais e Métodos</b> .....	008
2.1 – Levantamento bibliográfico.....	008
2.2 – Trabalhos de campo .....	009
2.3 – Mapa geológico .....	009
2.4 – Mapa da rede de drenagem .....	012
2.5 – Mapa da compartimentação topográfica .....	012
2.6 – Mapa hipsométrico.....	014
2.7 – Mapa da compartimentação morfoestrutural.....	014
2.8 – Mapa de orientação dos canais de primeira ordem .....	014
2.9 – Mapa de lineamentos .....	015
2.10 – Índices geomórficos.....	015
Fator de assimetria (FA) .....	016
Fator de simetria topográfica transversal (T) .....	016
2.11 – Análise de dados vetoriais .....	018
2.12 – Tratamento estatístico dos dados .....	019
Análise de superfície de tendência ( <i>trend surface analysis</i> ) .....	019
Análise de tendência vetorial .....	020
2.13 – Referências bibliográficas .....	023
<b>Capítulo 3 – Síntese de conceitos sobre Neotectônica</b> .....	025
3.1 – Aspectos da drenagem .....	025
3.2 – Aspectos do relevo .....	029

3.3 – Neotectônica .....	032
3.3.1 – Generalidades .....	032
3.3.2 - Quadro neotectônico brasileiro .....	033
3.3.3 – Quadro neotectônico da região Sudeste .....	034
3.3.4 – Sismicidade da região Sudeste .....	037
3.4 – Referências bibliográficas.....	041
<b>Capítulo 4 – Caracterização da área .....</b>	<b>044</b>
4.1 – Geomorfologia .....	044
4.2 – Solos .....	047
4.3 – Contexto geológico .....	050
4.4 – Unidades geológicas .....	053
4.4.1 – Embasamento Proterozóico.....	053
4.4.2 – Bacia do Paraná .....	055
Formação Botucatu/Pirambóia .....	055
Formação Serra Geral.....	055
4.4.3 - Bacia Bauru .....	059
Formação Adamantina .....	060
Formação Uberaba .....	063
Formação Marília .....	066
4.4.4 - Cobertura Cenozóica .....	071
4.5 - Evolução tectônica da Bacia do Paraná .....	075
4.6 – Evolução tectônica da Bacia Bauru .....	079
4.7 - Evolução tectônica da região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	080
4.8 – Referências bibliográficas.....	087
<b>Capítulo 5 – Análise morfoestrutural .....</b>	<b>093</b>
5.1 – Análise vetorial .....	093
5.1.1 – Análise vetorial da região do Triângulo Mineiro .....	095
5.2 – Compartimentação topográfica.....	099
5.3 – Rede de drenagem .....	118
5.3.1 – Características gerais .....	118
5.4 – Análise dos lineamentos .....	121



---

5.5 – Compartimentação morfoestrutural.....	131
5.5.1 – Análise geral.....	132
5.5.2 – Análise Morfoestrutural.....	135
5.6 – Padrões e anomalias da rede de drenagem .....	149
Bacia do rio Araguari .....	151
Bacia do rio Piedade .....	151
Bacia do rio Tijuco .....	154
Bacia do rio da Prata .....	154
Bacia do rio Arantes .....	157
Bacia do rio Uberaba.....	157
Bacia do rio São Francisco.....	160
Bacia do rio Verde ou Feio .....	160
5.7 – Análise dos canais de primeira ordem .....	163
5.8 – Índices geomórficos.....	163
5.9 – Discussão .....	173
5.10 – Referências bibliográficas .....	175
<b>Capítulo 6 – Hidrogeologia.....</b>	<b>178</b>
6.1 – Dados pluviométricos .....	178
6.2 – Caracterização dos aquíferos .....	192
6.3 – Análise dos dados químicos.....	207
<b>Capítulo 7 – Conclusões.....</b>	<b>217</b>
<b>Capítulo 8 – Referências bibliográficas.....</b>	<b>221</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1- Mapa de localização da área de estudo .....	005
Figura 2.1 – Distribuição das cartas topográficas que abrangem a área de estudo .....	008
Figura 2.2 – Localização dos poços tubulares profundos na região do Triângulo Mineiro .....	010
Figura 2.3 – Localização dos pontos de afloramentos na região do Triângulo Mineiro .....	011
Figura 2.4 – Esquema de ordenação de canais proposto por Strahler (1957) .....	012
Figura 2.5 – Bloco diagrama esquemático da obtenção do índice de desnivelamento (?h) .....	013
Figura 2.6 – Fator de assimetria da bacia de drenagem (KELLER; PINTER, 1996) .....	016
Figura 2.7 – Fator de simetria topográfica transversal (COX, 1994; KELLER; PINTER, 1996) .....	017
Figura 2.8 – Ilustração esquemática mostrando os traços de fratura e a designação adotada para a identificação de cada fratura para posterior obtenção do vetor médio .....	019
Figura 3.1 - Tipos de drenagem relacionados com controles estruturais (SUMMERFIELD, 1991) .....	026
Figura 3.2 - Formas de rearranjo de drenagem através de captura (piracy), a linha tracejada representa o divisor de drenagem (BISHOP, 1995) .....	028
Figura 3.3 - Formas de rearranjo de drenagem através de “diversion” como resultado de migração lateral ou tectonismo (BISHOP, 1995).....	028
Figura 3.4 - Rearranjo de drenagem através de decapitação, envolvendo área de drenagem entre “catchments” porém sem preservação de linhas de drenagem (BISHOP, 1995) .....	029
Figura 3.5 - Bloco diagrama mostrando varias formas de escarpa de falha e feições associadas (SUMMERFIELD, 1991).....	031
Figura 3.6 - Principais feições de relevo associado com falhas transcorrentes (SUMMERFIELD, 1991) .....	031
Figura 3.7 - Bloco diagrama mostrando a formação de <i>shutter-ridge</i> por falhamento transcorrente sinistral (SUMMERFIELD, 1991) .....	032

Figura 3.8 - Estruturação neotectônica de Minas Gerais (SAADI <i>et al.</i> , 1991) .....	038
Figura 3.9 – Mapa das zonas sismogênicas de parte do Sudeste Brasileiro (MIOTO; HASUI, 1982) .....	039
Figura 3.10 – Mapa de isossistas do Sudeste Brasileiro utilizado pela UnB em 1979 para inferir risco sísmico através do método determinístico (MIOTO, 1990) .....	040
Figura 4.1 - Mapa geomorfológico da mesorregião do Triângulo Mineiro (MG) (SIQUEIRA; FERREIRA, 1998) .....	046
Figura 4.2 - Mapa de solos da mesorregião do Triângulo Mineiro (MG) (SIQUEIRA; FERREIRA, 1998) .....	049
Figura 4.3 – Mapa litoestratigráfico da região do Triângulo Mineiro (Modificado de BARCELOS, 1984) .....	052
Figura 4.4 - Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (MILANI <i>et al.</i> 1994) .....	054
Figura 4.5 - Mapa de isópacas das Formações Pirambóia, Botucatu e Rosário do Sul (ZALÁN <i>et al.</i> , 1986) .....	057
Figura 4.6 - Mapa de isópacas da Formação Serra Geral (ZALÁN <i>et al.</i> , 1986) .....	058
Figura 4.7 - Coluna litoestratigráfica do Grupo Bauru no Triângulo Mineiro (Modificado de BARCELOS; SUGUIO, 1987) .....	059
Figura 4.8 - Área de ocorrência da Formação Nova Ponte, segundo Ferrari (1989) .....	074
Figura 4.9 - Mapa de localização da Bacia do Paraná na América do Sul (ZALÁN <i>et al.</i> , 1991) .....	076
Figura 4.10 - Mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná (ZALÁN <i>et al.</i> , 1991) .....	077
Figura 4.11 - Diagrama em roseta das extensões de lineamentos, obtido a partir de levantamento aeromagnetométricos na bacia (ZALÁN <i>et al.</i> , 1991) .....	078
Figura 4.12 - Unidades litológicas e lito-estratigráficas do oeste mineiro (HASUI; HARALYI, 1991) .....	083
Figura 4.13 - Evolução tectônica fanerozóica do oeste mineiro (HASUI; HARALYI, 1991) .....	084
Figura 4.14 - Mapa de anomalia Bouguer simplificado de Minas Gerais, curvas em miligals (Modificado de HASUI; HARALYI, 1991) .....	085

Figura 4.15 - Anomalias gravimétricas e magnetométricas do oeste mineiro (HASUI; HARALYI, 1991) .....	086
Figura 5.1 – A) Superfície de tendência de primeiro grau para os valores angulares de vetor médio, evidenciando a tendência de aumento dos valores de NE para SW; B).Mapa de resíduos da superfície de tendência de primeiro grau (Figura 5.1 A), ressaltando os blocos estruturais: alto (em amarelo) e baixo (em laranja); e C) Esquema mostrando as depressões individualizadas pelo método da análise vetorial.....	097
Figura 5.2 – Seção estrutural de subsuperfície Carneirinho-Sacramento (Direção E-W) (LANDIM <i>et al.</i> , 2002) .....	098
Figura 5.3 – Mapa hipsométrico da região do triângulo Mineiro (MG) .....	101
Figura 5.4 – Modelo digital do terreno, destacando a variação altimétrica da região do Triângulo Mineiro (MG) (Iluminação NW para SE. Visada N33°).....	102
Figura 5.5 – Modelo digital com destaque às unidades litoestratigráficas aflorantes na região do Triângulo mineiro (Iluminação NW para SE. Visada N45°) .....	103
Figura 5.6 – Perfil topográfico de direção leste-oeste evidenciando a variação altimétrica na região do Triângulo Mineiro (MG) .....	104
Figura 5.7 – Perfil topográfico de direção sudoeste – noroeste na região do Triângulo Mineiro (MG) .....	105
Figura 5.8 – Perfil topográfico de direção sudoeste – nordeste na região do Triângulo Mineiro (MG) .....	106
Figura 5.9 – Mapa de declividade da região do Triângulo Mineiro (MG), Valores de declividade em graus .....	107
Figura 5.10 – Mapa da compartimentação geomorfológica da região do Triângulo Mineiro (MG). .....	108
Figura 5.11 – Localização dos rios Paranaíba e Grande no estado de Minas Gerais (MG) .....	118
Figura 5.12 – Mapa da rede de drenagem da região do triângulo Mineiro (MG) com a delimitação das oito bacias analisadas.....	120
Figura 5.13 – Mapa de anomalias crustais da região do Triângulo Mineiro .....	124
Figura 5.14 – Mapa de lineamentos fotointerpretados na região do Triângulo Mineiro, juntamente com os diagramas de rosetas.....	125

Figura 5.15 – Projeção estereográfica para dados de falha na Formação Uberaba (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar .....	126
Figura 5.16 – Projeção estereográfica para dados de fratura na Formação Serra Geral (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar .....	127
Figura 5.17 – Projeção estereográfica para dados de fraturas na Formação Adamantina (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar .....	128
Figura 5.18– Projeção estereográfica para dados de fraturas na Formação Uberaba (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar .....	129
Figura 5.19 – Projeção estereográfica para dados de fraturas na Formação Marília (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar .....	130
Figura 5.20 – Contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral .....	133
Figura 5.21 – Mapa de isópacas do Grupo Bauru.....	134
Figura 5.22 – Seção estrutural de susuperfície Carneirinho – Canapólis (Direção NE) .....	136
Figura 5.23 – Seção estrutural de subsuperfície Sacramento – Santa Vitória (Direção NW) .....	137
Figura 5.24 – Mapa dos compartimentos morfoestruturais na região do Triângulo Mineiro .....	138
Figura 5.25 – Modelo digital da área com destaque para a compartimentação morfoestrutural (Iluminação de NW para SE. Visada N45°) .....	139
Figura 5.26 – Perfil geológico-estrutural A-A' .....	140
Figura 5.27 – Perfil geológico-estrutural B-B' .....	141
Figura 5.28 – Perfil geológico-estrutural C-C' .....	142
Figura 5.29 – Mapa de anomalias da rede de drenagem na região do triângulo Mineiro (MG).....	150
Figura 5.30 – Bacia de drenagem do rio Araguari (MG) afluente da margem esquerda do rio Paranaíba .....	152
Figura 5.31 – Bacia de drenagem do rio Piedade (MG) afluente da margem esquerda do rio Paranaíba .....	153
Figura 5.32 – Bacia de drenagem do rio Tijuco (MG) afluente da margem esquerda do rio Paranaíba .....	155
Figura 5.33 – Bacia de drenagem do rio da Prata (MG) afluente da margem esquerda do rio Paranaíba .....	156

Figura 5.34 – Bacia de drenagem do rio Arantes (MG) afluente da margem esquerda do rio Paranaíba .....	158
Figura 5.35 – Bacia de drenagem do rio Uberaba (MG) afluente da margem direita do rio Grande .....	159
Figura 5.36 – Bacia de drenagem do rio São Francisco (MG) afluente da margem direita do rio Grande .....	161
Figura 5.37 – Bacia de drenagem do rio Verde ou Feio (MG) afluente da margem direita do rio Grande .....	162
Figura 5.38 – Direções dos canais de primeira e segunda ordem para as drenagens na região do Triângulo Mineiro (MG) .....	167
Figura 5.39 – Fator de simetria topográfica da bacia do rio Araguari .....	168
Figura 5.40 – Fator de simetria topográfica da bacia do rio Tijuco .....	169
Figura 5.41 – Fator de simetria topográfica da bacia do rio São Francisco .....	170
Figura 5.42 – Fator de simetria topográfica da bacia do rio Uberaba .....	171
Figura 5.43 – Fator de simetria topográfica da bacia do rio Verde .....	172
Figura 6.1 – Mapa de localização das estações pluviométricas na região do Triângulo Mineiro .....	179
Figura 6.2 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Araguari .....	189
Figura 6.3 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Capinópolis .....	189
Figura 6.4 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Monte Alegre de Minas .....	189
Figura 6.5 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Prata (Fazenda Burito) .....	190
Figura 6.6 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Prata (Fazenda Paraíso) .....	190
Figura 6.7 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Tupaciguara (Fazenda Cachoeira) .....	190
Figura 6.8 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Tupaciguara .....	191
Figura 6.9 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Tupaciguara (Ponte Melo Viana) .....	191

Figura 6.10 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Uberaba.....	191
Figura 6.11 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero fraturado (Intervalo Curva de 1 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 5 m) juntamente com o mapa litoestratigráfico .....	195
Figura 6.12 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero fraturado (Intervalo Curva de 1 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 5 m) juntamente com o mapa da compartimentação morfoestrutural .....	196
Figura 6.13 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero fraturado (Intervalo Curva de 5 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 5 m) juntamente com o mapa litoestratigráfico .....	197
Figura 6.14 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero fraturado (Intervalo Curva de 5 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 5 m) juntamente com o mapa da compartimentação morfoestrutural .....	198
Figura 6.15 – Dados de vazão para o aquífero fraturado mais mapa da compartimentação morfoestrutural .....	199
Figura 6.16 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero granular (Intervalo Curva de 0,02 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 0,2 m) juntamente com o mapa litoestratigráfico .....	200
Figura 6.17 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero granular (Intervalo Curva de 0,02 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 0,2 m) juntamente com o mapa da compartimentação morfoestrutural .....	201
Figura 6.18 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero granular (Intervalo Curva de 5 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 5 m) juntamente com o mapa litoestratigráfico .....	202
Figura 6.19 – (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero granular (Intervalo Curva de 5 m); (B) Mapa de resíduos (Intervalo Curva 5 m) juntamente com o mapa da compartimentação morfoestrutural .....	203

Figura 6.20 – Dados de vazão para o aquífero granular plotados sobre mapa da compartimentação morfoestrutural.....	204
Figura 6.21 – Mapa de isólitais da Formação Serra Geral .....	205
Figura 6.22 – Mapa do contorno estrutural do topo do Aquífero Guarani .....	206
Figura 6.23 – Valores de pH para os poços da região do Triângulo Mineiro.....	209
Figura 6.24 – Valores de cor para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	209
Figura 6.25 – Valores de turbidez para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	209
Figura 6.26 – Valores de alcalinidade $\text{CaCO}_3$ para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	210
Figura 6.27 – Valores de alcalinidade $\text{HCO}_3^-$ para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	210
Figura 6.28 – Valores de dureza total para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	210
Figura 6.29 – Valores de dureza cálcio para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	211
Figura 6.30 – Valores de dureza magnésio para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	211
Figura 6.31 – Valores de sólidos dissolvidos para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	211
Figura 6.32 – Valores de sólidos suspensos para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	212
Figura 6.33 – Valores de sólidos totais para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	212
Figura 6.34 – Teores de cálcio para os poços da região do Triângulo Mineiro.....	212
Figura 6.35 – Teores de sódio para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	213
Figura 6.36 – Teores de potássio para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	213
Figura 6.37 – Teores de magnésio para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	213
Figura 6.38 – Teores de cloreto para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	214
Figura 6.39 – Teores de sulfato para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	214



---

Figura 6.40 – Teores de nitrato para os poços da região do Triângulo Mineiro.....	214
Figura 6.41 – Teores de manganês para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	215
Figura 6.42 – Teores de ferro total para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	215
Figura 6.43 – Teores de fluoreto para os poços da região do Triângulo Mineiro .....	215

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 4.1 – Afloramento expondo arenito fino com estratificação cruzada de alto ângulo. Ponto TM-18 – Estrada não pavimentada Honorópolis – Gurinhatã a 11 km do Bairro do Grama em direção a Gurinhatã .....	061
Foto 4.2 – Afloramento expondo siltitos avermelhados da Formação Adamantina. Ponto TM-21 – Estrada não pavimentada Honorópolis – Gurinhatã a 17 km do Bairro do Grama em direção a Gurinhatã .....	062
Foto 4.3 – Afloramento expondo argilito maciço com lentes de arenito na base e arenito muito fino a fino com estratificação plano paralela no topo. Provável ponto de interdigitação entre as formações Uberaba e Adamantina. Ponto TM-79 – Estrada não pavimentada Veríssimo – Patrinhônio do Rio do Peixe, a 11 km de Patrimônio .....	062
Foto 4.4 – Afloramento expondo lentes de arenito médio a grosso, maciço, cimentado por CaCO <sub>3</sub> . Ponto TM- 100 – Entrada Comendador Gomes (MG).....	067
Foto 4.5 – Foto do nível calcário explorado como matéria prima para fabricação de cimento <i>Portland</i> . Ponto TM-88 – Pedreira Ponte alta (MG).....	068
Foto 4.6 – Foto panorâmica mostrando relevo de chapadas na área de ocorrência do Membro Serra da Galga (Formação Marília). TM-68 – Estrada não pavimentada que liga a BR-500 ao distrito de Palestina, a 3 km da BR-050.....	070
Foto 4.7 – Vista panorâmica do relevo em chapadas (Membro Echaporã – Formação Marília). Estrada não pavimentada Grama – Honorópolis, a 3 km do Bairro do Grama. ....	070
Foto 4.8 – Detalhe de um nível conglomerático. Mina de extração de diamantes – EXDIBRA S/A – Romaria (MG). Ponto 73 .....	073
Foto 4.9 – Fácies areno-argilosa associada aos depósitos conglomeráticos. Mina de extração diamantes – EXDIBRA S/A – Romaria (MG). Ponto 73 .....	073
Foto 5.1 – Relevo colinoso com topo suaves ao fundo serras sustentadas pela Formação Marília (próximo à cidade de Limeira D'Oeste) (Compartimento 1) .....	110
Foto 5.2 – Relevo de colinas suaves próximo a Honorópolis (Compartimento 1).....	110
Foto 5.3 – Relevo de colinas suaves (Compartimento 2) .....	111

Foto 5.4 – Encachoeiramento no rio da Prata (Ponto TM – 112 – Compartimento 3) .....	111
Foto 5.5 – Relevo de colinas suaves, margeado pelo relevo de serras, próximo a cidade de Gurinhatã (Ponto TM – 23 – Compartimento 3) .....	112
Foto 5.6 – Relevo de colinas suaves, com serras ao fundo, próximo a cidade de Ituiutaba (Ponto TM – 98 – Compartimento 3) .....	113
Foto 5.7 – Relevo de colinas suaves próximo à cidade de Comendador Gomes (Ponto TM - 108 – Compartimento 4).....	114
Foto 5.8 – Relevo de colinas suaves próximo à cidade de Comendador Gomes (Ponto TM – 108 – Compartimento 4) .....	115
Foto 5.9 – Relevo de colinas suaves que ocorre no interior do relevo de chapada (Ponto TM – 109 – Compartimento 5).....	116
Foto 5.10 – Relevo de colinas suaves que ocorre no interior do relevo de chapada (Ponto TM – 68 – Compartimento 5) .....	117
Foto 5.11 – Falhas de direção NE em sedimentos da formação Uberaba. A) Vista Geral e B) Detalhe .....	126
Foto 5.12 – Padrão de fraturas na Formação Serra Geral .....	127
Foto 5.13 – Padrão de fraturas na Formação Adamantina .....	128
Foto 5.14 – Padrão de fraturas na Formação Uberaba.....	129
Foto 5.15 – Padrão de fraturas na Formação Marília .....	130

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - Área ocupada pelas diferentes categorias geomorfológicas (SIQUEIRA; ROSA, 1998) .....	044
Tabela 4.2 - Área ocupada pelos diferentes tipos de solos (SIQUEIRA; ROSA, 1998).....	047
Tabela 4.3 - Principais características dominantes dos solos mapeados (SIQUEIRA; ROSA, 1998) .....	048
Tabela 5.1 – Resultados da análise de assimetria para as bacias da área (Fator de Simetria – FA) .....	164
Tabela 6.1 – Dados de vazão e profundidade para os poços da região do Triângulo Mineiro. ....	194

**ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 3.1 - Classificação dos padrões de drenagem relacionando controle estrutural (SUMMERFIELD,1991).....	026
Quadro 3.2 - Indicadores geomorfológicos de atividade neotectônica (COOKE ; DOORKAMP, 1990) .....	030
Quadro 5.1 – Caracterização dos compartimentos definidos na região do Triângulo Mineiro .....	109
Quadro 5.2 – Caracterização dos compartimentos e sub-compartimentos morfoestruturais definidos .....	143
Quadro 6.1 – Dados pluviométricos da Estação de Araguari .....	180
Quadro 6.2 – Dados pluviométricos da Estação de Capinópolis .....	181
Quadro 6.3 – Dados pluviométricos da Estação de Monte Alegre de Minas.....	182
Quadro 6.4 – Dados pluviométricos da Estação de Prata (Fazenda Burito) .....	183
Quadro 6.5 – Dados pluviométricos da Estação de Prata (Fazenda Paraíso) .....	184
Quadro 6.6 – Dados pluviométricos da Estação de Tupaciguara (Fazenda Cachoeira).....	185
Quadro 6.7 – Dados pluviométricos da Estação de Tupaciguara.....	186
Quadro 6.8 – Dados pluviométricos da Estação de Tupacigura (Ponte Melo Viana) .....	187
Quadro 6.9 – Dados pluviométricos da Estação de Uberaba .....	188

## RESUMO

Este trabalho teve como propósito estudar a compartimentação morfoestrutural DO Triângulo Mineiro, apoiando-se em análises geomorfológicas e geológicas para fins hidrogeológicos. A metodologia adotada baseou-se na análise de drenagem, análise do relevo e na análise estrutural. A configuração morfoestrutural da região do Triângulo Mineiro é ditada principalmente pelo arranjo de lineamentos orientados segundo a direção NW-SE para a bacia do rio Paranaíba e segundo a direção EW e NS para a bacia do rio Grande, associadas à reativação de descontinuidades do pré-Cambriano durante o Terciário, configurando um mosaico de blocos. Na região foram reconhecidos oito compartimentos morfoestruturais, subdivididos internamente em sub-compartimentos. Essa compartimentação afeta toda a coluna litoestratigráfica, tanto do ponto de vista da distribuição em área, quanto de sua espessura. Neste quadro foram individualizadas as depressões de Gurinhatã, Comendador Gomes, Limeira D'Oeste entre outras, que apresentam maiores espessuras de sedimentos, sendo locais indicados para exploração do aquífero Bauru. No entanto para o aquífero Serra Geral, contemplou-se que os alinhamentos de direção NW-SE coincidem com os melhores dados de vazão. O período Terciário tem uma importância fundamental para a região, tanto na sedimentação da Formação Nova Ponte e depósitos correlatos, quanto no tectonismo deformador responsável pela configuração da paisagem atual.

**Palavras chaves:** Morfoestrutural, Hidrogeologia, Geomorfologia, Triângulo Mineiro.

## Abstract

The aim of this work is to study morphostructural compartmentalization based on geomorphologic and geological analyses. The methodology used was based on analyses of drainage, relief and in the structural features in the Triângulo Mineiro region. The morphostructural configuration of the Paranaíba River basin in this region is controlled mainly by underlying NW-SE discontinuities in the Precambrian basement that were reactivated during the Tertiary. In the case of the Grande River basin, the basement structures reactivated in the Tertiary are oriented EW and NS. In the area, eight main morphostructural compartments were recognized, each of which can be subdivided into sub-compartments. These compartments affect the whole lithostratigraphic column in terms of its areal distribution as well as its local thickness. This being the case, the Gurinhatã, Comendador Gomes and Limeira D'Oeste depressions developed, along with other smaller local thick sediment accumulations, which are suitable for local exploitation of the Bauru aquifer. In the Serra Geral aquifer, however, it was determined that the NW-SE structural features are associated with the highest water yields. The Tertiary period has a fundamental importance for the area, both in terms of the sedimentation of the Nova Ponte Formation and chrono-correlated deposits, as well as in the tectonic deformation responsible for the configuration of the current landscape.

**Key words:** Morphostructural, Hydrogeology, Geomorphology, Triângulo Mineiro region.

---

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

---

### 1.1- Generalidades

A aplicação de estudos geomorfológicos na investigação estrutural de áreas sedimentares pouco movimentadas ou constituídas por estratos sub-horizontais pode constituir-se numa técnica extremamente útil para se entender o arcabouço geológico regional e suas decorrentes implicações para a avaliação do potencial para recursos hídricos. Tais estudos morfoestruturais baseiam-se na observação detalhada do relevo, principalmente no tocante a lineamentos e rede hidrográfica, com a intenção de estabelecer linhas gerais do arcabouço geológico estrutural subjacente. A hipótese sob consideração é a de que determinados padrões de formas topográficas anômalas registradas em superfície sejam o reflexo de estruturas existentes em subsuperfície.

Cabe ressaltar que o termo morfoestrutura, segundo Saadi (1991), refere-se a uma unidade morfológica cujas principais características indicam um controle exercido pelo arcabouço litoestrutural passivamente, ficando a elaboração da paisagem submetida exclusivamente ao agente erosivo, e o termo morfotectônica somente deve ser utilizado quando a elaboração das formas se processa sob o controle tectônico ativo.

A região do Triângulo Mineiro torna-se interessante para este tipo de estudo, em vista da sua compartimentação e da sua coluna litoestratigráfica, aliado ao caráter inédito do enfoque estrutural regional voltado à hidrogeologia.

Merece destaque o padrão estrutural existente no Triângulo Mineiro com um conjunto de descontinuidades crustais de direções preferenciais noroeste e

nordeste, localmente leste-oeste, que configuram um mosaico de blocos estruturais, na forma de “*favos de colmeia*”, a semelhança do modelo proposto por Fulfaro *et al.* (1982, 1997) para a Bacia do Paraná no Estado de São Paulo.

A manifestação neotectônica no Brasil pode ser considerada a partir do Mioceno médio, estando associada ao início da deposição da Formação Barreiras, à última seqüência de bacias costeiras e ao fim das manifestações magmáticas alcalinas no nordeste brasileiro (SOARES; LANDIM, 1976; HASUI, 1990)

A partir do final da década de 80, os estudos sobre a atividade tectônica cenozóica em Minas Gerais foram intensificados, com destaque para os trabalhos de Allaoua Saadi (UFMG) e colaboradores na região de São João Del Rei, levando a sínteses da morfotectônica do Estado de Minas Gerais (SAADI, 1990; SAADI; VALADÃO, 1990; SAADI; PEDROSA SOARES, 1990; SAADI, 1991; SAADI *et al.* 1991; SAADI, 1992, 2001; FERREIRA, 2001).

Assim, para o desenvolvimento do presente estudo realizou-se uma análise morfoestrutural na região do Triângulo Mineiro, como proposta para se estabelecer o arcabouço geológico desta área, sua origem e evolução, bem como as decorrentes implicações na exploração da água subterrânea. Para tanto se utilizou a análise do relevo, da rede de drenagem e análise vetorial para identificar áreas de soerguimento e subsidência na região, assim como setores com diferentes padrões de fraturamento.

Esta tese teve o seu desenvolvimento vinculado ao projeto FAPESP N° 99/00323-5: “**A Bacia Bauru no Triângulo Mineiro (MG): Análise de Bacia como proposta de uma nova estratégia exploratória para recursos minerais e hídricos**”, coordenado pelo professor Dr. P. M. B. Landim com a participação dos



professores Dr(s). V. J. Fúlfaro, A. R. Saad, J. A. de J. Perinotto e o doutorando A. Batezelli, além da minha pessoa.

## 1.2 - Localização da área de Estudo

A área de estudo abrange a região do Triângulo Mineiro, sendo compreendida entre os paralelos 18°00'00" e 20°30'00" de latitude sul e os meridianos 51°00'00" e 47°30'00" de longitude oeste (Figura 1.1). O limite oriental da área engloba parte da região administrativa do Alto Paranaíba.

A região do Triângulo Mineiro ocupa uma área de 52.760 km<sup>2</sup>, situada no oeste do Estado de Minas Gerais, inserindo-se numa área de cobertura magmático-sedimentar pertencente à Bacia do Paraná.

A região sedia importantes núcleos urbanos (Uberaba – 215.000 habitantes, Uberlândia – 398.000, Ituiutaba – 87.000, Araguari – 94.000, Frutal, Prata, Campina Verde e outras). Trata-se de uma área com atividades agropecuárias e minerárias (calcário, diamante, argila e agregados), consubstanciando um pólo de desenvolvimento regional.

## 1.3- Objetivo

A presente tese teve como objetivo principal efetuar a compartimentação morfoestrutural da região do Triângulo Mineiro, e suas implicações no contexto hidrogeológico, obtendo como produtos:

- mapa da compartimentação morfoestrutural da região;
- mapa da compartimentação topográfica; e secundariamente,
- determinar as características físico-químicas das águas subterrâneas; e

- indicar as áreas mais promissoras para locação de poços para produção de água subterrânea;

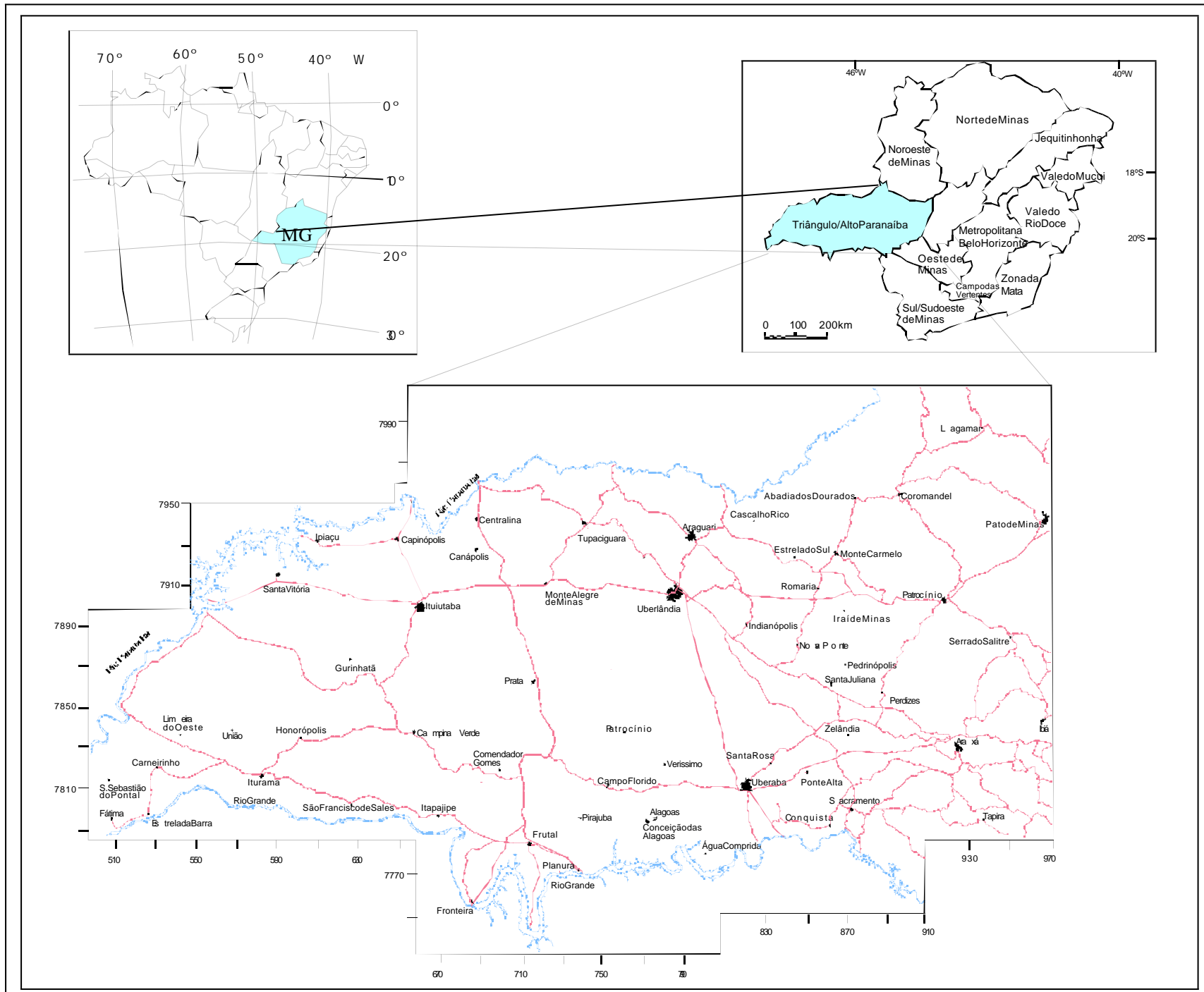


Figura 1.1 - Mapa de localização da área de estudo.

## 1.4 – Referências Bibliográficas

FERREIRA, M. F. M. **Geomorfologia e análise morfotectônica do alto Vale do Sapucaí – Pouso Alegre (MG)**. 2001. 279 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 590 – 611, 1982.

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C. Paraná; VEROSLAVSKY, G. Basin: Mineral Resource potentials in Brazil, Uruguay, and Paraguay. **International Geology Review**, Columbia, v. 30, p. 703 – 22, 1997.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. IN: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...Belo Horizonte: SBG**, 1990. p. 1-31.

SAADI, A. Um “rift” neo-cenozóico na região de São João del Rei – MG, borda sul do craton do São Francisco. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...Belo Horizonte: SBG**, 1990. p. 63-79.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais**. 1991. 285 f. Tese (Professor Titular) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SAADI, A. Elementos de discussão da neotectônica brasileira. In: SEMANA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS, 31, 1992, Ouro Preto. **Anais...Ouro Preto: SICEG**, p. 1-12.

SAADI, A. Estudos do quaternário e neotectônica no Brasil: experiência acumulada e novos rumos. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 8, 2001, Salvador. **Resumos...Salvador: ABEQUA**, 2001. p. 40 –42.

SAADI, A.; PEDROSA SOARES, A.C. Um “graben” cenozóico no médio Jequitinhonha, Minas Gerais. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...Belo Horizonte: SBG**, 1990. p. 101-124.

SAADI, A.; VALADÃO, R. C. Eventos tectono-sedimentares na bacia neo-cenozóica de Rio das Mortes (Região de São João del Rei – MG). In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...Belo Horizonte: SBG**, 1990. p. 81-99.

SAADI, A.; HASUI, Y.; MAGALHÃES, F. S. Informações sobre a neotectônica e morfogênese de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS

TECTÔNICOS, 3, 1991, Rio Claro. **Boletim**..Rio Claro: UNESP/SBG, 1991. p. 105-107.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Depósitos cenozóicos na região centro-sul do Brasil. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 16, n. 31, p. 17 -39, 1976.

## CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo apresentam-se as diversas etapas e técnicas que deram suporte ao desenvolvimento do trabalho.

### 2.1 – Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica consistiu de levantamento de artigos, dissertações, teses, livros, e relatórios sobre a metodologia e conceitos referentes ao tema abordado nesta tese, bem como de informações geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e estruturais da área.

Para a confecção do mapa base utilizou-se as cartas topográficas na escala 1: 250.000 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): Iturama (Folha SE-22-Z-C), Franca (SE), Quirinópolis (SE-22-Z-A), Prata (Folha SE-22-Z-D), Uberaba (Folha SE-23Y-C), São José do Rio Preto (SF-23-Y-A), Uberlândia (Folha SE-22-Z-B), e Patos de Minas (SE-23-Y-A).

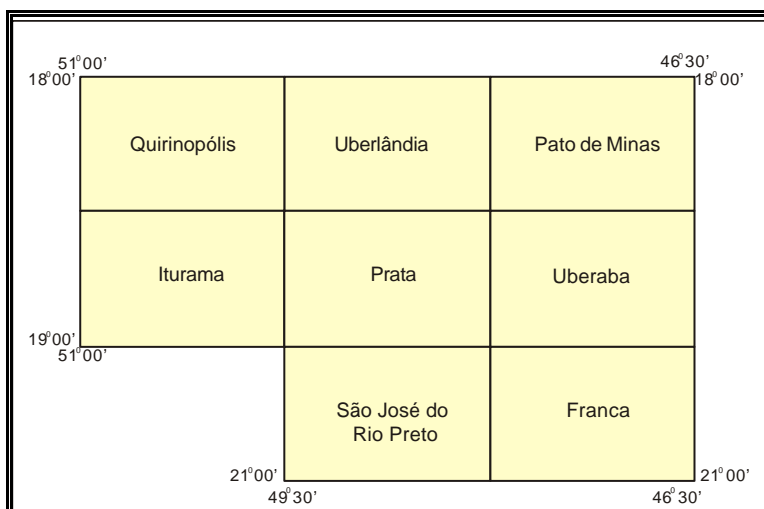


Figura 2.1 – Distribuição das cartas topográficas que abrangem a área de estudo.

Visitou-se diversas empresas perfuradoras de poços tubulares profundos, que atuam no Estado de Minas Gerais, a saber: Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA (Belo Horizonte - MG), Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM (São Paulo e Belo Horizonte), Geologia e Sondagens Ltda. - GEOSOL (Belo Horizonte - MG), Constroli Projeto e Construção Civil (Garça - SP), HIDROSOL POÇOS ARTESIANOS (Belo Horizonte - MG), MILITINO POÇOS ARTESIANOS (Uberlândia - MG), ÁGUA PURA POÇOS ARTESIANOS (Uberlândia - MG), HIDROVIDA (Uberlândia - MG) e SONDAMAR (Piracicaba - SP). Nessas empresas foram obtidos dados de localização dos poços tubulares profundos, incluindo descrição da coluna perfurada e dados referentes à composição química das águas subterrâneas.

## **2.2 – Trabalhos de campo**

O levantamento de campo constou de coleta de dados geológicos, reconhecimento e análise de anomalias de relevo e de drenagem, bem como obtenção das coordenadas UTM e cota topográfica dos poços tubulares profundos cadastrados junto à COPASA (Companhia de Abastecimento e Saneamento de Minas Gerais) (Figuras 2.2 e 2.3).

## **2.3 – Mapa geológico**

O mapa lito-estratigráfico utilizado neste trabalho foi compilado e modificado de Barcelos (1984), tendo possibilitado avaliar a influência dos litotipos na configuração do relevo da área.

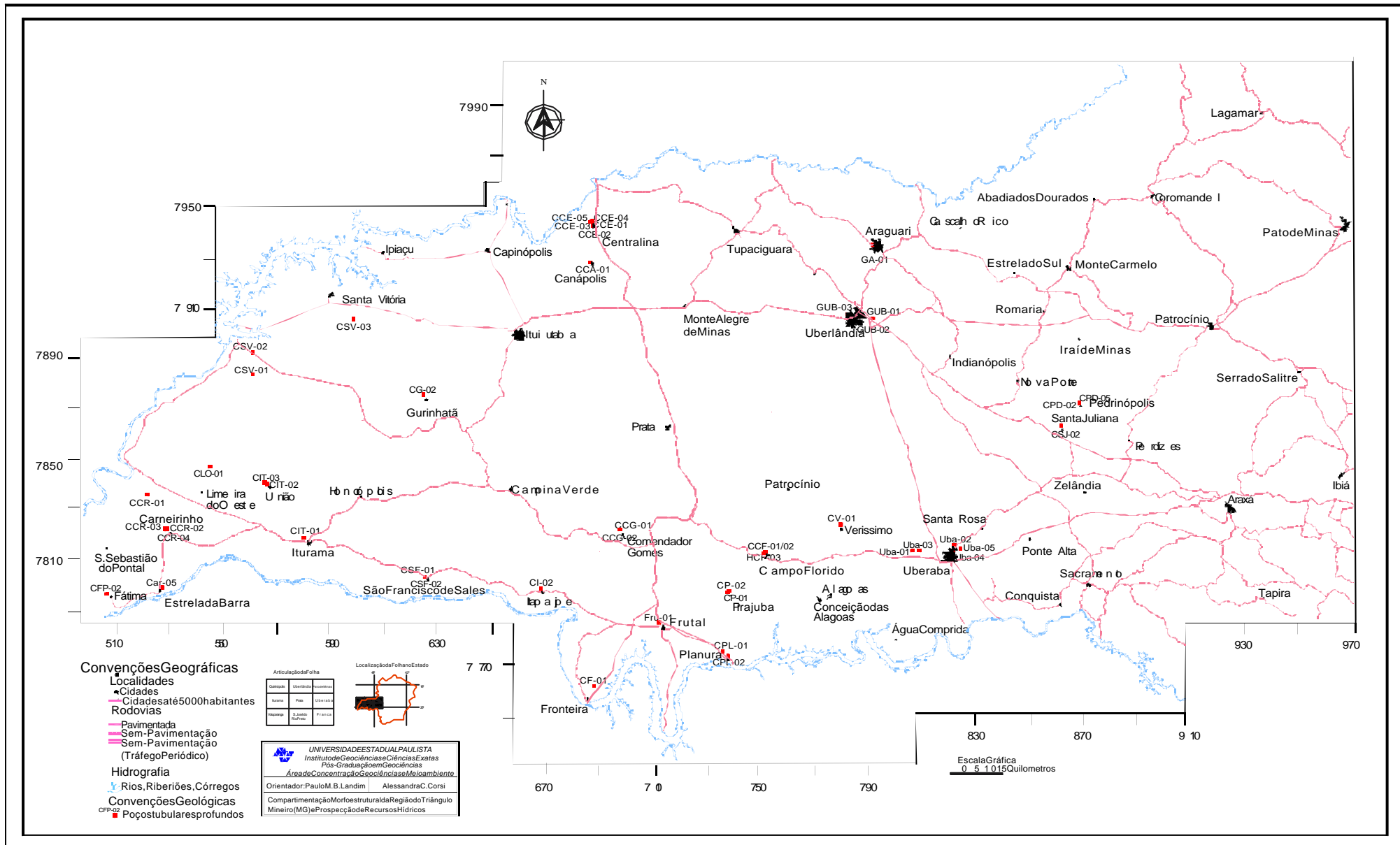


Figura 2.2-Localizações dos poços tubulares profundos na região do Triângulo Mineiro.



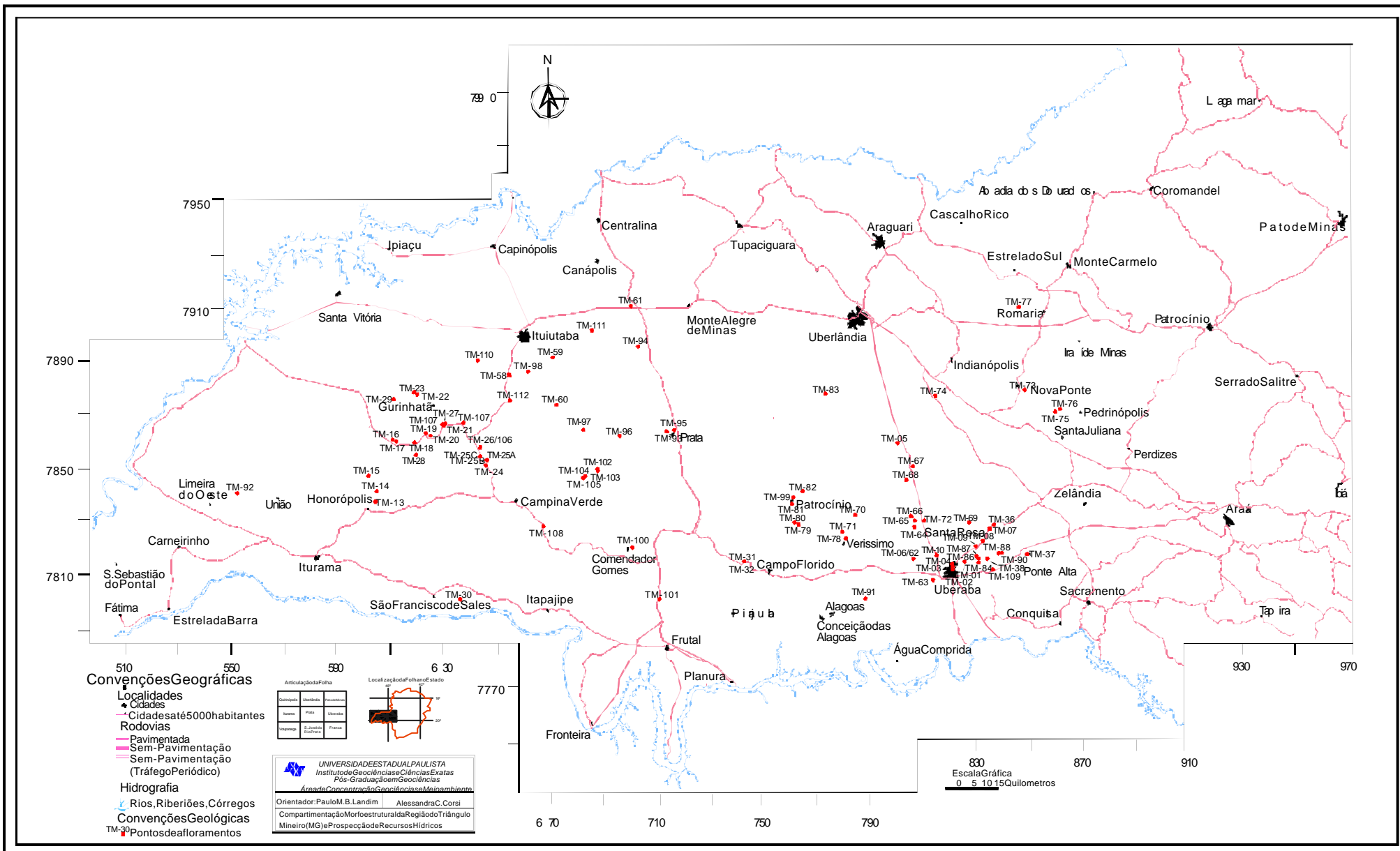


Figura 2.3- Localização dos afloramentos na região do Triângulo Mineiro.

## 2.4 – Mapa da rede de drenagem

O mapa da rede de drenagem foi elaborado a partir das cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:250.000.

A análise da rede de drenagem, como adotada nesta tese, envolveu a caracterização dos diferentes padrões da drenagem a partir dos critérios estabelecidos por Howard (1967) e Summerfield (1991) e uma investigação detalhada das anomalias (capturas, cotovelos de drenagem, etc.). A análise da morfometria de algumas bacias de drenagem forneceu parâmetros geomórficos que são úteis para identificar áreas sujeitas à deformação tectônica.

A rede de drenagem foi hierarquizada de acordo com o proposto por Strahler (1957) (Figura 2.4).

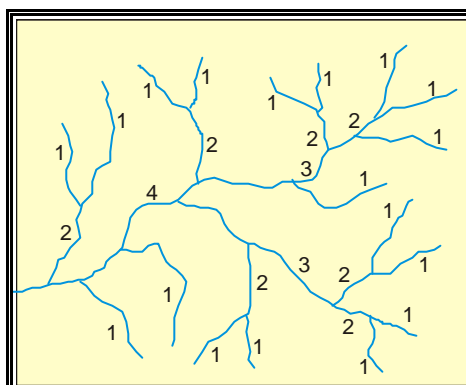


Figura 2.4 – Esquema de ordenação de canais proposto por Strahler (1957).

## 2.5 – Mapa da compartimentação topográfica

A metodologia adotada para a compartimentação topográfica foi proposta por Meis *et al.* (1982) para a “Bacia do Médio-Baixo Paraíba do Sul”, onde os autores consideram que as variações lito-estruturais e/ou tectônicas refletem no desnivelamento altimétrico, ou seja, no grau de encaixamento fluvial ou entalhamento erosivo das encostas.

O cálculo do desnivelamento altimétrico (bacias de primeira e segunda ordem) é dado pela diferença de altitude entre a última curva de nível do divisor da bacia ( $h_{máx}$ ) e a mais rebaixada dentro de uma bacia de drenagem de segunda ordem ( $h_{mín}$ ), definindo o índice de dissecação do relevo (Figura 2.5).

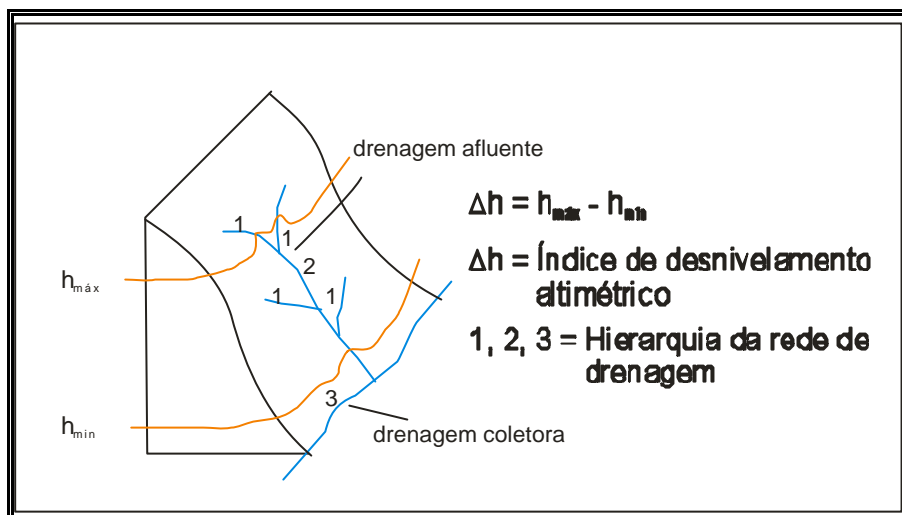


Figura 2.5 – Bloco diagrama esquemático da obtenção do índice de desnivelamento ( $h$ ).

As classes ou intervalos de desnivelamento são estabelecidos com base no conhecimento prévio da geomorfologia regional, para elaborar o mapa da compartimentação.

Após a obtenção dos valores de  $h$  para as bacias de segunda ordem na área de estudo, juntam-se as bacias com o mesmo índice e separam-se as de valores diferentes através da delimitação de interflúvios e divisores. Na área de trabalho, por tratar-se de rochas sedimentares, além dos critérios acima citados, optou-se por usar em conjunto as rupturas de relevo para separação das zonas.

Os perfis de varredura foram elaborados para detectar as relações intra e intercompartimentos. Os perfis foram traçados em direções longitudinais e transversais a área estudada, numa faixa de 8 cm no mapa na escala 1:250.000, anotando as cotas dos pontos culminantes dos divisores e interflúvios. O traçado dos perfis foi orientado pela geometria dos compartimentos.

## 2.6 – Mapa hipsométrico

Para o mapa hipsométrico foram estabelecidas onze classes altimétricas, permitindo visualizar a distribuição espacial do relevo da área.

Classes (m)
300 - 400
400 - 500
500 - 600
600 - 700
700 - 800
800 - 900
900 - 1000
1000 - 1100
1100 - 1200
1200 - 1300
> 1300

## 2.7 – Mapa da compartimentação morfoestrutural

O mapa da compartimentação morfoestrutural foi obtido a partir da extração dos lineamentos de drenagem e relevo, tendo possibilitado a delimitação de oito compartimentos para a área. Perfis topográficos e geológicos foram construídos para auxiliar na caracterização desses compartimentos.

## 2.8 – Mapa de orientação dos canais de primeira ordem

Esta análise foi realizada para a área do Triângulo Mineiro, onde extraiu-se os canais de primeira ordem de acordo com o proposto por Centamore *et al.* (1996). O

diagrama de roseta foi gerado para determinar a orientação preferencial destes canais, pois estas direções podem relacionar-se com às fases tectônicas mais recentes.

## **2.9 – Mapa de lineamentos**

O termo “lineamento” neste estudo corresponde ao elemento de drenagem ou relevo linear, simples ou composto, contínuo ou descontínuo, da superfície terrestre, cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo e que difere distintamente dos padrões de feições que lhes são adjacentes e, presumivelmente, reflete um fenômeno de subsuperfície (SOARES; FIORI, 1976).

Para esta análise foram utilizadas imagens de satélite, Landsat –7 TM (todas as bandas), na escala 1:250.000, com a finalidade de extrair os segmentos retilíneos da drenagem.

Após a extração dos lineamentos, estes foram digitalizados no programa Autocad 2000; estes dados foram utilizados na análise vetorial e também para a confecção da compartimentação morfoestrutural.

## **2.10 – Índices geomórficos**

Índices geomórficos são úteis em estudos tectônicos porque podem ser utilizados para uma rápida avaliação de grandes áreas e pela facilidade da obtenção dos dados em mapas topográficos e fotografias aéreas (KELLER; PINTER, 1996). Os índices utilizados para quantificar esta atividade tectônica nesta tese são: fator de assimetria e fator de simetria topográfica transversal, quais sejam:

### ? **Fator de assimetria (FA)**

O índice fator de assimetria (FA) foi desenvolvido para detectar basculamento tectônico na escala de pequenas bacias de drenagem até grandes áreas (KELLER; PINTER, 1996).

O fator de assimetria é definido como (Figura 2.6):

$$FA = 100 (A_r / A_t)$$

Onde,

FA = fator de assimetria da bacia de drenagem

$A_r$  = área da bacia à direita do rio, olhando para jusante

$A_t$  = área total da bacia

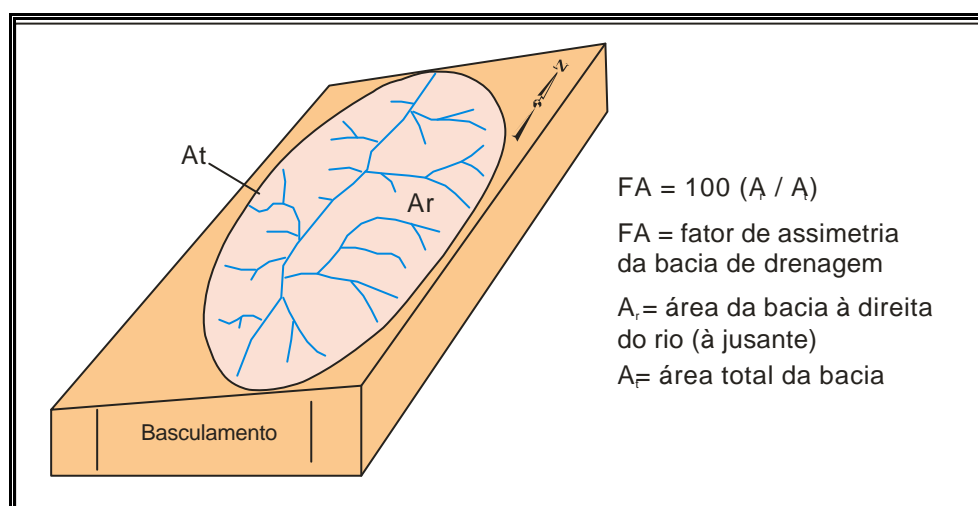


Figura 2.6 – Fator de assimetria da bacia de drenagem (KELLER; PINTER, 1996).

Considera-se que as bacias são estáveis ou simétricas quando apresentam valores do fator de assimetria próximos ou iguais a 50; valores maiores ou menores que 50 sugerem basculamento da margem esquerda ou direita, respectivamente.

### ? **Fator de simetria topográfica transversal (T)**

O fator de simetria topográfica transversal indica a migração preferencial do canal perpendicular ao eixo da bacia de drenagem (COX, 1994; KELLER; PINTER, 1996), o que pode indicar basculamentos. Assim, definido (Figura 2.7):

$$T = D_a / D_d$$

Onde,

T = fator de simetria topográfica transversal

$D_a$  = distância da linha média do eixo da bacia de drenagem até a linha média do meandro ativo

$D_d$  = distância da linha média da bacia ao divisor da bacia

Em uma bacia perfeitamente simétrica o fator de simetria transversal (T) é igual a 0, com o aumento da assimetria, o T aumenta e se aproxima do valor 1.

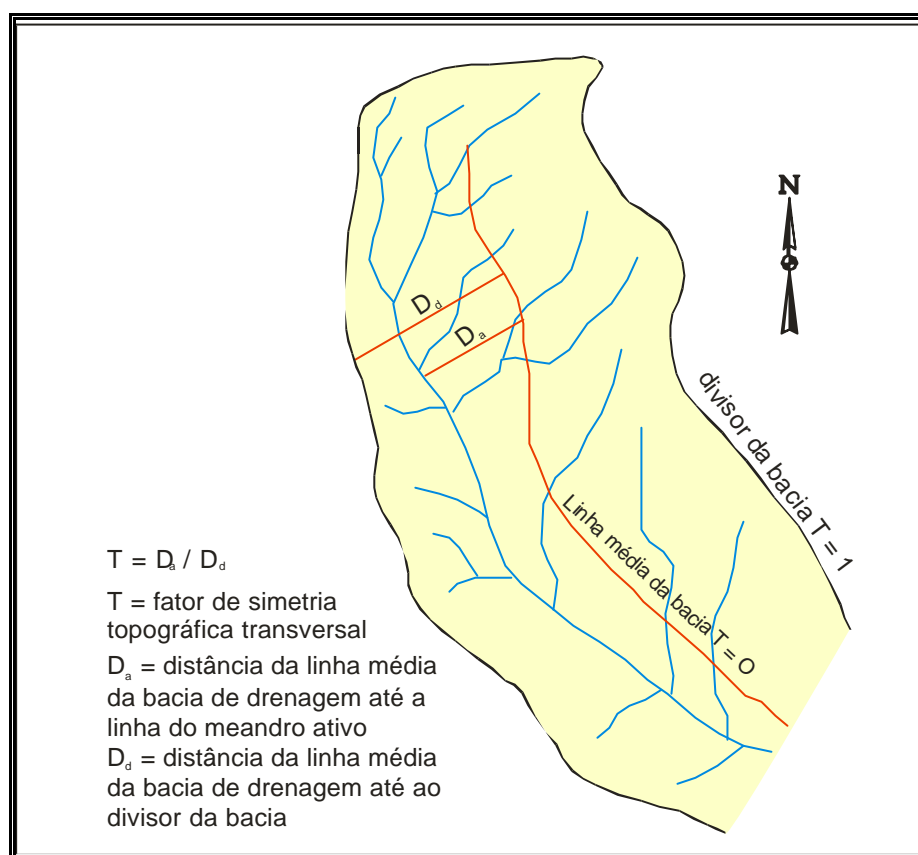


Figura 2.7 – Fator de simetria topográfica transversal (COX, 1994; KELLER; PINTER, 1996).

## 2.11 – Análise de dados vetoriais

A aplicação da análise de dados vetoriais na investigação estrutural de áreas sedimentares pode constituir-se numa técnica extremamente útil. Tais estudos morfoestruturais baseiam-se na observação detalhada do relevo, principalmente no

tocante a lineamentos e rede hidrográfica, com a intenção de estabelecer linhas gerais do arcabouço geológico estrutural subjacente. A hipótese sob consideração é a de que determinados padrões de formas topográficas anômalas registradas em superfície sejam o reflexo de estruturas existentes em subsuperfície.

Ponte (1969) descreveu as bases fundamentais da técnica de análise de tendência vetorial, verificando sua aplicação prática, para prospecção de petróleo, em uma área da bacia de Sergipe-Alagoas. Esta técnica aplicada a bacias sedimentares permite, num estágio preliminar de investigações, a seleção imediata de áreas prospectivas, visando a obtenção do padrão estrutural de áreas pouco perturbadas e a detecção de estruturas profundas cobertas por extratos horizontais. Baseia-se no princípio de que as camadas sedimentares são depositadas originalmente em posição horizontal, e que as formas topográficas que se instalam sobre essas rochas são controladas apenas pelas estruturas, já que se considera que a litologia e o clima são razoavelmente uniformes. Analisando-se, portanto, a rede de drenagem é possível relacionar as anomalias da superfície topográfica e a dos padrões de fraturamento às estruturas tectônicas de profundidade, partindo do pressuposto de que são estas que condicionam a evolução das formas de relevo.

Para esta análise utilizou-se o mapa de lineamentos, onde determinou-se às coordenadas UTM do ponto médio dos traços usando o comando *"midpoint"* do Autocad, comprimento e o ângulo, numa célula de 20 x 20 km (Figura 2.8). Estes dados posteriormente foram tratados no programa Oriana, para determinar o vetor médio de cada célula.



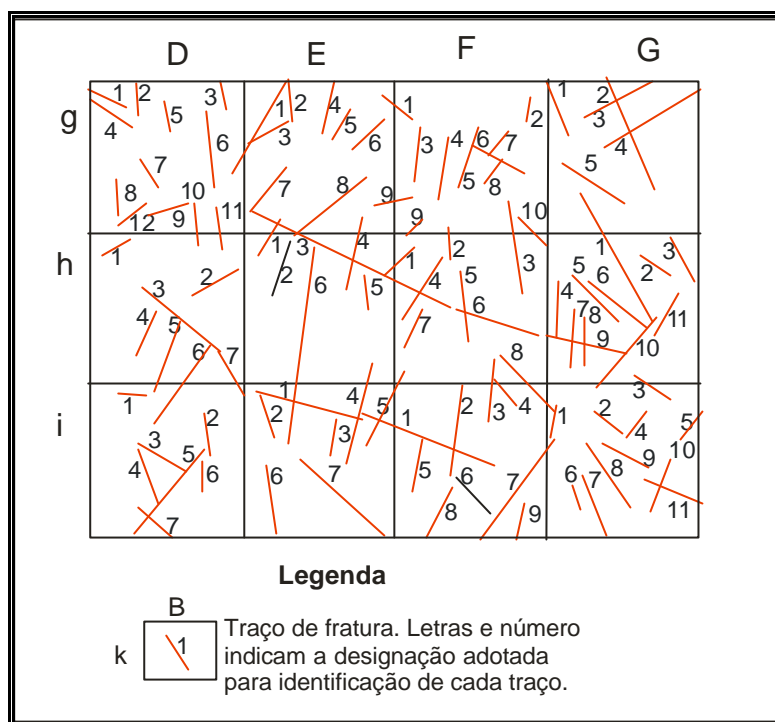


Figura 2.8 – Ilustração esquemática mostrando os traços de fratura e a designação adotada para a identificação de cada fratura para posterior obtenção do vetor médio.

## 2.12 - Tratamento estatístico dos dados

### ? *Análise de superfície de tendência (trend surface analysis)*

Pela aplicação da análise de superfície de tendência consegue-se separar dados mapeáveis em duas componentes: uma de natureza regional, representada pela própria superfície, e outra que revela as flutuações locais, representadas pelos valores residuais. Na detecção de anomalias, o que interessa são os resíduos e calculam-se, então, superfícies de baixo grau com os respectivos mapas de resíduos positivos e negativos (LANDIM, 1998).

O modelo para a representação da superfície pelo método dos polinômios não-ortogonais é:

$$z_i(x,y) = [ a_0 + a_1x_i + a_2y_i + a_3x_i^2 + a_4x_i + a_5y_i^2 + \dots ] + e_i(x,y) ,$$

onde  $z_i(x,y)$  é a variável mapeada em função das coordenadas  $x_i$  e  $y_i$  e  $e_i(x,y)$  representa os resíduos, ou seja, a fonte não sistemática de variação. Por exemplo, a representação de uma superfície linear é dada por :

$$z_i(x,y) = a_0 + a_1x_i + a_2y_i + e_i$$

Para o cálculo dos coeficientes  $a_i$ , dispõe-se os dados num sistema matricial:

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum z_i x_i \\ \sum y_i & \sum z_i x_i & \sum y_i^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum z_i \\ \sum z_i x_i \\ \sum z_i y_i \end{pmatrix}$$

$$(XY) \cdot (A) = (Z)$$

Multiplicando ambos os termos pelo inverso de (XY),

$$(XY)^{-1} \cdot (XY) \cdot (A) = (XY)^{-1} \cdot (Z);$$

como  $(XY)^{-1} \cdot (XY) = I$ , matriz de identidade e  $I \cdot (A) = (A)$

$(A) = (XY)^{-1} \cdot (Z)$ , significando que para o cálculo de vetor de coeficientes (A) basta inverter a matriz (XY) e multiplicar esse resultado pelo vetor (Z).

### ? **Análise de tendência vetorial**

Segundo Landim (1998), um grande número de atributos geológicos pode ser representado por linhas ou planos, e a sua medida resulta em dados angulares, consistindo em azimutes para linhas no plano horizontal e azimutes mais ângulo de mergulho para linhas no espaço tridimensional. Embora um plano seja representado pela sua direção e mergulho, pode-se facilmente determinar uma linha perpendicular a ele e, em conseqüência, análises estatísticas de conjuntos de dados para linhas e planos tornam-se análogas.

Medidas angulares são sempre obtidas em função de uma origem arbitrária, enquanto observações lineares, por outro lado, têm uma preferência definida, e assim a teoria estatística baseada em escalas numéricas lineares nem sempre pode ser aplicada às medidas angulares. Nesse caso, o estudo estatístico baseia-se na chamada distribuição circular normal, em que se procura verificar se a distribuição estudada é uniformemente distribuída em um círculo, tendo como ponto de origem o seu centro, ou não. Se a distribuição circular unimodal, na qual predomina apenas

uma direção preferencial, e em situações mais complexas, ocorre uma distribuição polimodal, em que predominam duas ou mais direções preferenciais.

Em virtude da natureza angular dos dados direcionais, para a somatória em uma amostra, tendo sido medidos  $n$  ângulos  $A_i$  ( $i = 1, 3, \dots, n$ ), encontram-se preliminarmente os  $\cos A_i$  e os  $\sin A_i$ , e os componentes do vetor médio da amostra será calculado segundo:

$$C = 1/n \sum \cos A_i$$

$$S = 1/n \sum \sin A_i$$

A divisão da soma algébrica dos senos (S) pela soma algébrica dos co-senos (C) fornecerá um valor (A), e o vetor médio ou direção do vetor resultante (V) será calculado pela fórmula:

$$V = \arctan A, \text{ se tanto S como C for } > 0.$$

Se  $C < 0$ , o vetor médio será  $V + \Pi$ ; se  $S < 0$  e  $C > 0$ , o vetor será  $V = 2 \Pi$

A magnitude, isto é, o comprimento do vetor resultante, será dado pela fórmula:

$$R = \sqrt{C^2 + S^2}$$

e a razão de consistência (R), pela fórmula:

$$R = R/n$$

O vetor médio (V) indica a direção preferencial existente; R é uma medida do comprimento do vetor resultante, e R é uma medida de concentração dos valores em torno do vetor médio, e terá valores entre 0 e 1; quanto maior R, maior será a probabilidade de não-uniformidade presente ou de concentração de valores.

Um grupo de observações (ou de vetores individuais) tem um vetor médio que pode ser obtido combinando-se cada um dos vetores individuais. O vetor médio apresenta duas propriedades: direção (equivalente ao ângulo médio) e comprimento

(equivalente à variância dos dados). O comprimento varia de 0 a 1; valores maiores indicam que as observações estão agrupadas mais próximas em torno da média do que os valores mais baixos. Zero indica máxima dispersão e 1 máxima concentração, ou seja, quanto maior o valor obtido, maior será a probabilidade de não-uniformidade presente. Para essas medidas de concentração vetorial e respectiva distribuição circular foi utilizado o programa Oriana.

Neste programa, pode-se calcular as seguintes estatísticas básicas:

- a. Vetor médio
- b. Comprimento do vetor médio
- c. Concentração
- d. Variância circular
- e. Desvio padrão circular
- f. Erro padrão da média, com intervalos de confiança de 95 a 99%
- g. Teste de uniformidade circular de Rayleigh

### 2.13 – Referências bibliográficas

AUTOCAD Educational Version. Autodesk, Inc, 2000.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução Paleogeográfica da Sedimentação do Grupo Bauru Baseada na sua Redefinição Estratigráfica Parcial em Território Paulista e no Estudo Preliminar Fora do Estado de São Paulo**. 1984. 190f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Iturama** (Folha SE-22-Z-C). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Prata** (Folha SE-22-Z-D). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Uberaba** (Folha SE-23Y-C). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **São José do Rio Preto** (Folha SE-23-Y-A). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Uberlândia** (Folha SE-22-Z-B). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Patos de Minas** (SE-23-Y-A). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

CENTAMORE, E.; CICCACCI, S.; DEL MONTE, M.; FREDI, P.; LUPIA PALMIERI, E. Morphological and morphometric approach to the study of the structural arrangement of northeastern Abruzzo (central Italy). **Geomorphology**, Londres, v.16, p. 127 – 37, 1996.

COX, R. T. Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics. **Geological Society American Bulletin**, Washington, v. 106, p. 571-81, 1994.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Bulletin of American Association of Petroleum Geologists**, Tulsa, v. 51, p. 2246-2259, 1967.

KELLER, E. A.; PINTER, N. (Eds.) **Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, 338 p.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: FUNDUNESP, 1998.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. H. G. & FERNANDES, N. F. Desnívelamento e altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: Bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais**...Salvador: SBG-BA, v. 4, 1982. p. 1489 – 1503.

ORIANA for windows Version 1.03. Warren L. Kovach, 1994.

PONTE, F. C. Estudo morfoestrutural da Bacia Sergipe-Alagoas. **Boletim. Técnico. PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v.12, n. 4, p. 439-74, 1969.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, Rio de Janeiro, v.16, n. 32, p. 71 – 104, 1976.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, n. 38, p. 913 – 20, 1957.

SURFER Surface Mapping System, version 8.00. Golden Software, Inc, 2002.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology**. New York: Longman Scientific & Technical, 1991. 537p.

## CAPÍTULO 3 - SÍNTESE DE CONCEITOS SOBRE NEOTECTÔNICA

---

Estudo neotectônico na região do Triângulo Mineiro é de suma importância para elaboração do quadro de reestruturação da paisagem que ocorreu durante o Terciário, e aplicado à hidrogeologia.

### 3.1- Aspectos da drenagem

Padrões de drenagem são influenciados por muitos fatores, incluindo variações climáticas e litológicas, mas a estrutura geológica é o fator global mais importante (SUMMERFIELD, 1991).

A análise da rede constitui uma excelente ferramenta para estudos tectônicos; os sistemas fluviais são sensíveis a ajustes por falhas ou deformações regionais, e como resultado, é possível usar as perturbações nesses sistemas para localizar, caracterizar e quantificar atividades tectônicas recentes (KELLER; PINTER, 1996).

Os padrões de drenagem que freqüentemente são associados com controles tectônicos estão ilustrados na figura 3.1 e suas características estão listadas na quadro 3.1.

Quadro 3.1: Classificação dos padrões de drenagem relacionando controle estrutural (SUMMERFIELD, 1991).

Tipos	Descrição	Controle estrutural
Dendritico	Sem evidências de orientação dos canais. Arranjo tipo galhos de arvore.	Sedimentos horizontais ou rochas cristalinas homogêneas. Falta de controle estrutural em rochas de resistência uniforme.
Paralelo	Canais regularmente espaçados e paralelos, ou subparalelos. Tributários unidos por ângulos agudos.	Falhas pouco espaçadas, dobras monoclinais ou isoclinais.
Radial	Canais fluem a partir do centro.	Cones vulcânicos, domos.
Treliça	A direção preferencial da drenagem é perpendicular a secundária. A drenagem principal se une a secundária em ângulo reto, sendo a secundária paralela a principal.	Unidades sedimentares inclinadas ou dobradas alternando camadas resistentes/ baixa resistência.
Retangular	A drenagem forma uma rede perpendicular com duas direções desenvolvidas.	Juntas ou falhas.
Anelar	Rios principais tem um padrão circular com os subsidiários.	Domos erodidos em sedimentos alternando camadas resistentes/ baixa resistência;
Centrípeto	Canais fluem para o centro.	Caldeiras, crateras, bacias tectônicas.

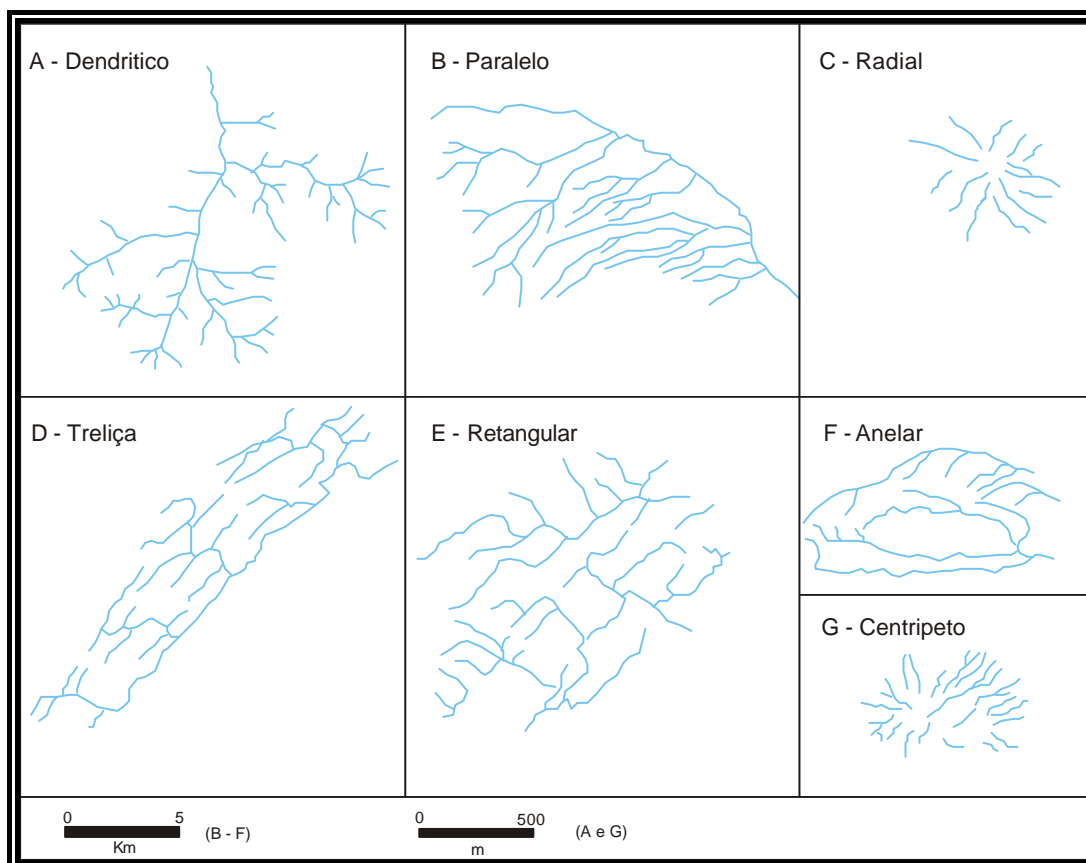


Figura 3.1 – Tipos de drenagem relacionados com controles estruturais (SUMMERFIELD 1991).



Segundo Bishop (1995) existem três formas de rearranjo de drenagem:

- captura (*piracy*) – envolve a captura de uma drenagem por um sistema de drenagem adjacente o qual apresenta erosão remontante mais agressiva (Figura 3.2a).
- desvio (*diversion*) – envolve o redirecionamento de drenagem para uma nascente adjacente através de um conjunto de mecanismos de ruptura de divisor, incluindo migração de canal, tectonismo ou avulsão catastrófica através de fluxos de elevada magnitude (Figura 3.3).
- decapitação (*beheading*) – consiste na apropriação de uma área de nascente de um rio para um outro, sem preservação das linhas de drenagem da área de nascente subtraída (Figura 3.4).

Outras evidências de rearranjo de drenagem são:

- “*elbow of capture*” (cotovelo) – O ponto no qual ocorre a captura, indicado por uma mudança na direção do canal da ordem de 90°, sendo provavelmente a evidência de rearranjo de drenagem mais freqüente (BISHOP, 1995).
- “*barbed drainage*” ou “*fish-hook palaeo-drainage*” – rede de drenagem caracterizada por muitos cotovelos (BISHOP, 1995).
- “*wind gap*” – depósitos fluviais entre o cotovelo de captura e as novas cabeceiras (BISHOP, 1995).
- “*knick point*” – rejuvenescimento da cabeceira. Pode ser encontrado no rio capturado ou a montante do cotovelo de captura, refletindo a diferença altimétrica entre as duas drenagens envolvidas (BISHOP, 1995).

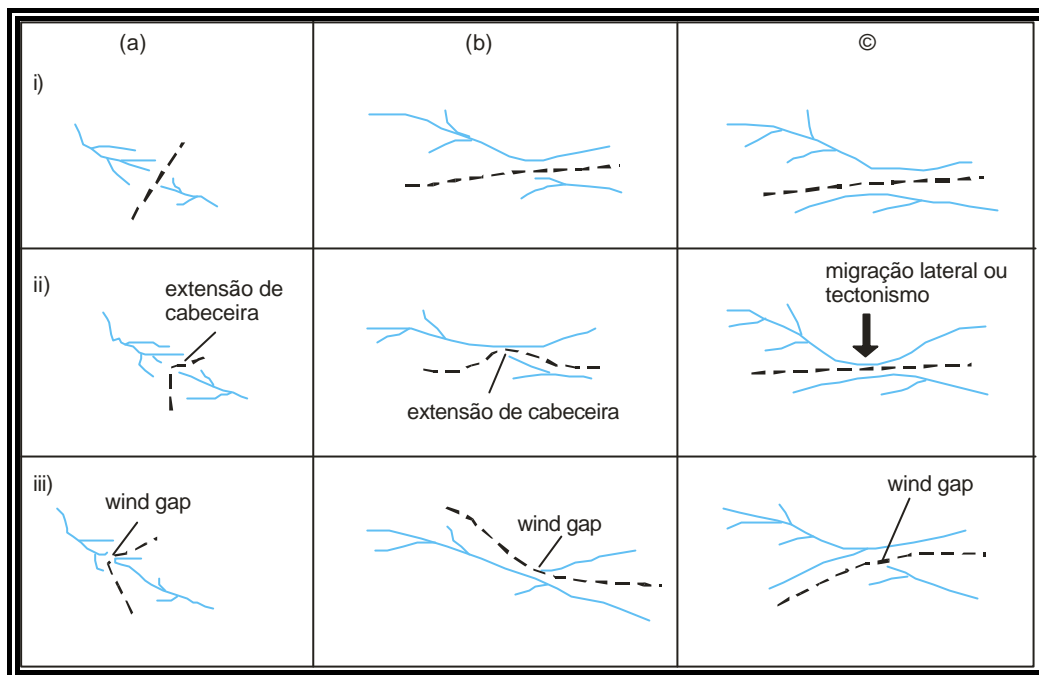


Figura 3.2 – Formas de rearranjo de drenagem através de captura (*piracy*), a linha tracejada representa o divisor de drenagem. (a) ilustra a formação de “*barbed drainage*” por extensão de cabeceira; (b) e (c) ilustram captura por intrusão lateral em um tributário adjacente (b) ou migração lateral de um rio para capturar um tributário adjacente (c). Espera-se um rejuvenescimento da cabeceira no rio capturado, no ponto de captura ou a montante do ponto de captura. i, ii e iii indicam a evolução da forma de rearranjo no tempo (BISHOP, 1995).

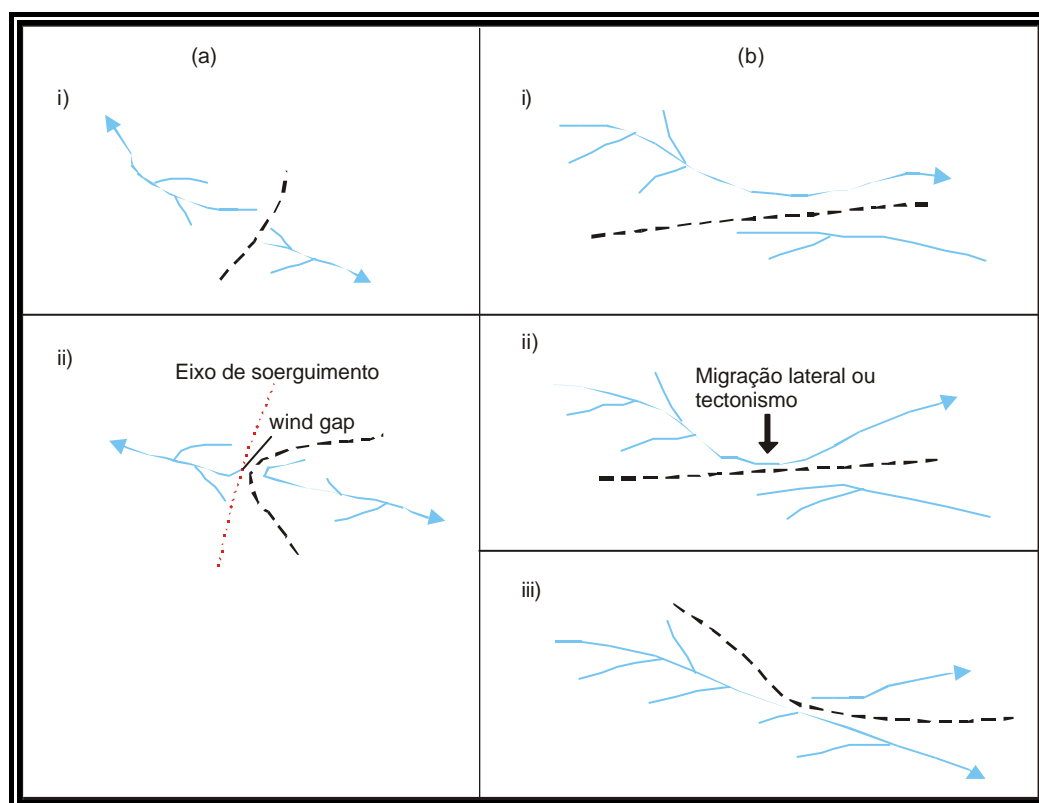


Figura 3.3 – Formas de rearranjo de drenagem através de “*diversion*” como resultado de migração lateral ou tectonismo. (a) ilustra a formação de “*barbed drainage*” e (b) ilustra desvio para uma bacia de drenagem adjacente (BISHOP, 1995).

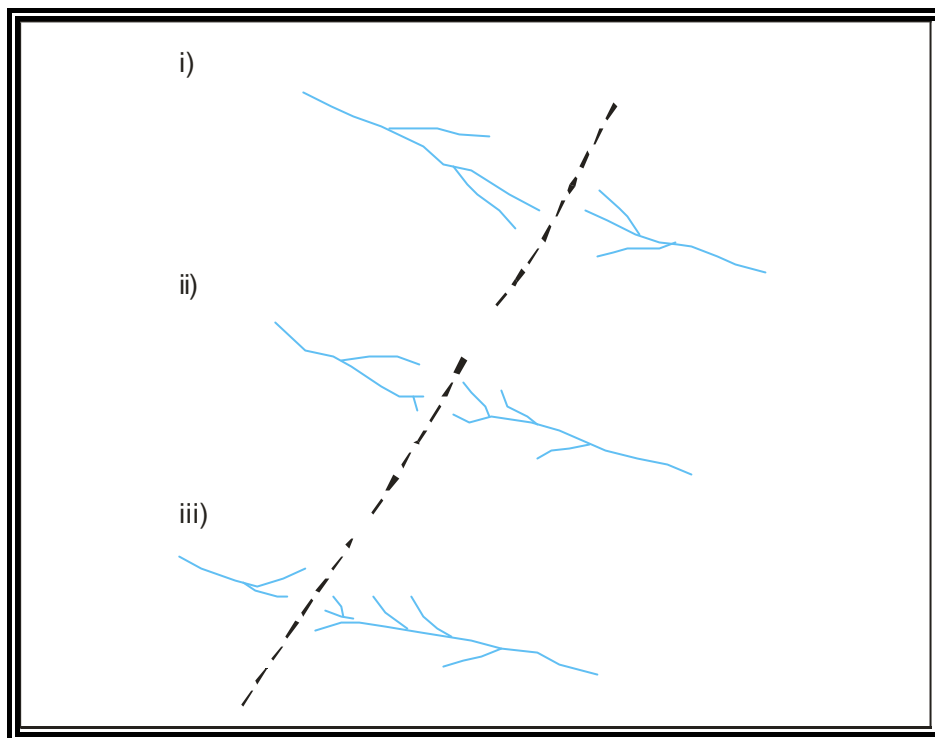


Figura 3.4 – Rearranjo de drenagem através de decapitação, envolvendo transferência de área de drenagem entre cabeceiras (BISHOP, 1995).

### 3.2 – Aspectos do relevo

Atualmente existe uma considerável lista de indicadores geomorfológicos da atividade tectônica (Quadro 3.2) (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Quadro 3.2: Indicadores geomorfológicos de atividade neotectônica (COOKE; DOORKAMP, 1990).

Diretos	Indiretos
Emerção de recifes de corais	Respostas de canais de drenagem
Deslocamento de praias datadas	Mudanças à jusante na sinuosidade do rio
Deformação de contornos de costa	Capturas de rio
Deslocamento da configuração da linha de costa	Taxa de sedimentação
Distorção dos terraços aluviais	Disposição fluvio-glacial
Segmentação e deformação dos leques aluviais	Formação de lagos
Deslocamentos de terraços datados	
Mudanças na profundidade de lagos	
Deslocamento de feições glaciais	
Arqueamento de superfícies planálticas	
Deslocamentos de estruturas sintéticas	
Estruturas de cavemas fraturadas	
Escarpa de falhas	
<i>Spur</i> e facetas	
<i>Shutter ridges</i>	
Separação de terraços de rios	
Rios reversos	
Deslocamentos de estruturas construídas pelo homem	

Falhas normais e reservas podem criar escarpa de falhas, onde o ângulo inicial refletirá o mergulho do plano de falha. Escarpas de falhas são formadas somente onde uma falha quebra a superfície, mas a erosão e o entalhe podem rapidamente destruir a forma original e reduzir a inclinação da encosta para um ângulo de estabilidade entre 20 e 40°. Quando estas desaparecem lateralmente, são substituídas por falhas de deslocamento, escarpas em “*echelon*” podem ser formadas (Figura 3.5). O fluxo de água do bloco alto para o baixo formando canais (“*gullies*”) ao longo da escarpa caracteriza as facetas triangulares (Figura 3.6) (SUMMERFIELD, 1991).

Falhas direcionais produzem um intrincado leque de feições. Estas feições incluem, vales lineares, *shutter ridges* (deslocamento da topografia, onde se move lateralmente a crista de um lado da falha contra a vertente do outro lado), deflexões de canais em ângulo oblíquo, deslocamentos de canais (*offset*) e *sag pounds* (depressões formadas ao longo da falha) (Figura 3.6 e 3.7) (SUMERFIELD, 1991).

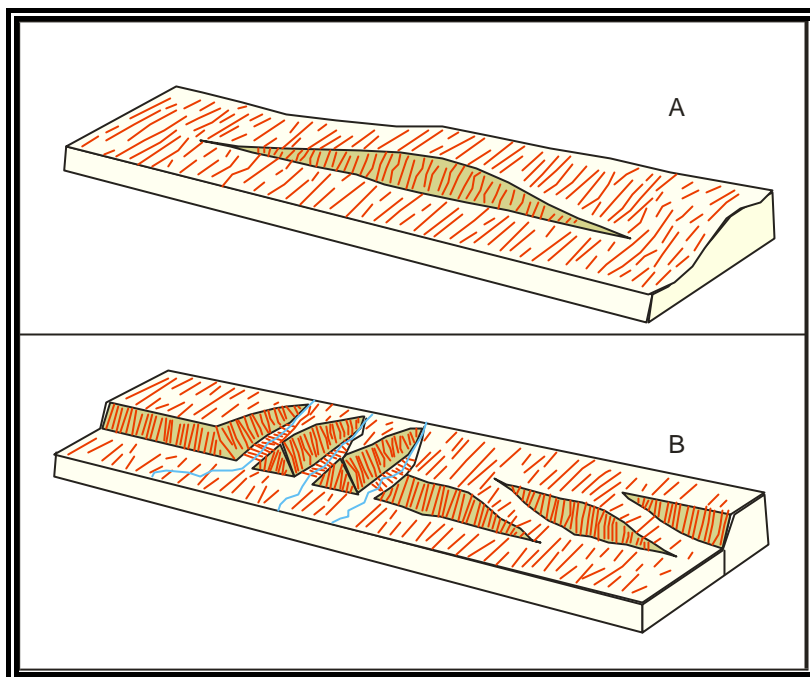


Figura 3.5 – Bloco diagrama mostrando várias formas de escarpa de falha e feições erosivas associadas: (A) escarpa de falha terminando lateralmente; (B) escarpas em “echelon” à direita e desenvolvimento de “gullies” e facetas triangulares à esquerda (SUMMERFIELD, 1991).

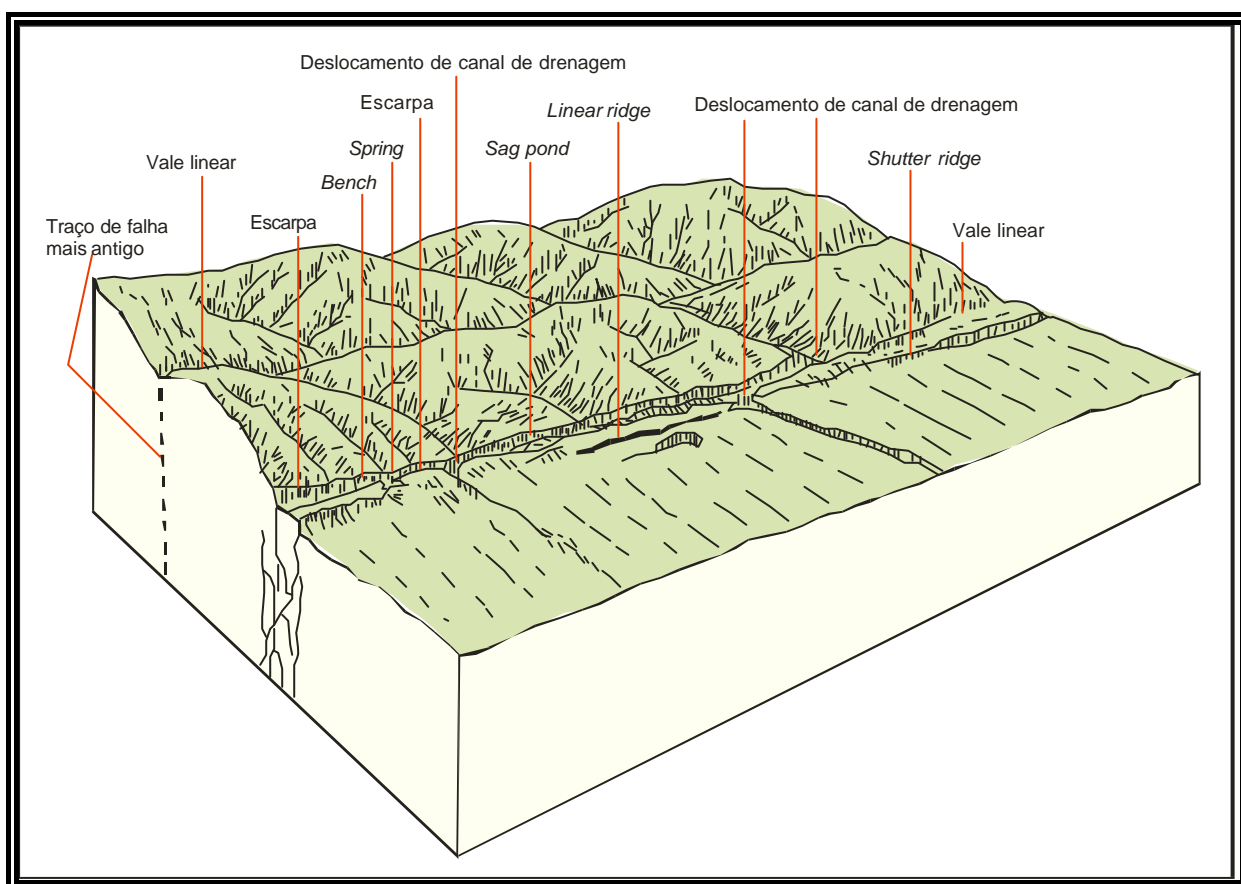


Figura 3.6 – Principais feições de relevo associado com falhas transcorrentes (SUMMERFIELD, 1991).

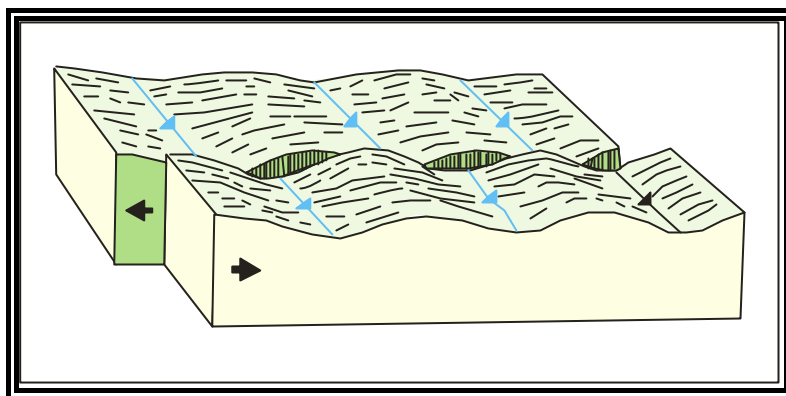


Figura 3.7 – Bloco diagrama mostrando a formação de “shuter-ridge” por falhamento transcorrente sinistral (SUMMERFIELD, 1991).

### 3.3 – Neotectônica

#### 3.3.1 - Generalidades

O termo neotectônica foi definido por Obruchev em 1948 (*apud* SAADI, 1992), para referir-se aos movimentos mais recentes da crosta terrestre, compreendendo o intervalo entre o final do Terciário e a primeira metade do Quaternário.

A Comissão de Neotectônica da International Quaternary Association (INQUA, 1978) atribuiu à Neotectônica o estudo de “qualquer movimento da Terra ou deformação do nível geodésico de referência, seus mecanismos e origem, independentemente da idade de início, implicações práticas e extrapolações futuras”.

Embora as opiniões da maioria dos autores tenham sido expressas de maneiras diferentes, há uma concordância sobre a relação obrigatória entre neotectônica e configuração da morfologia atual, independentemente de limites relacionados com a idade das feições estudadas (SAADI, 1992).

### 3.3.2 – Quadro neotectônico brasileiro

Segundo Hasui (1990), o quadro neotectônico brasileiro insere-se num cenário de uma placa litosférica em movimento para WNW, com movimentos epirogenéticos positivos e, menos expressivamente, negativos. A expressão estrutural ocorre da movimentação se dá por falhas, de caráter ressurgente, condicionada por zonas de cisalhamento e suturas ligadas à estruturação de primeira ordem. E a geomorfológica se dá pelo condicionamento de extensas áreas de erosão e de sedimentação, de que decorrem inúmeros aspectos geológicos e geomorfológicos, cambiantes no tempo e no espaço. As tensões impostas à placa são decorrentes de um binário dextral com eixo horizontal de tensão máxima (compressão  $\sigma_1$ ) em torno de WNW-ESSE.

Segundo Saadi (1993), a Plataforma Brasileira foi afetada por deformações tectônicas cenozóicas que aproveitaram preferencialmente as linhas de fraqueza crustal pretéritas. O resultado final é expresso por sua compartimentação em microplacas delimitadas por discontinuidades crustais resultando da reativação, geralmente em regime transcorrente, dos mais expressivos lineamentos pré-cambrianos brasileiros. Do ponto de vista geocronológico, Saadi (1993) propôs, em caráter preliminar, uma correspondência dos pulsos neotectônicos da Plataforma Brasileira com os eventos orogênicos andino. O primeiro pulso (Eoceno-Oligoceno) deve corresponder ao início do período neotectônico, com a instalação do “Sistema de rift da Serra do Mar”, das bacias do Quadrilátero Ferrífero e com o começo da Sedimentação Barreiras (Fm. Serra do Martins). O segundo pulso (Plioceno), seria responsável pela instalação do “rift de São João Del Rei”, da Formação Guararapes (formação intermediária do Gr. Barreiras) e da Fm. Solimões, além do soerguimento de várias áreas e da formação de inúmeras bacias lacustres isolada. Um terceiro

pulso (Pleistoceno Médio a Inferior) seria responsável por: emersão da maior parte do litoral e basculamento das falésias nas regiões norte e nordeste, deformação e/ou inversão de bacias sedimentares anteriormente formadas (e. g., Bacia de São Sebastião da Vitória) e soerguimento generalizado da Plataforma Brasileira (SAADI, 1993).

### 3.3.3 – Quadro neotectônico da região Sudeste

A aplicação dos estudos geomorfológicos para caracterizar o efeito da tectônica no modelado do relevo deve-se principalmente aos estudos de Martonne (1943) e King (1956), ambos estudaram as superfícies de erosão do Brasil Oriental.

Os trabalhos que relacionam processos tectônicos recentes na região sudeste datam da metade do século XX, tendo sido realizados Freitas (1944, 1951), Ruellan (1944), Brajnikov (1947), Guimarães (1951), Ab'Saber (1954), Ab'Saber & Bernardes (1958), Almeida (1967, 1969), Bjornberg (1965, 1969), Bjornberg et al. (1971), Soares e Landim (1976).

Ricomini (1989) designou de *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) a feição tectônica desenvolvida numa estreita faixa alongada e deprimida de direção ENE, que engloba as bacias de Curitiba no Estado do Paraná, São Paulo e Taubaté no Estado de São Paulo, Volta Redonda, Itaboraí e Barra de São João no Estado do Rio de Janeiro, e os *grabens* de sete Barras (SP) e da Guanabara (Rio de Janeiro). No Paleógeno (Eoceno – Oligoceno) teria ocorrido a formação da depressão original, um hemi-graben, contínuo na porção compreendida pelas atuais bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda, como resultado de esforços trativos de direção NNW-SSE, impostos pelo basculamento termomecânico na Bacia de Santos. No Neógeno (Mioceno, possivelmente) ocorreu o início do tectonismo



deformador associado a um binário transcorrente sinistral de direção E-W, responsável pela geração dos altos estruturais (e.g., Arujá e Queluz) e de bacias *pull-apart*. O início do Pleistoceno Superior foi marcado por uma fase de estabilidade tectônica e, posteriormente, por nova deformação relacionada a um binário transcorrente dextral, de direção E-W; no Holoceno, ocorreu extensão de direção WNW-ESSE.

A evolução morfotectônica da região sudeste vincula-se a um regime extensional durante o Mesozóico-Paleógeno relacionado com a fragmentação do Gondwana, enquanto que o Neógeno-Quaternário reflete um regime tectônico intraplaca, com movimentação transcorrente que se particiona em compartimentos com dinâmica própria. O Mesozóico-Paleógeno caracteriza-se por um soerguimento regional ligado à reativação Sul-Atlântica, associando intrusão de diques de diabásio e corpos de rochas alcalinas e desnivelamentos através de falhas predominantemente NE-SW. O Oligoceno é marcado pela atividade de falhas normais NE-SW, inclinadas para SE, gerando *grabens* terciários e delineando as serras da Mantiqueira e do Mar. Na região do Planalto Atlântico não existiu um sistema de drenagem bem desenvolvido, ao contrário da borda da Bacia do Paraná, onde há evidências de intensa dissecação do relevo por um sistema de drenagem bem desenvolvida, com densidade média a alta orientada preferencialmente segundo N-S. No Neógeno-Quaternário individualizaram-se vários compartimentos morfológicos com dominância de estruturas transpressivas, transtensivas e direcionais, representando forte partição de *strain* (HASUI *et al.*, 1998).

Segundo Hasui e Morales (2001), a partir do Triássico até o Paleógeno, incidiram na região sudeste os processos termotectônicos referidos como Reativação Sul-Atlântica ou Wealdeniana, com os fenômenos de deformação

continental que culminaram com a ruptura e separação entre a América do Sul e a África, desenvolvimento de margem continental passiva e abertura do Oceano Atlântico. Esse tectonismo acarretou movimentos de blocos sob regime tectônico distensivo, gerando soerguimentos (Alto Paranaíba, Mantiqueira e outros), alçamentos e abatimentos de blocos por falhas (*horsts* e *grabens*), criando os grandes traços do relevo (serras do Mar, da Mantiqueira e outras), altos e depressões (arcos, bacias), e possibilitou derrames vulcânicos (basaltos toleíticos no limiar Jurássico/Cretáceo), intrusões (diques de diabásio síncronos aos derrames basálticos; chaminés e diques alcalinos, no Cretáceo a começo do Paleogeno), bem como sedimentação. No Cretáceo Inferior (Aptiano) até o Eoceno ocorreu subsidência na Bacia de Santos e acumulação da maior parte dos seus sedimentos. No interior paulista, a atividade tectônica se atenuou, ocorrendo a deposição do Grupo Bauru (Cretáceo Superior). No Paleógeno, sedimentos acumularam-se nas bacias de Itaboraí, Volta Redonda, Resende, Taubaté, São Paulo, Sete Barras e Curitiba. Ao Neógeno-Quaternário atribuem-se na região sudeste depósitos sedimentares, feições estruturais, sismicidade e afeiçãoamento do relevo.

Para o Estado de Minas Gerais, Saadi *et al.* (1991) esboçou um quadro morfotectônico regional composto por três grandes compartimentos (Figura 3.8):

1. compartimento da região sul e sudeste de Minas Gerais, que se estende ao sul do Rift de São João Del Rei e alcança o sistema de riftes da Serra do Mar em São Paulo e Rio de Janeiro. Sendo controlado por movimentos de falhas transcorrente de direções NE-SW a ENE-WSW e basculamentos de blocos de SE para NW e conseqüentes escalonamentos entre os topos da Mantiqueira e a calha do rio Grande;

2. compartimento que abrange a extremidade sul da área do Cráton do São Francisco e o Alto Parnaíba. A reativação de feições preexistentes, basicamente zonas de empurrão articuladas com planos de descolamento, permitiu a ocorrência de basculamentos divergentes para WNW e para E a partir de um eixo central de arqueamento de direção N-S passando pela porção central da área do Cráton do São Francisco; e
3. compartimento da região das bacias orientais nos vales dos rios Doce e Jequitinhonha, controlado por falhas de direções NNW-SSE e NE-SW: a primeira de caráter transcorrente sinistral e a segunda direção originou o Gráben de Virgem da Lapa.

### 3.3.4 - Sismicidade da região sudeste

Mioto e Hasui (1982) e Hasui (1990) definiram sete zonas sismogênicas para a Região Sudeste: Bom Sucesso, Pinhal, Caxambu, Cunha, Cabo Frio, Campos e Cananéia ou Paranaguá (Figura 3.9). Estas zonas coincidem em parte com as quatro zonas sismo-tectônicas propostas pela UnB em 1979, descritas como regiões (Figura 3.10): 1 – nordeste de São Paulo e sudoeste do Rio de Janeiro; 2 – norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo; 3 – Cananéia a Florianópolis e 4 – direção e porção do curso do Rio Grande (norte-nordeste de São Paulo e Vale do Rio Grande).

A zona sismogênica do Rio Grande inclui os sismos induzidos pelas barragens-reservatório de Marimbondo, Volta Grande/Porto Colômbia e aqueles associados à extração de água de poços profundos como os de Nuporanga; também os sismos naturais de Orlândia, Barretos, Frutal e Nuporanga. A maior magnitude é do sismo de Conceição das Alagoas (MG) que atingiu 4.2. Seus limites envolvem

segmentos das suturas de Presidente Prudente e Ribeirão Preto a oeste e leste, pela sutura de Itumbiara a nordeste e em parte pela sutura de Alterosa, situando-se praticamente no interior da Província Tectônica do Paraná (MIOTO, 1990).

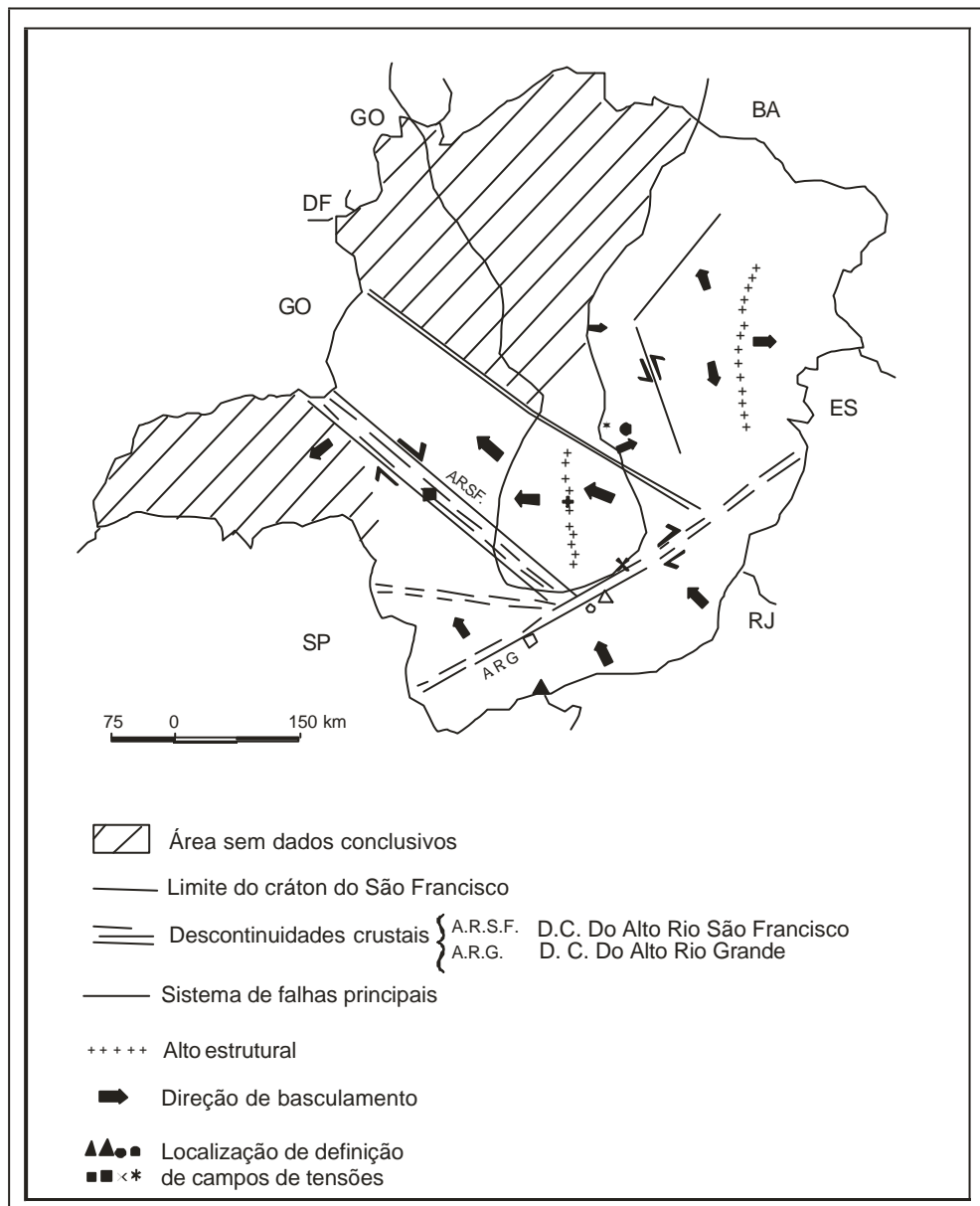


Figura 3.8 - Estruturação neotectônica de Minas Gerais (Saadi *et al.*, 1991).

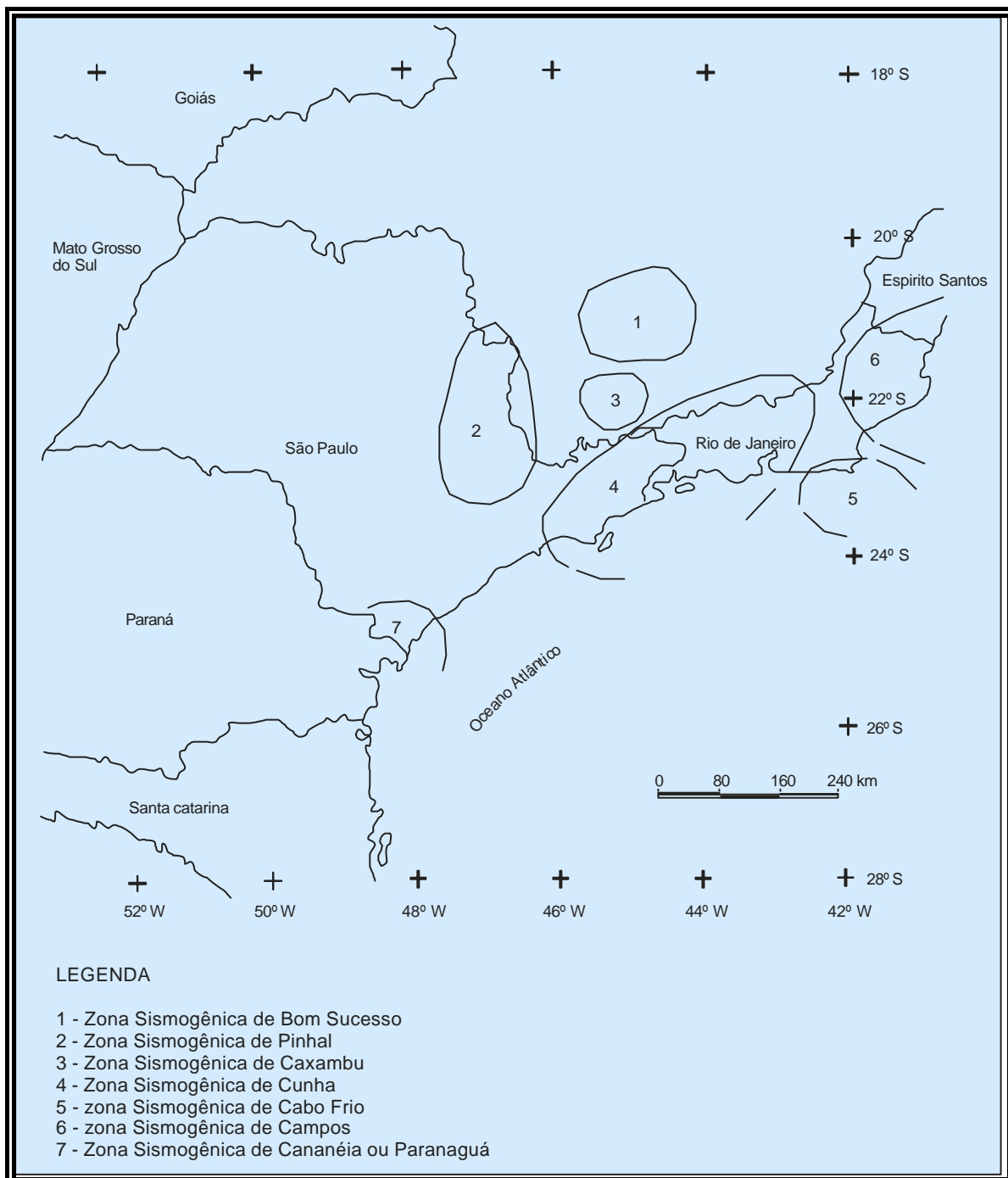


Figura 3.9 – Mapa das zonas sismogênicas de parte do Sudeste Brasileiro (MIOTO; HASUI, 1982).

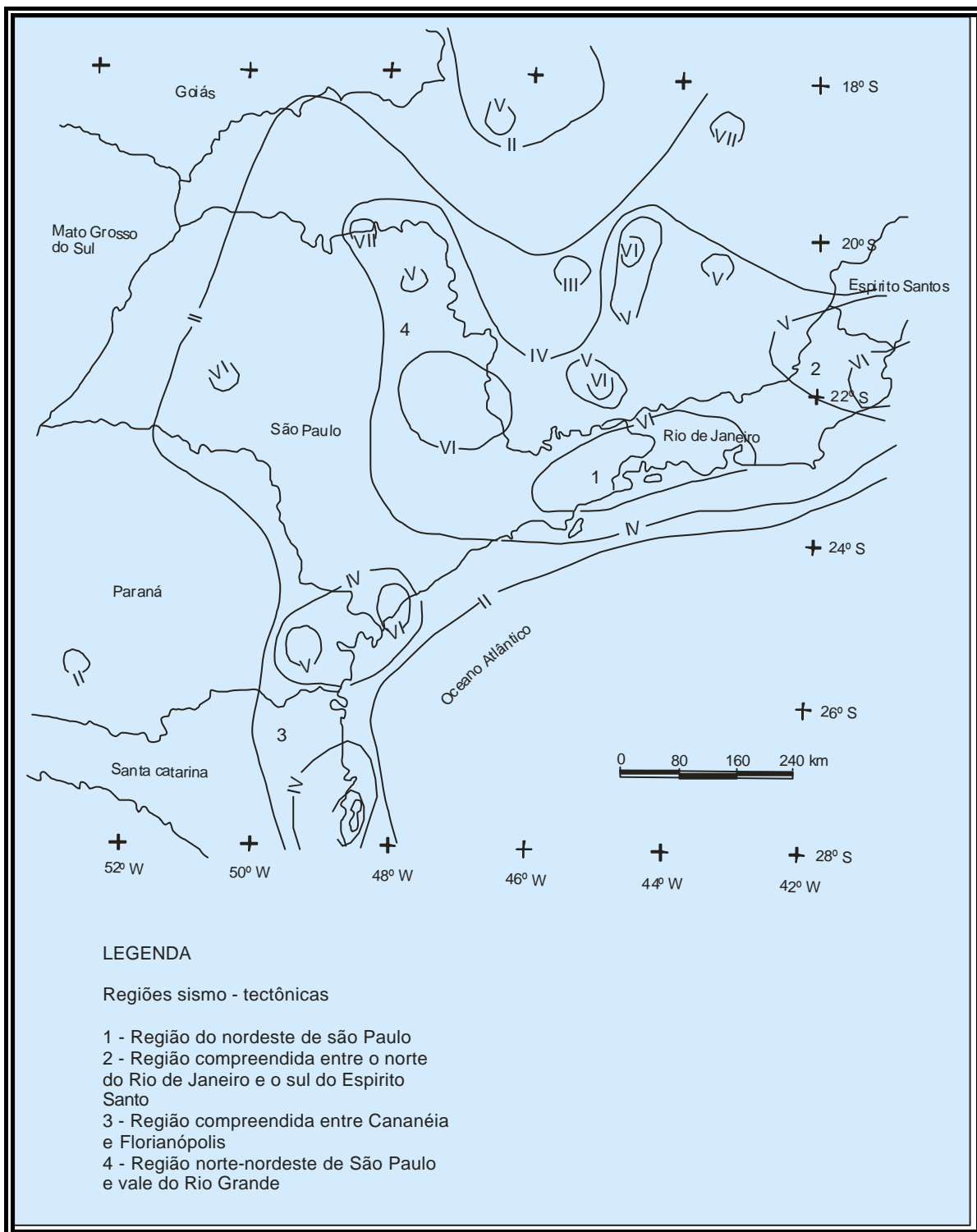


Figura 3.10 – Mapa de isossistas do sudeste Brasileiro utilizado pela UnB em 1979 para inferir risco sísmico através do método determinístico (MIOTO, 1990).

### 3.4- Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: **Aspectos Geográficos da Terra bandeirante**. Rio de Janeiro: CNG, 1954. p. 1 – 97.

AB'SABER, A.; BERNARDES, N. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. **Engenharia, Mineração e Metalurgia**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 134, p. 284 – 92, 1958.

ALMEIDA, F. F. M. de Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim DNPM/DGM**, Rio de Janeiro, p.241, 1967.

ALMEIDA, F. F. M. de Diferenciação tectônica da plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1969, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1969. p. 24 – 46.

BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, Londres, v.19, n. 4, p. 449-73, 1995.

BJORNBERG, A. J. S. **Sedimentos pós-cretácicos do leste do Estado de São Paulo**. 1965. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BJORNBERG, A. J. S. **Contribuição ao estudo do Cenozóico Paulista: tectônica e sedimentologia**. 1969. 128f. Tese (Professor Titular) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BJORNBERG, A. J. S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A. B. Basculamentos tectônicos modernos no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Anais...**São Paulo:SBG, 1971. v. 2, p. 159 – 174.

BRAJNIKOV, B. Essai sur la tectonique de la région a l'ést de Belo horizonte, Minas Gerais, Brésil. **Société Géologique de France**, Paris, n.5, Série 17, p. 321 – 35, 1947.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 410 p.

MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.5, n. 4, p. 523 – 50, 1943.

FREITAS, R. O. Geomorfogênese da Ilha de São Sebastião. **Boletim Associação Geógrafos do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 16-30, 1944.

FREITAS, R. O. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. **Boletim FFCL/USP**. Série Geologia, São Paulo, n. 130, p. 1 - 120, 1951.

GUIMARÃES, D. Arqui-Brasil e sua evolução geológica. **Boletim do DNPM**, Rio de Janeiro, n. 88; p. 132 – 67, 1951.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. IN: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Boletim...**Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 1-31.

HASUI, Y.; MORALES, N. Neotectônica e compartimentação morfoestrutural da região sudeste e sua importância. **Geovisão**, São Paulo, p. 4-5, mar. 2001.

HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; MORALES, N. RUEDA, J. R. J. Evolução morfotectônica do Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1998. p.78.

KELLER, E. A.; PINTER, N. (Eds.) **Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, 338 p.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147 – 265, 1956.

MIOTO, J. A. Tentativa de zoneamento sísmico do sudeste brasileiro. IN: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Boletim...**Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 33-45.

MIOTO, J. A.; HASUI, Y. Aspectos da estabilidade sismotectônica do sudeste brasileiro de interesse à geologia de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...**Salvador: SBG, v. 4, p: 1652 – 1659.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. 1989. 304f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 1989.

RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da bacia de Guanabara e das regiões vizinhas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.4, p. 445 – 508, 1944.

SAADI, A. Elementos de discussão da neotectônica brasileira. In: SEMANA DE ESTUDOS, 31, 1992, Ouro Preto. **Resumos...**Ouro Preto: SICEG, 1992, p. 1-12.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15,1993.

SAADI, A.; HASUI, Y.; MAGALHÃES, F. S. Informações sobre a neotectônica e morfogênese de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, Rio Claro. **Boletim...**Rio Claro: UNESP/SBG, 1991. p. 105-107.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Depósitos cenozóicos na região centro-sul do Brasil. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 16, n. 31, p. 17 -39, 1976.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology**. Longman Scientific & Technical,1991, 537p.



SCHUMM, S. A.; DUMONT, J. F. **Active tectonics and alluvial rivers**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 276p.

## CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

### 4.1 - Geomorfologia

A região do Triângulo Mineiro insere-se num conjunto de relevo denominado de planaltos e chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, inserida na sub-unidade Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná (RADAM, 1983).

Ocorrem na região cinco categorias, que são: área de chapada, áreas de relevo pouco dissecado, áreas de relevo dissecado, áreas de relevo residual e áreas de planície fluvial (SIQUEIRA; ROSA, 1998) (Figura 4.1).

Tabela 4.1: Área ocupada pelas diferentes categorias geomorfológicas (SIQUEIRA; ROSA, 1998).

Categorias	km <sup>2</sup>	%
Área de chapada	1.940	3,7
Área de relevo pouco dissecado	40.376	76,5
Área de relevo dissecado	7.272	13,8
Área de relevo residual	2.507	4,7
Área de planície fluvial	665	1,3
Total	52.760	100

Segundo Baccaro (1991) a região pode ser dividida em:

- *Área de relevo intensamente dissecado* – correspondendo à borda da extensa chapada Araguari-Uberlândia, estendendo-se entre os rios Paranaíba e Grande, que vem sendo intensamente dissecada, entalhada pelos seus afluentes. As feições morfológicas desse compartimento estão relacionadas a litologia, representada pelo basalto e pelas rochas do Grupo Araxá,

predominantemente, com uma presença menos significativa dos arenitos do Grupo Bauru e dos sedimentos do Cenozóico.

- *Área de relevo medianamente dissecado* – apresenta topos nivelados entre 750 e 900 metros, com formas convexas e vertentes entre 3 e 15° de declividade. A Formação Adamantina é a mais representativa na área, recoberta em grandes porções pelos sedimentos inconsolidados do Cenozóico, sobreposta ao basalto da Formação Serra Geral.
- *Área de relevo residual* – caracteriza-se por bordas escarpadas, erosivas, de até 150m, em contornos irregulares, com declividades que podem atingir 45°. Corresponde às porções mais elevadas em topos de divisores de água das principais bacias entre 800 e 900m. Apresenta relevo intensamente dissecado com formas convexas nas vertentes. Apresenta uma litologia vinculada aos arenitos da Formação Marília, mantendo as bordas escarpadas, sustentadas pela intensa cimentação carbonática e/ou silicosa.
- *Áreas elevadas de cimeira entre 950 e 1050 m, com topos planos, amplos e largos* – baixa densidade de drenagem e vales com pouca ramificação de drenagem, vertentes com baixas declividades entre 3 e 5°, sustentadas pelos arenitos da Formação Marília, recoberta pelos sedimentos do Cenozóico.

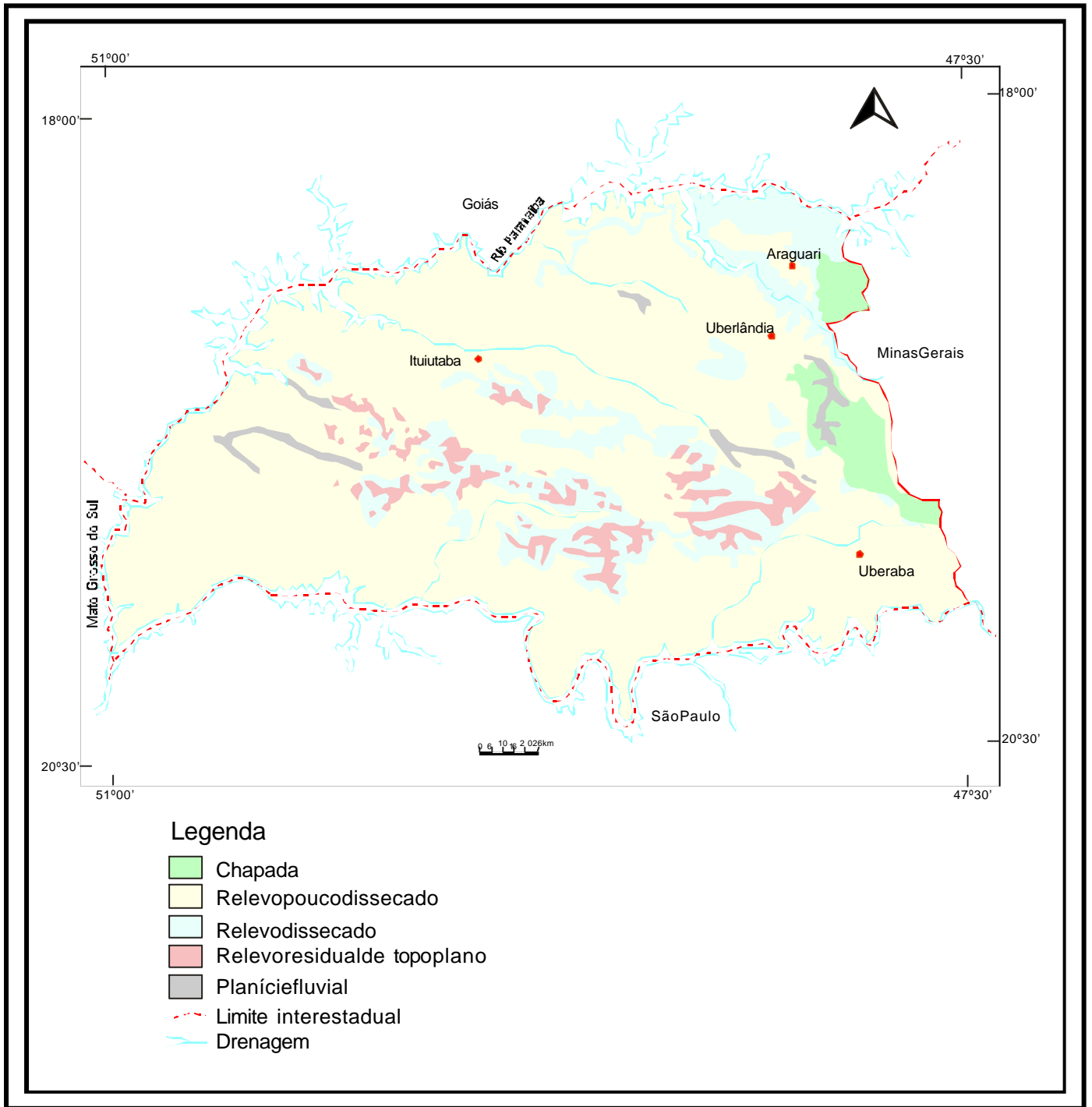


Figura 4.1 - Mapeamento geomorfológico da mesorregião do Triângulo Mineiro (MG) (SIQUEIRA; FERREIRA, 1998)

## 4.2 - Solos

Na área foram identificadas oito categorias de solos: latossolo vermelho-escuro álico, latossolo vermelho-amarelo álico, latossolo vermelho-escuro distrófico, latossolo roxo distrófico e eutrófico, podzólico vermelho-amarelo distrófico e eutrófico, cambissolo álico e eutrófico, glei húmico álico e distrófico, e areia quartzosa álica (SIQUEIRA; ROSA, 1998) (Figura 4.2).

Tabela 4.2: Área ocupada pelos diferentes tipos de solos (SIQUEIRA; ROSA, 1998).

Categorias	km <sup>2</sup>	%
Latossolo vermelho-escuro álico	32.253	61,1
Latossolo vermeelho-amarelo álico	1.661	3,2
Latossolo vermelho-escuro distrófico	3.189	6,0
Latossolo roxo distrófico e eutrófico	10.188	19,3
Podzólico vermelho-amarelo distrófico e eutrófico	3.016	5,7
Cambissolo álico e eutrófico	1.278	2,4
Glei húmico álico e distrófico	797	1,6
Areia quartzosa álica	378	0,7
Total	52.760	100,0

A tabela 4.3 apresenta as principais características dos tipos de solo mapeados no Triângulo Mineiro.

Tabela 4.3: Principais características dominantes dos solos mapeados (SIQUEIRA; ROSA, 1998).

Solo	Horizonte Característico	Cor Dominante	Textura	Litologia	Relevo
Lea	B latossólico	2,5YR	Média	Arenito	Plano e suave ondulado
Lva	B latossólico	2,5YR	Média	Arenito	Plano e suave ondulado
Led	A fraco a moderado	2,5YR	Muito argilosa	Basalto	ondulado
LRd Lre	B latossólico	2,5YR e 10YR	Argilosa a muito argilosa	Arenito	Plano e suave ondulado
PVd Pve	B textural	5YR e 10YR	argilosa	Arenito	Suave ondulado a forte ondulado
Ca Ce	B câmbico	5YR e 2,5YR	Média	Variadas	Suave a forte ondulado
HGHa HGhd	A chernozêmico ou proeminente	Cinza a preto (horizonte superficial)	Areno-argilosa heterogênea	Sedimentos areno-argilosos de depósitos aluvionares holocênicos	Plano
Aqa	A – C seqüencial	2,5 YR e 5YR	arenosa	arenito	Plano a suave ondulado

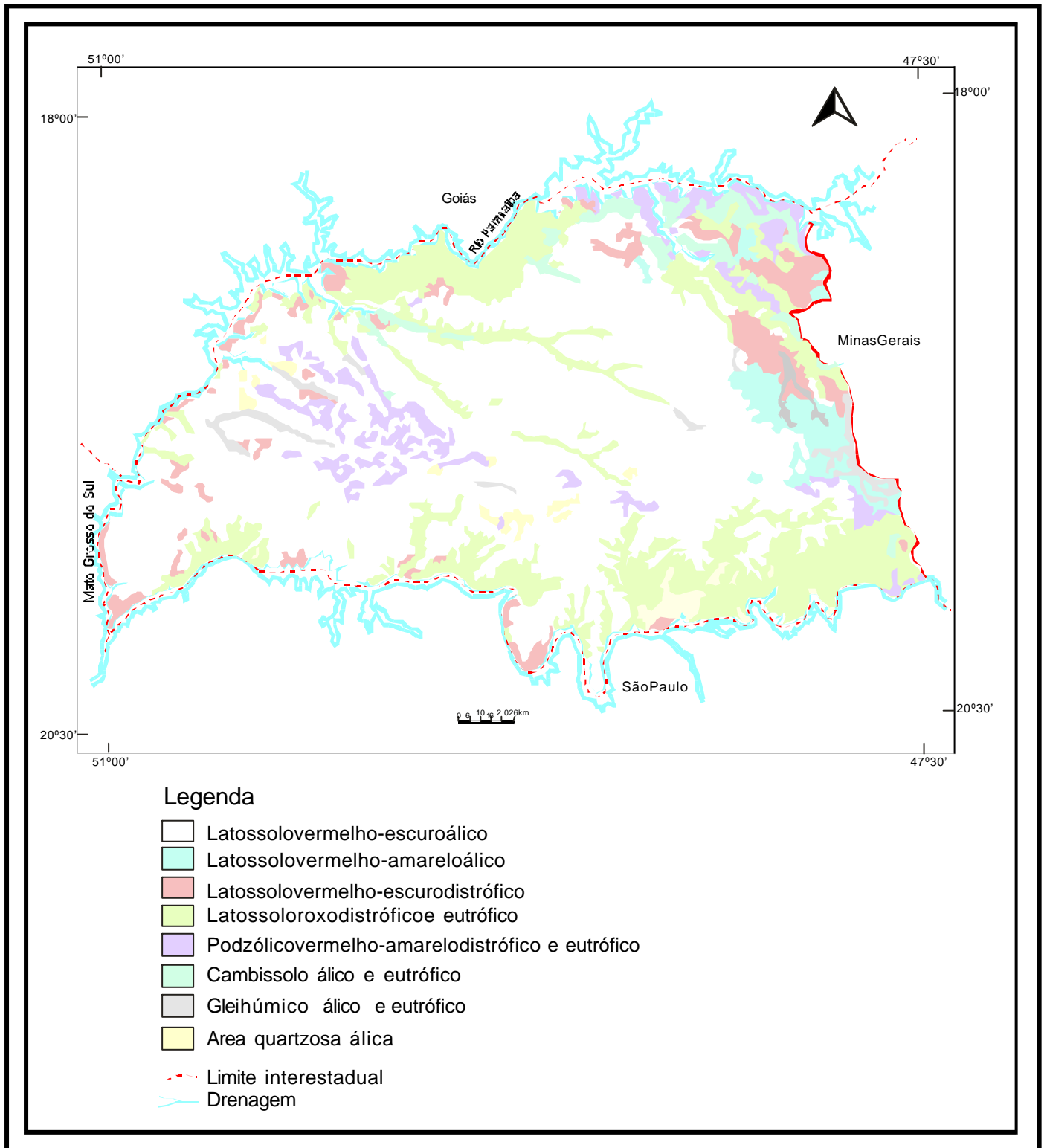


Figura 4.2 - Mapadesolosdamesorregião doTriângulo Mineiro (MG)(SIQUEIRA; FERREIRA, 1998).

### 4.3 –Contexto Geológico

Os primeiros estudos da geologia da seqüência suprabáslica neocretácea tiveram origem segundo duas vertentes, uma de Minas Gerais, outra dos estados de São Paulo e Paraná, que tenderam a se unir no tempo, à medida que foram feitas tentativas de correlação e regionalização da estratigrafia e evolução geológica da bacia como um todo (FERNANDES, 1998).

Os trabalhos sobre a região com exceção de poucas publicações de cunho mais regional, tais como, por exemplo, os de Barbosa *et al.* (1970), Hasui (1967), Barcelos (1984), Goldberg (1995) e Fernandes (1998), dedicam-se a áreas localizadas e concentram-se nas regiões de Uberaba e Ponte Alta. Tratam-se de pesquisas referentes:

- ? à paleontologia, principalmente dos grandes répteis, comuns nessa área;
- ? à trabalhos relativos às fácies, associações faciológicas e, arquiteturas deposicionais e diagênese das unidades; e
- ? de cunho econômico relativo aos calcários que constituem o Membro Ponte Alta e também a diamantes e argilas especiais.

O mapa geológico adotado foi modificado de Barcelos (1984) (Figura 4.3). Grupo Bauru no Triângulo Mineiro é constituído pelas formações Adamantina, Uberaba e Marília, esta última subdividida nos membros Ponte Alta e Serra da Galga.

Fernandes (1992, 1994, 1998) propôs tratar a Bacia Bauru como unidade tectônica independente, considerando as colossais transformações decorrentes do magmatismo Serra Geral, da ruptura do continente gondwânico e da posterior evolução da Plataforma Sul-americana. No entanto, Fúlfaro e Barcelos (1991, 1993),



Fúlfaro e Perinotto (1996) e Fúlfaro *et al.* (1999) separam a Bacia Bauru proposta por Fernandes (*op. cit.*) em duas bacias, denominadas Caiuá e Bauru.

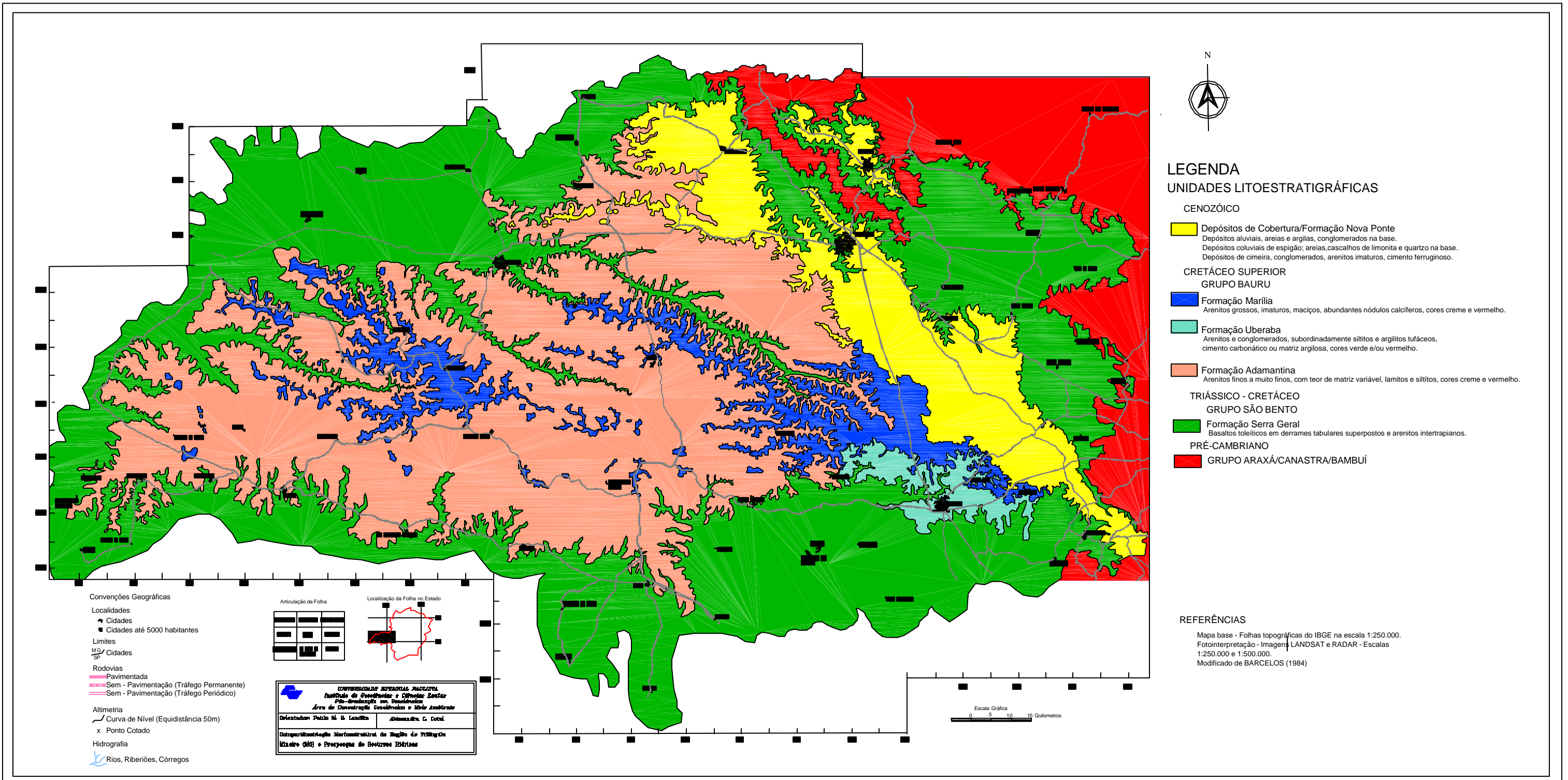


Figura 4.3 - Mapa litoestratigráfico da região do Triângulo Mineiro (Modificado de BARCELOS, 1984)

#### 4.4 - Unidades Geológicas

Dentro das unidades litoestratigráficas que compõem a tradicional coluna da Bacia do Paraná, proposta por Milani *et al.* (1994) (Figura 4.4), a região do Triângulo Mineiro abriga as unidades superiores compostas pelos grupos São Bento e Bauru. Conforme pode ser observado na Figura 4.3, as unidades litoestratigráficas aflorantes no Triângulo Mineiro encontram-se representadas por rochas proterozóicas dos grupos Araxá, Canastra e Bambuí, mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná e terciárias da Formação Nova Ponte e unidades correlatas.

##### 4.4.1 - Embasamento Proterozóico

No Triângulo Mineiro, as rochas do embasamento pré-cambriano encontram-se distribuídas numa faixa de direção NW-SE correspondente ao segmento meridional da Faixa Uruaçu. Nela ocorrem rochas metamórficas de idade proterozóica, enfeixadas nos grupos Araxá e Canastra. Essas unidades são constituídas por seqüências psamíticas e pelíticas, correspondentes à fase *rift* da Bacia Uruaçu (FREITAS SILVA; DARDENNE, 1992). Nesse segmento, os lineamentos estruturais mostram direção preferencial NW-SE.

No âmbito dessa província ocorrem, ainda, intrusões alcalinas de idades neocretácicas, das quais destacam-se as de Araxá e de Tapira.

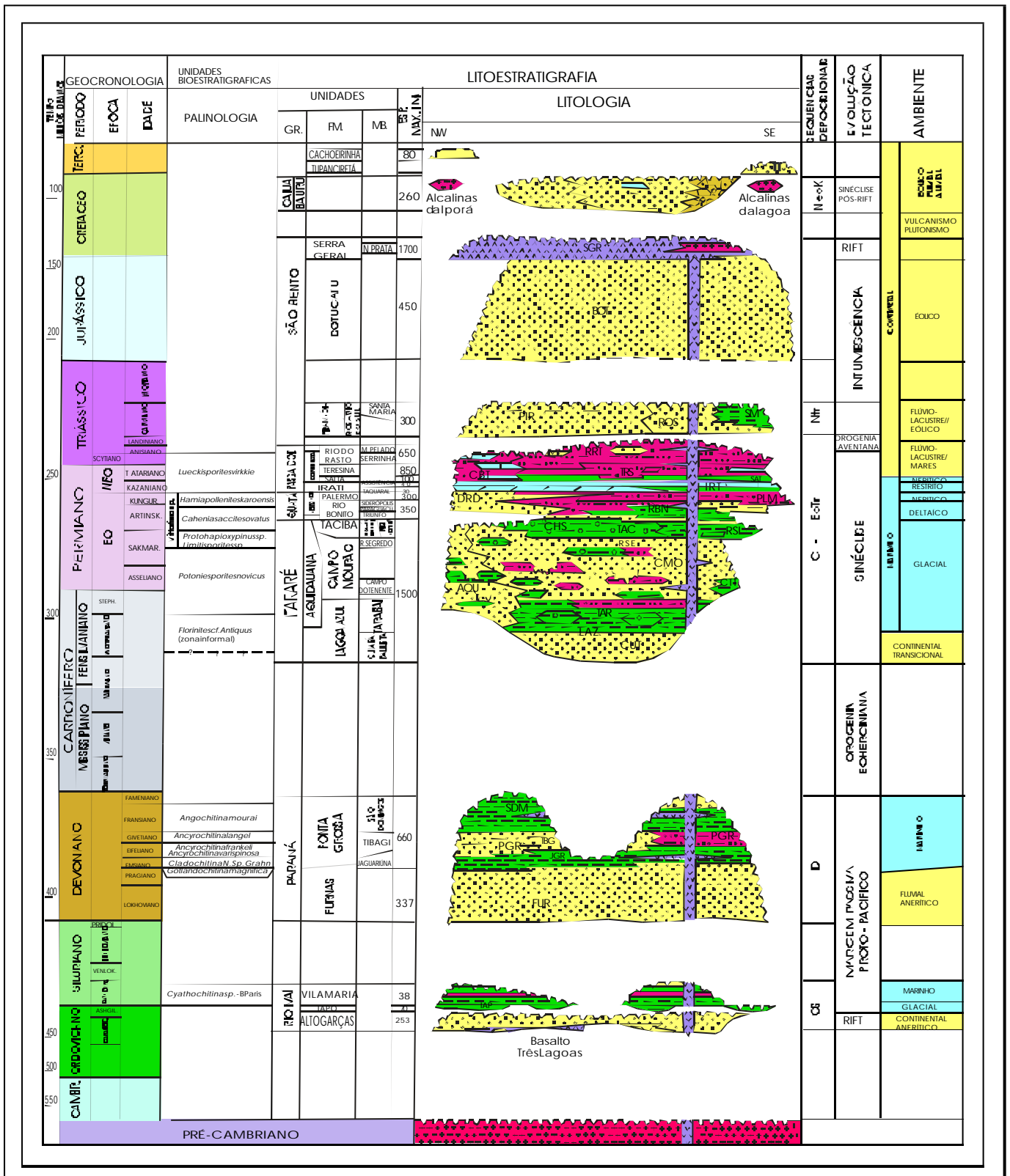


Figura 4.4 - Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (MILANI et al., 1994).

#### 4.4.2 – Bacia do Paraná

- **Formação Pirambóia /Botucatu**

A sedimentação inicial foi eminentemente flúvio-eólica representada pela Formação Pirambóia, sob regime de semi-aridez. Esta formação é constituída por corpos arenosos de granulometria fina a média, matriz argilosa, ocorrendo níveis grossos a conglomeráticos. Intercalam-se subordinadamente camadas de arenitos finos a siltitos.

O contínuo processo de desertificação, que caracteriza a sedimentação nos períodos Triássico/Jurássico, culmina com a deposição do extenso lençol arenoso eólico (*draas*) da Formação Botucatu, que inclui também sedimentos flúvio-torrenciais.

A figura 4.5 exhibe o mapa de isópacas dessas formações no âmbito da Bacia do Paraná. Conforme pode ser observado nessa figura, as espessuras das formações Pirambóia/Botucatu no Triângulo Mineiro variam de 100 a 300 m.

O encerramento desse ciclo deposicional é dado pelo vulcanismo basáltico e intrusivas associadas (Js – Ki), enfeixados na Formação Serra Geral. Inclui, também de forma subordinada, arenitos eólicos e lamitos lacustrinos interderrames.

- **Formação Serra Geral**

Os basaltos da Formação Serra Geral ocupam os vales dos principais rios e grande parte de seus afluentes, constituindo vales fechados retilíneos.

A Formação Serra Geral, constituída na área por basaltos, aflora na porção nordeste da área, bem como nos vales dos principais rios, como por exemplo Paranaíba, Araguari, Grande, Prata, São Lourenço e Tijuco, entre outros. As partes centrais dos derrames basálticos (e diabásios correspondentes) são quase sempre

microcristalinos, apresentando como composição mineralógica essencialmente plagioclásio, olivina e piroxênio. Zeólitas, minerais de cobre, quartzo e argilo-minerais são registrados em amígdalas. A idade desses derrames é considerada em 133 - 131Ma (PACCA; MONTES-LAUAR, 1997).

O mapa de isópacas das efusivas da Formação Serra Geral (Figura 4.6) aponta espessuras da ordem de 300 a 700 metros para a região do Triângulo Mineiro. No entanto, dados obtidos por Landim *et al.* (2002) apontam para espessuras de até 900 m, como no município de Frutal.

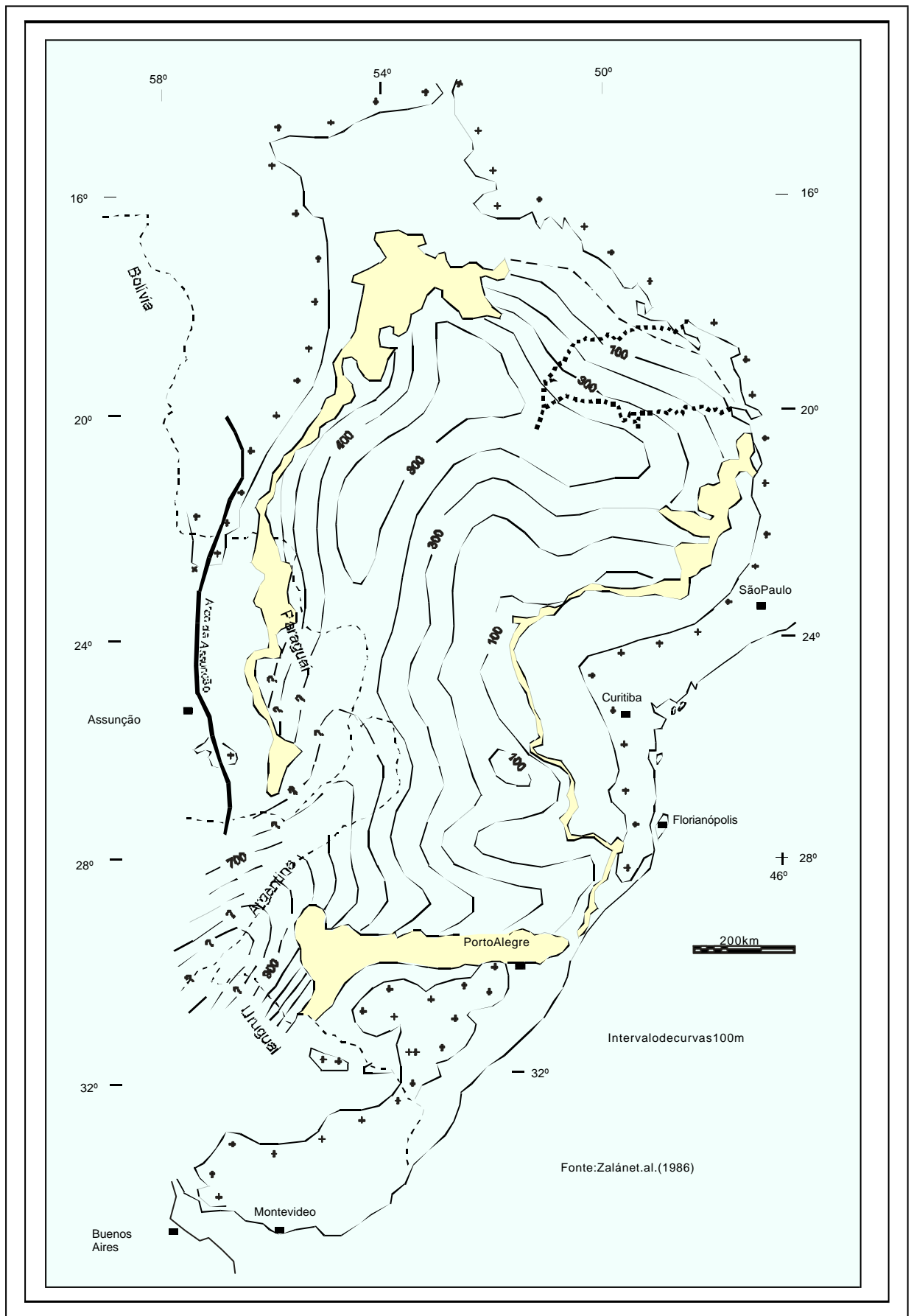


Figura 4.5 - MapadeisópacasdasformaçõesPirambóia, Botucatu eRosário doSul (ZALÁN *etal.*,1986).

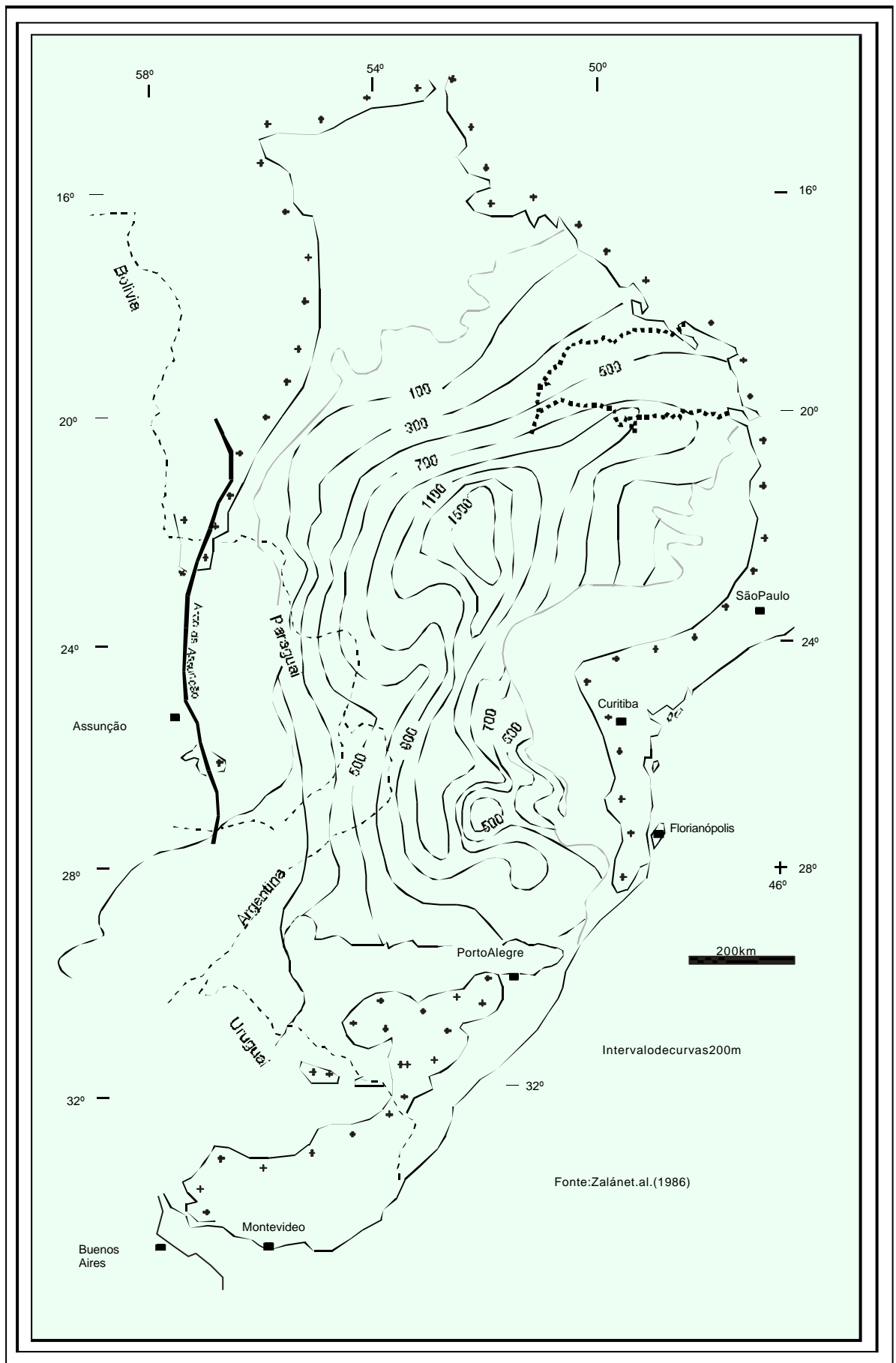


Figura 4.6-Mapa de isópacas da Formação Serra Geral (ZALÁN et al., 1986).



#### 4.4.3 - Bacia Bauru

O Grupo Bauru (Cretáceo Superior), que sucede aos basaltos da Formação Serra Geral (do Cretáceo Inferior) na região, é constituído pelas formações Adamantina, Uberaba e Marília (membros Ponte Alta e Serra da Galga) (Figura 4.7).

A descrição do Grupo Bauru região do Triângulo Mineiro nesta tese seguiu o apresentado em Landim *et al.* (2002) no relatório FAPESP Nº 99/00323-5: “A Bacia Bauru no Triângulo Mineiro (MG): Análise de Bacia como proposta de uma nova estratégia exploratória para recursos minerais e hídricos”.

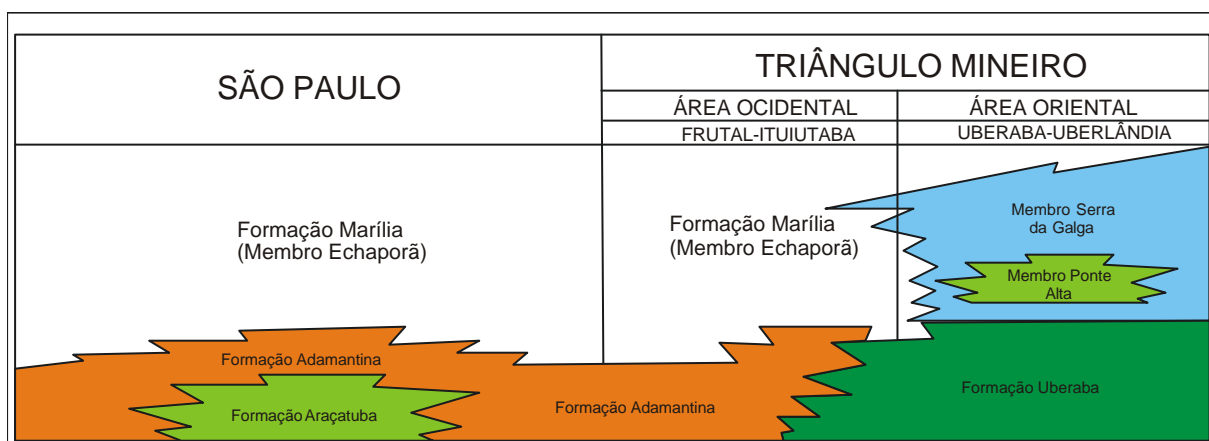


Figura 4.7 – Coluna litoestratigráfica do Grupo Bauru no Triângulo Mineiro (Modificado de BARCELOS; SUGUIO, 1987).

Barcelos (1989) dividiu a seqüência de deposição pós-basáltica em quatro unidades faciológicas correspondentes às formações Santo Anastácio, Adamantina, Uberaba e Marília (Membro Serra da Galga e Ponte Alta).

A área de sedimentos do Grupo Bauru no Triângulo tem como limite o Soerguimento do Alto Paranaíba, e os rios Grande, Paranaíba e Araguari.

#### □ **Formação Adamantina**

A Formação Adamantina definida por Soares *et al.* (1980) constitui a unidade de maior expressão em área na região do Triângulo Mineiro e nos demais estados (São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul).

É formada por uma seqüência litológica caracterizada pela presença de bancos de arenitos de granulação fina a muito fina, cor rósea a castanha, com estratificações cruzadas, cujas espessuras variam entre 2 a 20 m. Alternam-se com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho-avermelhada a cinza-castanho, maciços ou com acamamento grosseiro. Apresenta, como estruturas sedimentares, marcas onduladas e laminação cruzada (BARCELOS, 1984).

Segundo Barcelos (1984) os sedimentos da Formação Adamantina são constituídos por arenitos variegados bimodais, de grãos grosseiros e relativamente bem arredondados, dispersos em matriz arenosa fina e siltico-argilosa. No entanto constatou-se que a Formação Adamantina aflorante na região centro-oeste do Triângulo Mineiro é constituída por arenitos finos a médios, avermelhados, com seleção moderada, estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, estratificação plano-paralela e, subordinadamente, marcas onduladas, sendo que em alguns pontos pode se apresentar maciça.

Foram encontrados vários afloramentos em que predominavam arenitos finos, bem selecionados, de coloração avermelhada e com estratificação cruzada de grande porte e com alto ângulo de inclinação dos sets, sugerindo deposição por processos eólicos. Essas mesmas características foram também observadas por GOLDBERG (1995) (Foto 4.1).



Foto 4.1 – Afloramento expondo arenito fino com estratificação cruzada de alto ângulo. Ponto TM-18 – Estrada não pavimentada Honorópolis – Gurinhatã a 11 km do Bairro do Grama em direção a Gurinhatã.

Ocorrem, ainda, lamitos/siltitos avermelhados, com laminação plano-paralela, marcas onduladas, por vezes maciços, intercalados com níveis centimétricos a decimétricos de arenito muito fino cimentados, ou não, por carbonato de cálcio (Foto 4.2).

No Triângulo Mineiro, a partir da região de Veríssimo, a Formação Adamantina ocorre provavelmente em contato interdigitado com os sedimentos da Formação Uberaba. O contato superior, nessas áreas, se faz concordantemente com os sedimentos da Formação Marília (BARCELOS, 1984).

A Formação Adamantina assenta-se discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral, com contato abrupto e erosivo. Lateralmente, provavelmente interdigita-se com a Formação Uberaba, concordando com o constatado por Barcelos (1984) (Foto 4.3).

Com relação ao contato superior, este se dá com os arenitos e conglomerados da Formação Marília. Foi possível observar uma passagem

gradacional, onde os pacotes de arenito fino aumentam de granulometria e de espessura em direção ao topo.



Foto 4.2 – Afloramento expondo siltitos avermelhados da Formação Adamantina. Ponto TM - 21 – Estrada não pavimentada Honorópolis – Gurinhatã, a 17 m do Bairro do Grama em direção a Gurinhatã.



Foto 4.3 – Afloramento expondo argilito maciço com lentes de arenito na base e arenito muito fino a fino com estratificação plano paralela no topo. Provável ponto de interdigitação entre as formações Uberaba e Adamantina. Ponto TM-79 – Estrada não pavimentada Veríssimo - Patrimônio do Rio do Peixe, a 11 km de Patrimônio.

Os dados de subsuperfície permitem afirmar que a espessura média da Formação Adamantina é da ordem de 100 metros.

O conjunto de fácies sedimentares caracteriza o ambiente deposicional como sistema fluvial predominantemente meandrante psamítico (BARCELOS, 1984; SOARES *et al.*, 1980; BATEZELLI, 2003).

Segundo Mezzalira (1974), a maioria dos fósseis do Grupo Bauru seria encontrada na parte superior desta formação. Os principais fósseis encontrados são: algas (*charáceas*), coníferas (*gymnospermae*), crustáceos, ostracodas, conchostráceos, moluscos (bivalves e gastrópodos), peixes e répteis (quelônios, crocodilídeos, dinossauros). Huene (1927, 1929 *apud* BARCELOS, 1984) atribuiu para esta formação idade senoniana (Cretáceo Superior).

Bertini *et al.* (2000), baseados em estudos do conjunto biótico Bauru indicam idades campaniana/maastrichtiana para determinados níveis das formações Araçatuba e Adamantina. Dias-Brito *et al.* (2001), baseados em estudo do conteúdo microfossilífero, indicaram uma idade turoniana-santoniana para a deposição.

#### □ **Formação Uberaba**

A Formação Uberaba restringe-se ao Estado de Minas Gerais, formando uma faixa que se estende da região de Veríssimo até Sacramento, passando por Uberaba, Peirópolis e Ponte Alta.

Segundo Barcelos (1984), esta formação é constituída por um conglomerado e/ou brecha basal, seguido por arenitos vulcano-clásticos, com cimento carbonático ou matriz argilosa verde, associados a siltitos, argilitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados arenosos.

Hasui (1968) observou que na parte basal da sequência predomina o cimento carbonático e no topo, ocorre matriz argilosa de coloração verde e/ou vermelha.

O contato basal se dá por discordância paralela com a Formação Serra Geral, englobando fragmentos de basaltos sotopostos. O contato superior é gradacional com a Formação Marília. Na região de Romaria, no Alto Paranaíba, estes sedimentos assentam-se em discordância angular sobre os arenitos da Formação Botucatu e dos micaxistos do Grupo Araxá (HASUI, 1968). Segundo Barcelos (1984), possivelmente a Formação Uberaba interdigita-se pelo menos em parte com a Formação Adamantina.

O contato basal da Formação Uberaba com os basaltos da Formação Serra Geral se dá de forma abrupta, erosiva. O contato superior se dá de forma abrupta com as rochas da Formação Marília, ao contrário do que foi postulado por diversos autores que advogam contato gradacional (BARCELOS, 1984; FULFARO; BARCELOS, 1991; GARRIDO *et al.*, 1991; BARCELOS 1993, GOLDBERG, 1995; ALVES, 1995, RIBEIRO, 1997, GOLDBERG; GARCIA, 2000; DIAS-BRITO *et al.*, 2001).

Ferreira Jr. (1996) caracterizou a Formação Uberaba por fácies e associações de fácies, a saber:

- ◆ Fácies de conglomerado maciço: constituído de conglomerados maciços ou levemente acanalados.
- ◆ Associação de fácies de conglomerados estratificados: conglomerados estratificados clasto-suportados, matriz arenosa com granulometria variando de areia média a areia grossa, ocorrendo, ainda, conglomerados sustentados por matriz arenosa.

- ♦ Associação de fácies de arenito estratificado; arenitos e arenitos conglomeráticos estratificados.
- ♦ Associação de fácies de arenito com estratificação paralela: caracteriza-se por arenitos médios com estratificações paralelas com uma continuidade lateral que pode ultrapassar uma centena de metros.
- ♦ Fácies de arenito com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte: arenito fino a médio, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte e, eventualmente, médio porte.
- ♦ Fácies de arenito com *ripples*; arenito fino bem selecionado, composto por quartzo, fragmentos de basalto e feldspato.
- ♦ Associação de fácies de siltitos/argilitos.

A Formação Uberaba é constituída por arenitos e, subordinadamente, por lamitos, siltitos, e conglomerados. Os arenitos apresentam-se na forma de corpos lenticulares, com espessuras que variam de 20 cm a 1,5 m, podendo estar intercalados por níveis centimétricos de silito/lamito. Em alguns pontos, essas barras arenosas encontram-se amalgamadas. As estruturas sedimentares presentes são basicamente estratificações cruzadas acanaladas e tabulares de pequeno a médio porte, estratificação plano-paralela, feições canalizadas e algumas estruturas deformacionais e de injeção de argila, na forma de estruturas em chama e dobras convolutas.

Dessa forma, com base nas análises petrográficas, admitiu-se que a Formação Uberaba muito provavelmente não teve participação de processos vulcânicos concomitantes com sua deposição, corroborando com Fulfaro e Barcelos (1991) e Goldberg (1995). Essas rochas tiveram grande contribuição de material

vulcânico erodido dos basaltos da Formação Serra Geral e rochas alcalinas do Soerguimento do Alto Paranaíba, bem como de rochas cristalina do embasamento (grupos Araxá e Canastra).

Hasui (1968) interpretou o ambiente deposicional como fluvial, com pequeno transporte de sedimentos. Suguio *et al.* (1979) sugeriram que o transporte e deposição estiveram ligados a fluxos de detritos e corridas de lama. Suguio (1980) sugeriu que a deposição desta unidade ocorreu em condições flúvio-lacustre. Ferreira Jr (1996), por sua vez, apontou que a sedimentação da Formação Uberaba ocorreu em um complexo de rios entrelaçados (“*braided*”).

A espessura da Formação Uberaba está em torno de 70 metros e sua distribuição em área restringe-se às proximidades da cidade homônima.

A idade desta formação pode ser interpretada com base nas relações de contato com as unidades estratigráficas próximas e no seu conteúdo fossilífero, sendo assim Barcelos (1984) atribuiu-lhe uma idade provável semelhante da Formação Adamantina, isto é, Senoniana.

Com base em fósseis de vertebrados, Santucci (2002) propôs idade campaniana/maastrichtiana para a Formação Uberaba.

A partir de dados paleontológicos integrados a estudos paleomagnéticos (TAMRAT *et al.* 2002) admiti-se, no presente trabalho, intervalo de deposição dessa unidade durante o Campaniano.

#### □ **Formação Marília**

Almeida e Barbosa (1953) utilizaram a designação Formação Marília para os sedimentos clásticos grossos da parte superior do Grupo Bauru, caracterizados pela presença de nódulos e de cimentação carbonática. Coube a Soares *et al.* (1980), a



formalização hierárquica destes sedimentos como formação. Essa unidade é composta por arenitos grossos a conglomeráticos, conglomerados, com grãos angulosos e teor de matriz variável. Os arenitos ocorrem na forma de bancos, com espessura média entre 1 e 2 metros, maciços ou em acamamento incipiente, sub-paralelo e descontínuo. Subordinadamente, aparecem níveis de siltito (Foto 4.4).



Foto 4.4 – Afloramento expondo lentes de arenito médio a grosso, maciço, cimentado por  $\text{CaCO}_3$ . TM – 100 - Entrada de Comendador Gomes (MG).

Uma das principais características da Formação Marília é o alto conteúdo de cimento carbonático ( $\text{CaCO}_3$ ), motivo pelo qual é alvo da exploração como matéria-prima para fabricação de cimento *Portland* e como corretivo da acidez do solo, nas regiões de Ponte Alta e nas cerâmicas do km 50 da rodovia Uberaba para Uberlândia. Os nódulos carbonáticos, sempre presentes, encontram-se dispersos nos sedimentos ou concentrados em níveis ou zonas (Foto 4.5).

BARCELOS (1984) subdividiu a Formação Marília em três membros: Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã. Os dois primeiros afloram na parte leste do

Triângulo Mineiro (MG), enquanto que o Membro Echaporã está presente na porção oeste.

Segundo ALVES (1995), o Membro Ponte Alta é constituído pela alternância de arenitos conglomeráticos e conglomerados com seixos milimétricos a centimétricos de quartzo e quartzito, associados lateralmente e verticalmente a calcrites e silcretas. Via de regra, essas litologias apresentam-se intensamente cimentadas por carbonato de cálcio.



Foto 4.5 – Foto do nível calcário explorado como matéria prima para fabricação de cimento *Portland*. TM – 88 - Pedreira Ponte Alta (MG).

O presente trabalho admite como constituinte básica dessa unidade, os depósitos calcários economicamente explorados na região de Ponte Alta, Uberaba e Uberlândia. Tratam-se de calcarenitos finos, esbranquiçados, com espessura máxima da ordem de 7 metros, que ocorrem em níveis contínuos com até 3 Km de extensão em subsuperfície.

Para diversos autores, como por exemplo Barcelos (1984); Fúlfaro e & Barcelos (1991); Goldberg (1995); Goldberg e Garcia (2002), o contato basal do

Membro Ponte Alta se dá de forma gradacional com a Formação Uberaba. Entretanto, durante os trabalhos de campo e a análise de dados de subsuperfície, não foi possível observar essa relação. Foi constatado que os depósitos calcários dessa unidade se comportam como lentes dentro do conjunto areno-conglomerático que compõe o Membro Serra da Galga.

A partir da análise de fácies efetuada para o Membro Serra da Galga na área de estudo, foi identificada uma associação de fácies constituída por:

- conglomerados polimíticos, clastos suportados, brancos a amarelados na base passando para conglomerados suportados pela matriz arenosa com grãos subangulosos a subarredondados e mal selecionados;
- arenito conglomerático gradando para arenito grosso, amarelado, com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares e plano-paralelas, com intraclastos de calcretes, nódulos carbonáticos e feições pedogenéticas; e
- argilosa, que está subordinada aos ciclos de granodecrescência ascendente e é composta por siltitos e argilitos marrom-avermelhados.

Por possuir uma grande quantidade de cimento carbonático (calcretes) e subordinadamente cimento silicoso (silcretes) as rochas do Membro Serra da Galga conferem à região um relevo de serras tabulares (chapadas), constituindo umas das feições geomorfológicas mais marcantes na parte leste do Triângulo Mineiro (Foto 4.6).

A Formação Marília, aflorante na região oeste do Triângulo Mineiro, é representada pelo Membro Echaporã (BARCELOS, 1984). Nesse setor da área de estudo, essa unidade é composta por arenitos finos a grossos, com intercalações conglomeráticas, na forma de ciclos granodecrescentes e granocrescentes,

cimentados por carbonato de cálcio. Por esse motivo essa região, também apresenta relevo de serras, em forma de grandes chapadas (Foto 4.7).



Foto 4.6 – Foto panorâmica mostrando relevo de chapadas na área de ocorrência do Membro Serra da Galga (Formação Marília). TM – 68 - Estrada não pavimentada que liga a BR-050 ao distrito de Palestina, a 3 km da BR-050.



Foto 4.7 – Vista panorâmica do relevo em chapadas (Membro Echaporã - Formação Marília). Estrada não pavimentada Grama – Honorópolis, a 3 km do Bairro do Grama.

As rochas da Formação Marília na área de estudo podem ser classificadas como litoarenito carbonático (menos de 50% de carbonato), margá (50% de carbonato e 50% siliciclástico), calcário arenoso (entre 50 a 80% de carbonato) e calcário puro (+ 80% de carbonatos).

O contato basal do Membro Echaporã se dá ora de forma gradacional ora abrupta com a Formação Adamantina.

Sua espessura máxima em subsuperfície é de 100 metros, sendo que em superfície pode atingir até 60 metros.

A Formação Marília é datada de maastrichtiana, com base em vertebrados fósseis (SANTUCCI; BERTINI 2002) e dados micropaleontológicos (DIAS-BRITO *et al.* 2001; GOBBO-RODRIGUES 2001). Os dados paleomagnéticos também confirmam esse intervalo de tempo para a deposição da Formação Marília (TAMRAT *et al.* 2002).

#### 4.4.4 - Cobertura Cenozóica

As coberturas sedimentares cenozóicas abrangem os depósitos aluviais (areias e argilas, conglomerados na base), depósitos coluviais (areias com matriz argilosa, cascalhos de limonita e quartzo na base) e depósitos de cimeira (conglomerados e arenitos imaturos) (BARCELOS, 1984). Os depósitos de espigão e de cimeira são representantes da superfície de aplainamento Sul-Americana que atuou durante Cretáceo Inferior e Terciário Médio promovendo um aplainamento do relevo, formando vasta planície que posteriormente foi soerguida, sendo reduzida a um planalto dissecado (KING, 1956).

Ferrari (1989) denominou de Formação Nova Ponte as cascalheiras com níveis arenosos, friáveis, que atingem até 50 m de espessura; o acamamento é a

única estrutura sedimentar presente e os seixos são oriundos do Grupo São Bento, do Grupo Bauru, e do Grupo Araxá (Figura 4.8).

Barbosa (1992) descreveu, na porção setentrional do distrito de Ponte Alta, sedimentos areno-argilosos, de coloração avermelhada, sem estruturas sedimentares visíveis, com alguns pequenos grânulos de quartzo e apresentando espessura de até 10 metros (Formação Nova Ponte). Estes sedimentos encontram-se recobertos por solo laterítico e situam-se em cotas altimétricas que variam de 980 a 1.010 metros.

Barbosa e Castro (1993) aventaram a possibilidade de os depósitos descritos em Ponte Alta (Formação Nova Ponte) e em Itaqueri (Formação Itaqueri) serem consideradas como apenas uma unidade ou, ao menos, litoestratigraficamente correlacionáveis.

Os depósitos da região de Romaria (MG) correlacionam-se com os depósitos de idade terciária, principalmente com os da Formação Nova Ponte de Ferrari (1989). Esses depósitos são constituídos por conglomerados suportados por matriz, avermelhados, imaturos, grãos angulosos, compostos basicamente por fragmentos de quartzo, quartzito, basalto, gnaisses, arenito. Possui feições canalizadas sem estruturas interna marcante. Gradação normal e inversa podem ser encontradas nos termos mais grossos (Fotos 4.8 e 4.9).

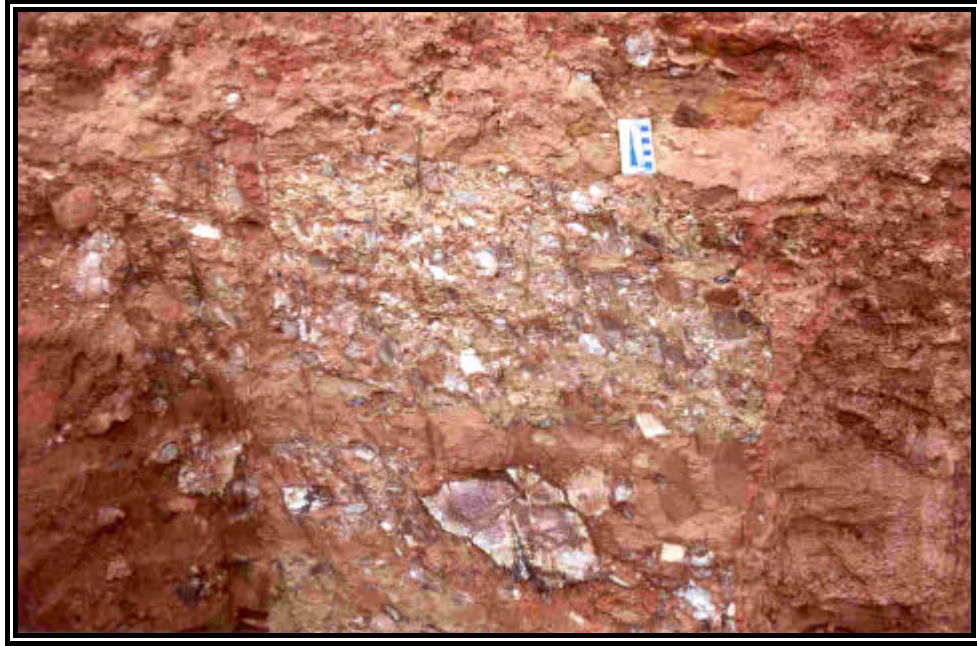


Foto 4.8 – Detalhe de um nível conglomerático. Mina de extração de diamantes – EXDIBRA S/A – Romaria (MG). Ponto TM - 73.



Foto 4.9 – Fácies areno-argilosa associada aos depósitos conglomeráticos. Mina de extração diamantes – EXDIBRA S/A – Romaria (MG). Ponto TM - 73.

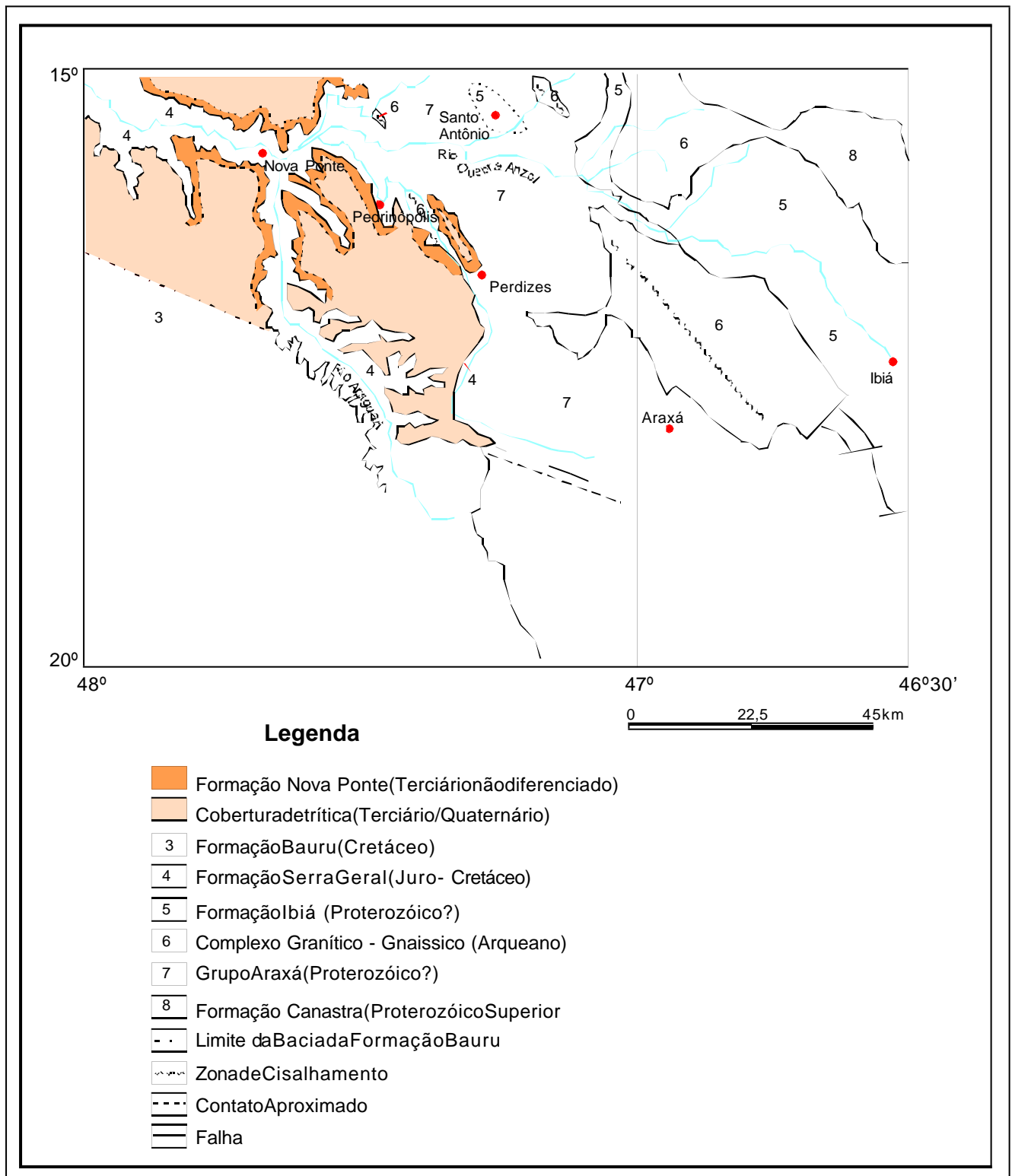


Figura 4.8 - Área de ocorrência da Formação Nova Ponte, segundo Ferrari (1989).



#### 4.5 - Evolução tectônica da Bacia do Paraná

A Bacia Sedimentar do Paraná é uma vasta bacia intracratônica sul-americana, desenvolvida completamente sobre crosta continental, e preenchida por rochas sedimentares e ígneas, abrangendo uma área de cerca de 1.400.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelo Brasil (1.100.000 km<sup>2</sup>), Paraguai (100.000 km<sup>2</sup>), Uruguai (100.000 km<sup>2</sup>) e Argentina (100.000 km<sup>2</sup>) (Figura 4.9).

A Figura 4.10 mostra os principais elementos tectônicos da Bacia do Paraná. Um marcante padrão de feições lineares entrecruzando-se pode ser observado. Essas feições podem ser divididas em três grupos, de acordo com suas orientações (NW-SE, NE-SW e E-W, Figura 4.11). As duas orientações mais importantes são NW-SE e NE-SW, sendo estes dois grupos zonas de fraquezas antigas que foram recorrentemente ativas durante a evolução da bacia (ZÁLAN *et al.*, 1991).

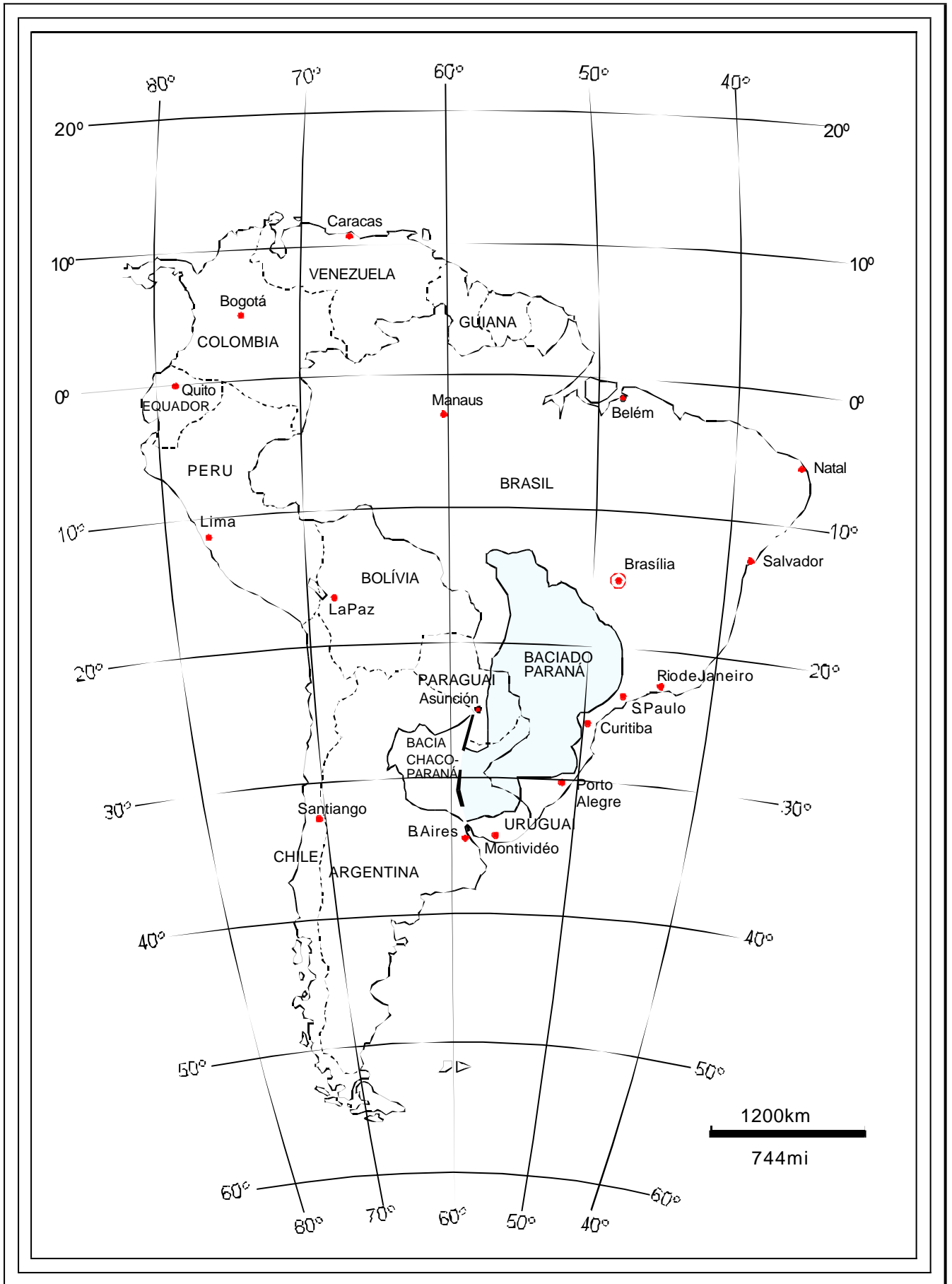


Figura 4.9 - Mapa de localização da Bacia do Paraná na América do Sul (ZALÁN *et al.*, 1991).

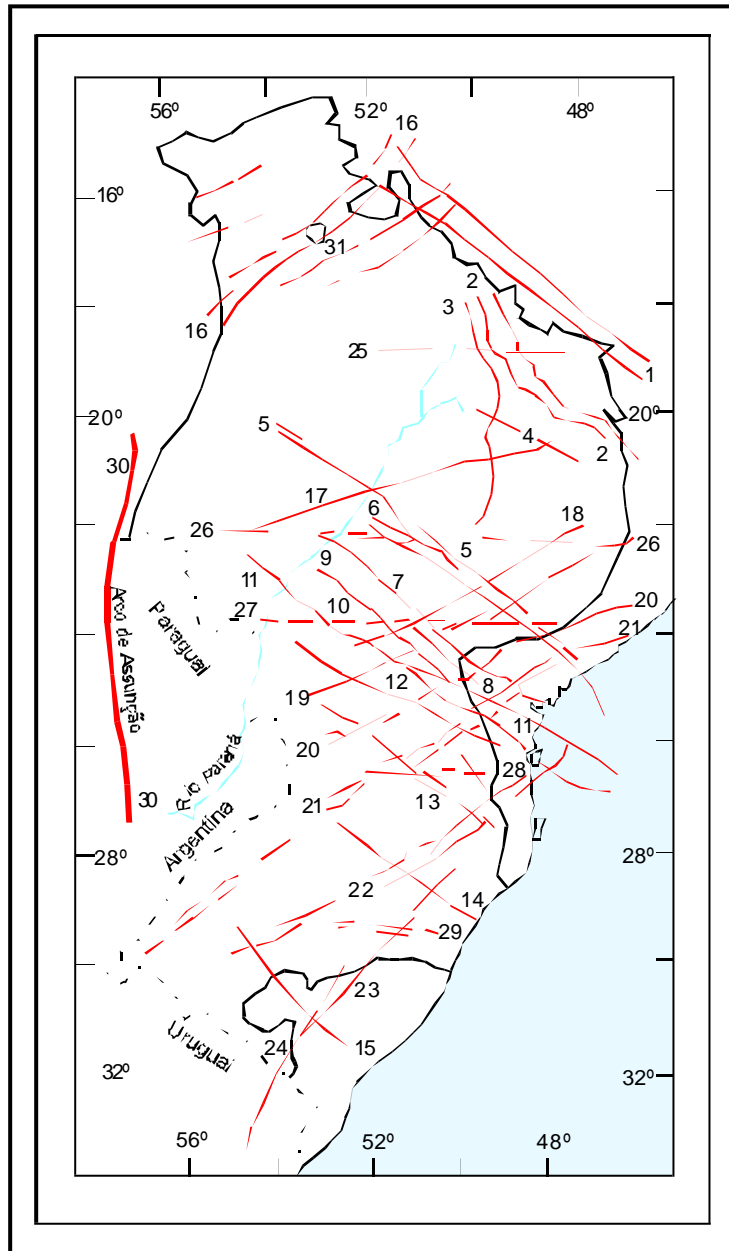


Figura 4.10-Mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná.

Com direção NO: 1-Arcodo Alto Paranaíba; 2-Flexura de Goiânia; 3-Baixode l'piaçu; 4-Altodo Cardoso; 5-Zonada Falhadeguapiara; 6-Falhadegu Santo Anastácio; 7-Falhadegu São Jerônimo-Curiúva; 8-Arco de Pontagrossa; 9-Zonada Falha Curitiba-Maringá; 10 - Falhadegu Rio Alonzo; 11-Zonada Falha Cândido de Abreu-Campo Mourão; 12-Lineamento do Rio Piquiri; 13-Zonada Falha Caçador; 14-Sinclinal de Torres; 15-Arcodo Rio Grande. Com direção NE: 16 - Zona de Falha Transbrasiliiano; 17-Lineamento de Araçatuba; 18 - Falhadegu Guaxupé; 19-Falhadegu Jacutinga; 20-Zonada Falha Taxaquara; 21-Zonada Falha Lancinha-Cubatão; 22 - Zona de Falha Blumenau-Soledade; 23- Falhadegu Ieão; 24- Falha de Açotea. Com direção E-O: 25- Lineamento de Cassilândia; 26 - Linemento Moji-Guaçu-Dourados; 27-Lineamento de São Sebastião; 28-Lineamento de Taquara Verde; 29 -Lineamento de Bento Gonçalves. A única estrutura importante com direção N-S é o Arco de Assunção (30). Do modo Araguainha (31) (ZALÁN *et al.*, 1991).

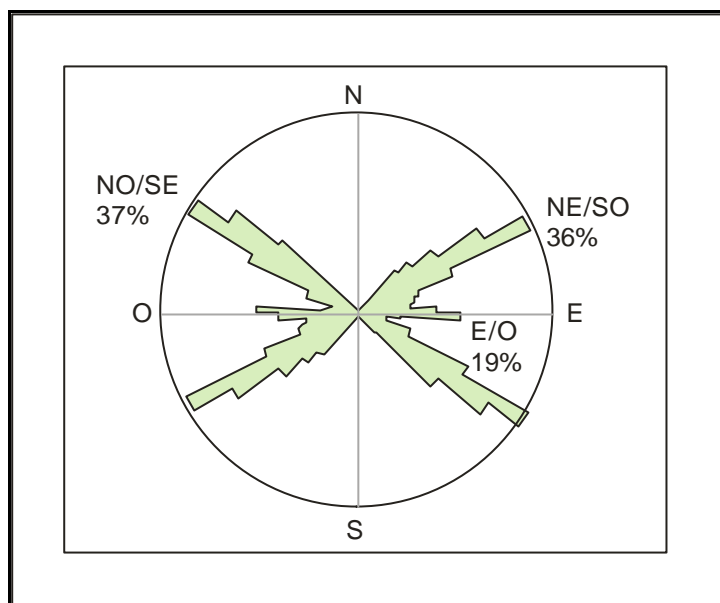


Figura 4.11 – Diagrama em roseta das extensões de lineamentos, obtidos a partir de levantamento aeromagnetométricos na bacia (ZALÁN *et al.*, 1991).

A Bacia do Paraná, em território brasileiro, implantou-se no Eosiluriano sobre a crosta continental do recém-formado Gondwana, ainda em processo de resfriamento e possível subsidência. O embasamento da bacia apresentava, então, um enorme número das mais variadas zonas de fraqueza, concentradas, de preferência, segundo duas direções principais:  $N45^{\circ} - 65^{\circ} W$  e  $N 50^{\circ} - 70^{\circ} E$ . Durante o paleozóico, estes lineamentos foram reativados, sendo que estas reativações representaram alívio de esforços intraplaca oriundos da margem convergente ocidental do Gondwana. A evolução mesozóica é fortemente influenciada pela ruptura do Gondwana e pela abertura do Atlântico Sul, em vez de movimentos orogênicos ocidentais. A fase Juro-Cretácica da erupção e intrusão de lavas representa a mais violenta fase tectônica da Bacia, época das mais importantes estruturações e criação de um terceiro “*trend*” estrutural de direção E-W. O peso das lavas foi, certamente, o causador da subsidência da bacia, permitindo desta forma a instalação da Bacia Bauru (ZALÁN *et al.*, 1991).

#### 4.6 - Evolução tectônica da Bacia Bauru

Coimbra e Fernandes (1994) e Fernandes (1998) consideram que o principal processo gerador de espaço físico de acumulação tenha sido a subsidência termo-mecânica que obedecendo à estruturação anterior do substrato (herança tectônica), constitui o estilo tectônico dominante, na formação e na evolução do preenchimento da bacia.

Fulfaro e Barcelos (1991, 1993) e Fulfaro *et al.* (1999) separam a seqüência suprabasáltica em duas bacias: Caiuá e Bauru, e o preenchimento destas ter-se-ia ocorrido sob controle eminentemente tectônico.

A reativação de estruturas marginais e os reflexos da orogenia Andina promoveram modificações posteriores (Neocretáceo-Paleoceno), de caráter dominante direcional (RICCOMINI, 1989, 1995).

Segundo Riccomini (1995, 1997), o tectonismo deformador da Bacia Bauru é de caráter rúptil, com o desenvolvimento de falhas e juntas de diferentes orientações. Embora admitindo a importância da subsidência termo-mecânica, RICCOMINI (1997) considerou que o fator principal responsável pela criação de acumulação na Bacia Bauru foi a atuação de esforços em um sistema binário dextral E-W, desde a fase tardia do magmatismo Serra Geral, que teria gerado deslocamentos estruturais regionais. Dois regimes transcorrentes (pós-sedimentares) na cobertura neocretácea são responsáveis pela geração de juntas e falhas. O primeiro caracteriza-se por  $\sigma_1$  E-W/horizontal,  $\sigma_2$  vertical e  $\sigma_3$  N-S/horizontal. O último, provavelmente associado a eventos neotectônicos, apresentou  $\sigma_1$  N-S /horizontal,  $\sigma_2$  vertical e  $\sigma_3$  E-W /horizontal.

Com a elevação e exposição da cobertura neocretácea, iniciou-se o ciclo erosivo em que foi elaborada a Superfície Sul-Americana (KING, 1956).

O grande sistema de drenagem instalado na segunda fase de evolução da Bacia Bauru apresenta notável semelhança de traçado com a rede de drenagem atual, representada pelos rios Paranaíba e Paraná, provavelmente correspondam ao deslocamento daquela rede originada no final do Cretáceo Superior, em resposta à elevação das bordas leste e nordeste. Modificações tectônicas regionais pós-cretáceas promoveram a reorganização parcial da rede de drenagem, realçando as direções WNW (FERNANDES, 1998).

Segundo Batezelli (2003) a Bacia Bauru localiza-se no sudeste brasileiro, ocupando uma área de aproximadamente 350.000 km<sup>2</sup>, abrangendo o oeste de São Paulo, nordeste do Mato Grosso do Sul, sudeste do Mato Grosso, sul de Goiás e oeste de Minas Gerais. Essa bacia desenvolveu-se durante o Cretáceo Superior a partir da superposição de processos tectônicos de abatimento sobre a porção centro-norte da Bacia do Paraná, decorrente dos efeitos da separação Brasil – África. Os limites atuais da bacia são erosivos e/ou tectônicos, a noroeste pela Antéclise de Rondonópolis (COIMBRA, 1991); a nordeste pelo Soerguimento do Alto Paranaíba (HASUI; HARALYI, 1991); a leste pelos alinhamentos do Rio Moji-Guaçú (COIMBRA *et al.*, 1981), São Carlos-Leme e Ibitinga-Botucatu (RICCOMINI, 1995); e a sul e sudeste pelo alinhamento do Paranapanema (FULFARO, 1974).

#### **4.7 - Evolução tectônica da região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba**

As regiões do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, no oeste de Minas Gerais, e porção adjacente de Goiás, foram palco de ativo tectonismo no Cretáceo, a que se relacionam movimentos ascensionais de parte desse trato, formação de bacias laterais, erosão, sedimentação, e magmatismos alcalino e kimberlítico,

relacionando-se com o desenvolvimento do Soerguimento do Alto do Paranaíba (SAP) (HASUI; HARALYI, 1991).

Almeida e Melo (1981), estudando as manifestações alcalinas mesozóico-cenozóicas do centro e sul do Brasil, observaram que estas ocorreram em duas fases distintas: a primeira no Jurássico Superior – Cretáceo Inferior (Neocomiano), contemporânea ao vulcanismo Serra Geral (pré-sedimentação da Bacia Bauru) e a segunda no intervalo Aptiano – Eoceno, com dois períodos de maior intensidade de eventos intrusivos: 87 – 80 Ma e 70 – 60 Ma, durante a deposição da seqüência neocretácea.

A disposição das unidades estratigráficas, com sobreposições sucessivas dos pacotes Paraná, Tubarão, Passa Dois e São Bento (Figura 4.12), todos eles capeando partes do embasamento pré-cambriano, disposição que indica avanços dos pacotes para NE e caracteriza a borda nordeste da Bacia do Paraná como uma zona de flexura de Goiânia (ALMEIDA *et al*, 1980; HASUI *et al*, 1975). A fácies Uberaba acumulou-se em uma depressão (Depressão de Uberaba – HASUI *et al*, 1975); o restante do pacote Bauru completou o preenchimento da mesma e avançou para noroeste, oeste e sul (Figura 4.12).

Os alinhamentos NW-SE são notáveis na distribuição do Grupo Bauru e da rede de drenagem regional, sendo que estas direções coincidem com as marcadas nas rochas do embasamento por processos tectônicos pré-cambrianos, o que leva a admitir a reativação de anisotropias antigas. Uma tal reativação no desenvolvimento da Bacia Bauru implica em tectônica extensional, com distensão NE-SW e formação de falhas principais, mergulhando para o quadrante SW, provavelmente compondo um leque lístrico (HASUI; HARALYI, 1991).

O conjunto litológico pré-cambriano foi penetrado por intrusões alcalinas, das chaminés de Tapira, Araxá, Salitre, Serra Negra, Catalão I e II, Pântano, São Gotardo (não aflorante) e outras menores, e por diatremas de kimberlitos, apontando regime distensivo e comportamento ascensional (Figuras 4.12 e 4.13).

A figura 4.14 mostra o mapa Bouguer simplificado da região, em que se destaca uma anomalia positiva da ordem de 15 mgal, subelíptica, salientando-se do gradiente regional, sendo que essa anomalia positiva corresponde ao Soerguimento do Alto Paranaíba e está relacionada com uma região de manto elevado (HASUI; HARALYI, 1991).

A figura 4.15 mostra os lineamentos magnéticos correspondentes a extensas descontinuidades, que têm orientações diversas, sendo as mais destacadas aquelas que formam um importante feixe NW-SE na região de Catalão. A intrusão das chaminés alcalinas e dos corpos de kimberlito está associado com esse feixe (HASUI; HARALYI, 1991).

A borda nordeste da Bacia do Paraná nos tempos de formação dos pacotes Paraná, Tubarão, Passa Dois e São Bento foi controlada por estruturas do embasamento, basicamente a Sutura de Itumbiara (figura 4.15) e o cinturão de cisalhamento associado (HASUI; HARALYI, 1991).

A Bacia do Paraná tem a borda nordeste marcada por pacotes de rochas cuja formação envolveu, no Paleozóico e início do Mesozóico, a atuação da Flexura de Goiânia, condicionada por anisotropias antigas do embasamento, com eixo deslocando para NE, e, no Cretáceo, por atividade de um sistema extensional envolvendo, ao que parece, distensão NE-SW e falhas principais NW-SE, reativando linhas de fraqueza do embasamento, a partir de uma área de espessamento crustal. A instabilidade do embasamento nessa região relaciona-se com a sutura de



Itumbiara e o cinturão de cisalhamento associado (de cavalgamento, com transcorrências associadas) (HASUI; HARALYI, 1991).

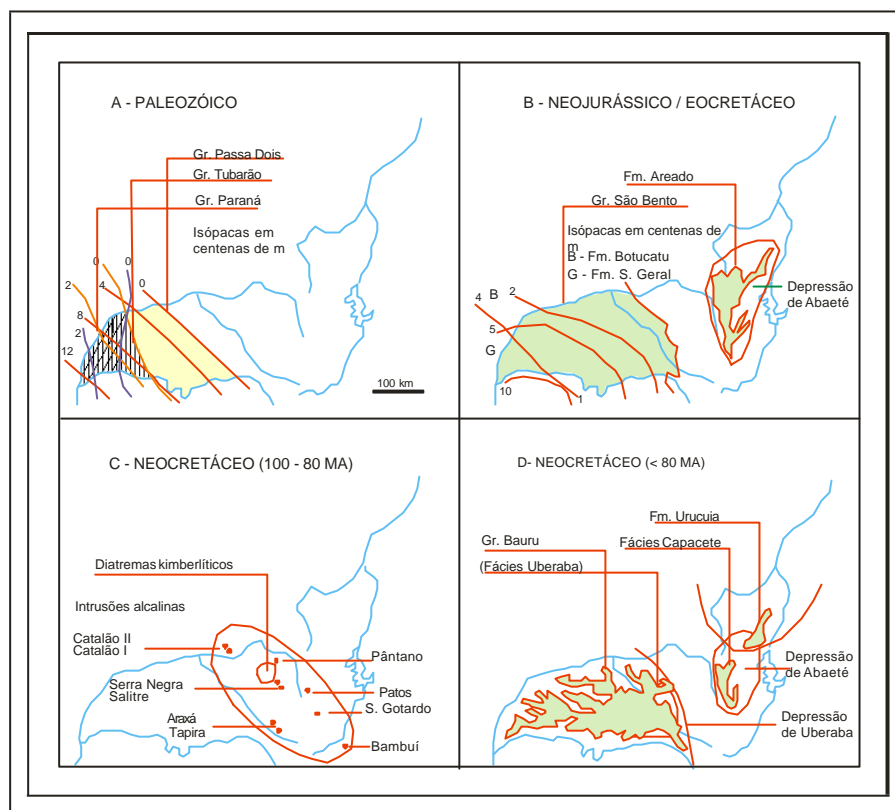


Figura 4.12 - Unidades litológicas e lito-estratigráficas do oeste mineiro (HASUI; HARALYI, 1991).

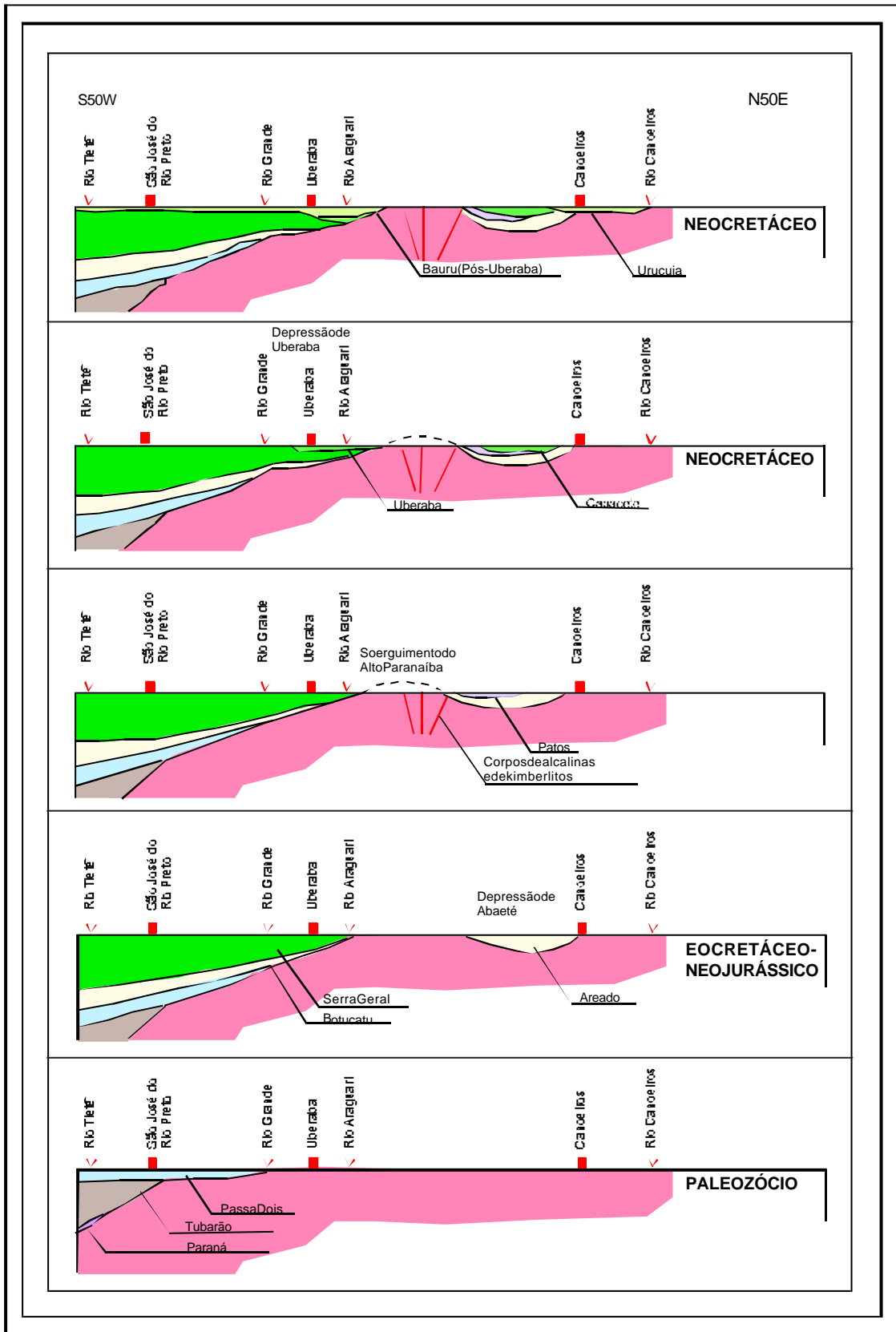


Figura 4.13-Evolução tectônica fanerozóica do oeste mineiro (HASUI; HARALYI, 1991).

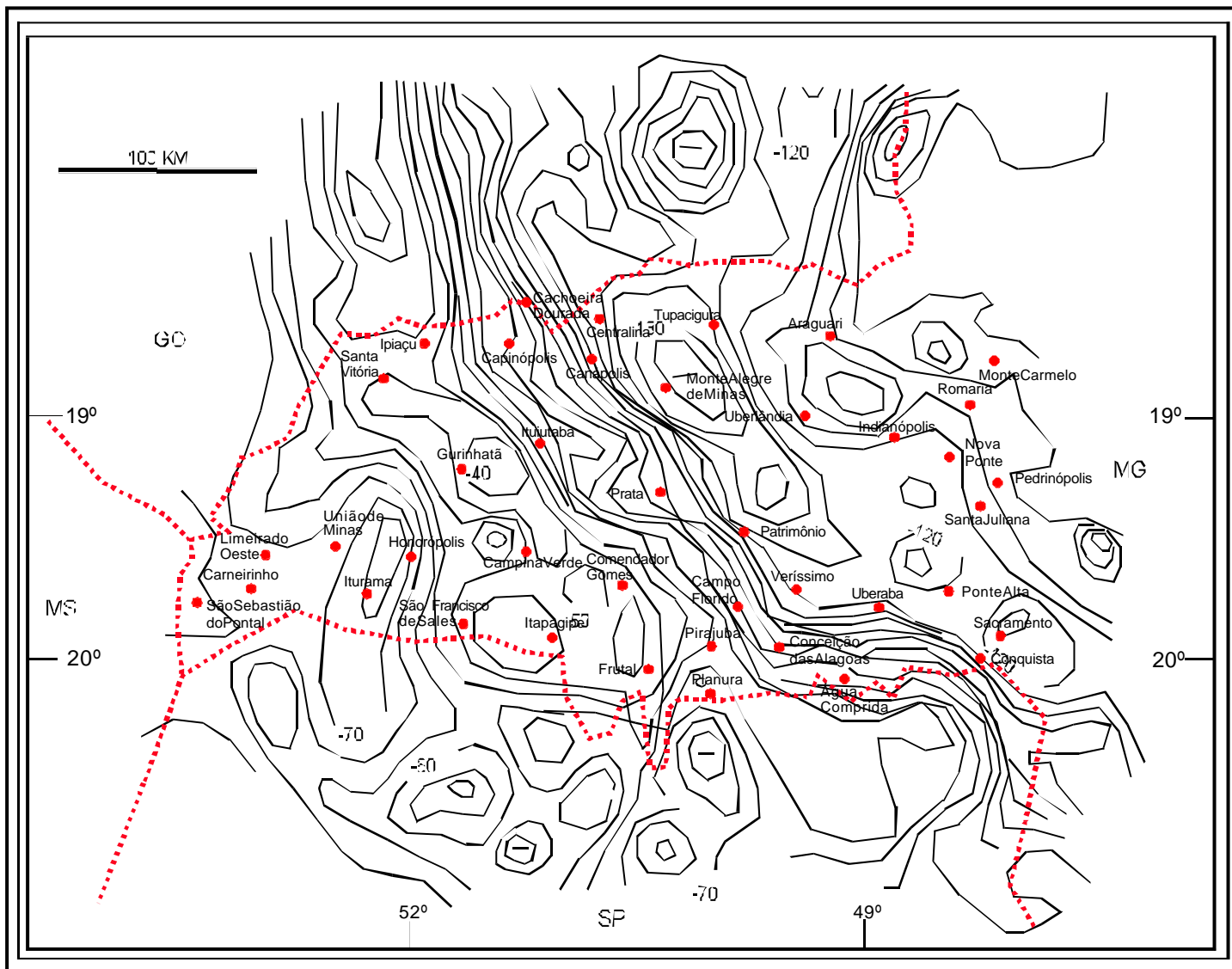


Figura 4.14 - Mapa de Anomalia Bouguers simplificado de Minas Gerais, curvas em miligals (Modificado de HASUI & HARALYI, 1991).

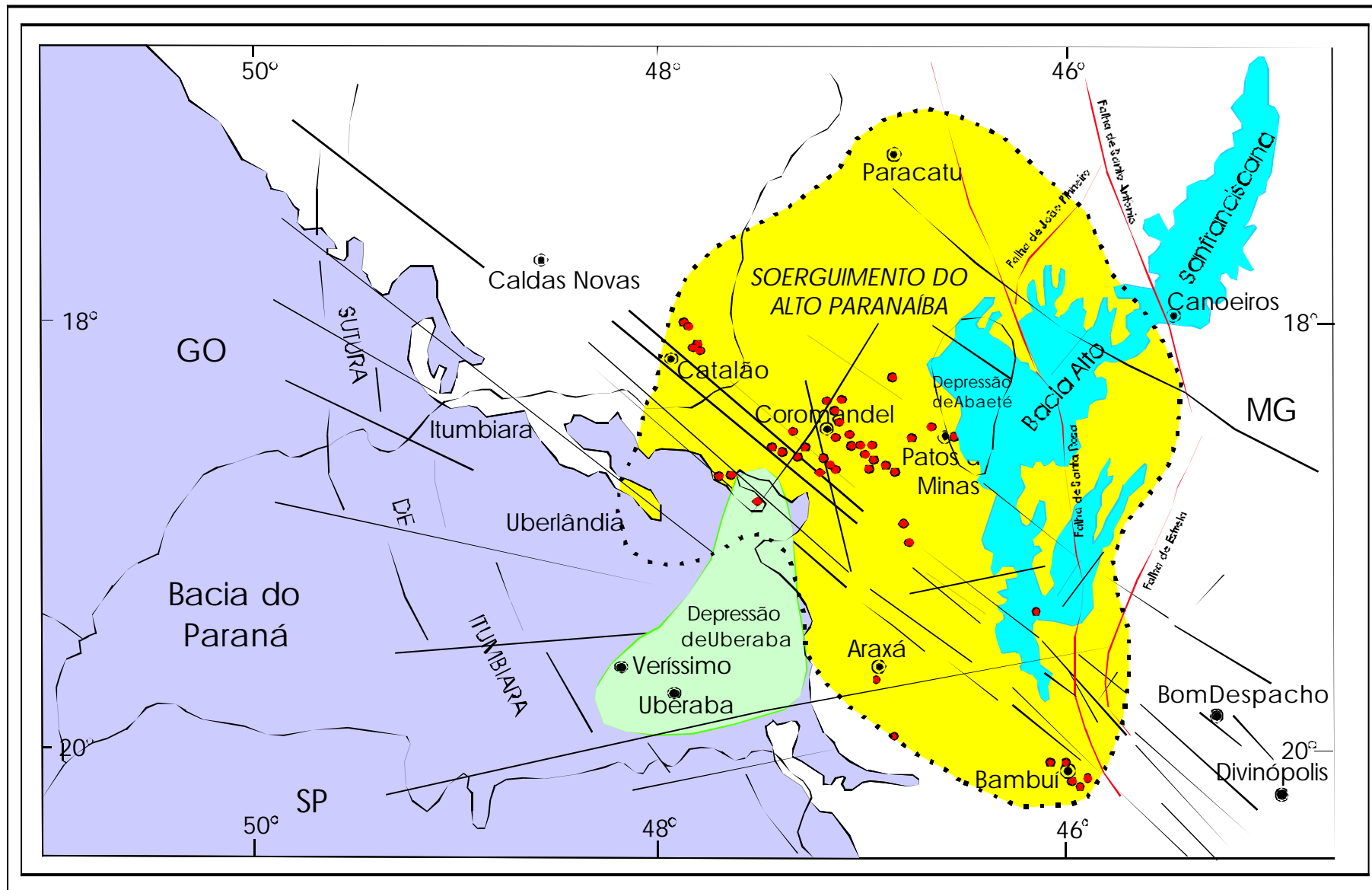


Figura 4.15 - Anomalias gravimétricas e magnetométricas do este mineiro (HASUI; HARALYI, 1991)

#### 4.8 - Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. & BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineração**, Rio de Janeiro, Boletim 143, 96 p, 1953.

ALMEIDA, F. F. M., MELO, M. S. de. **A Bacia do Paraná e o Vulcanismo Mesozóico**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981. v. 1, p. 46-81. (Publicação IPT, 1184).

ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., DAVINO, A.; HARALY, N. L. E. Informações Geofísicas sobre o Oeste Mineiro e seu Significado Geotectônico. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 49-60, 1980.

ALVES, J.M.P. **Petrologia e Diagênese do Membro Ponte Alta, Formação Marília, Cretáceo da Bacia do Paraná, na Região do Triângulo Mineiro**. 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro estudo preliminar. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5/6, p. 37 – 42, 1992.

BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. B. R. da. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. **Boletim DNPM**, Rio de Janeiro, n. 136, 1970.

BARBOSA, E. M. **Mapeamento Geológico da Porção Setentrional do Distrito de Ponte Alta, Uberaba – MG**. 1992. 54f. Trabalho (Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1992.

BARBOSA, E. M.; CASTRO, P. T. A. Sedimentação Cenozóica da Bacia do Paraná: Ocorrência no Triângulo Mineiro – MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7; SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/MG, 1993. p. 39-40.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução Paleogeográfica da Sedimentação do Grupo Bauru Baseada na sua Redefinição Estratigráfica Parcial em Território Paulista e no Estudo Preliminar Fora do Estado de São Paulo**. 1984. 190f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BARCELOS, J. H. Influência do Soerguimento do Alto Paranaíba na Sedimentação Pós-Basáltica na Área do Triângulo Mineiro (MG), Borda NNE da Bacia do Paraná. **Geociências**, São Paulo, v. 8, p. 38-54, 1989.

BARCELOS, J. H. Geologia regional e estratigrafia cretácica do Triângulo Mineiro. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 5 (9/10): 9-24, 1993.

BARCELOS, J. H.; SUGUIO, K. Correlação e Extensão das Unidades Litoestratigráficas do Grupo Bauru, Definidas em Território Paulista e nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. In SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, 1987, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro, SBG, 1987. v. 1, p. 313-321.

BARCELOS, J. H.; LANDIM, P.M.B.; SUGUIO, K. Análise Estratigráfica das Sequências Cretácicas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba. 1981. **Atas...** Curitiba: SBG, 1981. v. 2, p. 90-102.

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácica e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003. –f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Levantamento de recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia. Folha SE – 22/Goiânia, Rio de Janeiro, 1983. v. 31.

BERTINI, R. J.; GOBBO-RODRIGUES, S. R.; SANTUCCI, R. M. O Grupo Bauru e sua biocronologia. In: PALEO, 2000, São Paulo. **Resumos...**São Paulo: SBP, 2000. p.4.

COIMBRA, A. M. **Sistematização crítica da obra**. 1991, 54f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COIMBRA, A. M.; FERNANDES, L. A. Paleogeografia e considerações paleoecológicas sobre a Bacia Bauru (Cretáceo Superior do Brasil). In: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 6, 1994, Trelew. **Actas...**Trelew: APA, 1994. p. 85 – 90.

COIMBRA, A. M.; BRANDT NETO, M.; COUTINHO, J. M. V. Silicificação dos arenitos da Formação Bauru no estado de São Paulo. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 1980. São Paulo. **Coletânea de trabalhos e debates...** São Paulo: SBG, 1980. p. 103 - 111 (Publicação Especial, 7).

DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; CASTRO, J. C. de; MARANHÃO, M. da S. A. S.; SUÁREZ, J. M. & RODRIGUES, R. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. **Revue Paléobiol**, Genevé, v. 20, n. 1, p. 245 – 304, 2001.

FERNÁNDEZ, L. A. **a cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1992, 129f. Dissertação (de Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, L. A. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). In: WORKSHOP CIENTÍFICO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 1994, São Paulo. **Anais...**São Paulo:USP, 1994. p. 91.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216f. Tese (de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERRARI, P. G. Formação Nova Ponte, uma Entidade Terciária. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NÚCLEO BRASÍLIA, 1, 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1989. p. 105-109.

FERREIRA JR., P. D. **Modelo Depositional e Evolução Diagenética da Formação Uberaba, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná, na Região do Triângulo Mineiro.** 1996. 175f. Dissertação (de Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

FREITAS SILVA, F. H.; DARDENNE, M. A. Evolução estrutural das formações Paracatu e Vazante na região de Paracatu (MG). **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 45, n. 01/02, p. 57-59, 1992.

FULFARO, V. J. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. **Boletim IG-USP**, São Paulo, v 5, p. 129 – 38, 1974.

FULFARO, V. J.; BARCELOS, J.H. Grupo Fase rift na Bacia do Paraná: a Formação Caiuá. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, São Paulo. **Boletim...** São Paulo: SBG/SP, 1991. p. 85-87.

FULFARO, V. J.; BARCELOS, J.H. Fase rifte na Bacia Sedimentar do Paraná: a Formação Caiuá. **Geociências**, São Paulo, v.12, n. 1, p: 33 –45, 1993.

FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. A Bacia Bauru; estado da arte. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996, Águas de São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1996. p. 297-303.

FULFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; PERINOTTO, J. A. J & SAAD, A. R. Bacia Caiuá: uma nova Bacia Cretácea na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL; 1<sup>er</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 5, 1999, Serra Negra. **Boletim...** Serra Negra:UNESP, 1999. p. 439 - 442.

GARRIDO, A. E.; FERREIRA, A. M. & GARCIA, A. J. V. Estratigrafia e sedimentologia do Grupo Bauru em Peirópolis, Município de Uberaba, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, Ouro Preto, 1991. **Atas...**Ouro Preto.

GOBBO-RODRIGUES, S. R.; SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. Considerações sobre a idade da Formação Marília (Grupo Bauru, Cretáceo Superior) na região de Peirópolis, estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim...**Rio Branco:SBP, 2001. p.48.

GOLDBERG, K. **Reconstituição paleoambiental do cretáceo continental brasileiro na região do Triângulo Mineiro.** 1995, 181f. Dissertação (de Mestrado) - Universidade Vale dos Sinos, São Leopoldo.

GOLDBERG, K.; GARCIA, A. J. V. Paleobiogeography of the Bauru Group. A dinosaur-bearing Cretaceous Unit, Northeastern Paraná Basin, Brazil. **Cretaceous Research**, Londres, v.21, p. 241 – 254, 2000.

HASUI, Y. **Geologia das Formações Cretáceas do Oeste de Minas Gerais. São Paulo.** 1967. 87f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HASUI, Y. A Formação Uberaba In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1968. p. 167-179.

HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E. Aspectos Lito-estruturais e Geofísicos do Soerguimento do Alto Paranaíba. **Geociências**, São Paulo, v.10, p. 67-77, 1991.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147 – 265, 1956.

LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; BATEZELLI, A.; CORSI, A. C **A Bacia Bauru no Triângulo Mineiro (MG):** análise da Bacia como proposta de uma nova estratégia exploratória para recursos minerais e hídricos.Universidade Estadual Paulista, 2002. Relatório FAPESP N° 99/00323-5.

MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, v. 51,p. 1 – 163, 1974.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69 – 82, 1994.

PACCA, G. ; MONTES-LAUAR, C. R. Possível correlação de episódios magmáticos da bacia do Paraná do Jurássico ao Cretáceo Superior. In; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997, Penedo. **Atas...** Penedo: SBG - Núcleo Rio de Janeiro, Espírito Santos e São Paulo, 1997. p. 83 – 85.

RIBEIRO, D. T. P. **Diagênese e Petrografia das Rochas do Membro Serra da Galga, Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na Região de Uberaba, MG. Ouro Preto (MG).** 1997. 108f. Dissertação (de Mestrado) - Universidades Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil.** 1989. 304f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RICCOMINI, C. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondwanicos da porção centro-oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas.** 1995. 100f. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RICCOMINI, C. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.27, n. 2, p.153 – 62, 1997.

SANTUCCI, R. M. **Revisão dos titanosauridae (Saurischia, sauropoda) do cretaceo superior continental da Bacia Bauru.** 2002. 179f. Dissertação (de



Mestrado em Geociências – Área de Concentração em Geologia regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. Ocorrência de vértebras caudais bicôncavas e biconvexas em titanossauros do Grupo Bauru (Peirópolis – Minas Gerais) e possibilidades de correlação em depósitos isócronos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim...**Rio Branco:SBP, 2001. p.142.

SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. Distribuição estratigráfica dos titanossauros do Grupo Bauru, cretáceo Superior continental do sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL ; 2<sup>DO</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR., 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** São Pedro: UNESP, 2002. p. 323 – 327.

SIQUEIRA, C. A.; ROSA, R. Mapeamento digital dos aspectos físicos da mesoregião do Triângulo Mineiro, através dos softwares Autocadr12 e Grass 4.0. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 10, n. 19, p. 93-114, 1998.

SOARES P. C. Estratigrafia das formações Jurássico-Cretáceas na Bacia do Paraná, Brasil. In: COMITÉ SUDAMERICANO DEL JURRÁSSICO Y CRETÁCEO: CUENCAS SEDIMENTARES DEL JURÁSSICO Y CRETÁCICO DE AMERICA DEL SUR, 1981, Buenos Aires. **Anais...**Buenos Aires: AGA, v. 1, p. 271 – 304.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 177 – 185, 1980.

SUGUIO, K. Fatores Paleoambientais e Paleoclimáticos, e Subdivisão Estratigráfica do Grupo Bauru - In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 1980, São Paulo. **Coletânea de trabalhos e debates...** São Paulo: SBG,1980. p. 15-30 (Publicação Especial, 7).

SUGUIO, K.; SVISERO, D. P.; FELITTI FILHO, W. Conglomerados olímíticos diamantíferos de idade cretácica de Romaria (MG): um exemplo de sedimentação de leques aluviais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, 1979, Rio Claro. **Atas...**Rio Claro, SBG, v. 1, 1979. p. 217 – 229.

TAMRAT, E.; ERNESTO, M.; FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; BATEZELLI, A.; OLIVEIRA, A. F. Magnetoestratigrafia das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) no Triângulo Mineiro (MG). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL; 2<sup>DO</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR., 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** São Pedro:UNESP, 2002. p. 323 – 327.

ZALÁN, P. V.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; ZANOTTO, O. A.; PAUMER, M. L.; MARQUES, A. **Análise da bacia do Paraná**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1986. 5 v. DEPEX/CENPES n<sup>o</sup> 1035/5765.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; MARQUE, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G. P. & MILANI, E. J. (Coord.). **Origem e Evolução das bacias sedimentares**. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1991. p. 135-168.

---

## CAPÍTULO 5 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

---

### 5.1 – Análise Vetorial

A análise vetorial baseia-se no estudo detalhado dos lineamentos e da rede de drenagem, visando estabelecer as linhas gerais do arcabouço geológico estrutural.

Northleet *et al.* (1971) efetuaram estudos reais e simulados de análise de tendência em áreas tectonicamente perturbadas de caráter positivo e negativo do Recôncavo Baiano, com o objetivo de reconhecer feições estruturais favoráveis à presença de petróleo a partir do estudo de fraturas por fotointerpretação.

Castro (1978), baseando-se em trabalhos de Moraes Rego (1945) e Almeida e Barbosa (1953), realizou estudos na “estrutura do Pau D’Alho” (região de Piracicaba). Seu objetivo foi, com o auxílio da interpretação geológica e da geotectônica, conhecer os mecanismos responsáveis pela formação da estrutura, o tipo de estrutura presente e as relações provavelmente existentes entre ela e outras semelhantes ocorrentes no Estado de São Paulo. Para tanto, utilizou perfis geológicos e mapeamento através de levantamento fotogeológico, com controle de campo, mostrando a estratigrafia local e perturbações tectônicas ocorrentes na área estudada. Simultaneamente, foi efetuado um levantamento de fraturas observáveis em fotos aéreas e, com ajuda de métodos estatísticos, verificou-se os resultados de em campo através de perfis geológicos. Também constatou as interações entre a estrutura e as rochas circunvizinhas, pelo estudo das modificações ocorridas nos padrões normais de fraturamento que ocorrem na crosta terrestre em região coberta por rochas sedimentares. Os melhores resultados foram obtidos com a análise de

tendência vetorial, pela qual se consegue detectar anomalias dentro de uma tendência regional espacial de comportamento de um elemento geológico qualquer, que seja de natureza direcional. Concluiu, então, ser a “estrutura do Pau D’Alho” um alto estrutural formado por falhas normais, de movimentos verticais e rotacionais, em que os blocos foram adernados, sendo a principal causa de sua formação um sistema de falhas de direção NW.

Landim *et al.* (1984), considerando ainda haver dificuldades com relação à interpretação dos resultados obtidos quanto ao significado do condicionamento estrutural sobre padrões considerados anômalos, analisaram o comportamento de possíveis feições morfoestruturais existentes no Planalto Ocidental Paulista, em terrenos constituídos por rochas do Grupo Bauru, as quais têm como embasamento os basaltos da Formação Serra Geral. Para isso, utilizaram o método analítico da superfície de tendência, o qual mostrou zonas com anomalias negativas e positivas, as quais foram interpretadas respectivamente como baixos e altos estruturais. Com o auxílio de imagens de satélite, puderam caracterizar os padrões de drenagem existentes acima destas zonas anômalas. A análise de superfícies de tendência propiciou a localização de altos e baixos estruturais em subsuperfície e a análise morfoestrutural efetuada demonstrou que os altos condicionariam, em superfície, estruturas morfológicas radiais e circulares, as quais constituiriam verdadeiras morfoestruturas.

Baldissera (2001) aplicou a análise de superfície de tendência a dados vetoriais de fraturamento na região do Domo de Pitanga (SP), verificando que tal metodologia pode ser uma ferramenta com potencial geomorfológico, melhorando a análise e interpretação dos resultados obtidos. A análise dos dados mostrou para a área do Domo de Pitanga uma tendência, em sentido NE-SW, concordando (de

maneira geral) com os principais sistemas de falhas ocorrentes na área, como o Passa Cinco-Cabeças, por exemplo. Verificou também o predomínio de variações angulares, para esta direção preferencial dos lineamentos, entre 76° e 92° N-S. Obtendo desta forma o mapa de resíduos para a superfície de tendência de primeiro grau, onde, os valores residuais positivos indicam áreas de baixos estruturais, onde a coluna estratigráfica da região apresenta-se preservada. Por outro lado, os valores residuais negativos delimitariam as áreas de altos estruturais, ou seja, áreas onde formações litológicas mais antigas afloram ao lado daquelas mais jovens, segundo a coluna estratigráfica da área. Isso pode ser tomado como um indicativo de atividade tectônica e neotectônica mais intensa, onde houve soerguimento e rebaixamento de blocos rochosos, inclusive conformando feições de *horst* e *graben* para a área. Além disso, confirmou-se à interferência (relação) dos sistemas de falhas, e lineamentos associados às mesmas, no que diz respeito às feições da rede de drenagem e relevo (morfoestruturas).

### 5.1.1 – Análise Vetorial da Região do Triângulo Mineiro

A análise vetorial consistiu da extração dos lineamentos de drenagem para a área de estudo, seguido de digitalização dos mesmos no programa Autocad.

Como pode ser observado no mapa de superfície de tendência de primeira ordem (Figura 5.1 A), ocorre uma nítida tendência no sentido NE-SW, com variações angulares entre 72° e 84°.

O mapa de resíduos da superfície de primeiro grau (Figura 5.1 B) apresenta-se condizente com o resultado obtido na seção estrutural de subsuperfície (Figura 5.4). Desta forma, onde os resíduos possuem valores negativos, observam-se altos

estruturais e, ao contrário, onde os resíduos são positivos, identificam-se baixos estruturais (CORSI *et al.*, 2002).

Neste mapa é possível distinguir dois altos estruturais, um na porção central da área e outro na porção leste (provavelmente refletindo o “Alto do Paranaíba”). O alto na porção central (Sutura de Itumbiara) separa dois baixos estruturais, individualizando duas depressões: Gurinhatã e Uberaba (Figura 5.2 e 5.1 C). A Depressão de Uberaba situa-se entre o Soerguimento do Alto Paranaíba e a Sutura de Itumbiara, enquanto que a Depressão de Gurinhatã é balizada por esta sutura e a Sutura Crustal de Três Lagoas (Figura 5.4 e 5.1 C). Essas depressões maiores podem encontrar-se compartimentadas internamente (CORSI *et al.*, 2002).

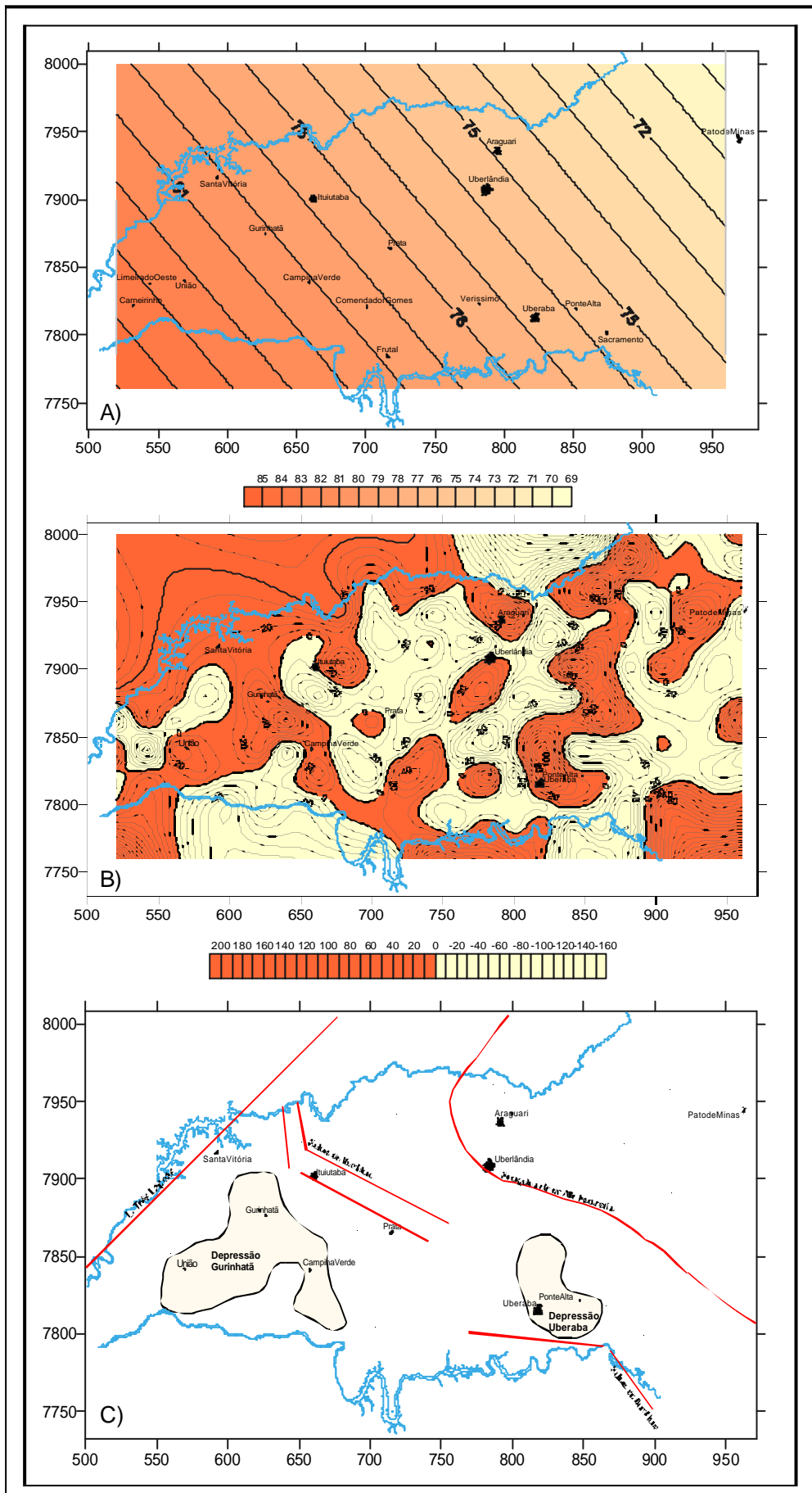


Figura 5.1 - A) Superfície de tendência de primeiro grau para os valores angulares de vertormédio, evidenciando a tendência de NE para SW; B) Mapa de resíduos da superfície de tendência (Figura 5.2A), ressaltando os blocos estruturais: alto (em amarelo) e baixo (em laranja); e C) Esquema mostrando as depressões individualizadas pelo método da análise vetorial.

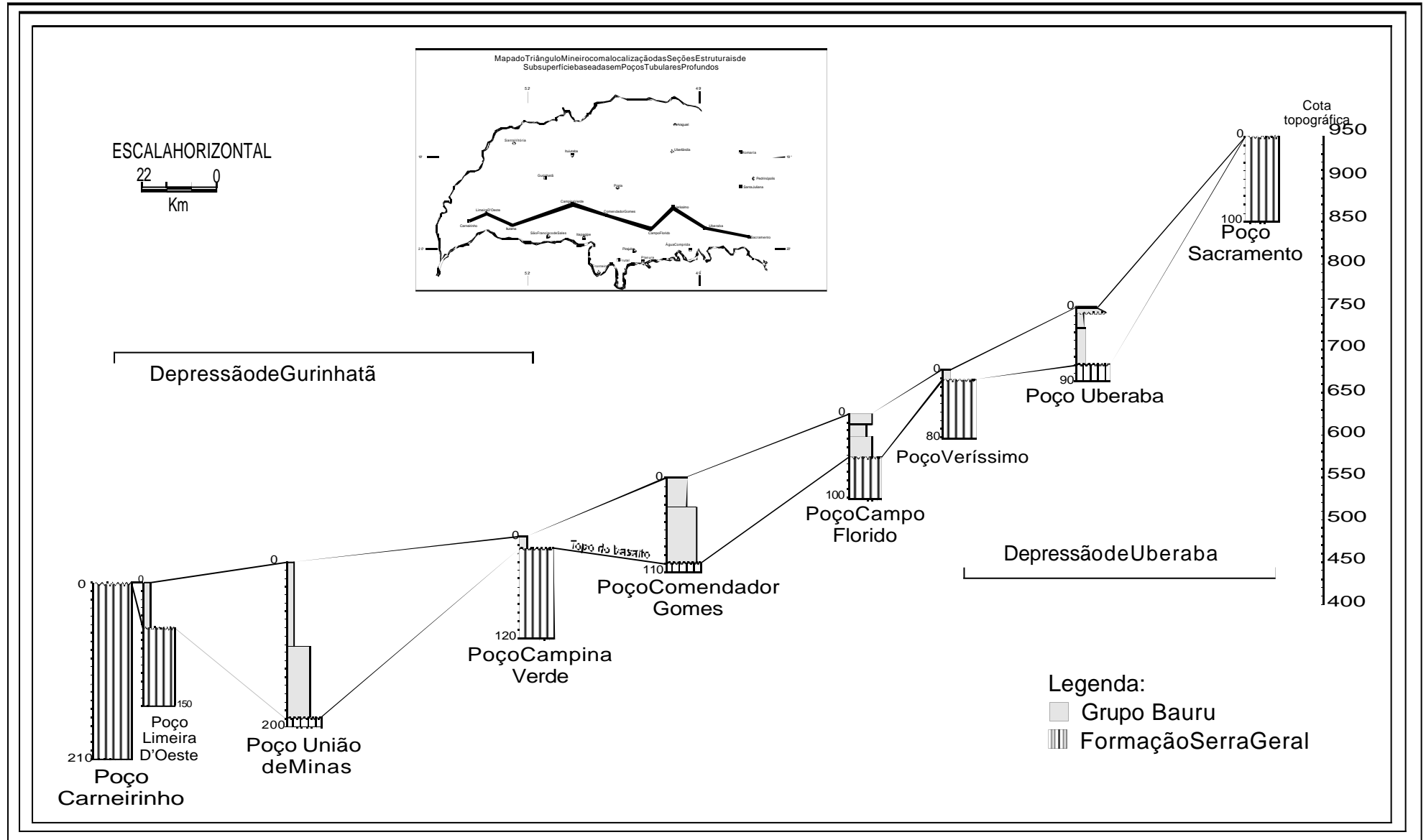


Figura 5.2-Seção estrutural de subsuperfície Carneirinho- Sacramento (Direção E - W) ( LANDIM *et al.*, 2002).



## 5.2 – Compartimentação Topográfica

A metodologia adotada para a compartimentação topográfica foi proposta por Meis *et al.* (1982) para a “Bacia do Médio-Baixo Paraíba do Sul”, onde consideram que as variações lito-estruturais e/ou tectônicas refletem no desnivelamento altimétrico, ou seja, no grau de encaixamento fluvial ou entalhamento erosivo das encostas.

Além desta metodologia, utilizou-se um conjunto de outras ferramentas para auxiliar na delimitação dos compartimentos topográficos, ou seja, mapa hipsométrico (Figura 5.3), modelo digital de terreno (Figuras 5.4, 5.5), perfis topográficos (Figuras 5.6, 5.7 e 5.8) e mapa de declividade (Figura 5.9).

O mapa de declividade foi calculado no Programa Surfer 8, a partir dos dados altimétricos da região. As curvas de nível foram digitalizadas no programa Autocad 2000 e com a utilização do comando *Elev* receberam os respectivos valores de elevação. Este arquivo é transformado para o formato *Dat*, e no Surfer calcula-se o Grid utilizando o interpolador IQD (Inverso do Quadrado da Distância), posteriormente, utiliza-se à função *Calculus* (GRID), para obtenção do mapa de declividade.

No mapa hipsométrico (Figura 5.3) é possível verificar o aumento das cotas altimétricas de oeste para leste, ou seja, as cotas variam de 350 m (a oeste) a 1300 m (a leste). Além disso, é possível observar as cotas topográficas mais baixas ocorrem ao longo dos rios Paranaíba e Grande (350 a 450 m). No vale do rio Araguari é possível visualizar a variação altimétrica ao longo do canal, sendo esta de 500 a 1100 m, refletindo o forte entalhe da porção inferior da drenagem. Já na porção central da área a zona da Sutura de Itumbiara exerce um controle significativo na configuração do relevo, no alinhamento das serras e drenagens na

mesma direção. Na porção inferior da área, é nítido o controle do relevo na direção EW, dada pelo alinhamento do divisor dos rios Grande e Paranaíba nesta direção.

Esta variação altimétrica da região pode ser visualizada nas figuras 5.4, 5.6, 5.7 e 5.8.

A análise do modelo digital com a sobreposição das unidades litoestratigráficas mostra que as serras alinhadas na direção NW-SE são constituídas por rochas da Formação Marília e o extenso chapadão que ocorre na região de Araguari, Uberlândia e Uberaba, por rochas terciárias relacionadas com a Superfície Sul-Americana (Figura 5.5).

A compartimentação do relevo da área é relativamente simples, assim foram individualizados oito compartimentos (Figuras 5.10), cujas características encontram-se descritas no Quadro 5.1.

Os compartimentos 1, 2, 3 e 4 quando comparados com o mapa geomorfológico de Siqueira e Ferreira (1998) englobam as áreas de relevo pouco dissecado, dissecado e relevo residual de topo plano. O compartimento 5 relaciona-se com o relevo de chapada.

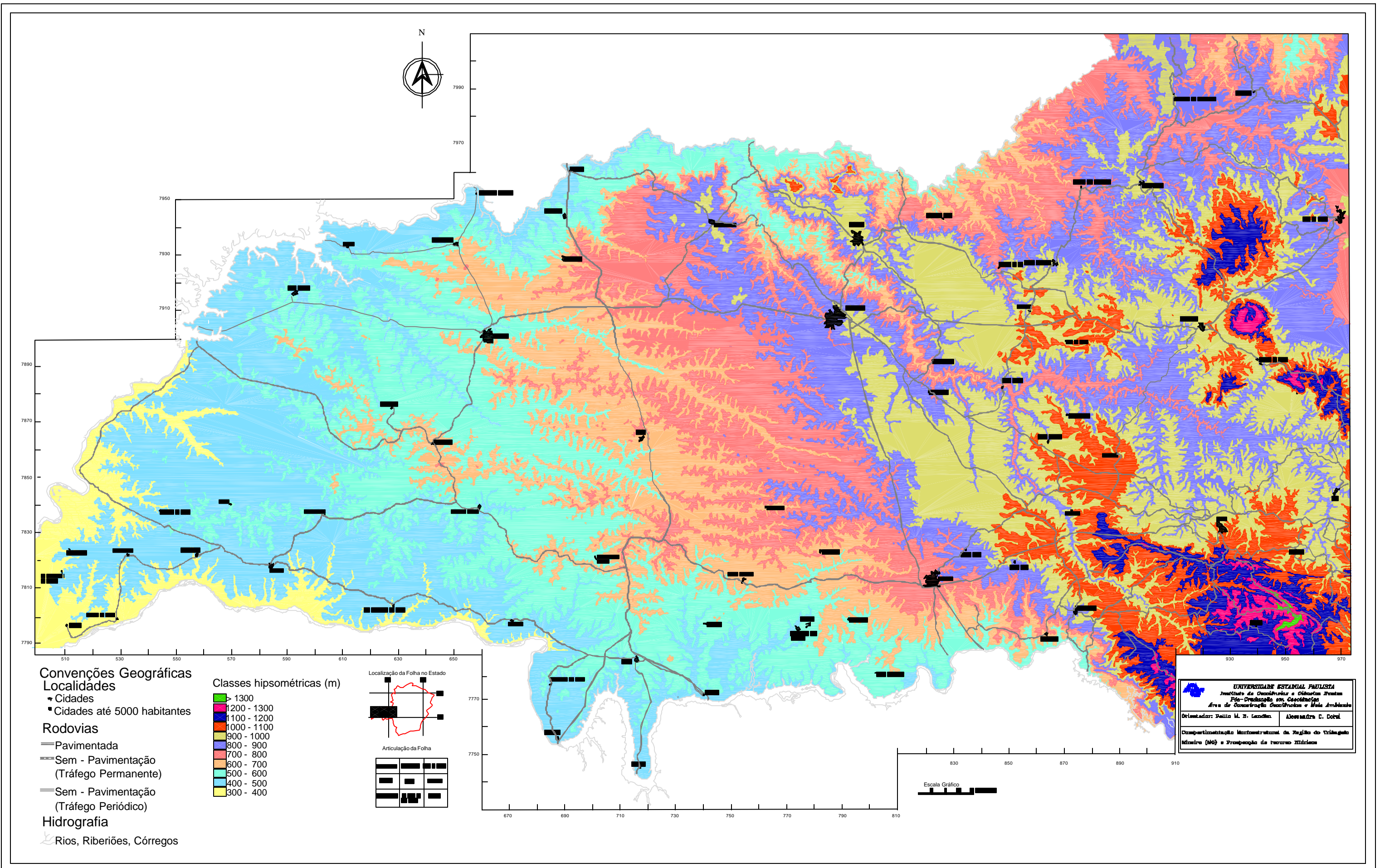


Figura 5.3 - Mapa hipsométrico da região do Triângulo Mineiro (MG).

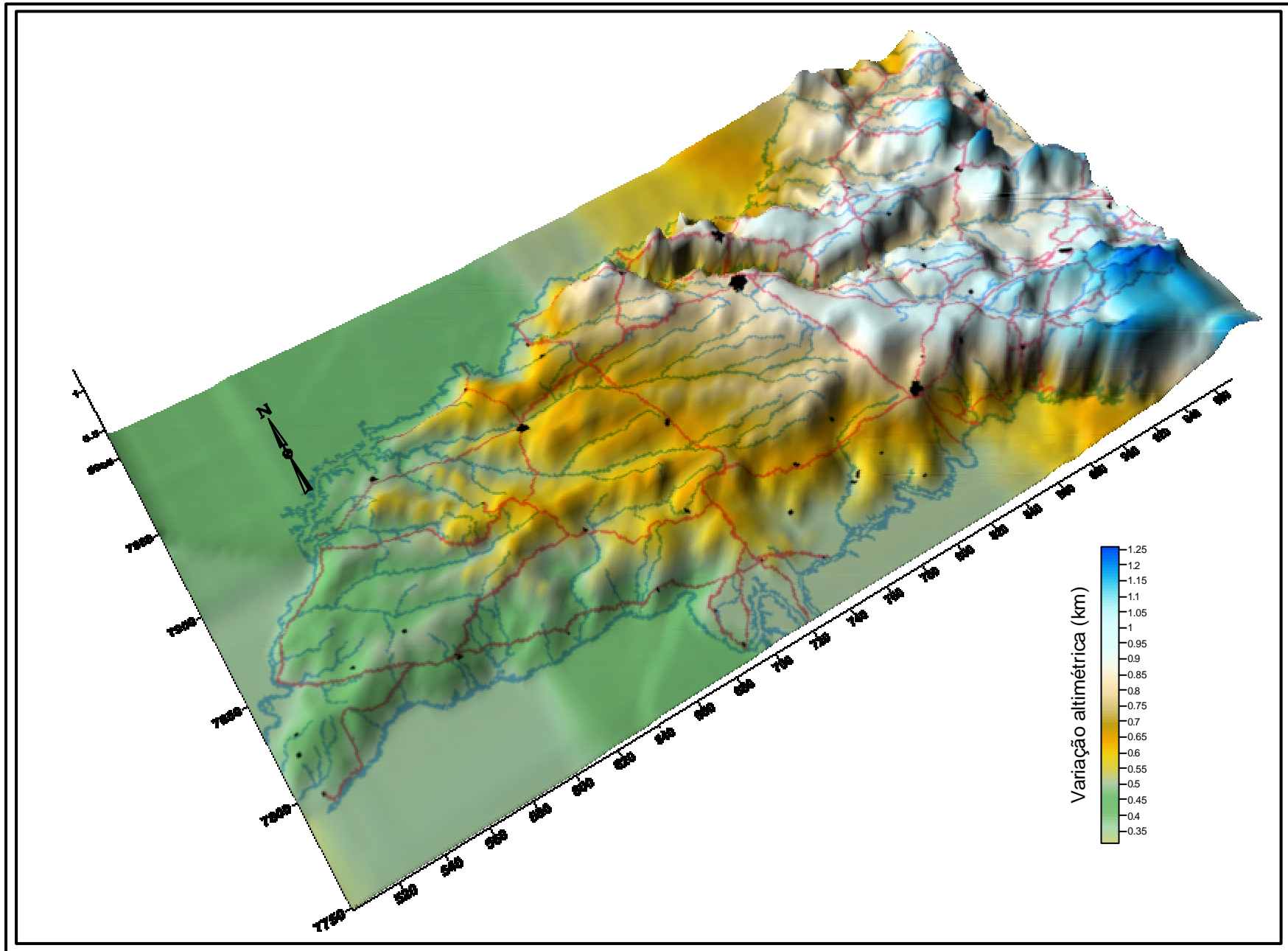


Figura 5.4 - Modelo digital do terreno, destacando a variação altimétrica da região do Triângulo Mineiro (MG) (Iluminação de NW para SE. Visada N33).

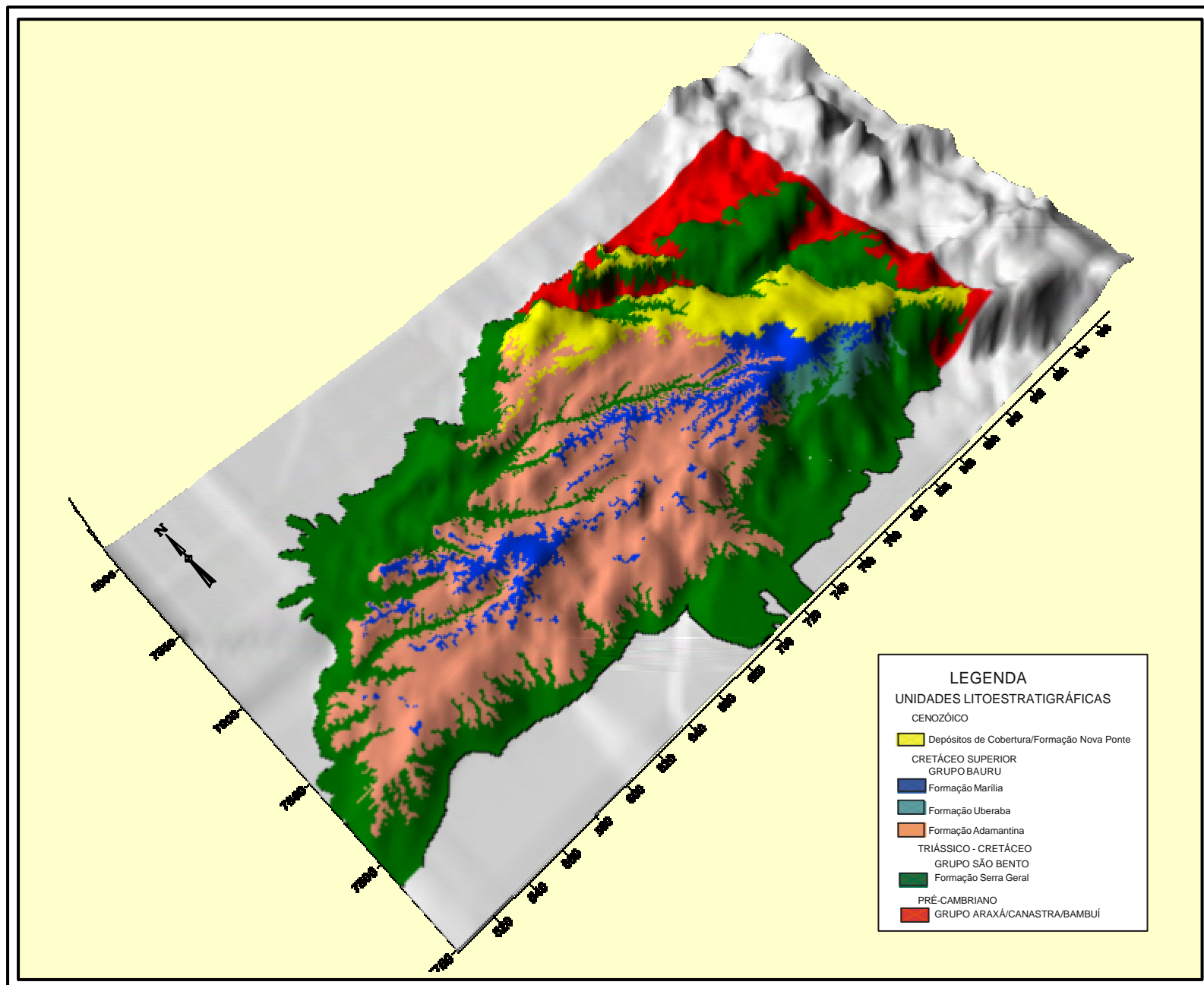


Figura 5.5 - Modelo digital com destaque às unidades litoestratigráficas aflorantes no Triângulo Mineiro (Iluminação de NW para SE. Visada N45).

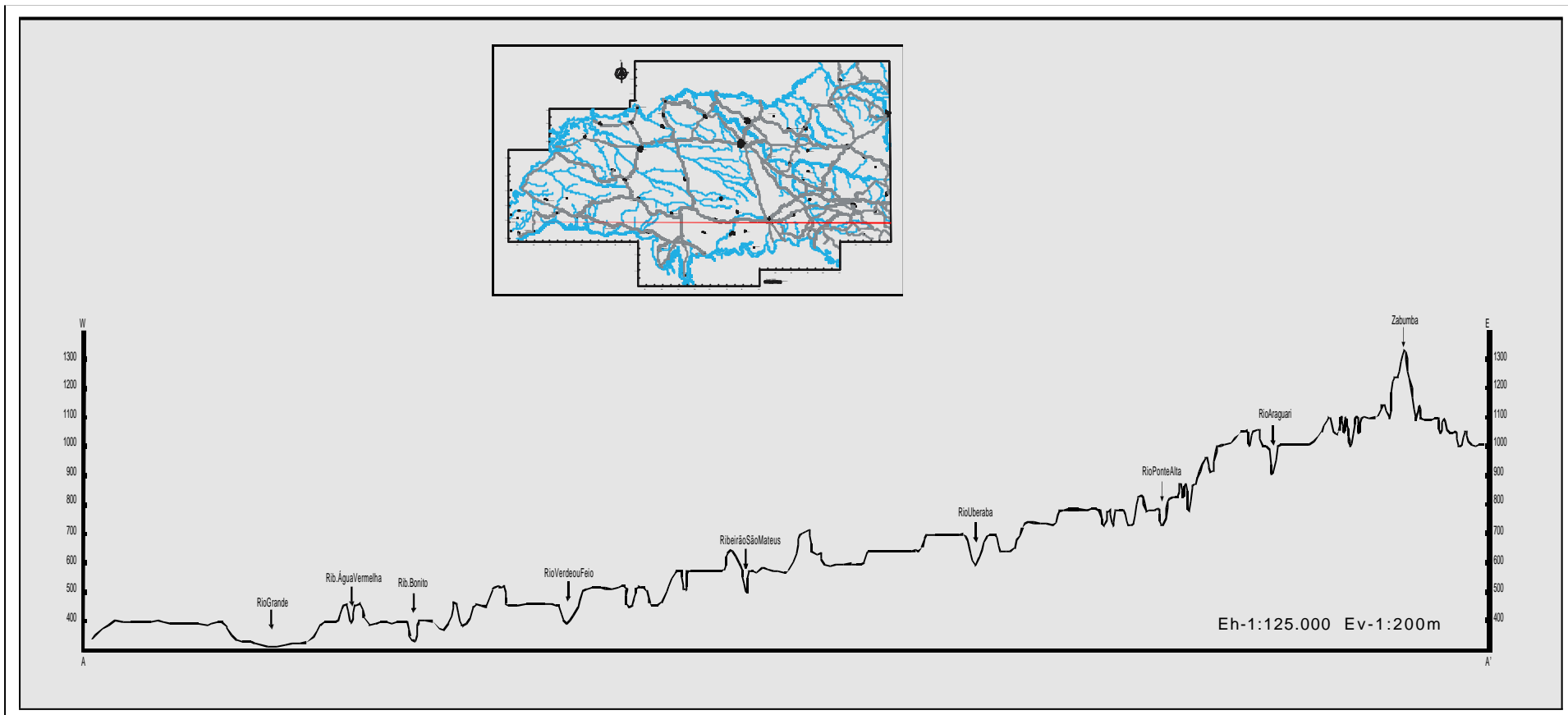


Figura 5.6 - Perfil topográfico de direção leste-oeste, evidenciando a variação altimétrica na região do Triângulo Mineiro (MG).

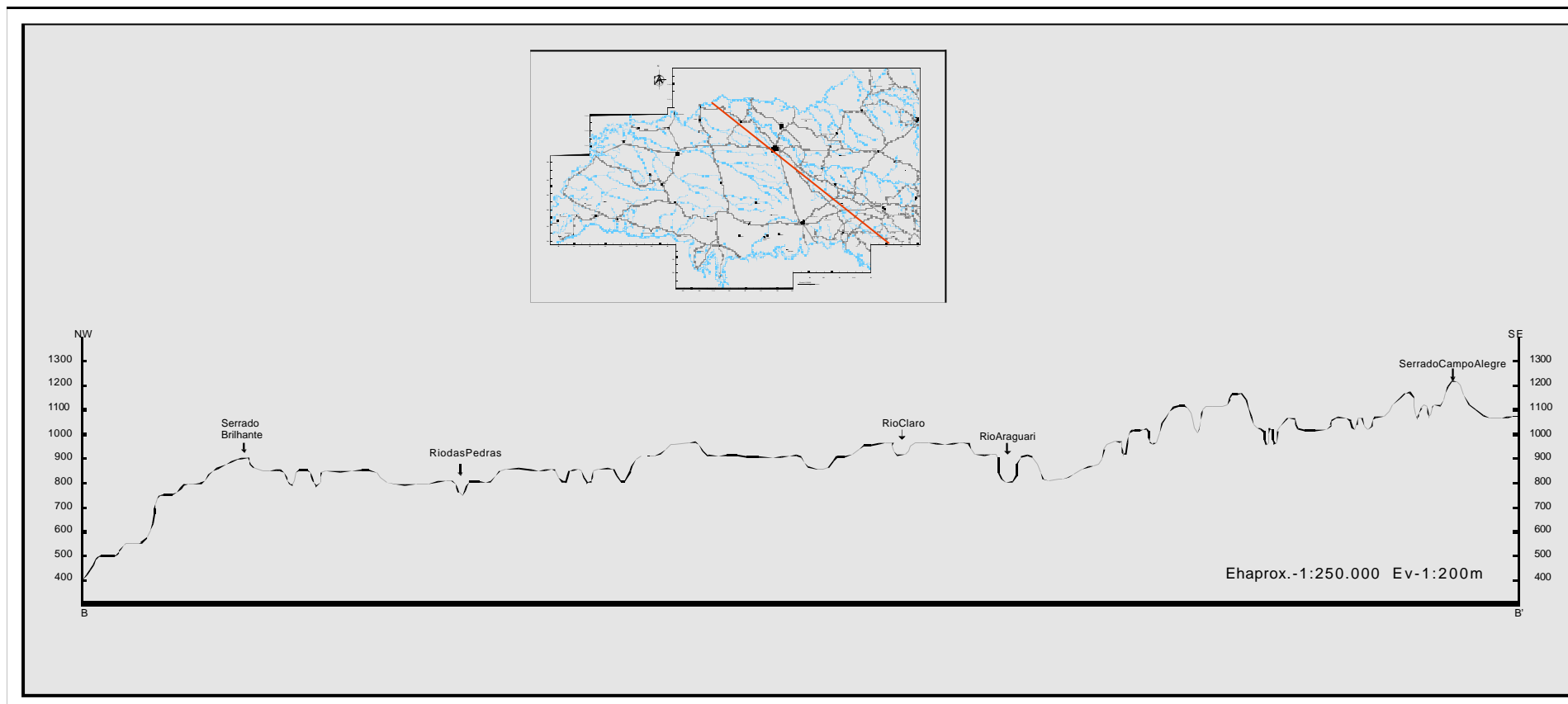


Figura 5.7 - Perfil topográfico de direção sudeste-noroeste, na região do Triângulo Mineiro (MG).

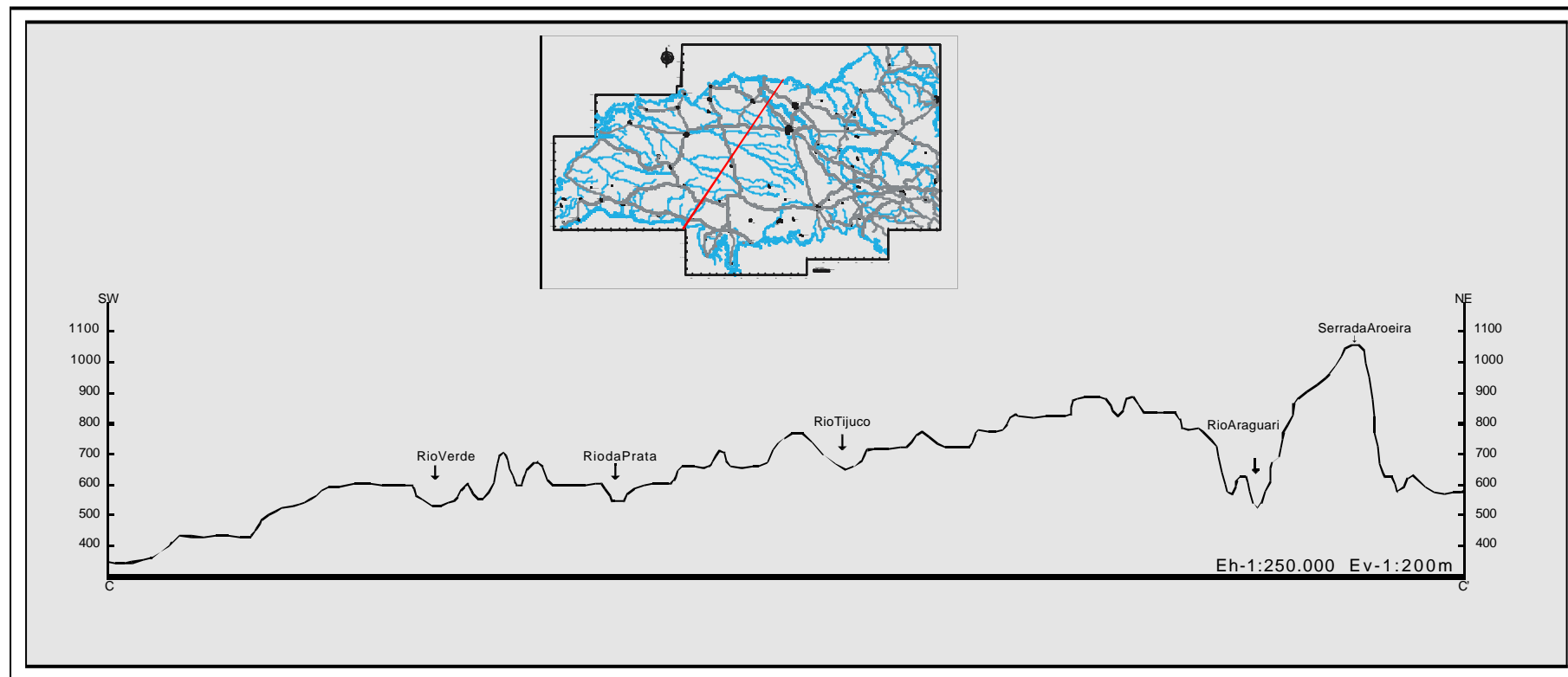


Figura 5.8-Perfil topográfico de direção sudoeste-nordeste na região do Triângulo Mineiro (MG).



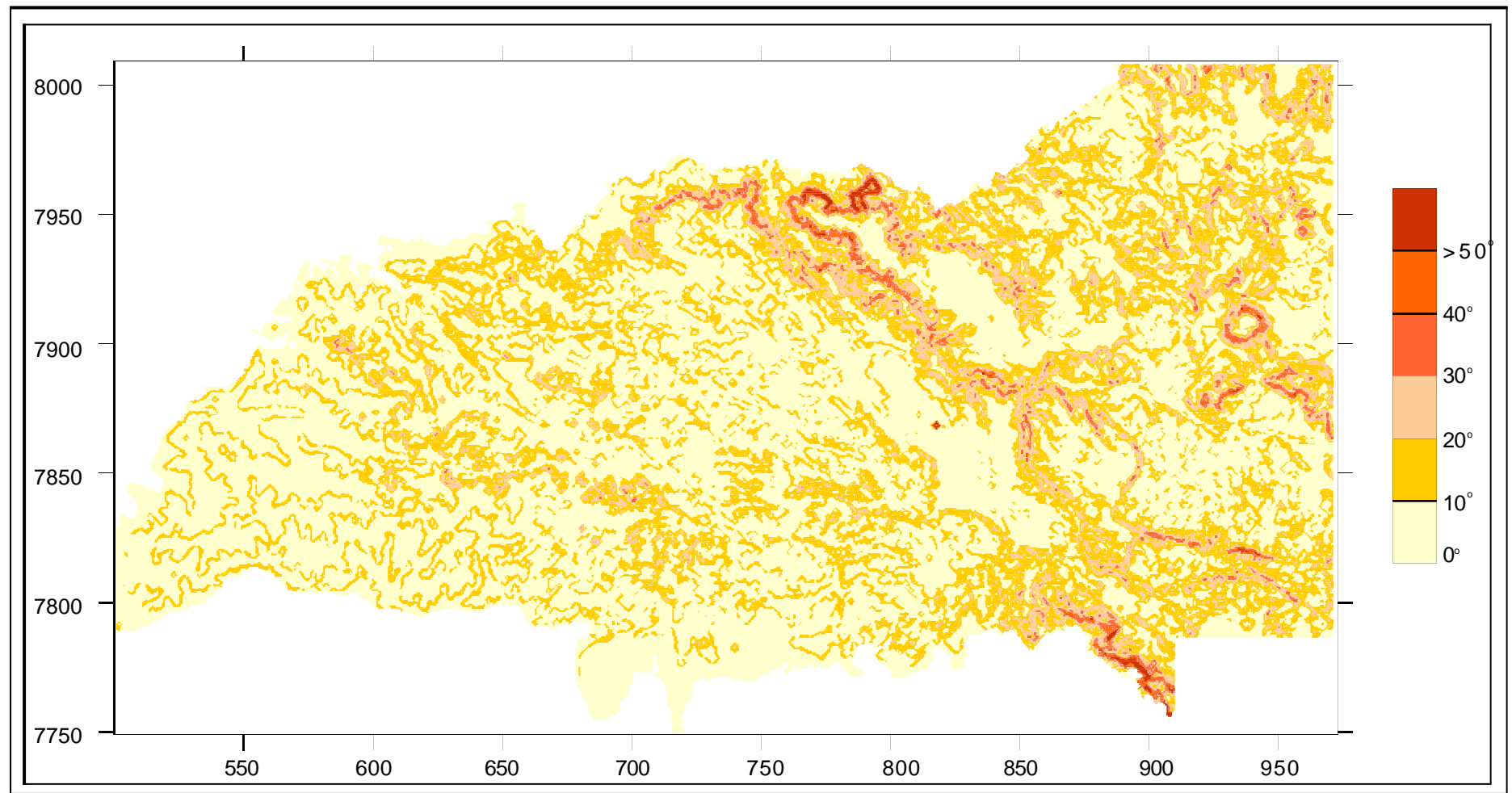


Figura 5.9 - Mapa de declividade da região do triângulo Mineiro (MG). Valores de declividade em graus.

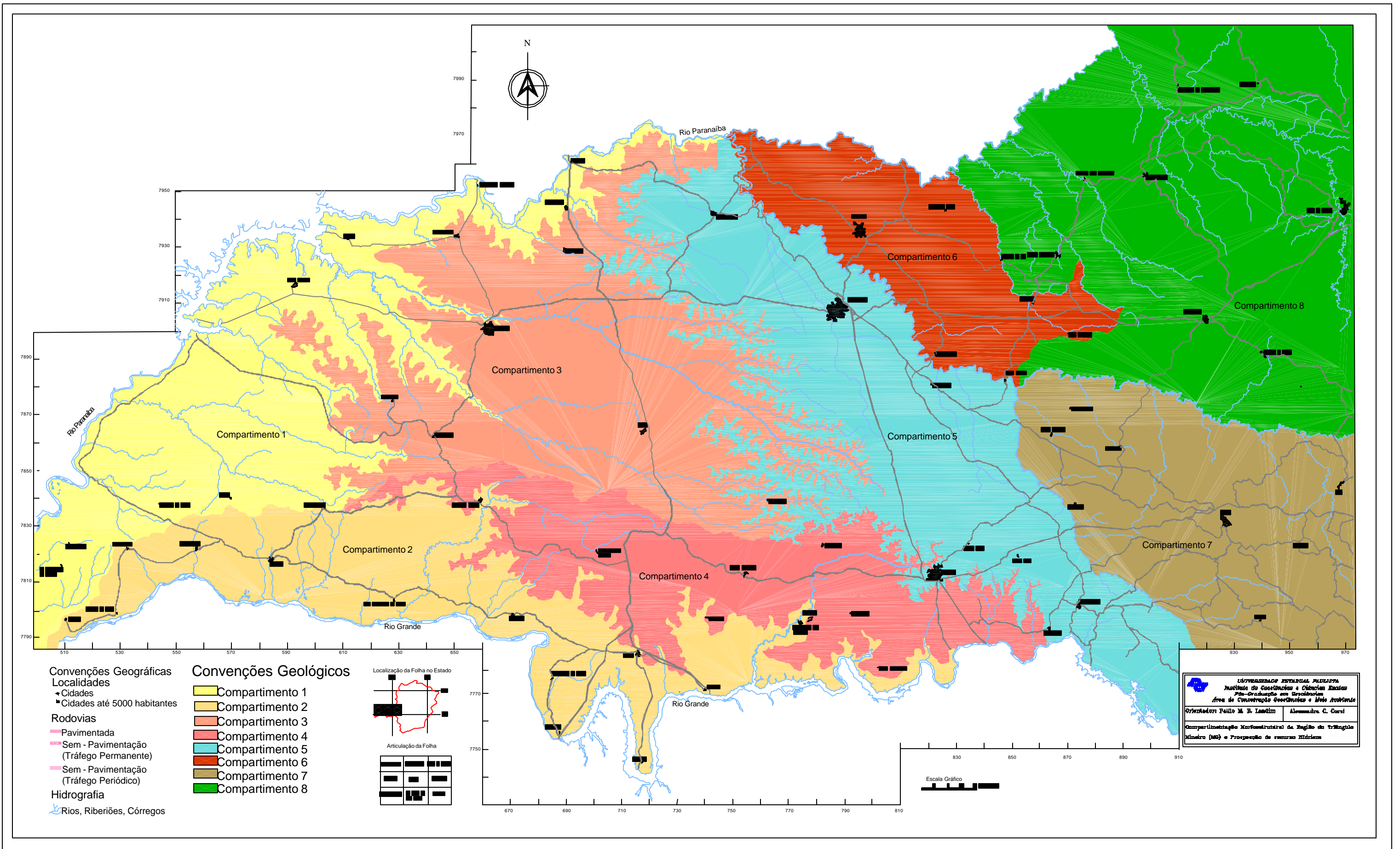

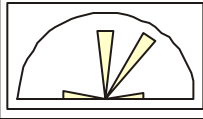








Figura 5.10 - Mapa da compartimentação geomorfológica da região do Triângulo Mineiro (MG).

Quadro 5.1 – Caracterização dos compartimentos topográficos definidos para a região do Triângulo Mineiro.

Compartimentos	Localização	Cotas altimétricas	Padrão drenagem	Direções Estruturais	Litoestratigrafia	Morfologia	Declividade
Compartimento 1 (Fotos 5.1 e 5.2)	Porção oeste da área Forma alongada de direção NE	350 a 500 m	subdendritico		formações Serra Geral, Adamantina e Marília	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavas e convexas	0 a 10°
Compartimento 2 (Fotos 5.3)	Porção sul da área Forma alongada de direção EW	400 a 500 m	subdendritico		formações Serra Geral, Adamantina, Marília	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavas e convexas	0 a 10°
Compartimento 3 (Fotos 5.4, 5.5 e 5.6)	Porção central da área Forma alongada de direção NE	550 a 850 m	subdendritico		formações Serra Geral, Adamantina e Marília	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavas e convexas; e serras	0 a 20°
Compartimento 4 (Fotos 5.7 e 5.8)	Porção centro-sul da área	500 a 700 m	subdendritico subparalelo		formações Serra Geral, Adamantina e Marília	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavas e convexas	0 a 20°
Compartimento 5 (Fotos 5.9 e 5.10)	Porção leste da área Forma alongada de direção NW	500 a 1000 m	subdendritico		formações Serra Geral, Uberaba e Cobertura Terciária	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavas e convexas	0 a 10° > 30° (encosta voltada para o rio Araguari)
Compartimento 6	Porção leste da área	500 a 1100 m	subdendritico		Embasamento cristalino, Formação Serra Geral e Cobertura Cenozóica	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavas e convexas	0 a 10° > 30° (encosta voltada para o rio Araguari)
Compartimento 7	Porção leste da área	500 a 1200 m	subdendritico, localmente retangular		Embasamento cristalino, Formação Serra Geral	Morro e Morrotes	0 a 30° > 40° (localmente)
Compartimento 8	Porção leste da área	500 a 1300 m	subdendritico, localmente radial		Embasamento cristalino, Formação Serra Geral	Morro e Morrotes	0 a 30° > 50° (localmente)

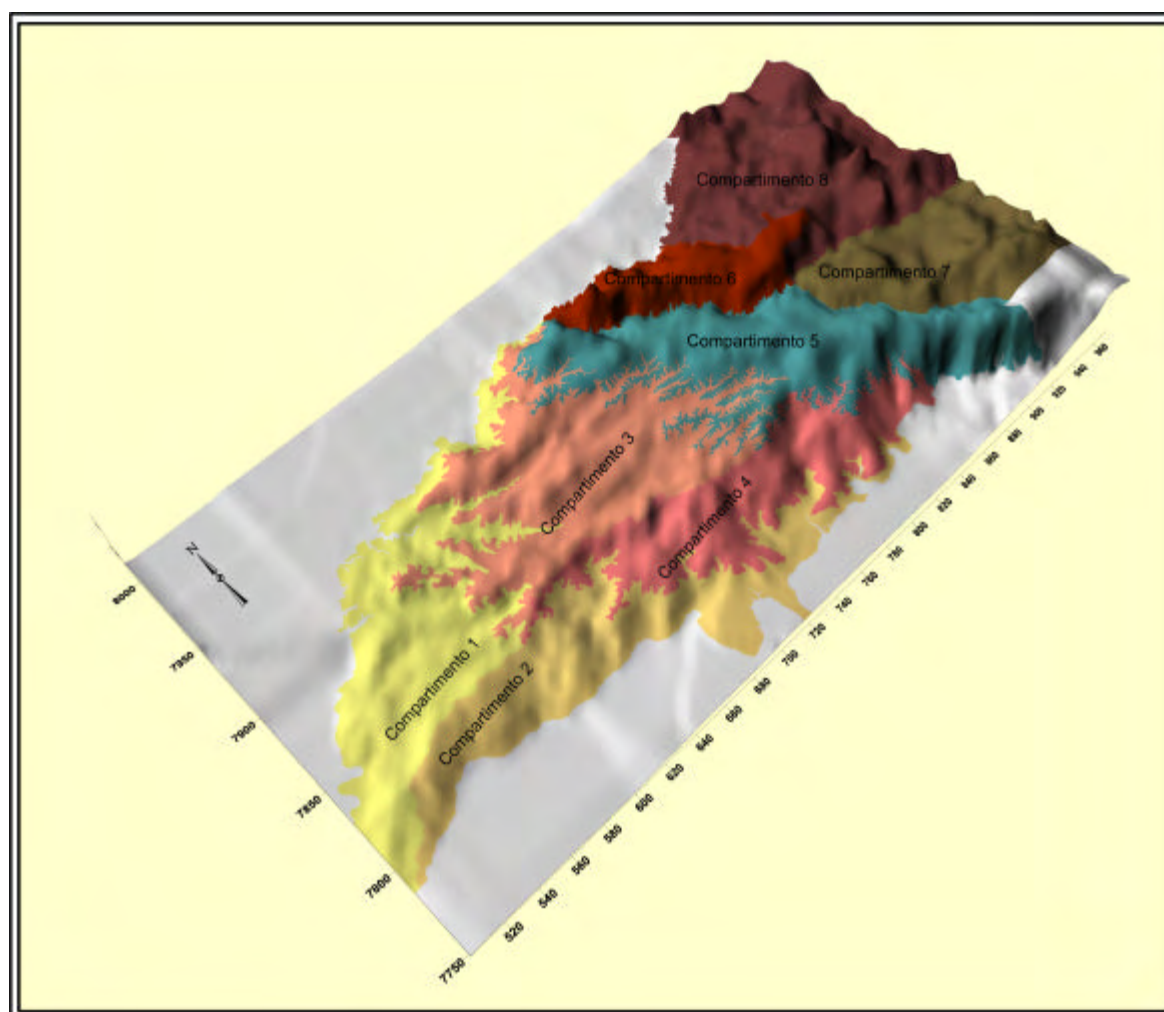




Foto5.1-Relevocolinosocomtopossuavesaofundoserras (próximo a cidade de Limeira D'Oeste)(Compartimento 1).



Foto5.2-RelevodecolinassuavespróximoaHonorópolis (Compartimento2).



Foto5.3-Relevodetipocolinassuaves(Compartimento2).

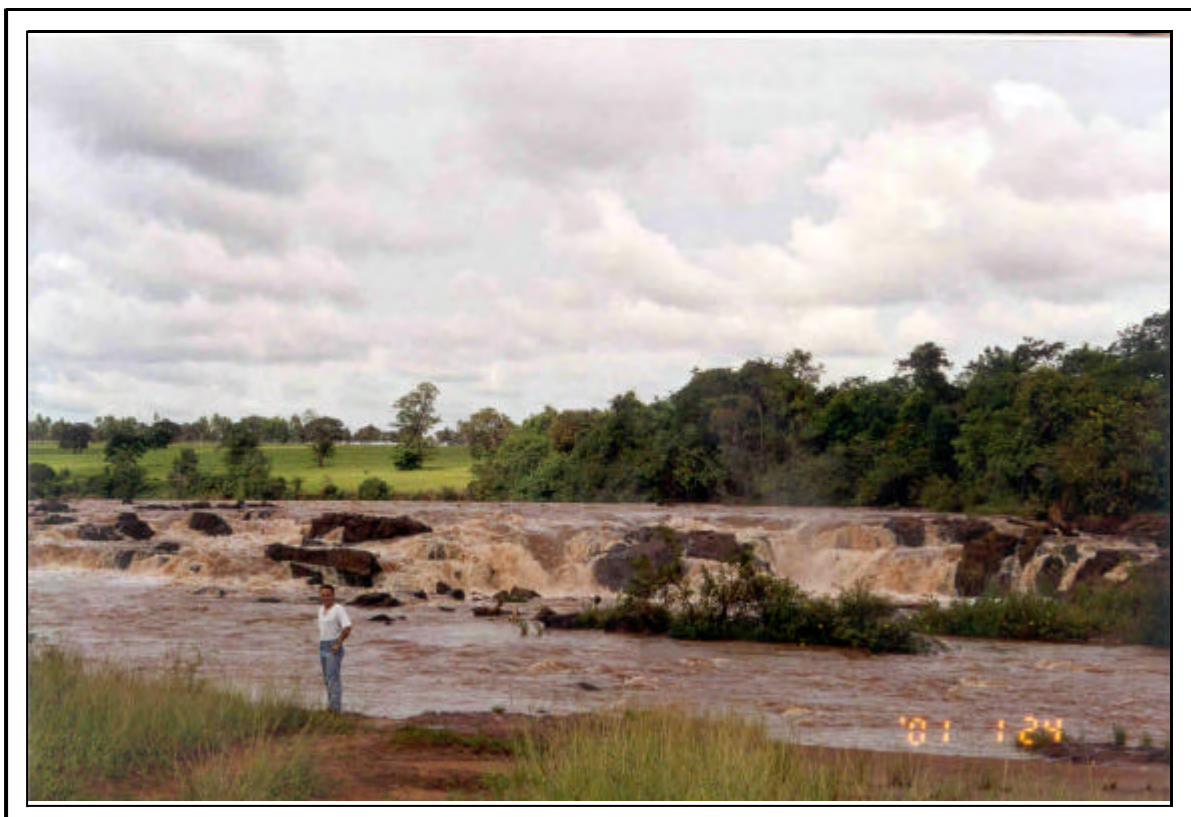


Foto5.4 - Encachoeiramento noriodaPrata(PontoTM - 112-Compartimento 3).



Foto 5.5-Relevo de colinas suaves, margeado pelo relevo de serras, próximo a cidade de Gurinhatã (Ponto TM-23-Compartmento 3).



Foto5.6-Relevodecolinassuaves, com serras ao fundo, próximo a cidade de Ituiutaba (Ponto TM - 98 - Compartimento 3).



Foto5.7-Relevodecolinassuavespróximoa cidade de Comendador Gomes(PontoTM-108-Compartimento4).





Foto5.8- Relevo de colinas suaves próximo a cidade de Comendador Gomes (Ponto TM- 108-Compartmento 4).



Foto5.9-Relevodecolinassuavesque ocorre nointeriordo relevo de chapada(Ponto TM - 1 0 9 - Compartimento 5).



Foto5.10-Relevodecolinassuavesqueocorrenointeriordorelevodechapada, pode ser observado processos erosivos instalados (Ponto TM-68-Compartimento 5).

## 5.3 – Rede de Drenagem

### 5.3.1 - Características Gerais

A área de estudo é delimitada por duas importantes drenagens: rio Grande e Paranaíba (Figura 5.11).

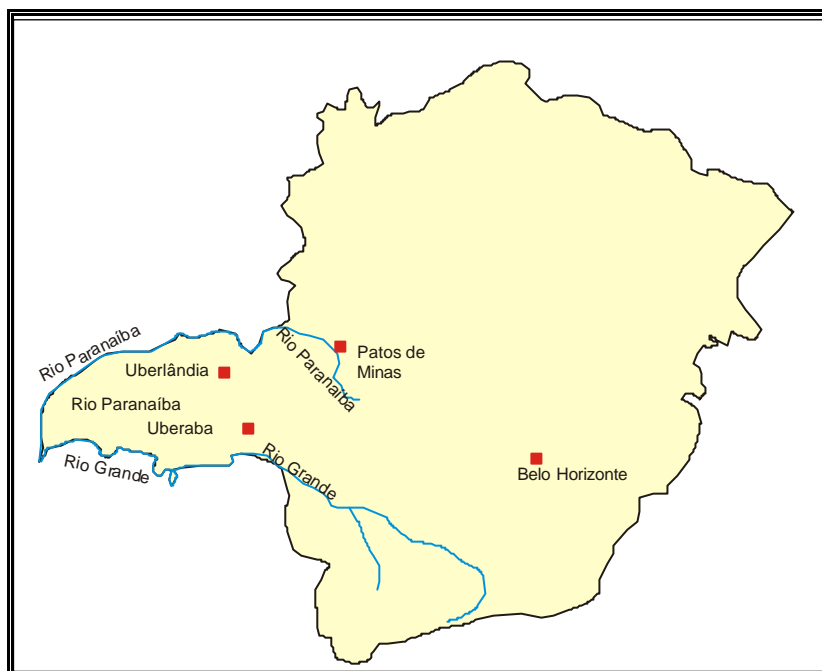


Figura 5.11 – Localização dos rios Paranaíba e Grande no Estado de Minas Gerais.

O rio Paranaíba nasce na serra da Mata da Corda, município de Paranaíba, Estado de Minas Gerais, na altitude de 1.148m. Tem aproximadamente 1.070 km de curso até a junção ao rio Grande, onde ambos passam a formar o rio Paraná, no ponto que marca o encontro entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

O rio Paranaíba, principal coletor da área, tem direção geral NW-SE quando adentra na região do Triângulo; nas proximidades da cidade de Coromandel assume direção NE-SW, e inflete-se para EW nas proximidades de Araguari e, novamente para NE-SW, próximo a Araporã (Figura 5.12).

O rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira (MG); sua bacia tem uma área total de 143.000 km<sup>2</sup>. Com direção geral NW-SE inflete para EW próximo a cidade de Conquista, já na região do Triângulo Mineiro.

Os afluentes do rio Paranaíba são responsáveis pela drenagem de 66,5% da área do Triângulo Mineiro e os restantes 33,5% são drenados pelos afluentes do rio Grande (Figura 5.12). A separação das duas grandes bacias dá-se por serras alinhadas segundo a direção E-W, bem evidente na configuração do relevo. Este fato relaciona-se com o rearranjo estrutural que a região sofreu durante o Terciário.

Os principais afluentes do rio Paranaíba são: São Domingos, Arantes, Prata, Tijuco, Piedade, Uberabinha, Araguari, Perdizes, e Santo Inácio.

O rio Grande tem como principais afluentes: ribeirão Bonito, rio Verde ou Feio, rio São Francisco e rio Uberaba.

As drenagens principais que fluem em direção ao rio Paranaíba apresentam direção predominantemente NW-SE.

Os afluentes principais do rio Grande apresentam direção preferencialmente NS, EW.

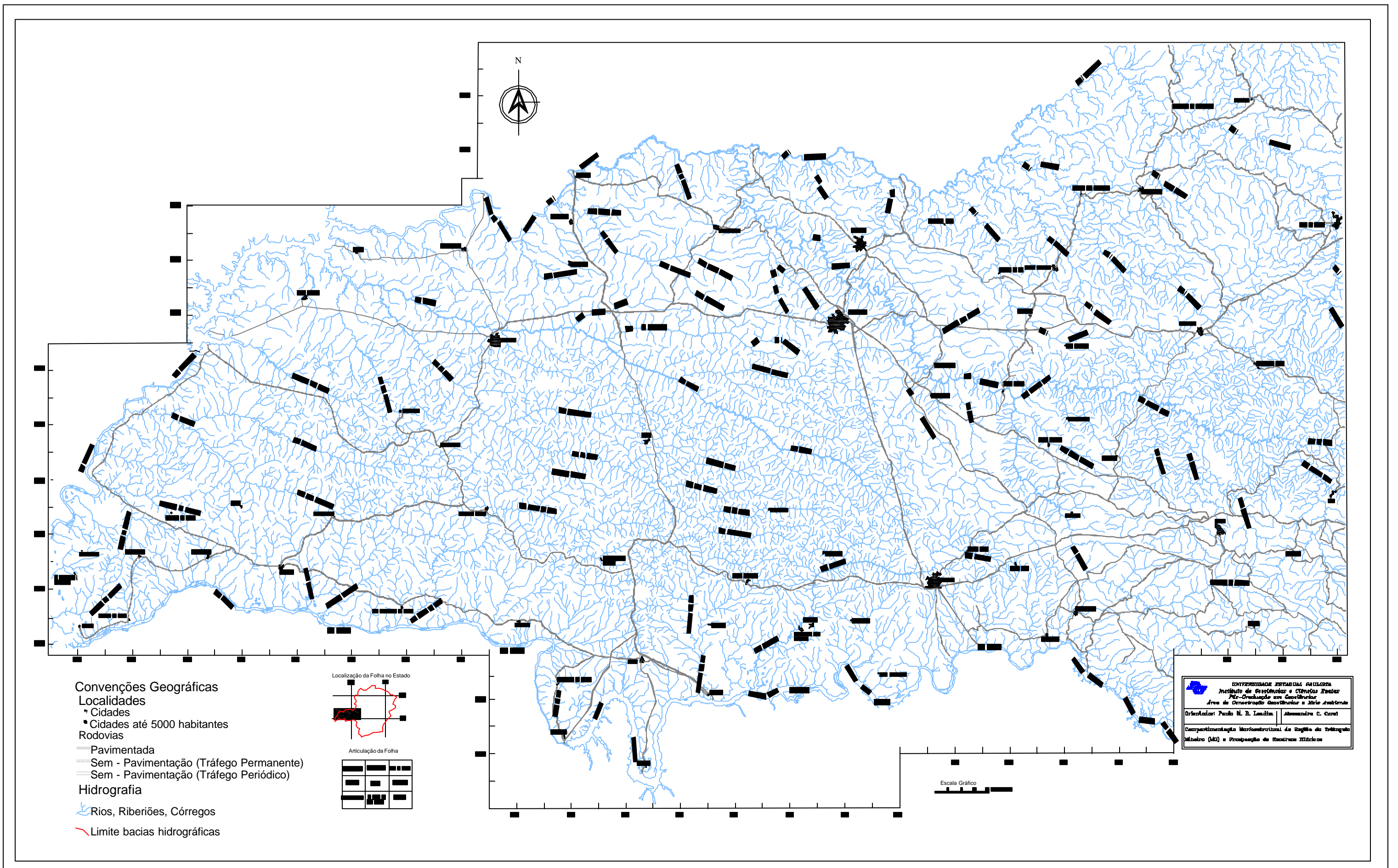


Figura 5.12 - Mapa da rede de drenagem da região do Triângulo Mineiro (MG) com a delimitação das bacias analisadas.

#### 5.4 – Análise dos lineamentos

O mapa de anomalias crustais apresentado na Figura 5.13 representa a integração de dados geofísicos, com base em levantamentos gravimétricos, aeromagnetométricos e magneto-telúricos (QUINTAS 1995, IPT 1989, PADILHA *et al.* 1989 e LANDIM *et al.*, 2002).

Neste mapa podem ser observados um conjunto de descontinuidades crustais (lineamentos) com direções preferenciais noroeste e nordeste, localmente leste-oeste, cujas intersecções delineiam um mosaico de blocos tectônicos. No mapa de Anomalia Bouguer, pode ser constatada a maior parte das anomalias crustais identificadas na região do Triângulo Mineiro, principalmente a Sutura de Itumbiara (Figura 4.14). Este mapa exhibe lineamentos de direção NE, como por exemplo, Três Lagoas e Paraná/Rio Grande; NW-SE: rio Aporé e São José do Rio Preto. A Sutura de Itumbiara apresenta direção NW-SE, infletindo para EW nas proximidades do Rio Grande para, posteriormente, voltar a NW.

Este arranjo das estruturas regionais evidencia o quanto esta área foi seccionada e fragmentada por sistemas de descontinuidades, afetando desta forma a morfologia da região.

O diagrama de rosetas para os dados de lineamentos fotointerpretados (Figura 5.14), mostra um predomínio das direções NW-SE e NE-SW, seguido pelas direções EW e NS. Conforme pode ser observado, este padrão coincide com o quadro de descontinuidades crustais acima descrito. Este padrão estrutural pode ser observado também nas medidas de fratura coletadas para as rochas que afloram na região.

Com relação à caracterização estrutural da área, foram coletadas medidas de fraturas que afetam as rochas das formações Serra Geral, Adamantina, Uberaba e Marília e medidas de falhas que afetam a Formação Uberaba.

As falhas observadas na Formação Uberaba apresentam direção NE, com mergulhos de médio ângulo, com rumo de mergulho para SE (Figura 5.15 e Foto 5.11).

As fraturas são encontradas em todas as unidades. Na Formação Serra Geral aparecem quatro famílias principais NW, NE, NS e ENE com mergulhos verticais a subverticais, localmente médio ângulo de mergulho (Figura 5.16 e Foto 5.12). A alta dispersão observada na figura 5.16 (A), pode refletir fraturas de alívio do resfriamento da Formação Serra Geral.

A Formação Adamantina apresenta um conjunto de fraturas, com predomínio das direções NE e ENE, secundariamente EW, NW e NS, com características verticais a subverticais de ângulo de mergulho (Figura 5.17 e Foto 5.13).

O conjunto de famílias principais para a Formação Uberaba caracteriza-se pelas direções ENE, NE, NW e EW, secundariamente WNW e NNW, ângulos de mergulhos verticais, subverticais e de médio grau (Figura 5.18 e Foto 5.14).

A Formação Marília apresenta um conjunto de famílias que ocorrem em três direções principais NNE, WNW e NNW, secundariamente EW, NS, NW, com ângulo de mergulhos verticais a subverticais, localmente mergulho de médio ângulo (Figura 5.19 e Foto 5.15).

A direção NW-SE na região do Triângulo Mineiro é responsável pelo encaixe e entalhe das principais drenagens da bacia do rio Paranaíba, bem como pelo alinhamento do relevo de serras e distribuição do Grupo Bauru. As direções NE-SW, EW e NS, pelo encaixe das principais drenagens da bacia do rio Grande, sendo



também responsáveis pela dissecação da paisagem e pela denudação e erosão das unidades que compõem a coluna estratigráfica da região.

De forma geral, os lineamentos fotointerpretados e o padrão de fraturamento encontrado na região são coincidentes com os dados apresentados no mapa de anomalias geofísicas, que refletem estruturas do embasamento, sugerindo desta forma uma reativação destas descontinuidades.

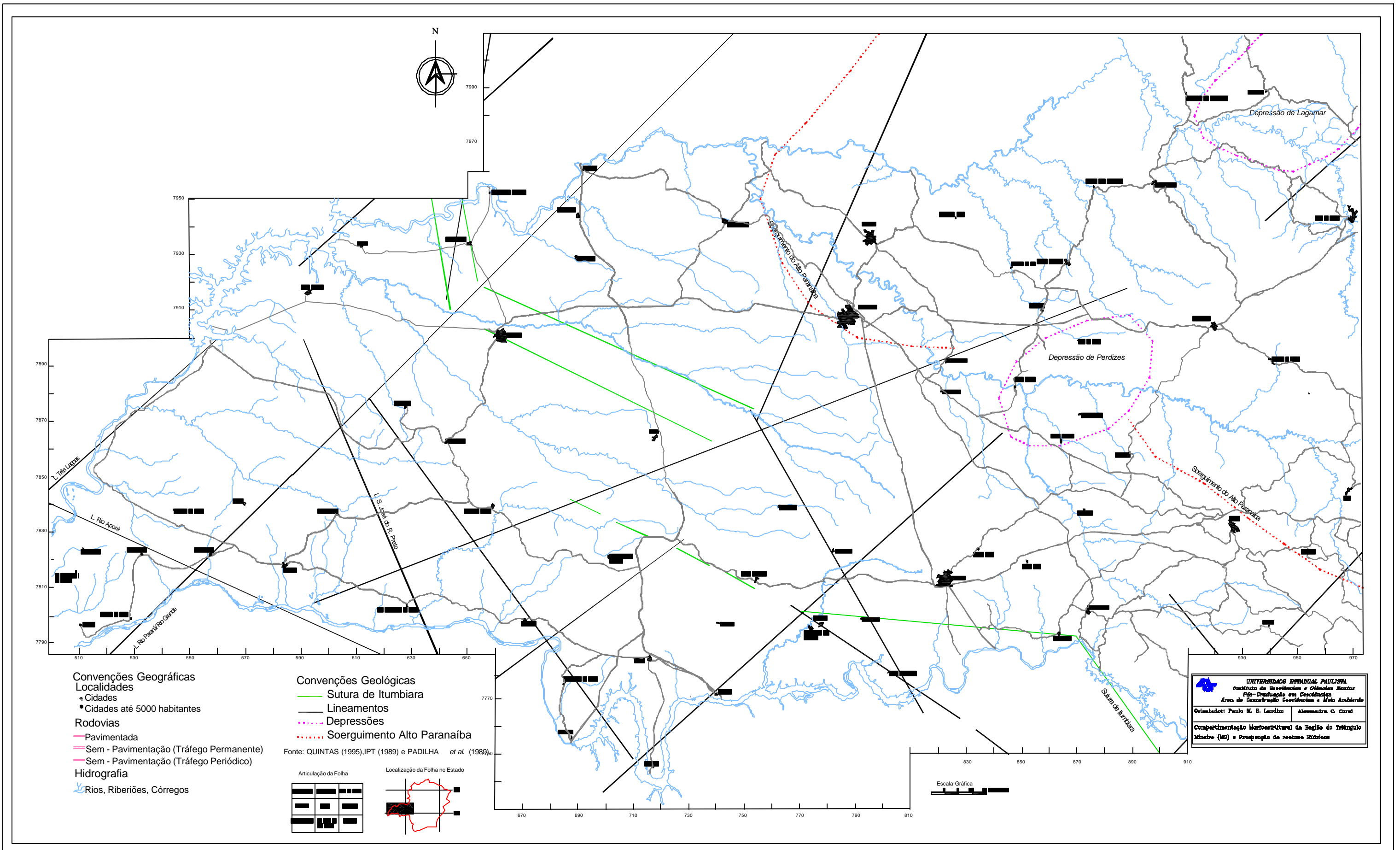


Figura 5.13 - Mapa de Anomalias Crustais do Triângulo Mineiro

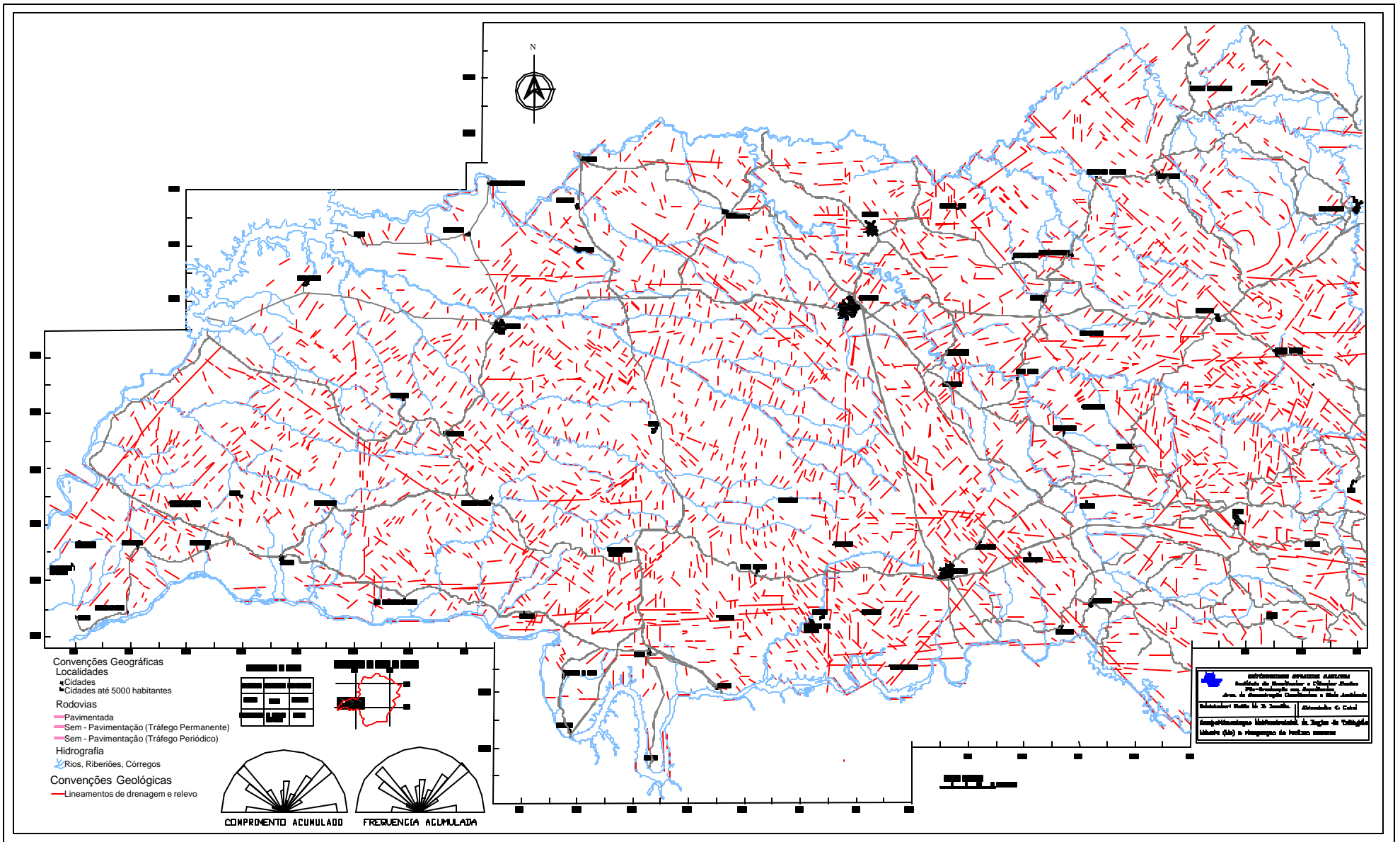


Figura 5.14 - Mapa dos lineamentos fotointerpretados da região do Triângulo Mineiro, juntamente com os diagramas de rosetas.

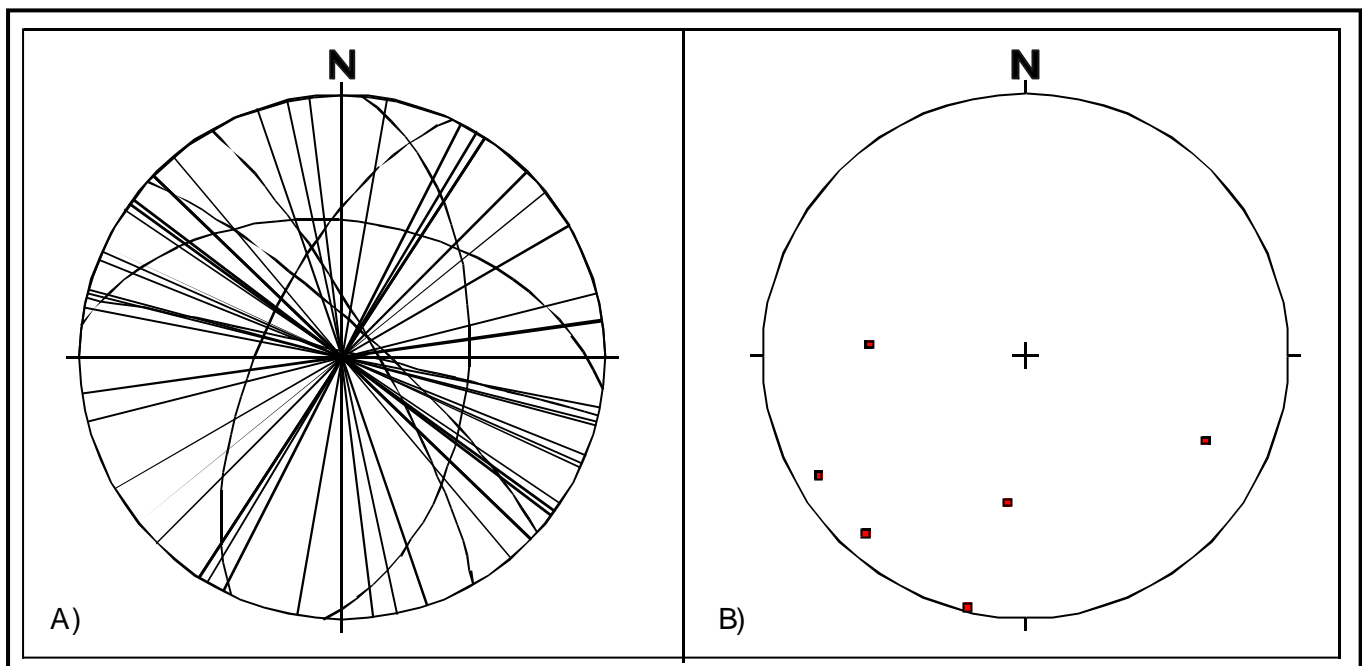


Figura 5.16 - Projeção estereográfica para dados de fraturada Formação Serra Geral (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar.

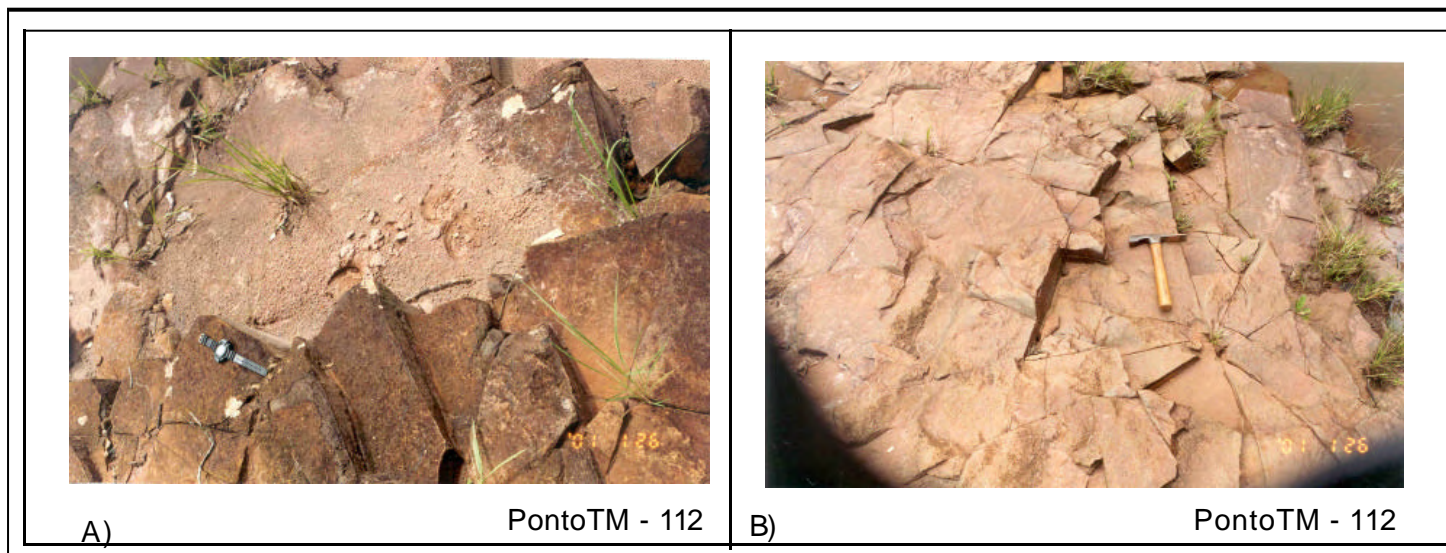


Foto 5.12 - Padrão de fraturamento na Formação Serra Geral.

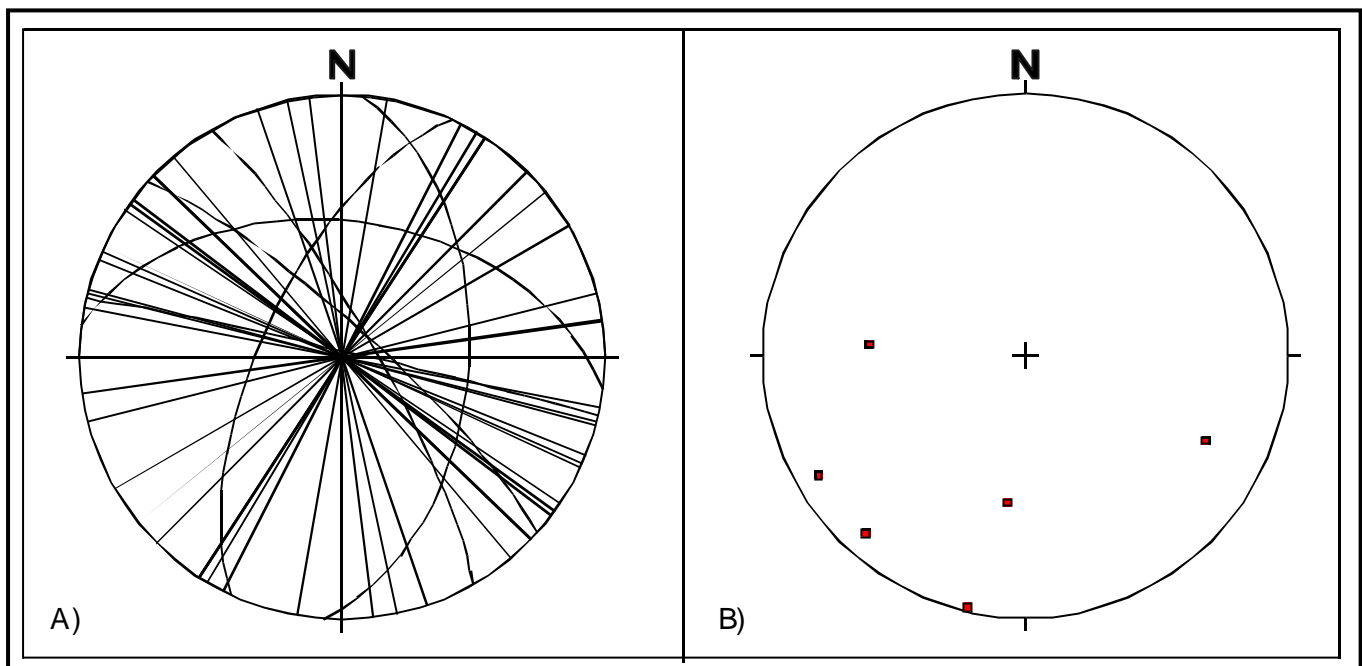


Figura 5.16 - Projeção estereográfica para dados de fraturada Formação Serra Geral (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar.

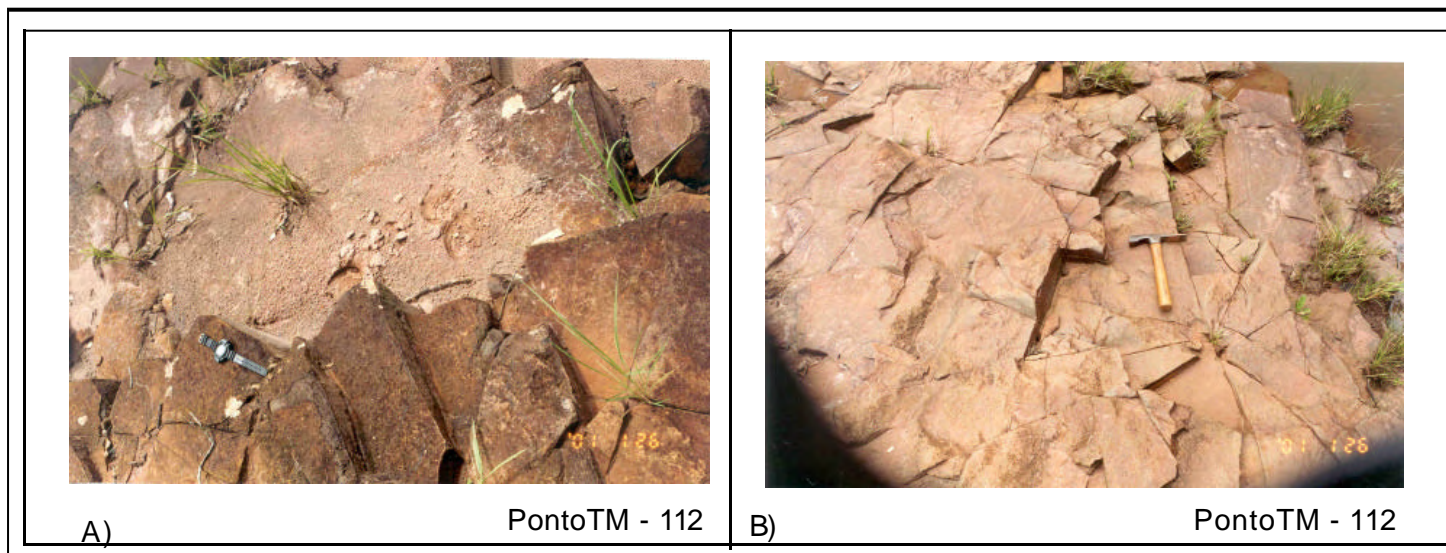


Foto 5.12 - Padrão de fraturamento na Formação Serra Geral.

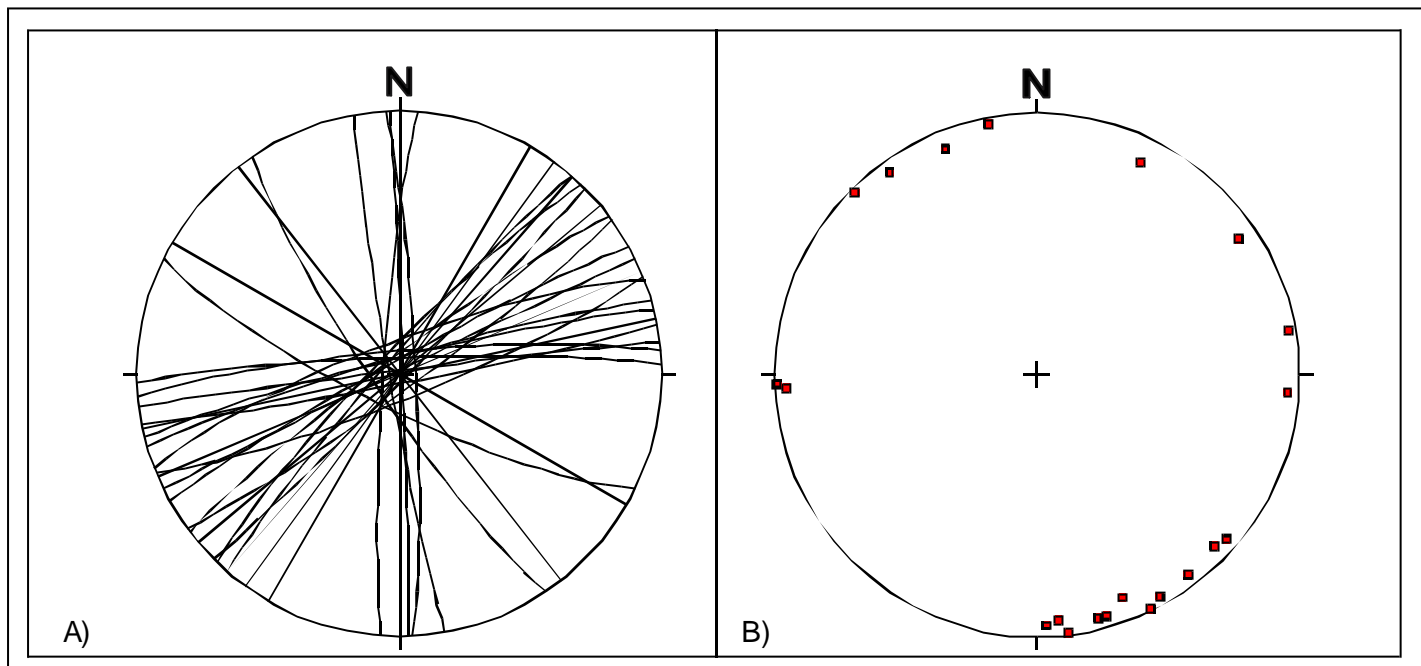


Figura 5.17-Projeção estereográfica para dados de fratura da Formação Adamantina (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar.

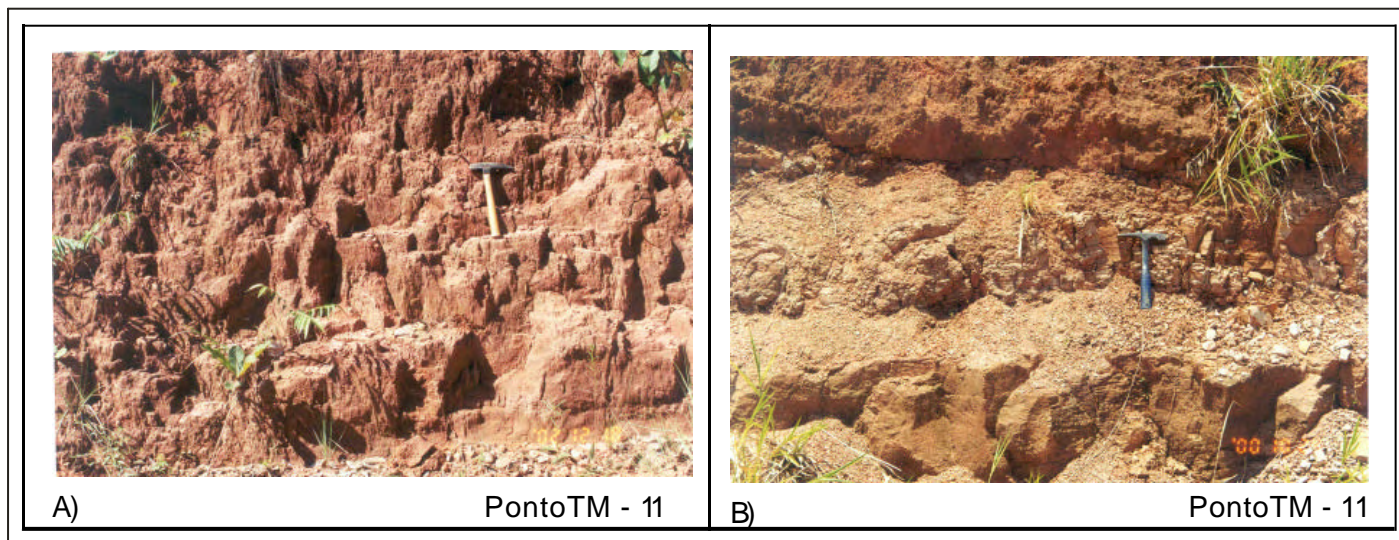


Foto 5.13-Padrão de fraturamento na Formação Adamantina.

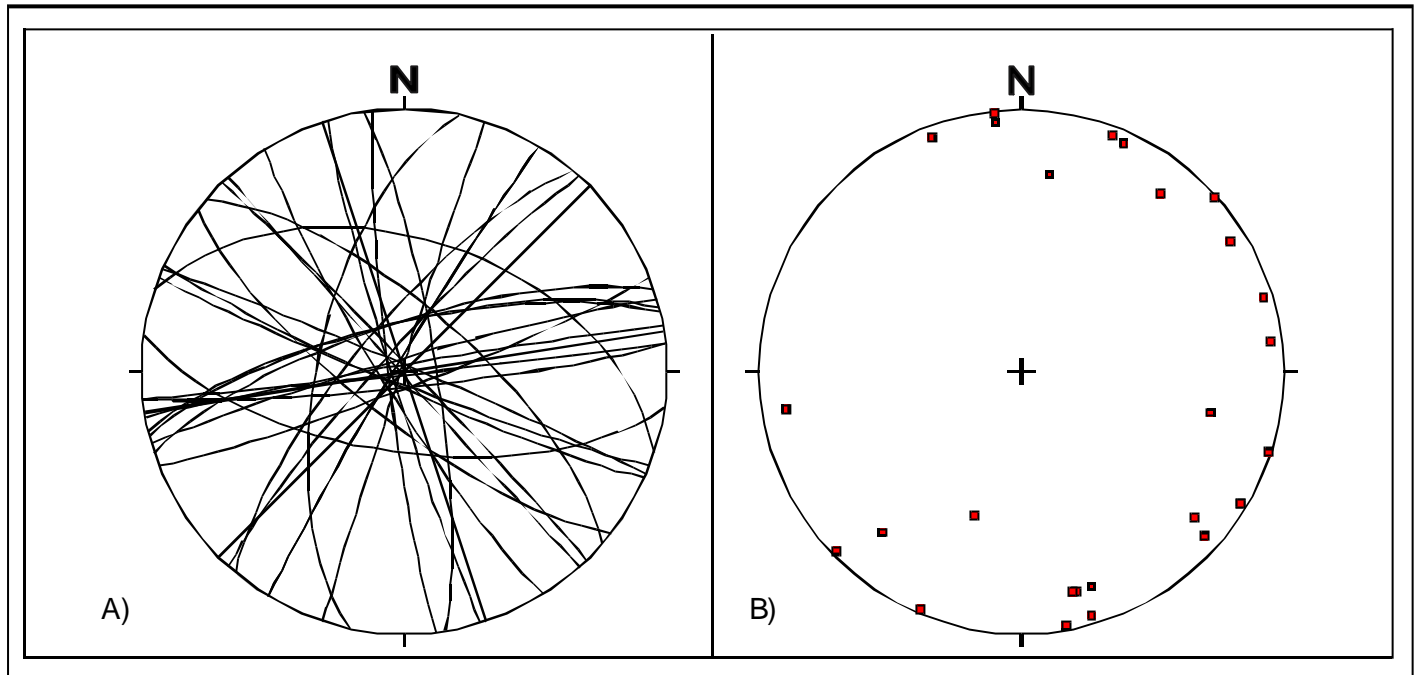


Figura 5.18 - Projeção estereográfica para dados de fraturada Formação Uberaba (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar.

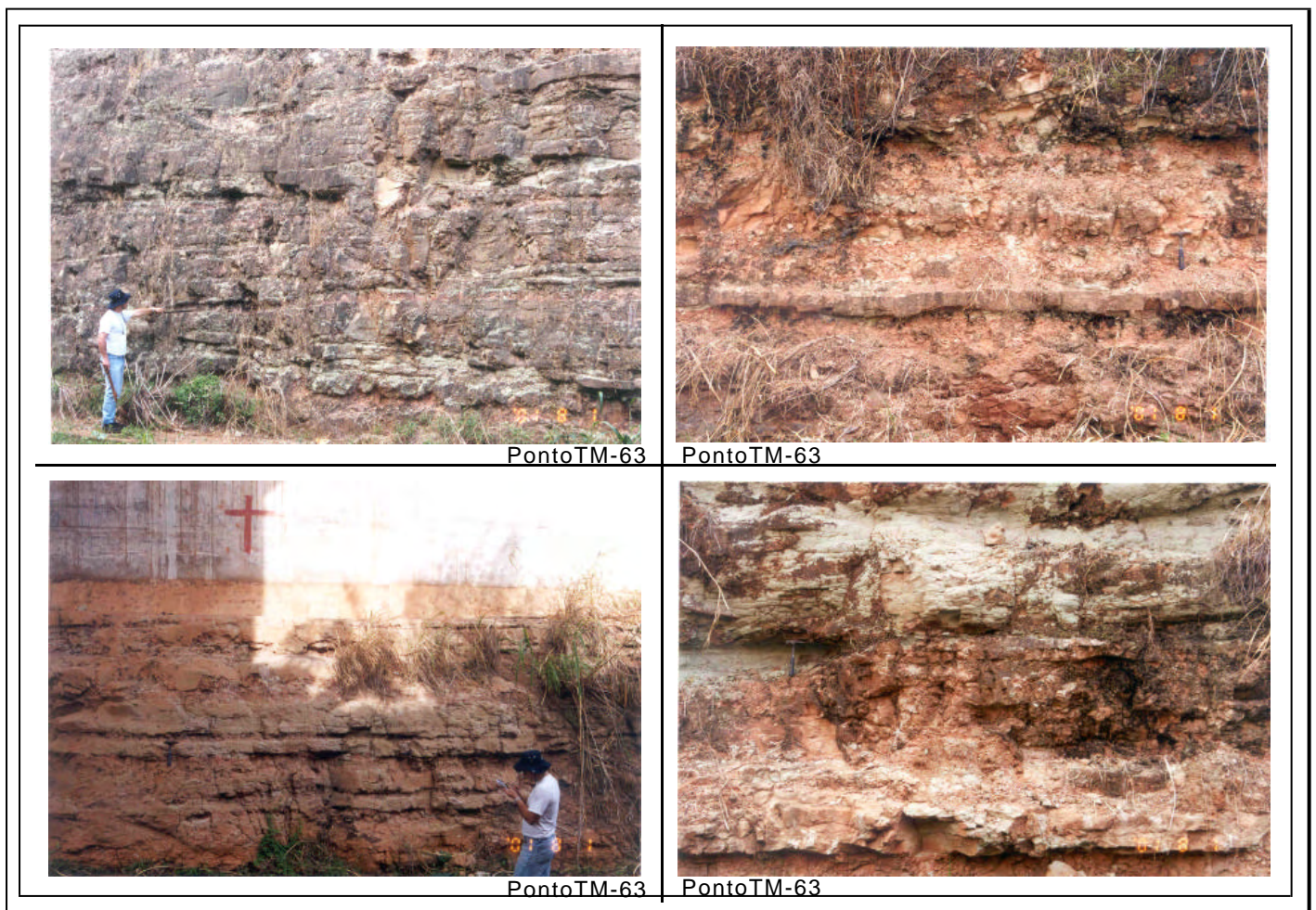


Foto 5.12 - Padrão de fraturamento na Formação Uberaba.

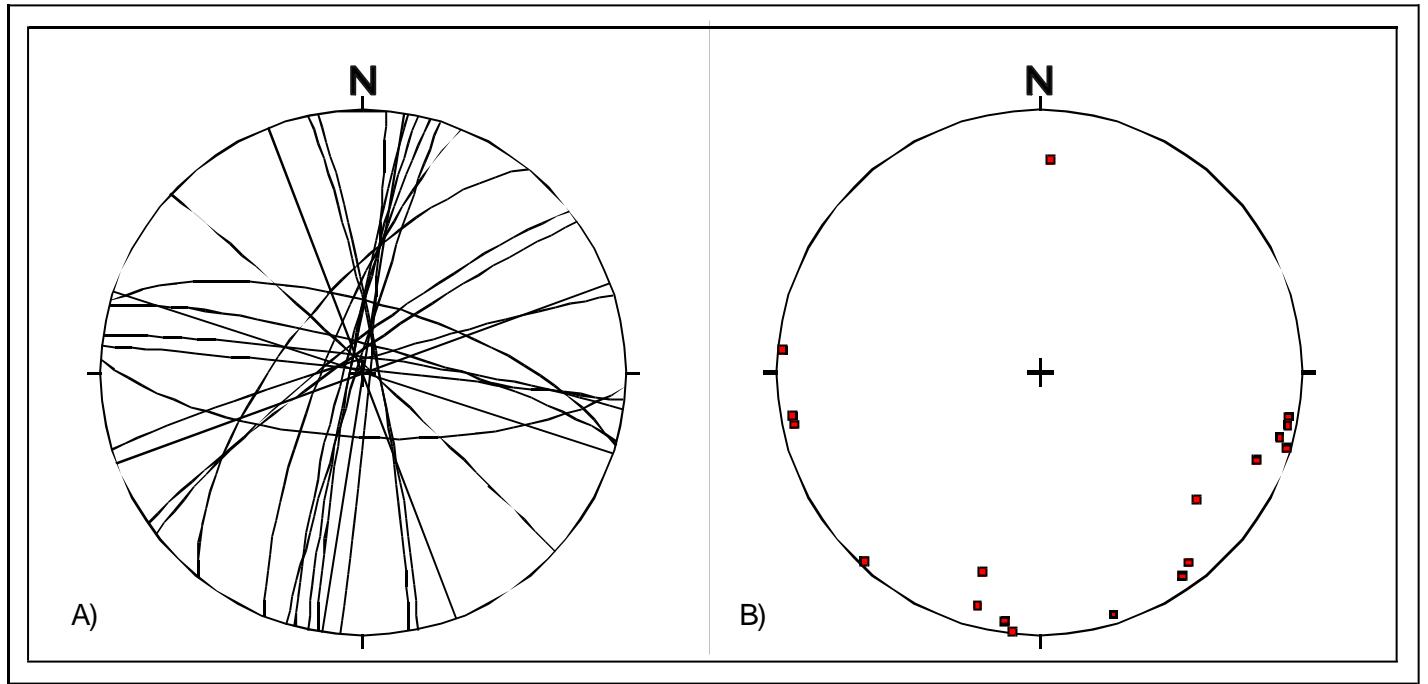


Figura 5.19 - Projeção estereográfica para dados de fratura da Formação Marília (Projeção no Hemisfério Inferior). A) Ciclográfica e B) Polar.



Foto 5.15 - Padrão de fraturamento na Formação Marília.



## 5.5 – Compartimentação Morfoestrutural

Soares *et al.* (1981a) aplicaram a análise morfoestrutural em semi-detalhe na Bacia do Paraná. Utilizando fotos aéreas verificaram a importância desta na detecção de prováveis estruturas, já que os métodos convencionais de geologia de superfície e sísmica têm baixa resolução em área de cobertura de basalto.

Soares *et al.* (1981b) aplicou a análise morfoestrutural regional na Bacia do Paraná utilizando imagens de radar e Landsat, estabelecendo nove classes morfoestruturais. A distribuição dos principais elementos estruturais e suas relações geométricas ajustam-se a um sistema deformacional compressivo, com direção NW, gerando falhas reversas e estruturas dobradas, *horsts* e *grabens* ou domos falhados e falhas direcionais de pequenos deslocamentos.

Riccomini (1982), através da análise integrada de produtos sensores remotos, imagens e mosaico semicontrolados de radar, fotografias aéreas e trabalhos de campo realizou a compartimentação estrutural do Quadrilátero Ferrífero. A análise integrada desses produtos favoreceu a delimitação de algumas feições, contribuindo para a compreensão do arcabouço estrutural da região do Quadrilátero Ferrífero.

Na década de 90, vários autores em estudos que abordam a atividade neotectônica utilizaram a compartimentação morfoestrutural, destacando Neves (1999), Santos (1999), Gontijo (1999), Facincani (2000), Ferreira (2001), Hasui e Morales (2001), entre outros.

### 5.5.1 – Análise Geral

A análise integrada dos mapas da rede de drenagem, mapa topográfico, mapa de lineamentos, seções estruturais permitiram estabelecer os compartimentos morfoestruturais existentes na área de estudo, que evidenciam a influência do controle estrutural na estruturação do relevo.

Elaboraram-se vários mapas estratigráficos, com o intuito de compreender a evolução tectono-sedimentar da região do Triângulo Mineiro. Para tanto foram confeccionados os mapas de contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral, de isópacas do Grupo Bauru e da análise vetorial.

A análise do mapa de contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral (Figura 5.20) evidenciou uma área subsidente na parte oeste do Triângulo Mineiro (MG), compreendida pelos municípios de Limeira do Oeste, União de Minas e Gurinhatã, na qual o menor valor verificado foi da isolinha de 325 metros de altitude, em relação ao nível do mar. Por outro lado, no extremo leste, os valores do topo dos basaltos atingiram até 900 metros de altitude.

Desta forma o mapa de isópacas do Grupo Bauru (Figura 5.21) evidenciou a existência de várias áreas deprimidas: Uberaba (60 – 70 metros), Comendador Gomes (100 metros), Campina Verde (80 metros), União de Minas (190 metros), Limeira do Oeste (90 metros) e Gurinhatã (80 metros). Nestas áreas a espessura do Grupo Bauru apresenta valores acima da média regional (30 a 40 metros).

A análise vetorial dos lineamentos corroborou com os resultados acima apresentados. Por esse método, delimitaram-se as seguintes áreas deprimidas: Uberaba, Comendador Gomes, Limeira do Oeste, União de Minas e Gurinhatã (CORSI *et al.* 2002).

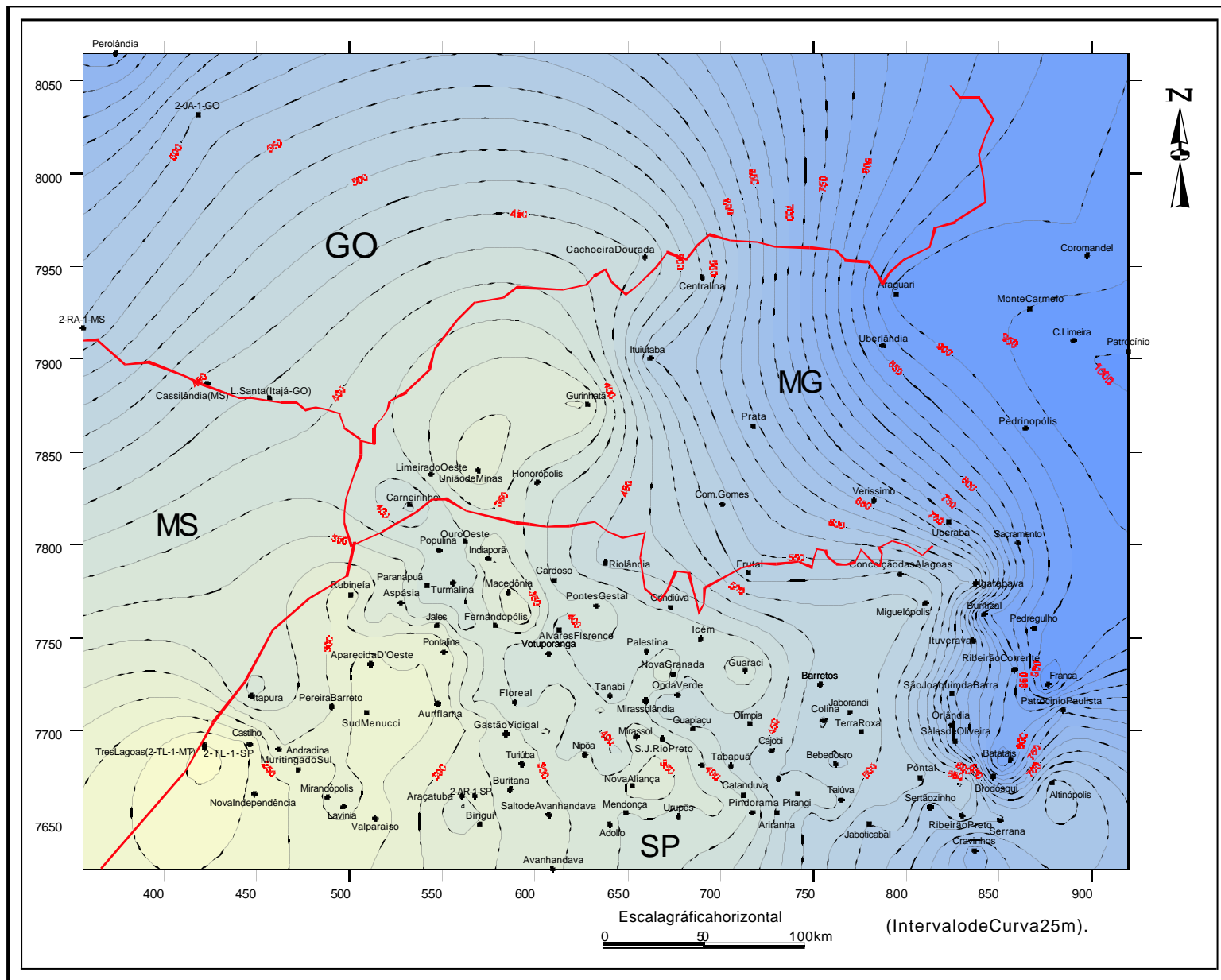


Figura 5.20 - Contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral (LANDIM *et al.*, 2002).

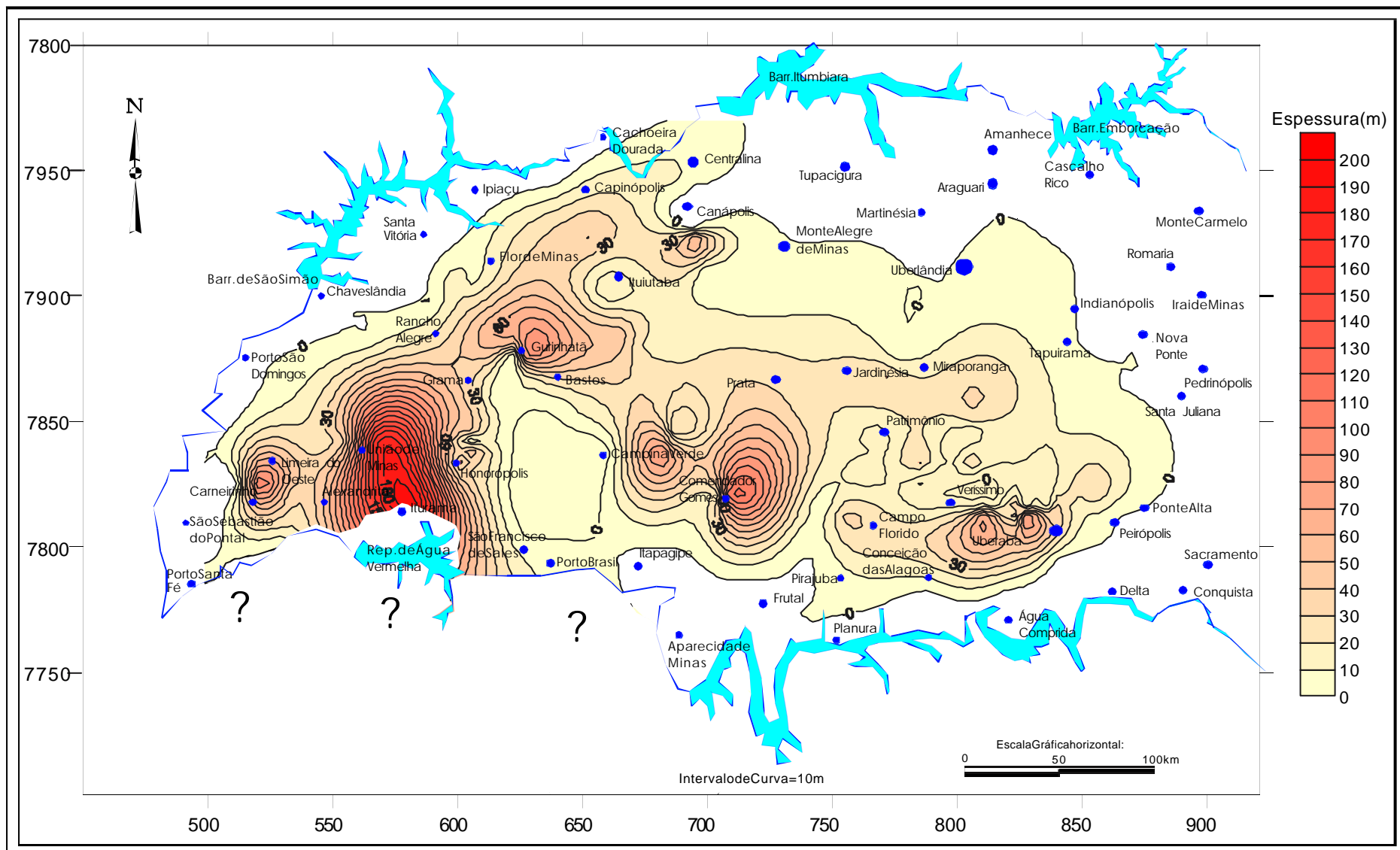


Figura 5.21 - Mapa de isopacas do Grupo Bauru (Modificado de LANDIM *et al.*, 2002).

No exame das seções estruturais de subsuperfície (Figuras 5.2, 5.22 e 5.23), pode-se constatar que a região do Triângulo Mineiro é constituída por áreas soerguidas e deprimidas, sendo que estas últimas permitiram a preservação das maiores espessuras de sedimentos do Grupo Bauru.

O controle estrutural na área fica nítido quando se comparam os mapas e seções (Figuras 5.20, 5.21, 5.2, 5.22 e 5.23) com o mapa de anomalias geofísicas (Figura 5.13) e de lineamentos (Figura 5.14), o que leva a considerar a hipótese de atividades tectônicas pós-deposicionais, atuando na configuração do modelado do relevo e configuração da rede de drenagem.

### **5.5.2 – Análise Morfoestrutural**

A partir da análise dos elementos do relevo e condicionantes estruturais foram delimitados oito compartimentos morfoestruturais para a área (Figuras 5.24 e 5.25). Para melhor caracterizar espacialmente esses compartimentos, foram construídos perfis geológicos-estruturais (Figuras 5.26, 5.27 e 5.28).

Verifica-se no mapa de Compartimentos Morfoestruturais, uma estruturação na qual predominam lineamentos nas direções NW-SE, NE-SW, EW e NS. As direções NW-SE e EW permitiram compartimentar a área analisada nos oito grandes compartimentos estruturais. Internamente, a maior parte deles é subdividida em sub-compartimentos, tendo por base os elementos estruturais de direções NE, NS e, localmente, EW, com exceção dos compartimentos I e VIII.

As características individuais de cada um desses compartimentos encontram-se resumidas no Quadro 5.2.

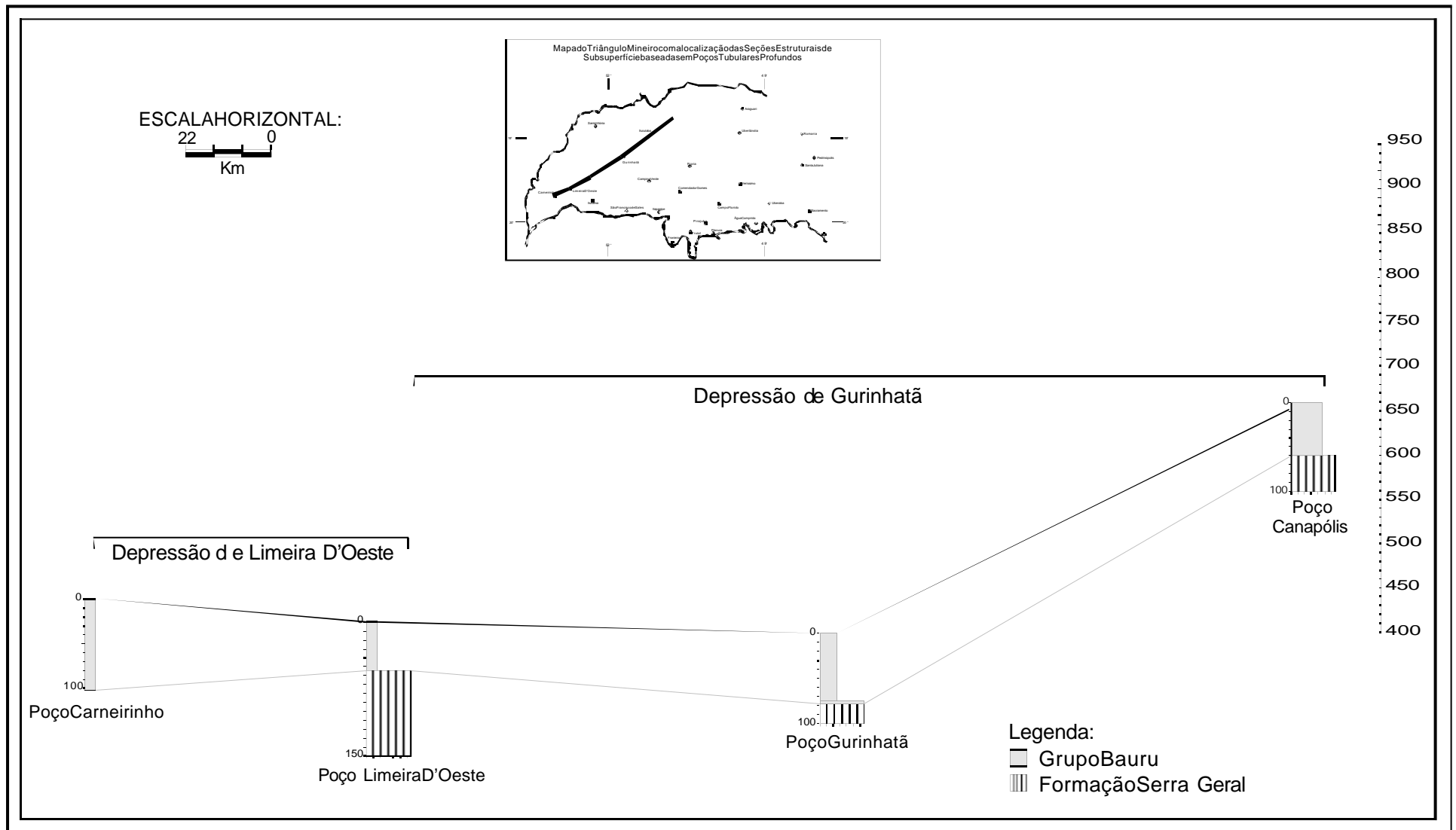


Figura 5.22-Seção estrutural de subsuperfície Carneirinho - Canapólis (Direção NE).

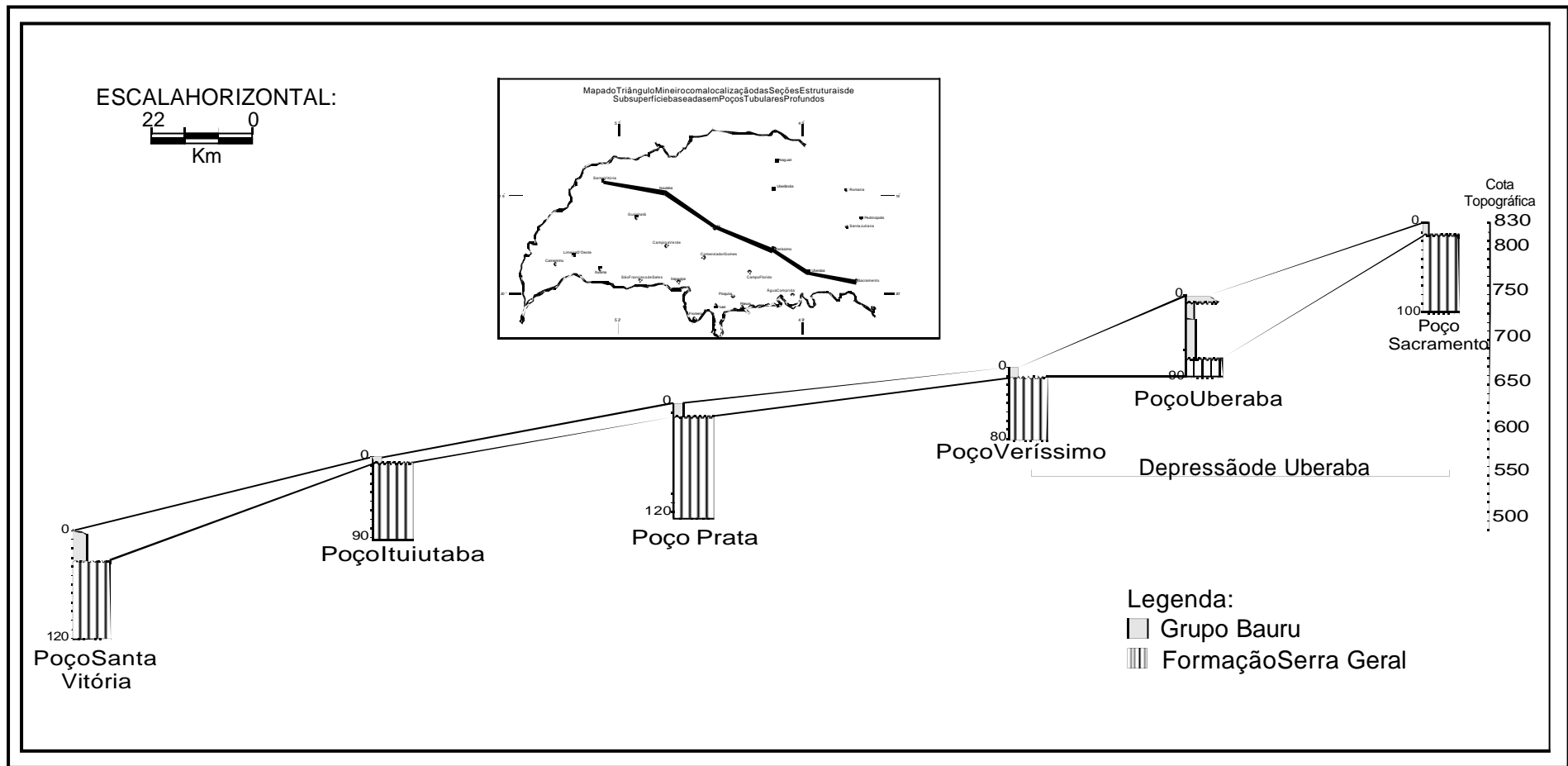


Figura 5.23-Seção estrutural de subsuperfície Sacramento - Santa Vitória (Direção NW).

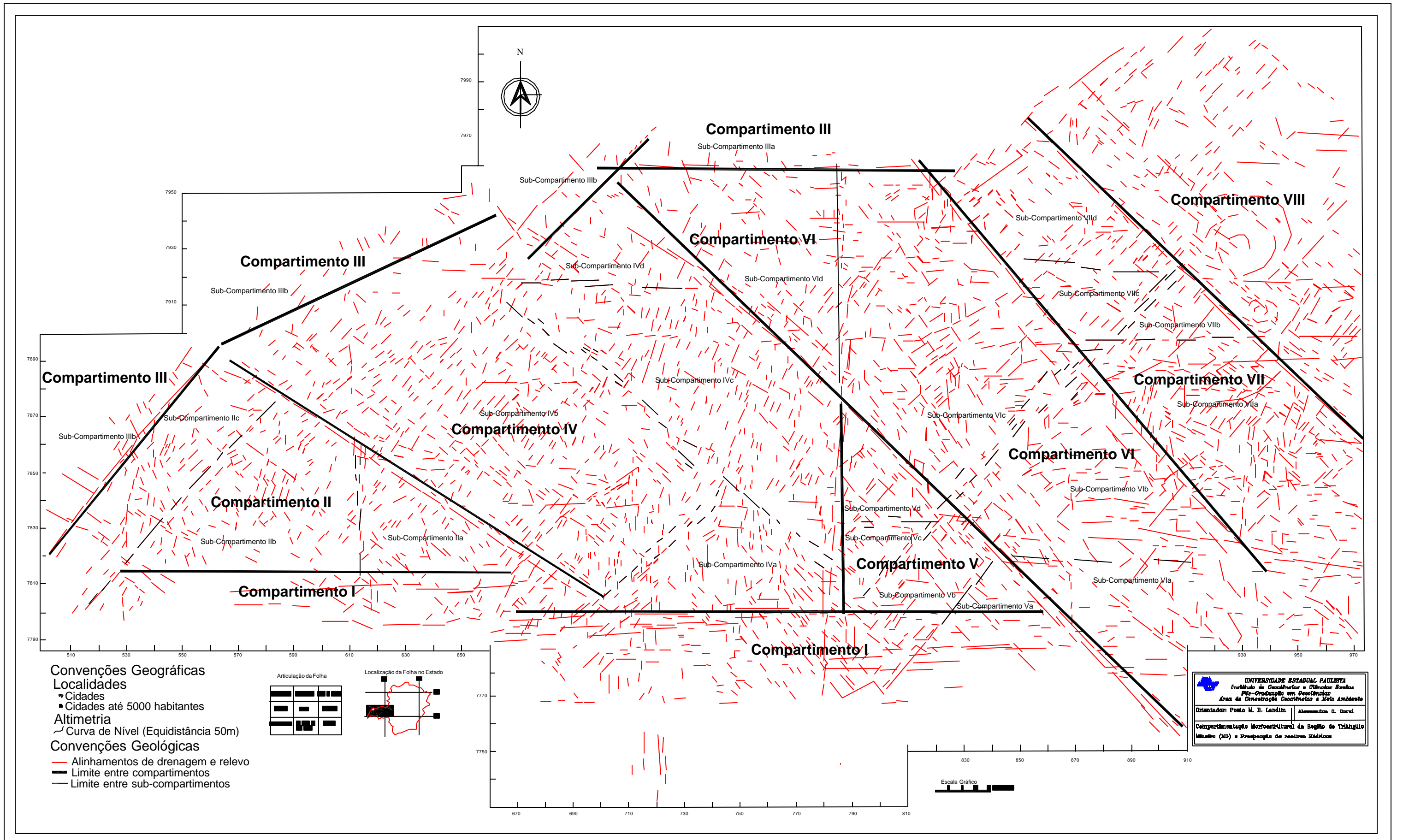


Figura 5.24 - Mapa dos compartimentos morfoestruturais na região do Triângulo Mineiro.



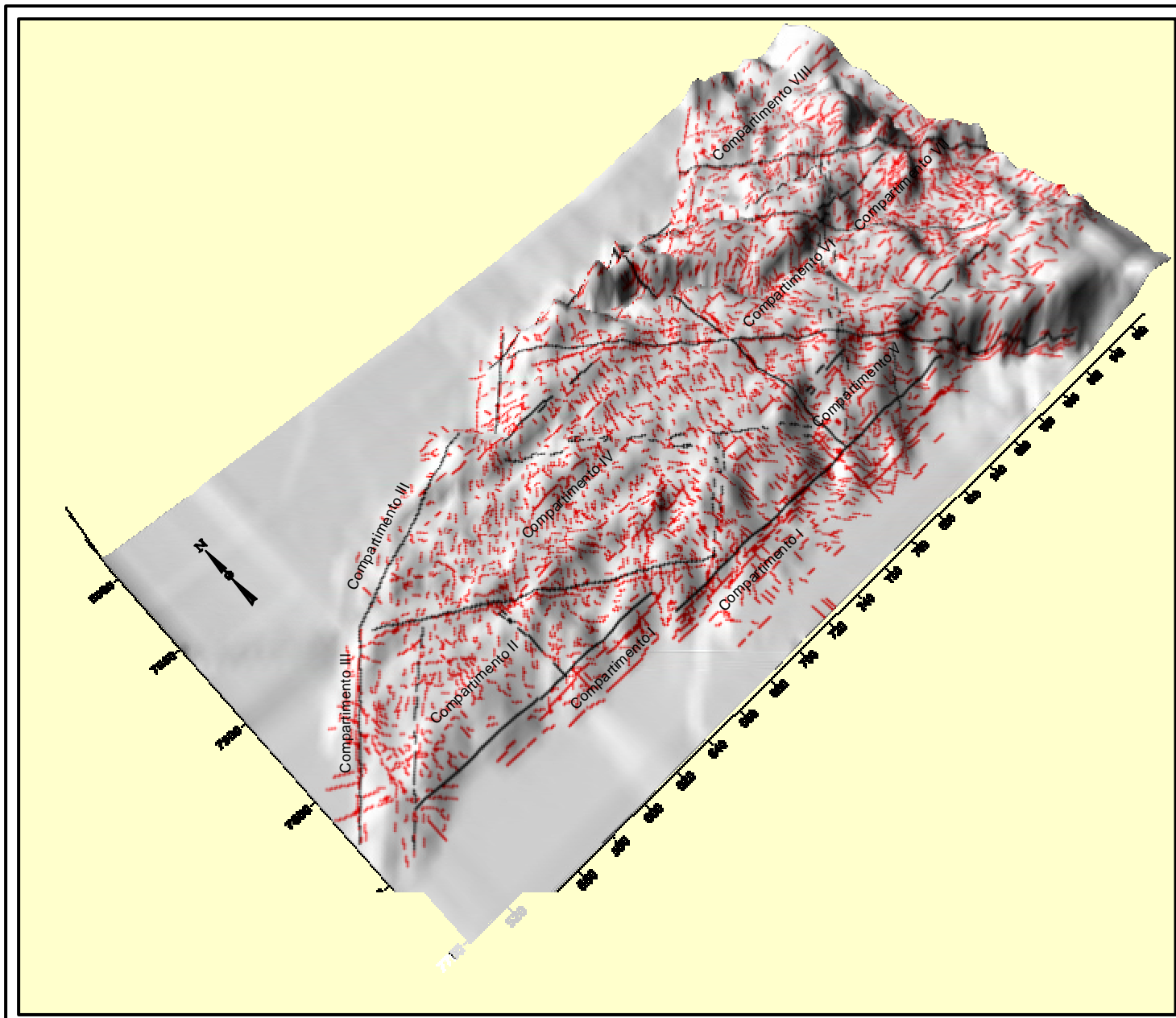
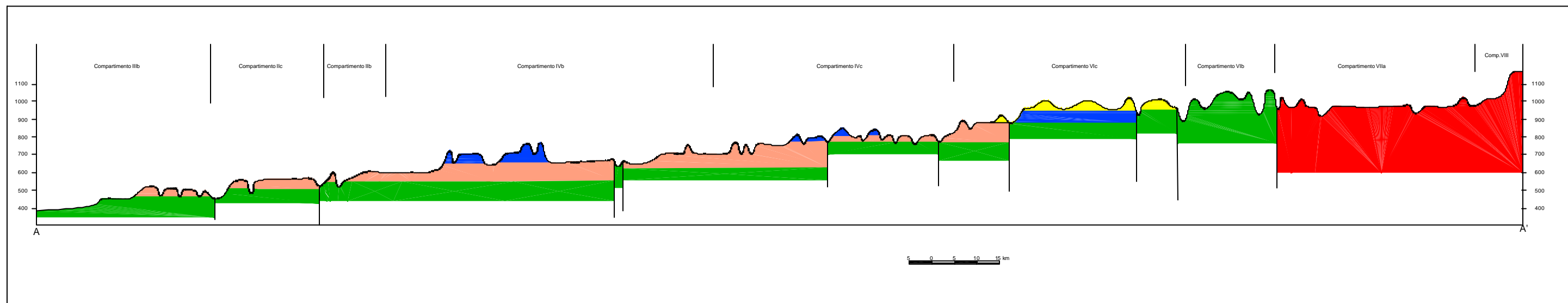


Figura 5.25- Modelo digital da área com destaque para a compartimentação morfoestrutural (Iluminação de NW para SE. Visada N45°).



**LEGENDA**  
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

**CENOZÓICO**

- Depósitos de Cobertura  
Depósitos aluviais, areias e argilas, conglomerados na base.  
Depósitos coluviais de espigão; areias, cascalhos de limonita e quartzo na base.  
Depósitos de cimeira, conglomerados, arenitos imaturos, cimento ferruginoso.

**CRETÁCEO SUPERIOR**

**GRUPO BAURU**

- Formação Marília  
Arenitos grossos, imaturos, maciços, abundantes nódulos calcíferos, cores creme e vermelho.
- Formação Uberaba  
Arenitos e conglomerados, subordinadamente siltitos e argilitos, cimento carbonático ou matriz argilosa, cores verde e/ou vermelho.

- Formação Adamantina  
Arenitos finos a muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos, cores creme e vermelho.

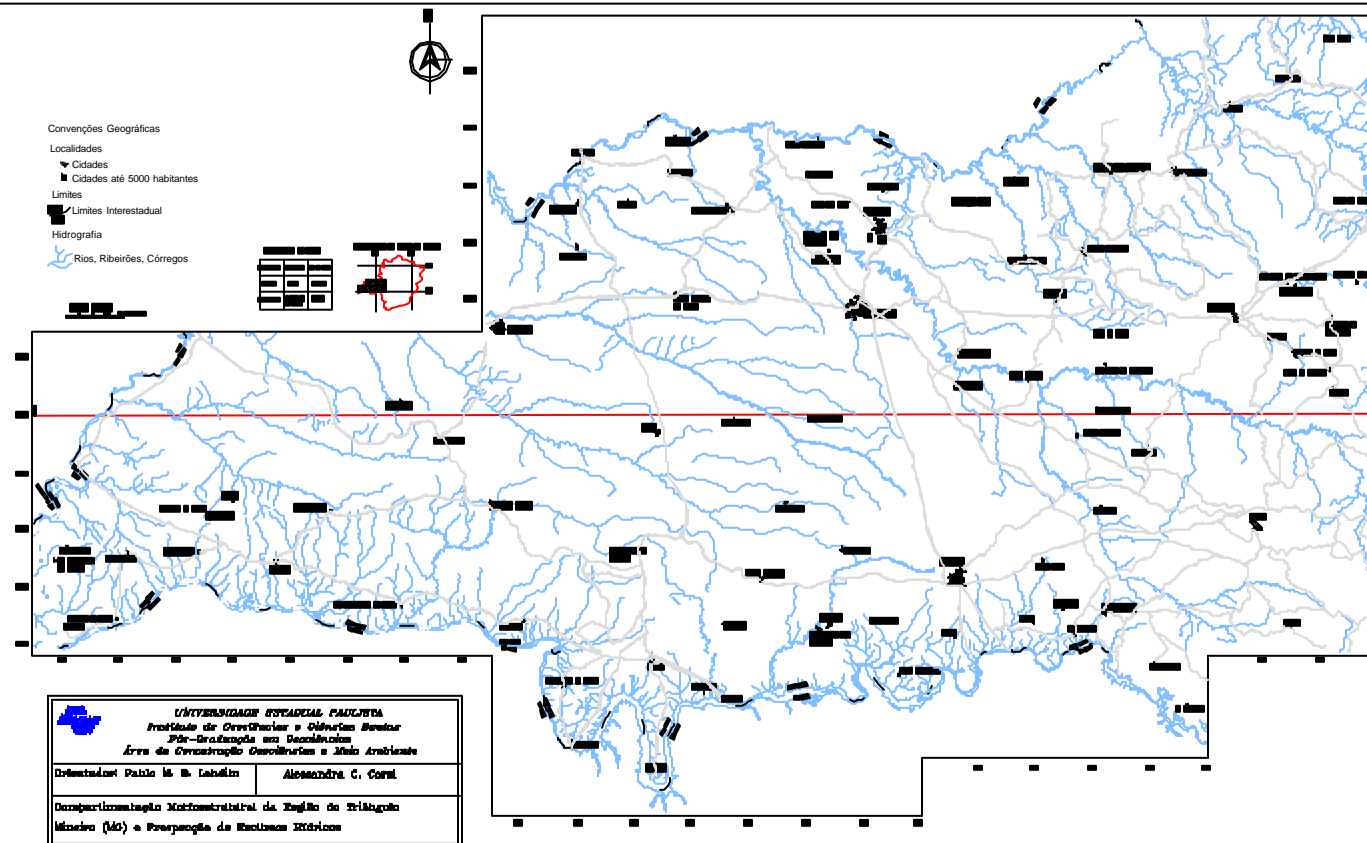
**TRIÁSSICO - CRETÁCEO**

**GRUPO SÃO BENTO**

- Formação Serra Geral  
Basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos e arenitos intertrapianos.

**PRÉ-CAMBRIANO**

- GRUPOS ARAXÁ/CANASTRA/BAMBUÍ

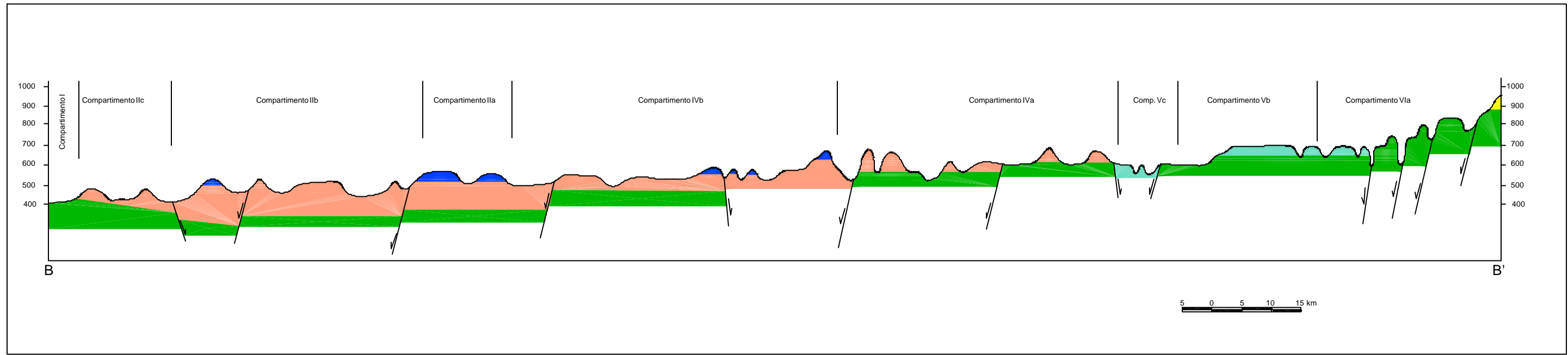


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Pós-Graduação em Geociências  
Área de Concentração Geociências e Meio Ambiente

Orientador: Paulo M. L. Ladeira      Aluna: Alexandra C. Costa

Departamento de Geociências da Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Unesp - Ilhópolis

Figura 5.26 - Perfil geológico-estrutural A-A'.



## LEGENDA UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

### CENOZÓICO

- Depósitos de Cobertura  
Depósitos aluviais, areias e argilas, conglomerados na base.  
Depósitos coluviais de espigão; areias, cascalhos de limonita e quartzo na base.  
Depósitos de cimeira, conglomerados, arenitos imaturos, cimento ferruginoso.

### CRETÁCEO SUPERIOR

#### GRUPO BAURU

- Formação Marília  
Arenitos grossos, imaturos, maciços, abundantes nódulos calcíferos, cores creme e vermelho.
- Formação Uberaba  
Arenitos e conglomerados, subordinadamente siltitos e argilitos, cimento carbonático ou matriz argilosa, cores verde e/ou vermelho.

- Formação Adamantina  
Arenitos finos a muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos, cores creme e vermelho.

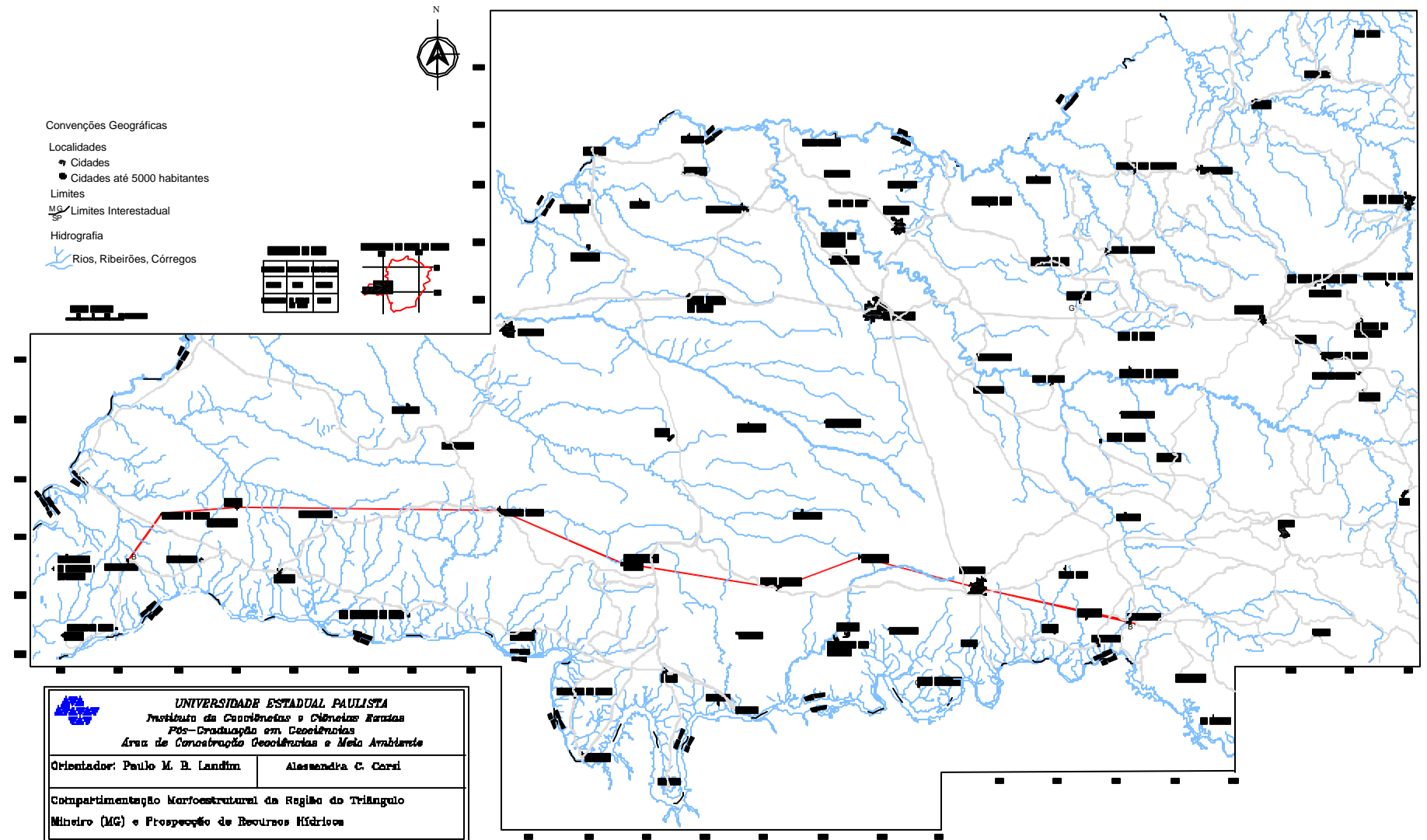
### TRIÁSSICO - CRETÁCEO

#### GRUPO SÃO BENTO

- Formação Serra Geral  
Basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos e arenitos intertrapianos.

### PRÉ-CAMBRIANO

- GRUPOS ARAXÁ/CANASTRA/BAMBUÍ



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
 Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
 Pós-Graduação em Geociências  
 Área de Concentração Geotécnicas e Meio Ambiente  
 Orientador: Paulo M. B. Landim      Alessandra C. Corsi  
 Compartimentação Morfoestrutural da Região do Triângulo  
 Mineiro (MG) e Prospecção de Recursos Hídricos

Figura 5.27 - Perfil geológico-estrutural B-B'.

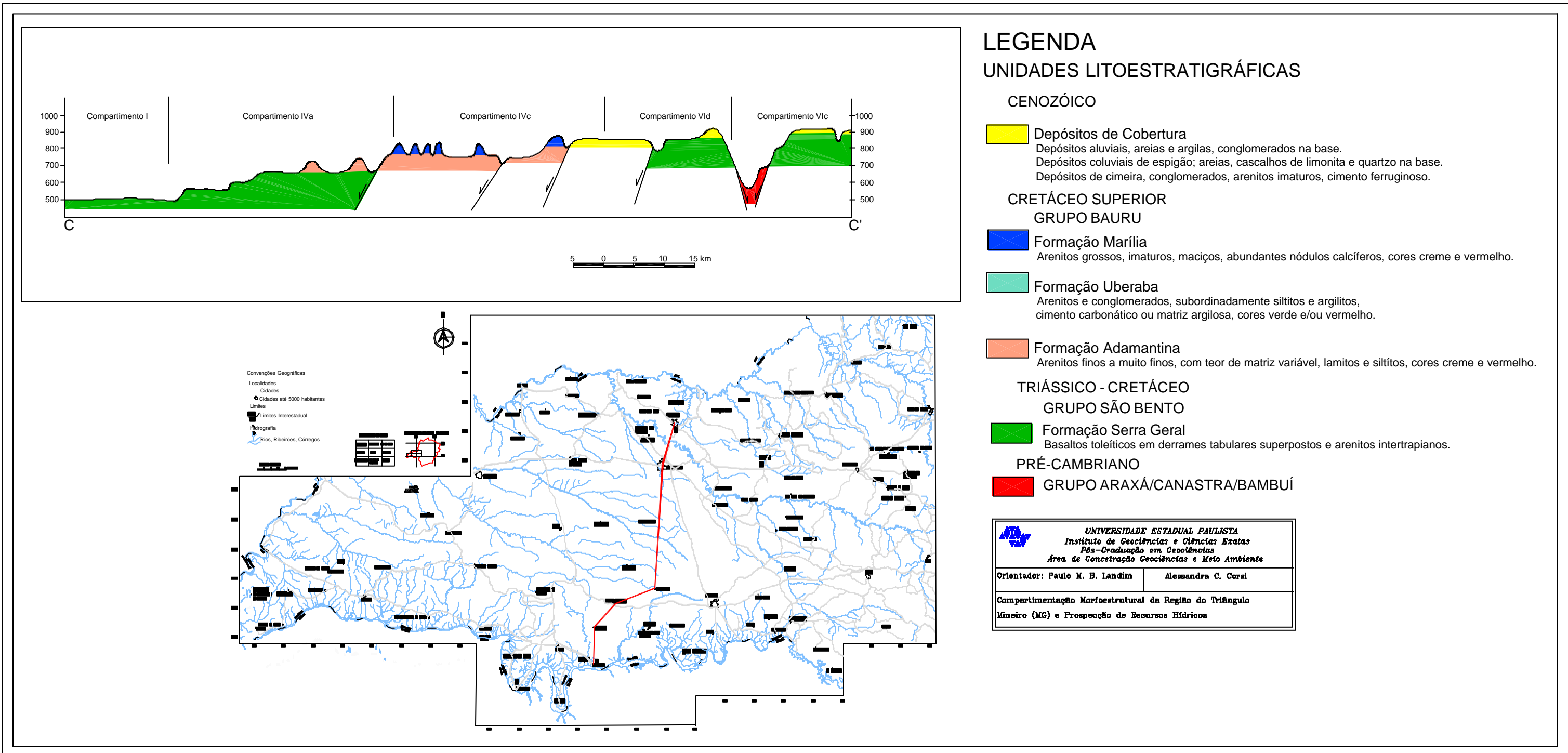


Figura 5.28 - Perfil geológico-estrutural C-C'.

Quadro 5.2 – Caracterização dos compartimentos e sub-compartimentos morfoestruturais definidos.

Compartimentos	Sub-compartimentos	Localização	Direções preferenciais de lineamentos	Lineamentos Importantes	Unidades Litoestratigráficas presentes	Geomorfologia
I	-	Porção sul, ao longo do rio Grande	EW NS NW-SE	Rio Grande	Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 20°
II	IIa	Porção oeste	NW-SE NE-SW	Rio Grande Três Lagoas NW-SE	Fm Marília Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 10°
	IIb	Porção oeste, englobando as cidade de Iturana, Honorópolis, União	NE-SW subordinadamente NW-SE NS	Rio Grande Três Lagoas NW-SE	Fm Marília (morro testemunho) Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 10°
	IIc	Porção oeste (principal núcleo urbano Limeira D'Oeste)	NE-SW NS	Rio Grande Três Lagoas NW-SE	Fm Marília (morro testemunho) Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 10°
III	IIIa	Ao longo do rio Paranaíba (divisa GO/MS)	EW NS	Três Lagoas	Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 10°
	IIIb	Ao longo do rio Paranaíba (divisa GO, ao norte)	NW-SE NE-SW	E-W	Fm Serra Geral Fm Adamantina	Colinas suaves, topos planos ou arredondados, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 10°

Continuação Quadro 5.2 – Caracterização dos compartimentos e sub-compartimentos morfoestruturais definidos.

Compartimentos	Sub-compartimentos	Localização	Direções preferenciais de lineamentos	Lineamentos Importantes	Unidades Litoestratigraficas presentes	Geomorfologia
IV	IVa	Centro-Sul, engloba a cidade de Campo Florido	NW-SE subordinadamente NS NE-SW	São José do Rio Preto Rio Grande NE-SW	Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; e Serras; declividade 0 a 20°
	IVb	Centro-Oeste, engloba s cidades de Ituiutaba, Gurinhatã, Prata, Comendador Gomes	NE-SW NW-SE	São José do Rio Preto Sutura de Itumbiara NE-SW	Fm Marília Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; e Serras; declividade 0 a 20°
	IVc	Centro(núcleo urbanos Patrocínio, Veríssimo)	NE-SW subordinadamente NS EW	Sutura de Itumbiara NW-SE	Fm Marília Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; e Serras; declividade 0 a 20°
	IVd	Centro-Norte (cidade de Canápolis)	NW-SE NE-SW	NW-SE E-W	Cobertura Cenozóica Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; e Serras; declividade 0 a 20°

Continuação Quadro 5.2 – Caracterização dos compartimentos e sub-compartimentos morfoestruturais definidos.

Compartimentos	Sub-compartimentos	Localização	Direções preferenciais de lineamentos	Lineamentos Importantes	Unidades Litoestratigraficas presentes	Geomorfologia
<b>V</b>	<b>Va</b>	Porção Sul	EW NW-SE	Rio Grande Sutura de Itumbiara N-S	Fm Uberaba Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 20°
	<b>Vb</b>	Porção Sul (área próxima a cidade de Uberaba)	NW-SE NE-SW subordinadamente NS	Sutura de Itumbiara E-W	Fm Marília Fm Uberaba Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 20°
	<b>Vc</b>	Porção Sul	NW-SE subordinadamente NS NE-SW	Sutura de Itumbiara NE-SW N-S	Fm Marília Fm Uberaba Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 20°
	<b>Vd</b>	Porção centro-sul	NE-SW NW-SE subordinadamente NS	Sutura de Itumbiara N-S	Fm Marília Fm Adamantina Fm Serra Geral	Colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas; declividade 0 a 20°

Continuação Quadro 5.2 – Caracterização dos compartimentos e sub-compartimentos morfoestruturais definidos.

Compartimentos	Sub-compartimentos	Localização	Direções preferenciais de lineamentos	Lineamentos Importantes	Unidades Litoestratigráficas presentes	Geomorfologia
VI	Vla	Porção sul-sudeste	NS EW NW-SE	NW-SE E-W	Cobertura Cenozóica Fm Marília Fm Uberaba Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas 0 a 10° > 30° (encosta voltada para o rio Araguari)
	Vlb	Poção sudeste	EW NE-SW NW-SE subordinadamente NS	NW-SE NE-SW	Cobertura Cenozóica Fm Marília Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas 0 a 10° > 30° (encosta voltada para o rio Araguari)
	Vlc	Porção central (englobando as cidades de Uberlândia e Araguari)	NE-SW NS NW-SE	NW-SE NE-SW	Cobertura Cenozóica Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas 0 a 10° > 30° (encosta voltada para o rio Araguari)
	Vld	Porção Central, próximo ao rio Paranaíba	NW-SE NE-SW subordinadamente NS EW	NW-SE	Cobertura Cenozóica Fm Adamantina Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas 0 a 10° > 30° (encosta voltada para o rio Araguari)



Continuação Quadro 5.2 – Caracterização dos compartimentos e sub-compartimentos morfoestruturais definidos.

Compartimentos	Sub-compartimentos	Localização	Direções preferenciais de lineamentos	Lineamentos Importantes	Unidades Litoestratigraficas presentes	Geomorfologia
<b>VII</b>	<b>VIIa</b>	Porção sul-sudeste, englobando a cidade de Araxá	NW-SE NS EW	NW-SE E-W	Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas e morros e morrotes; declividade 0 a 20°
	<b>VIIb</b>	Porção Leste, ocupando a parte central do compartimento	NE-SW subordinadamente NS	NW-SE	Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas e morros e morrotes; declividade 0 a 20°
	<b>VIIc</b>	Porção Leste, ocupando a parte norte do compartimento	NE-SW secundariamente NW-SE	NW-SE	Fm Serra Geral Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas e morro e morrotes; declividade 0 a 20°
	<b>VIIId</b>	Porção Leste, próximo ao rio Paranaíba	NE-SW NW-SE secundariamente EW	NW-SE	Embasamento Cristalino	Chapadão internamente com colinas suaves, topos planos, encostas côncavo e convexas e morro e morrotes; declividade 0 a 20°
<b>VIII</b>	-	Porção leste (principal núcleo urbano Pato de Minas)	NW-SE NE-SW secundariamente EW; e Feições circulares	NW-SE	Embasamento cristalino	Morro e Morrotes; declividade 0 a 30°

Pela análise dos perfis geológicos-estruturais (Figuras 5.26, 5.27 e 5.28), percebe-se, claramente, um desmantelamento geral da paisagem pretérita, que atinge desde as rochas pré-cambrianas até os sedimentos da Formação Nova Ponte e correlatos, tidos como do Terciário.

Nos perfis construídos, principalmente o de direção EW, tem-se um escalonamento dos compartimentos morfoestruturais, no qual os blocos baixos situam-se na direção oeste, sempre balizados por lineamentos estruturais. Essa constatação explica o porquê do comportamento verificado no mapa de contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral, onde as isolinhas apresentam valores bem mais altos a leste do que para oeste.

Da mesma forma, quando se observa o perfil B-B' (Figura 5.27), percebe-se que as espessuras anômalas do Grupo Bauru, preservadas nas depressões de Limeira do Oeste, União de Minas e Comendador Gomes (sub-compartimentos IIc, IIb, IIa e IVb), são frutos da existência de uma estrutura na forma de um grande *gráben*, com altos justapostos. A presença da Formação Marília no centro desta estrutura é assim também explicada, além do fato da característica carbonatação desta unidade.

Conclui-se, dessa forma, que os mesmos fenômenos tectono-sedimentares pós-cretácicos registrados em várias áreas da região Sudeste do Brasil, como por exemplo, na Serra da Mantiqueira (SP, MG) (SANTOS, 1999), Serra do Mar (SP) (ALMEIDA, 1976; RICCOMINI, 1989), na Depressão Periférica (SP) (RICCOMINI, 1995; FANCICANI, 1999, SOUSA, 2002), também se encontram presentes no Triângulo.

## 5.6 – Padrões e Anomalias da rede de drenagem

De modo geral os principais padrões de drenagem encontrados na área são: subdendríticos, subparalelos e localmente retangular e radial (Figura 5.11).

O padrão radial observado no extremo leste da área indica intrusões alcalinas. No entanto, na porção oeste da área, este mesmo padrão indica relevo residual (morros testemunhos da Formação Marília).

As drenagens da bacia do rio Paranaíba apresentam direções NW-SE, localmente modificadas para EW, seus afluentes direções NE-SW, NS e EW; e os da bacia do rio Grande direções EW, NS e NE-SW.

Outras anomalias de drenagem observáveis na área são formas em curva, formas em cotovelo, capturas de drenagem, mudança de orientação e tamanho nos meandros observados em algumas drenagens como, por exemplo, no rio Araguari e Uberaba (Figura 5.29). outro fator importante desse rearranjo de drenagem é a mudança abrupta da direção do canal de drenagem, como pode ser observado no rio Grande.

As capturas de drenagem observada para a área da bacia do ribeirão Grande alinham-se principalmente nas direções NS, NE e EW, já para a bacia do rio Paranaíba alinham-se segundo as direções NS, NW, NE e EW.

Com base no mapa da rede de drenagem optou-se por uma análise para bacias dos principais afluentes do rio Paranaíba: Araguari, Piedade, Tijuco, Prata e Arantes; e Grande: Uberaba, Verde ou Feio e São Francisco.

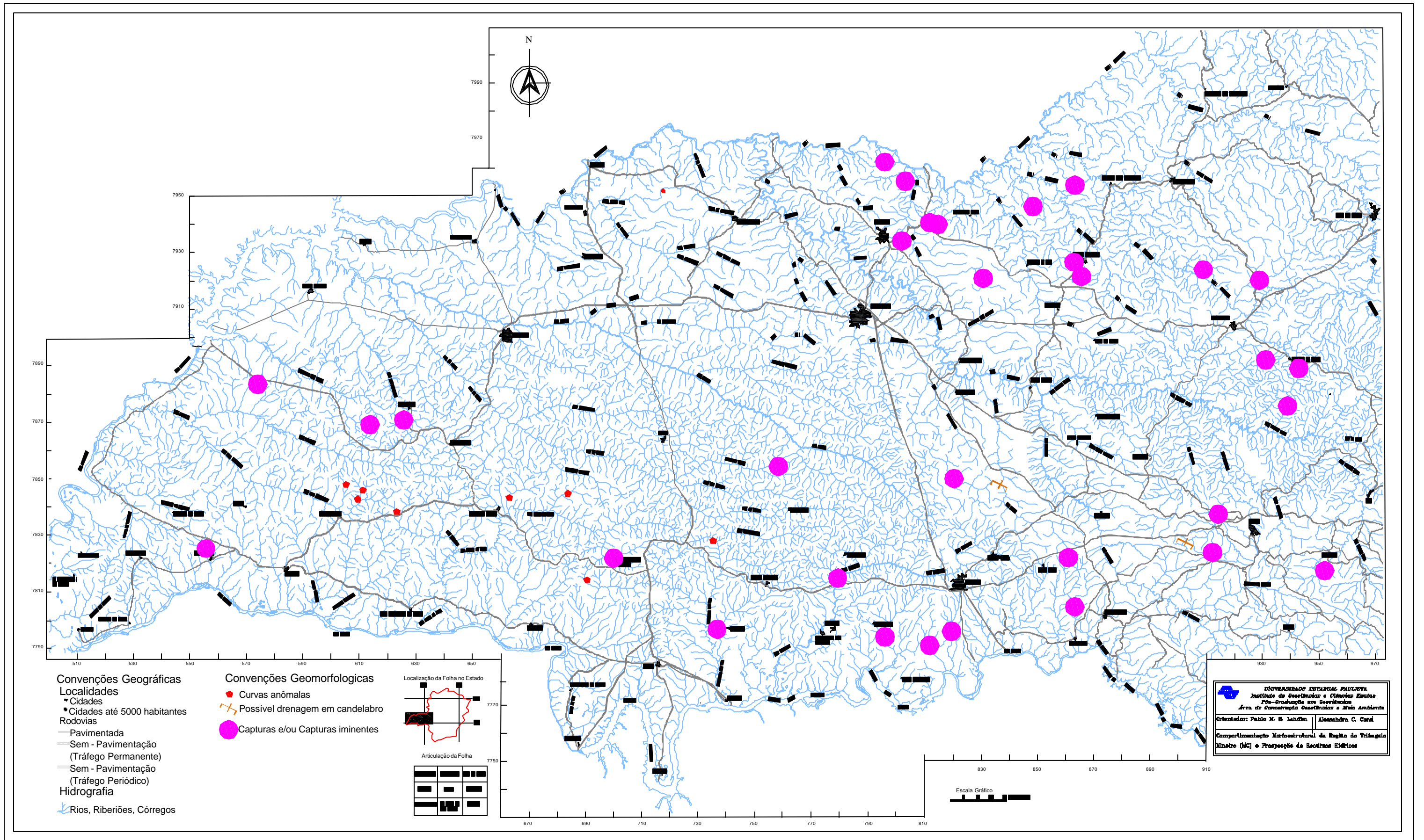


Figura 5.29 - Mapa de anomalias da rede de drenagem na região do Triângulo Mineiro (MG).

### ***Bacia do Rio Araguari***

O rio Araguari nasce no Parque Nacional da Serra da Canastra, no município de São Roque de Minas, sendo um dos principais formadores do rio Paranaíba. Ao longo do seu canal as altitudes variam de 1000 a 500 metros.

Os principais padrões de drenagem desenvolvidos na área são: subdendrítico (porção superior da bacia) e subparalelo (porção inferior) (Figura 5.30). Localmente observa-se o padrão retangular.

O rio Araguari apresenta padrão meandrante e demonstra modificações no tamanho e orientação dos meandros.

Outra anomalia identificada é a da mudança abrupta da direção das drenagens. Isto pode ser observado nos rios Araguari e Uberabinha (Figura 5.30).

Outro fator relevante nesta bacia é a assimetria da drenagem, os afluentes da margem direita apresentam comprimentos menores do que os da esquerda na porção inferior da bacia, ocorrendo o contrario na porção superior. Esta assimetria pode indicar basculamento de blocos.

### ***Bacia do Rio Piedade***

A bacia do rio Piedade apresenta ao longo do seu trecho altitudes que variam de 900 a 450 metros.

O padrão dendrítico a subparalelo foram observado ao longo da bacia (Figura 5.31). O rio Piedade tem como direção principal NW-SE. Seus afluentes apresentam direções NE-SW e NS, localmente EW.

Um fator relevante nesta bacia é a assimetria da drenagem, os afluentes da margem direita apresentam comprimentos maiores do que os da esquerda. Esta assimetria pode indicar basculamento de blocos.

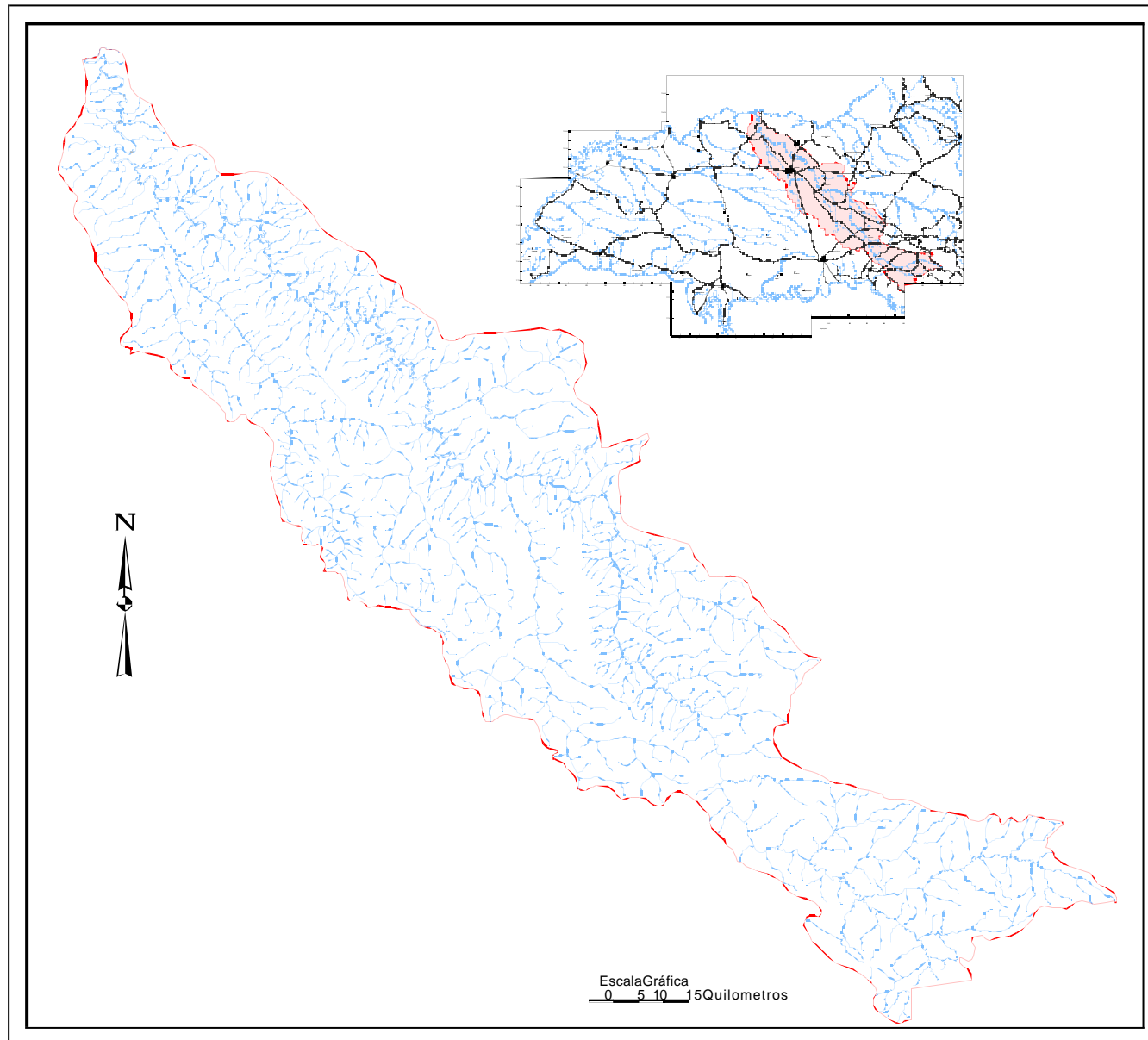


Figura 5.30 - Bacia de drenagem do rio Araguari, afluenta da margem esquerda do rio Paranaíba (Triângulo Mineiro, MG).

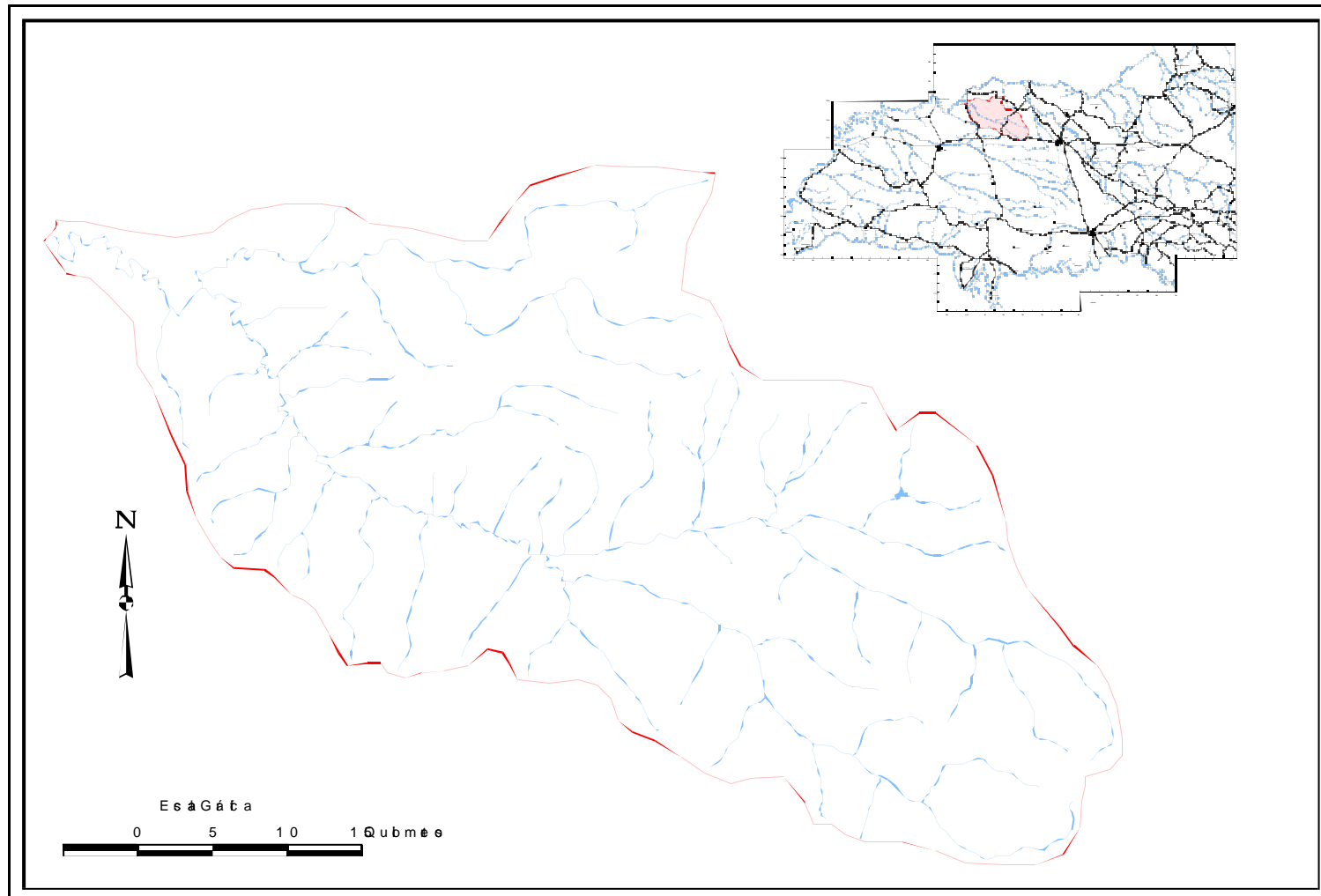


Figura 5.31-Bacia de drenagem do rio Piedade, afluente da margem esquerda do rio Paranaíba (Triângulo Mineiro, MG).

### ***Bacia do Rio Tijuco***

O rio Tijuco nasce no município de Uberaba, e as altitudes ao longo do seu trecho variam de 900 a 450 metros.

O padrão de drenagem observado é do tipo subdendrítico, no entanto, ao analisarmos somente os afluentes maiores, o padrão assumido é paralelo (Figura 5.32).

O canal de drenagem do rio Tijuco sofre variação na direção, sendo ora NW-SE ora E-W. As direções NE-SW e NS são observadas nos afluentes de menor ordem hierárquica.

O padrão meândrico identificado no rio Tijuco demonstra modificações quanto à orientação e tamanho.

Outro fator relevante é da assimetria de drenagem, onde os afluentes da margem direita possuem maior comprimento com relação aos da margem esquerda.

### ***Bacia do Rio da Prata***

No rio da Prata ao longo do seu trecho as altitudes variam de 850 a 450 metros.

O padrão de drenagem observado é do tipo subdendrítico, direção geral NW-SE. Os afluentes apresentam direção NE-SW (Figura 5.33).

O padrão meândrico identificado no rio da Prata demonstra modificações quanto à orientação e tamanho.

O fator de assimetria de drenagem é baixo na bacia do rio da Prata.



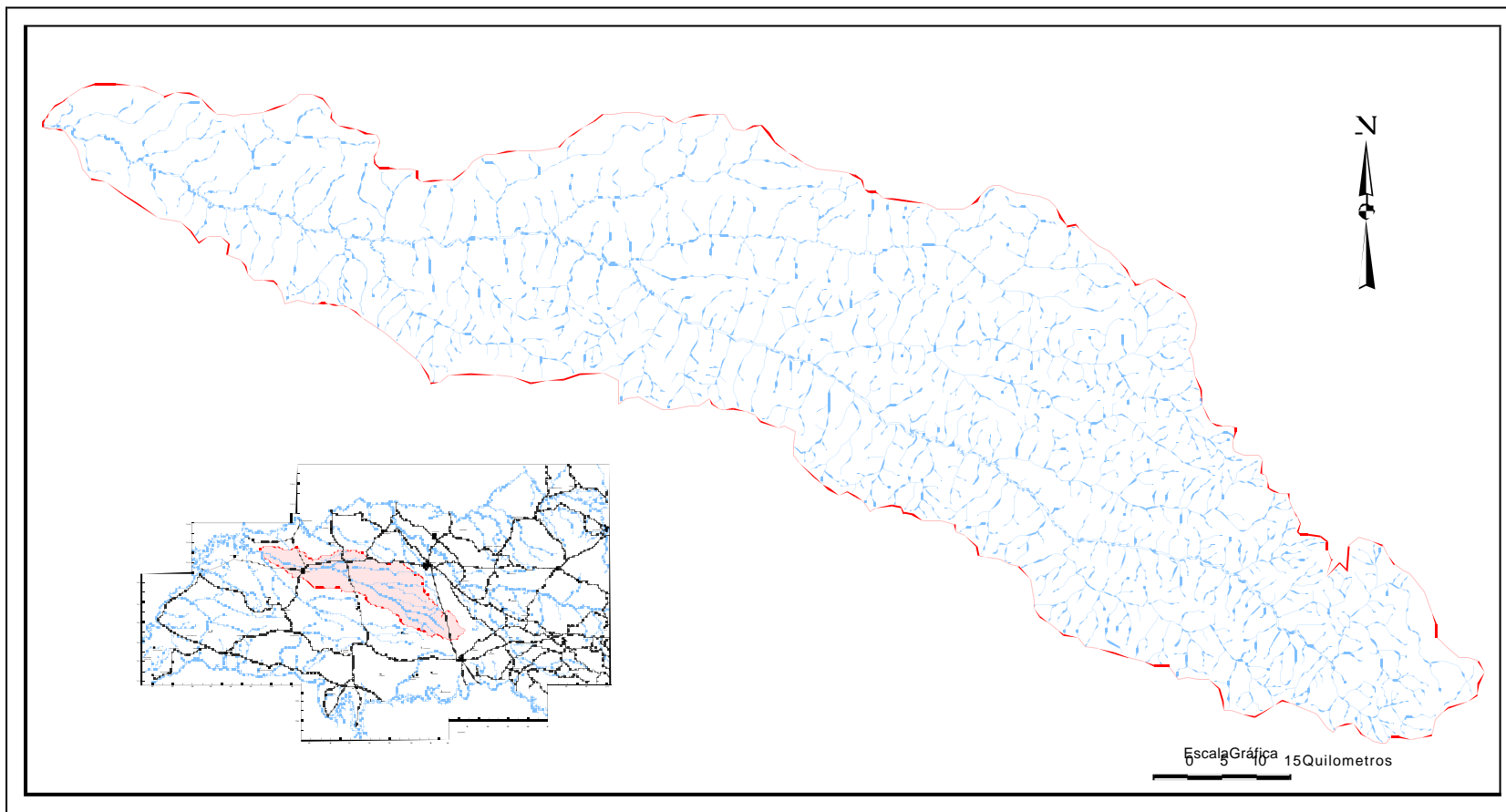


Figura 5.32 - Bacia de drenagem do rio Tijuco, afluente da margem esquerda do rio Paranaíba (Triângulo Mineiro, MG).

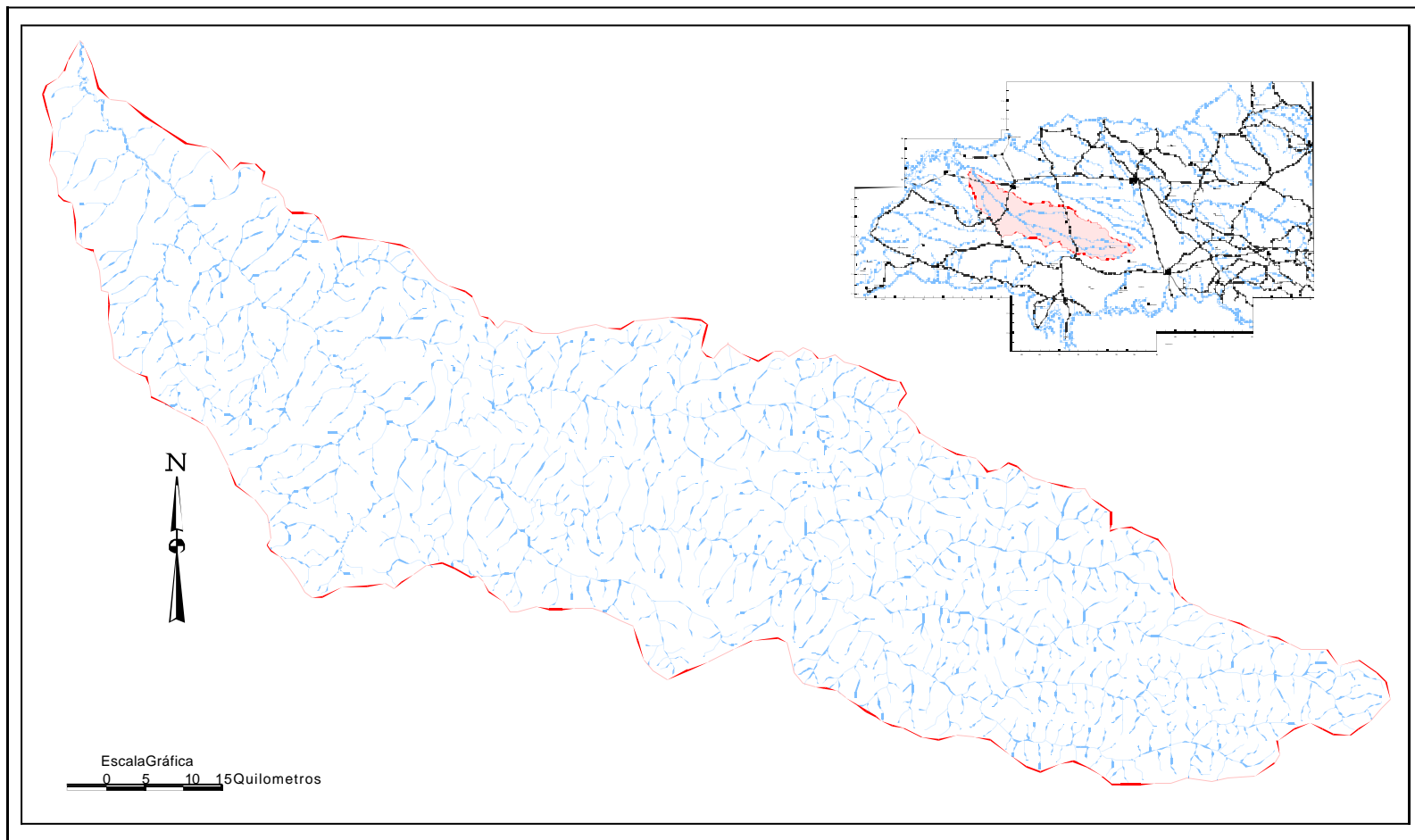


Figura 5.33- Bacia de drenagem do rio Prata, afluente da margem esquerda do rio Paranaíba (Triângulo Mineiro, MG).

### ***Bacia do Rio Arantes***

O principal padrão de drenagem observado é o subdendrítico. O rio Arantes apresenta como direção principal NE-SW e seus afluentes direções NE-SW e NS (Figura 5.34).

A bacia de drenagem apresenta uma baixa variação altimétrica quando comparada com as demais bacias do rio Paranaíba acima descritas, com valores altimétricos oscilando entre 600 a 450 m.

O padrão meândrico é observado em sua porção inferior e estes apresentam modificações de orientação e de tamanho.

A bacia do rio Arantes apresenta um fator de assimetria baixo, já que os comprimentos dos afluentes da margem esquerda e direita são muito semelhantes.

### ***Bacia do Rio Uberaba***

A altimetria na bacia do rio Uberaba varia de 950 a 500 metros. Tem como padrão de drenagem principal o subdendrítico (Figura 5.35).

Apresenta uma forte variação na direção do curso principal ora N-S ora NE-SW e localmente NW-SE e EW. Esta mesma variação é observada para seus afluentes.

O rio Uberaba apresenta padrão meandrante, que apresenta modificação ao longo de seu trecho com relação ao tamanho e a orientação.

Outra feição anômala que ocorre são curvas que nos tributários que provocam desvios em suas direções.

Apresenta uma assimetria de drenagem marcante no médio curso do rio, com os afluentes da margem direita com maior comprimento do que os da margem esquerda.

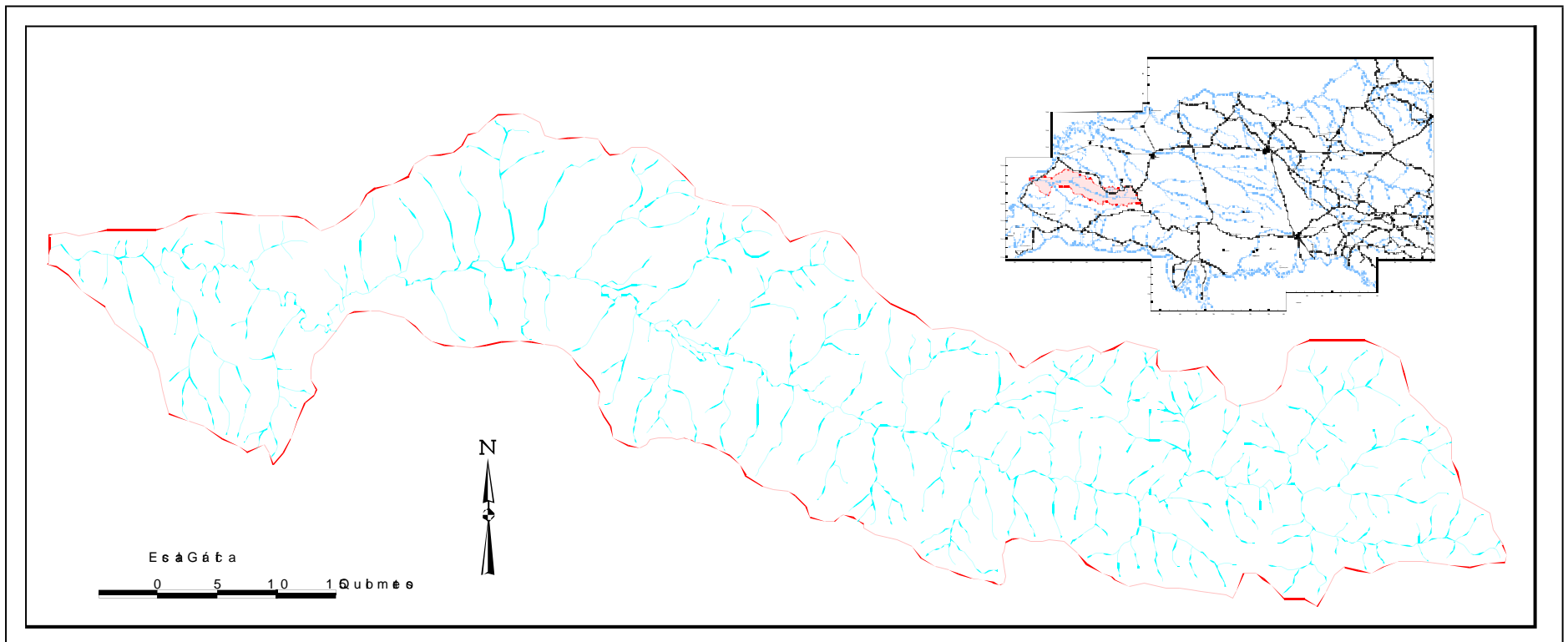


Figura 5.34-Bacia de drenagem do rio Arantes, afluente da margem esquerda do rio Paranaíba (Triângulo Mineiro, MG).

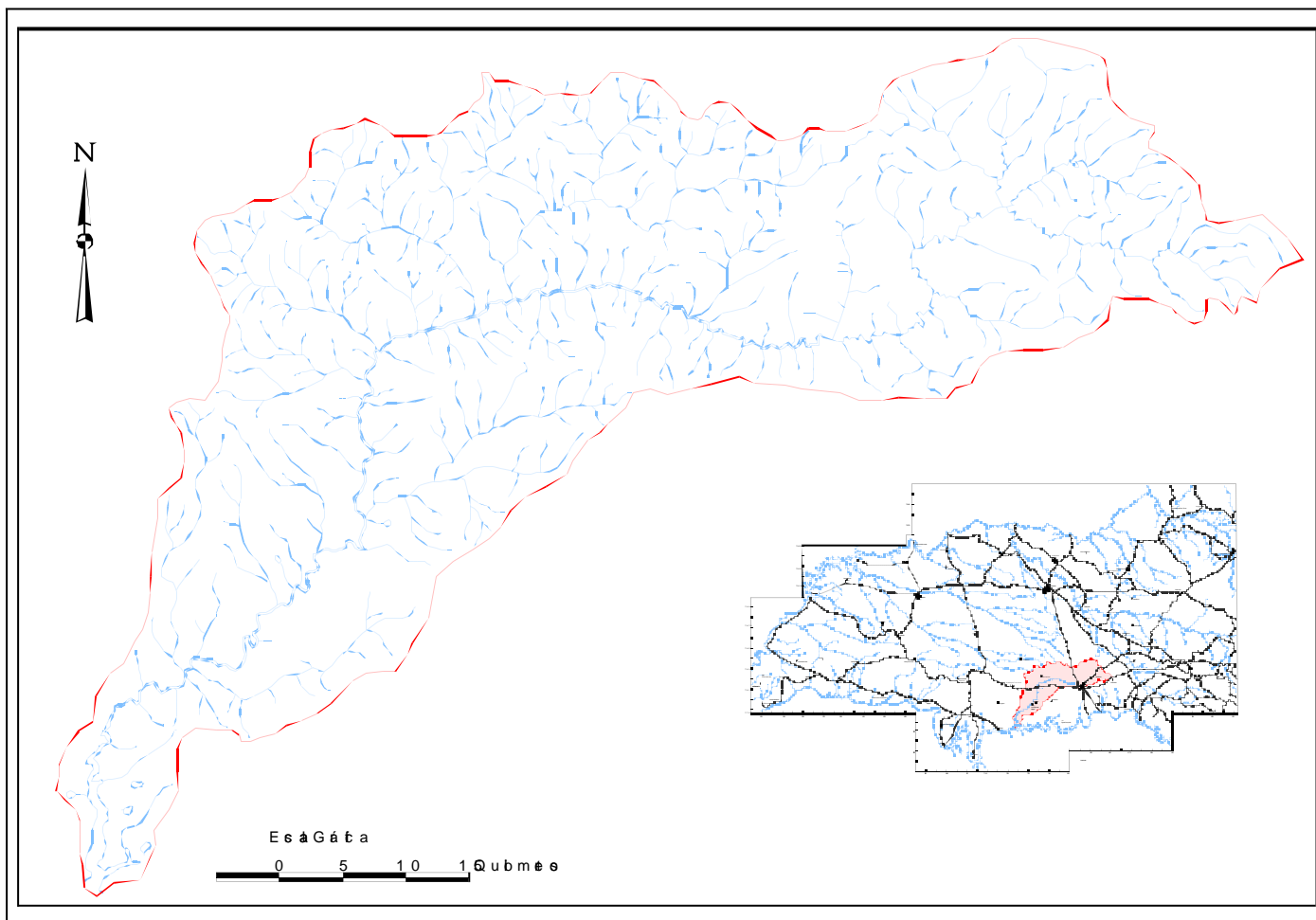


Figura 5.35-Bacia de drenagem do rio Uberaba, afluente da margem direita do rio Grande (Triângulo Mineiro, MG).

### ***Bacia do Rio São Francisco***

A variação altimétrica vai de 750 a 500 metros para a bacia, e apresenta padrão subdendrítico (Figura 5.36).

O rio São Francisco apresenta como direção principal NS e EW. Os afluentes apresentam direções N-S, E-W e NE-SW localmente.

Essa mudança no padrão de direção dos canais relaciona-se com curvas anômalas na rede de drenagem, que podem sugerir atividade tectônica.

Na porção inferior da drenagem, o rio São Francisco mostra o padrão meândrico, que apresenta modificações significativas na orientação dos mesmos.

### ***Bacia do Rio Verde ou Feio***

O padrão principal de drenagem é subdendrítico e as direções preferências das drenagens são NS, EW, NW-SE e NE-SW (Figura 5.37).

A variação de altitude ao longo da bacia vai de 700 a 350 metros. Apresenta uma forma alongada de direção E-W.

Como anomalias identificadas ao longo da bacia tem-se: mudança de direção do canal principal, curvas anômalas que permitem inflexão na orientação dos canais e a assimetria observada na bacia.

Outra feição anômala relaciona-se com o tamanho e orientação dos meandros ao longo do rio Verde.

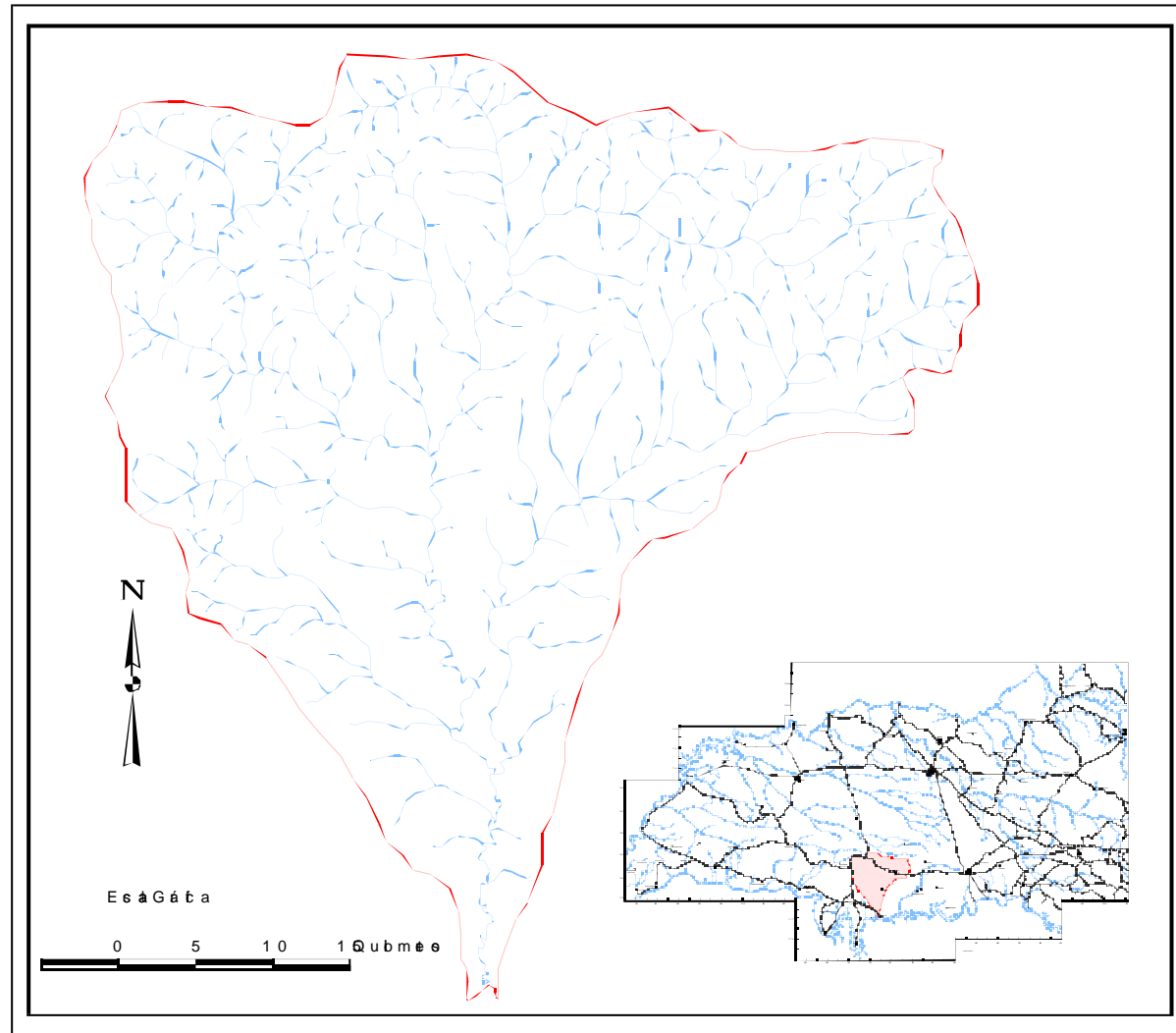


Figura 5.36 - Bacia de drenagem do rio São Francisco, afluente da margem direita do rio Grande (Triângulo Mineiro, MG).

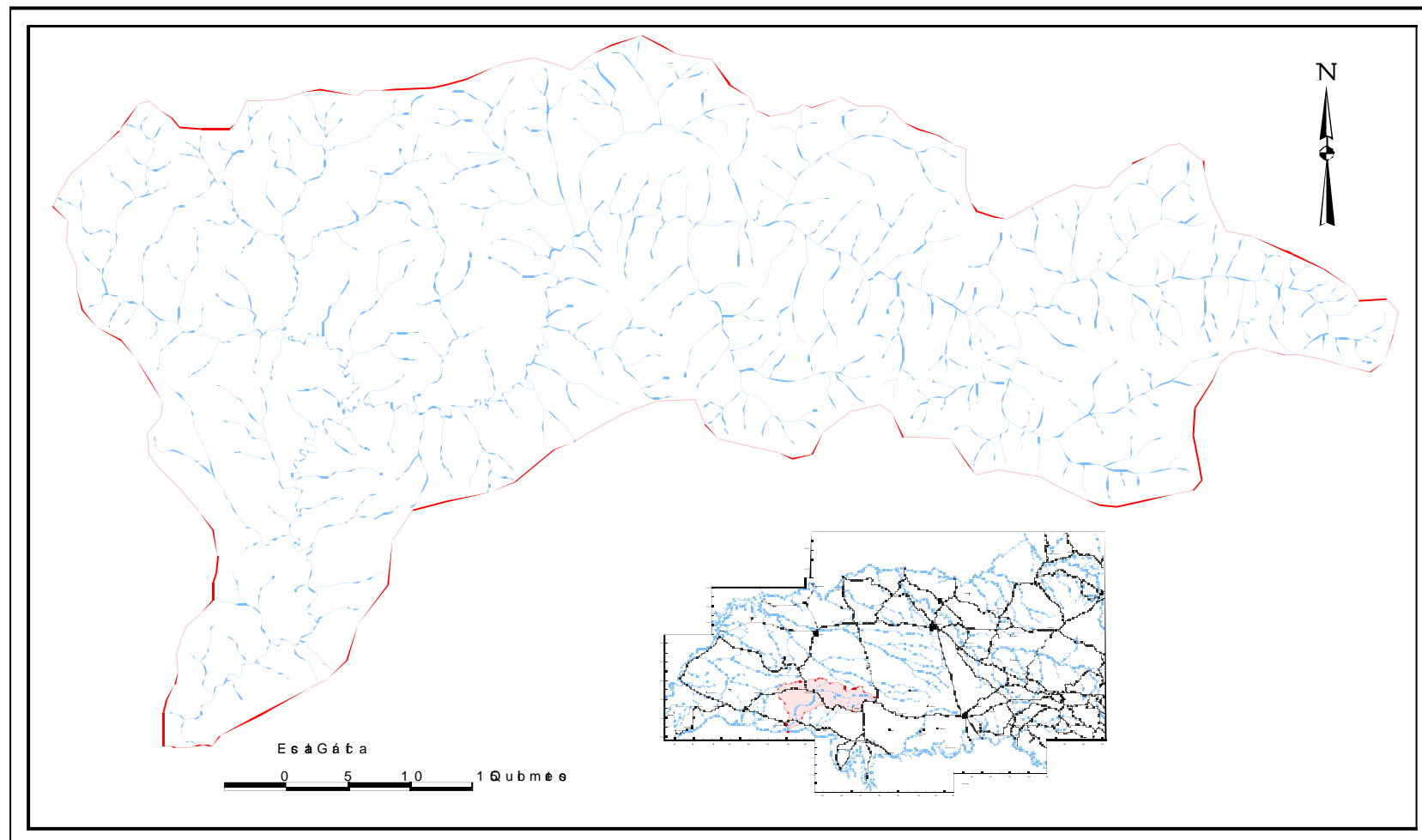


Figura 5.37 - Bacia de drenagem do rio Verde ou Feio, afluente da margem direita do rio Grande (Triângulo Mineiro, MG).



### 5.7 – Análise dos canais de primeira ordem

A análise dos canais de primeira ordem teve por objetivo determinar sua orientação preferencial, pois estes são os que refletem as fases tectônicas mais jovens.

Na região do Triângulo Mineiro, estes segmentos de drenagem são responsáveis pelo padrão de dissecação atual.

Os resultados do diagrama de roseta demonstram que, na área, a direção NE-SW, e secundariamente NW-SE e NS, evidenciam o controle dos canais de primeira ordem nestas direções (Figura 5.38).

Estes canais respondem mais rapidamente ao movimento tectônico, podendo esta forma representar fraturas abertas o que propicia a infiltração de água, bem como a exploração das mesmas para extração de água subterrânea.

### 5.8 – Índices geomórficos

Para identificar as áreas com possível atividade tectônica como basculamento de blocos, foram aplicados os índices geomórficos sugeridos por Keller e Pinter (1996), ou seja, fator de assimetria (FA) e fator de simetria topográfica transversal (T).

Estes índices são utilizados para avaliar e quantificar a assimetria da bacia de drenagem. Ambos foram aplicados para as bacias dos rios Araguari, Piedade, Tijuco, Prata, Arantes, Uberaba, Verde ou Feio e São Francisco.

As bacias são estáveis ou simétricas quando apresentam valores do fator de assimetria (FA) próximos ou iguais a 50; valores maiores ou menores que 50 sugerem basculamento da margem direita ou esquerda, respectivamente (KELLER; PINTER, 1996).

Segundo Keller e Pinter (1996) em uma bacia perfeitamente simétrica o fator de simetria transversal (T) é igual a 0, com o aumento da assimetria, o T aumenta e aproxima do valor 1.

A análise do fator de assimetria para as oito bacias permitiu extrair as seguintes informações: as bacias dos rios Tijuco, Uberaba e Verde apresentam valores acima de 50%, ou seja, 64,52 %, 63,71% e 60,54% respectivamente, configurando uma assimetria da margem direita (Tabela 5.1).

As bacias dos Araguari e São Francisco possuem valores de assimetria menor que 50 %, mostrando uma assimetria da margem esquerda (Tabela 5.1).

Por outro lado, as bacias dos rios Arantes, Piedade e Prata apresentam valores próximos a 50% (54,22%, 52,04% e 55,13% respectivamente), ou seja, com baixo grau de assimetria da margem direita, sendo estas bacias mais estáveis tectonicamente.

Tabela 5.1 – Resultados da análise de assimetria para as bacias da área (Fator de simetria – FA)

Bacias de Drenagem		Fator de assimetria da bacia (FA)
Rio Oaranaíba	Araguari	37,75%
	Arantes	54,22%
	Piedade	52,04%
	Prata	55,13%
	Tijuco	64,52%
Rio Grande	São Francisco	38,42%
	Uberaba	63,71%
	Verde	60,54%

O rio Araguari apresenta direção principal NW-SE, com caimento da margem direita para SW até as proximidades da cidade de Nova Ponte, neste trecho o rio Araguari inflete de direção e também de caimento da margem, neste trecho passa a bascular para NE. Isto pode ser comprovado pela presença de longos afluentes, como os rios Claro, Uberabinha e das Pedras (caimento para SW) e ribeirões do Inferno e Santa Juliana (caimento para NE) (Figura 5.30). Com relação ao índice T, os maiores valores são encontrados a partir da porção média e a jusante da drenagem e variando de 0,44 a 0,53, este é o trecho de maior assimetria da bacia e neste trecho o rio torna-se mais sinuoso (Figura 5.39).

A bacia do rio Tijuco mostra uma similaridade com a bacia do rio Araguari. Apresenta direção variando de NW-NE a NNW, com caimento para NE, refletindo uma assimetria da margem direita, que pode ser observado no comprimento dos afluentes. A análise do índice de simetria topográfica (T) (Figura 5.40), permite observar que os maiores valores encontram-se na porção média da bacia, com valores que variam de 0,4 a 0,52.

A bacia do rio São Francisco apresenta uma nítida assimetria, com caimento da margem direita para leste e norte; os valores de T são maiores a montante da bacia, com valores entre 0,5 e 0,55 (Figura 5.41).

Os rios Uberaba e Verde apresentam uma certa similaridade, ambos apresentam evidências de caimento da margem direita ora para N e ora para E. Os rios da margem direita apresentam comprimentos maiores que os da margem esquerda (Figura 5.35, 5.37).

O índice T para a bacia do Uberaba apresenta maiores na porção superior onde o rio apresenta direção EW e estes variam de 0,42 a 0,65 (Figura 5.42). Já

para a bacia do rio Verde os maiores valores de T (0,45 a 0,6) ocorrem na porção médio-inferior, onde o rio apresenta-se mais sinuoso (Figura 5.37 e 5.43).

O rio Araguari encontra-se nos compartimentos VI e III. Na porção onde os dados do contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral apresentam os valores mais elevados das isolinhas, sendo está área do Soerguimento do Alto Paranaíba.

A bacia de drenagem do rio Tijuco engloba os compartimentos V, IV e III. Os maiores valores do índice T observados encontram-se no Compartimento IVc, numa área cortada pelas direções NE-NW e NS.

Com relação ao rio São Francisco os maiores valores do índice T ocorrem ao longo do canal quando este apresenta direção EW e associada ao Compartimento IVã, sendo seccionada pela direção NS.

Para o rio Verde os maiores valores de T ocorrem ao longo do Compartimento IIa, onde a drenagem é seccionada pela direção NW -NE. Já para o rio Uberaba os maiores valores de T encontram-se no Compartimento V onde pode observar os lineamentos de direções NS e NE-NW.

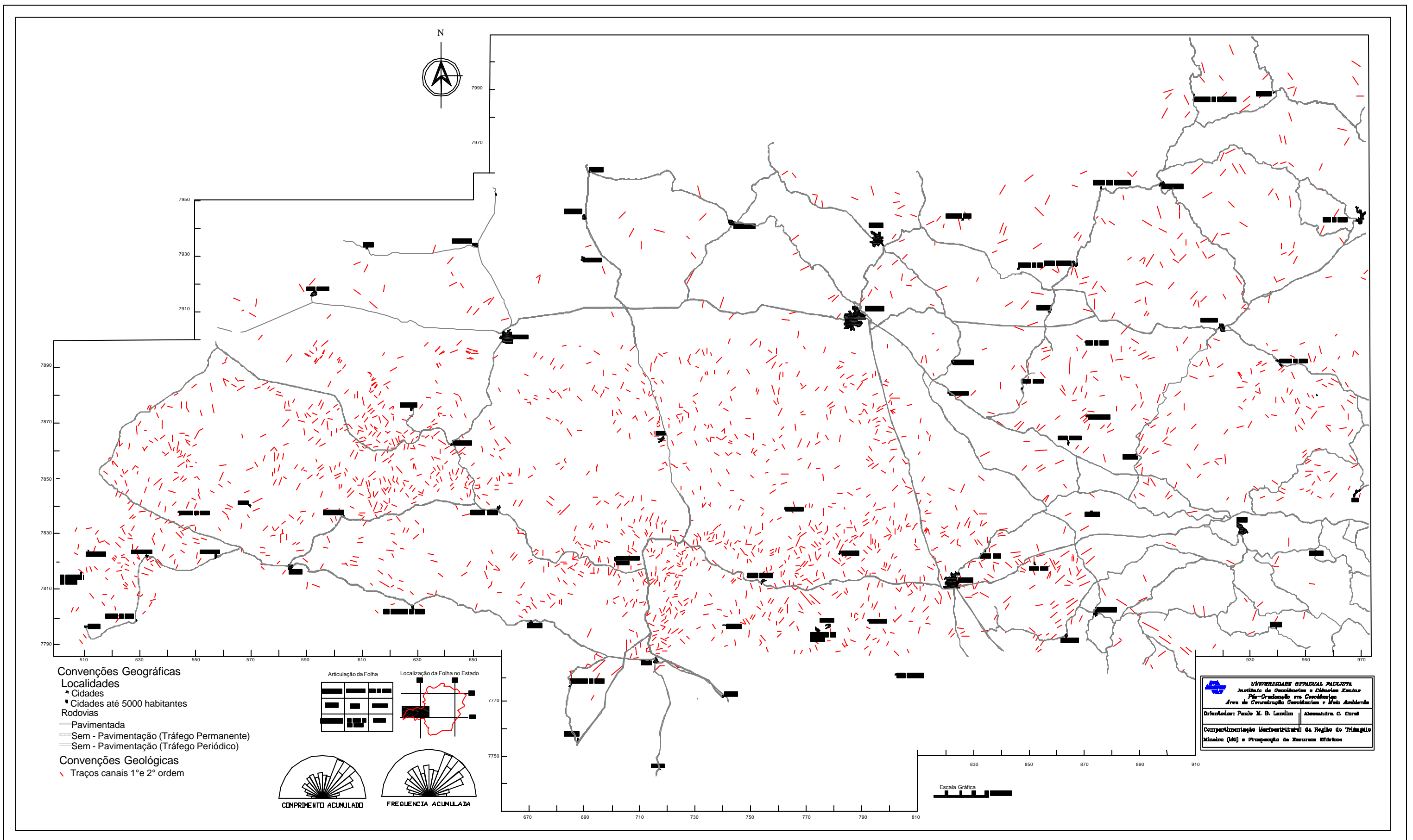


Figura 5.38 - Direções dos canais de primeira e segunda ordem para as drenagens da região do Triângulo Mineiro (MG) com a delimitação das bacias analisadas.

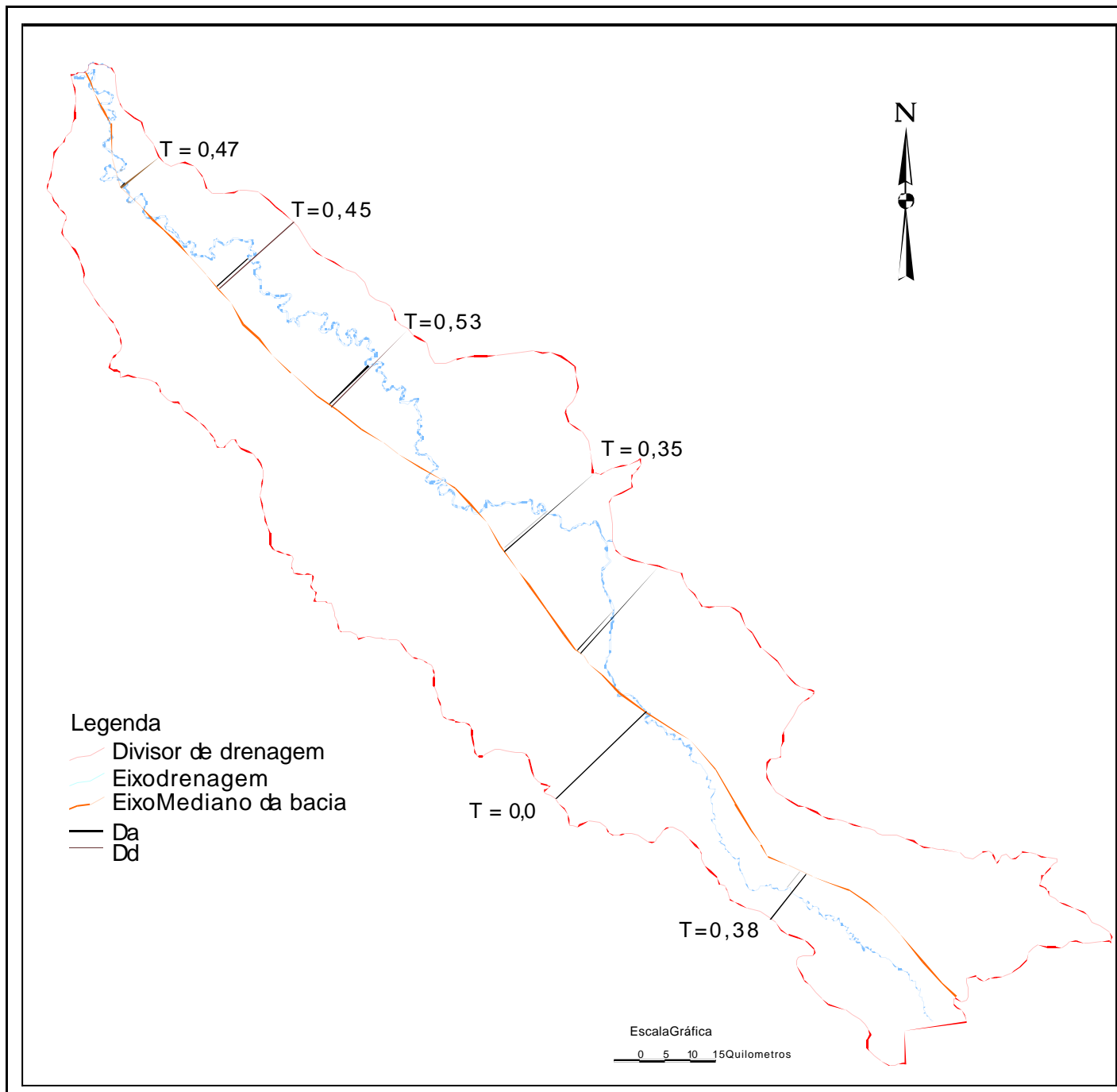


Figura 5.39-Fator desimetria topográfica da bacia do rio Araguari.

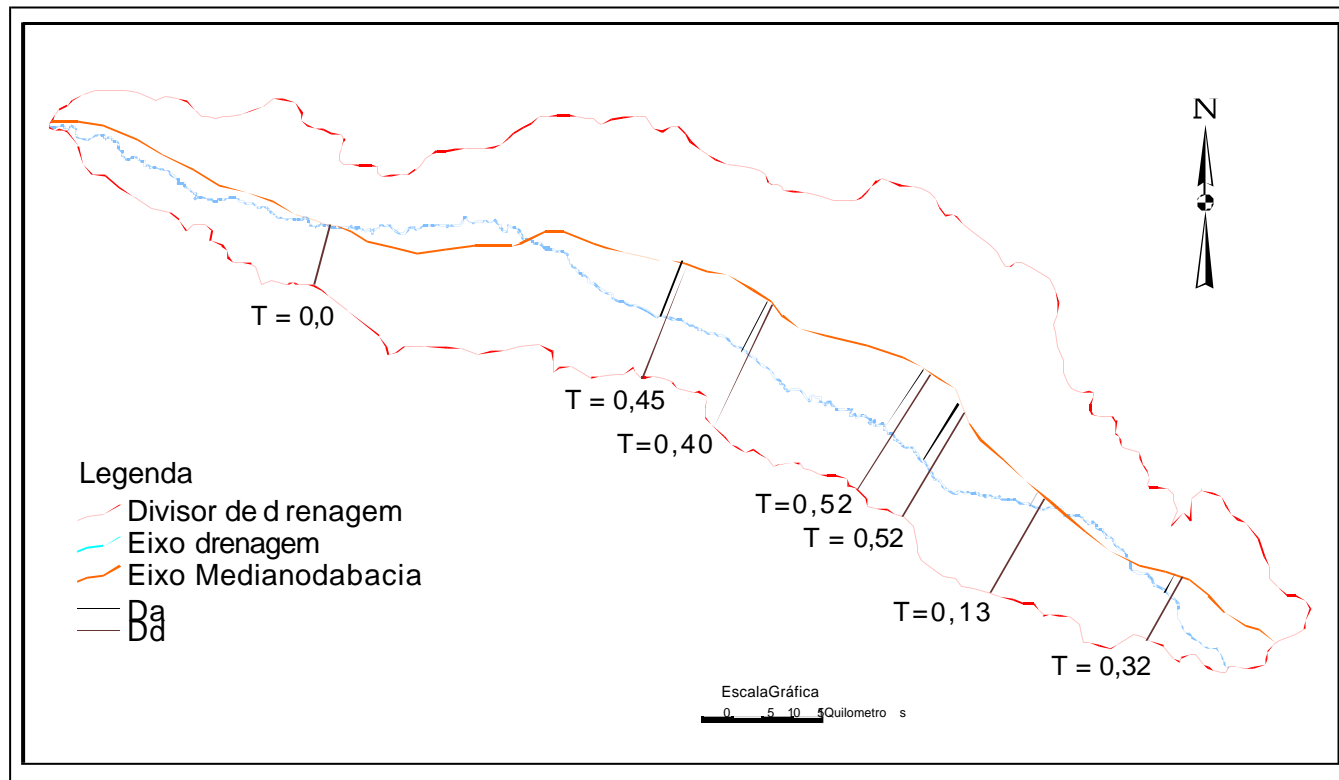


Figura 5.40-FatordesimetriatopográficadabaciadorioTijuco.

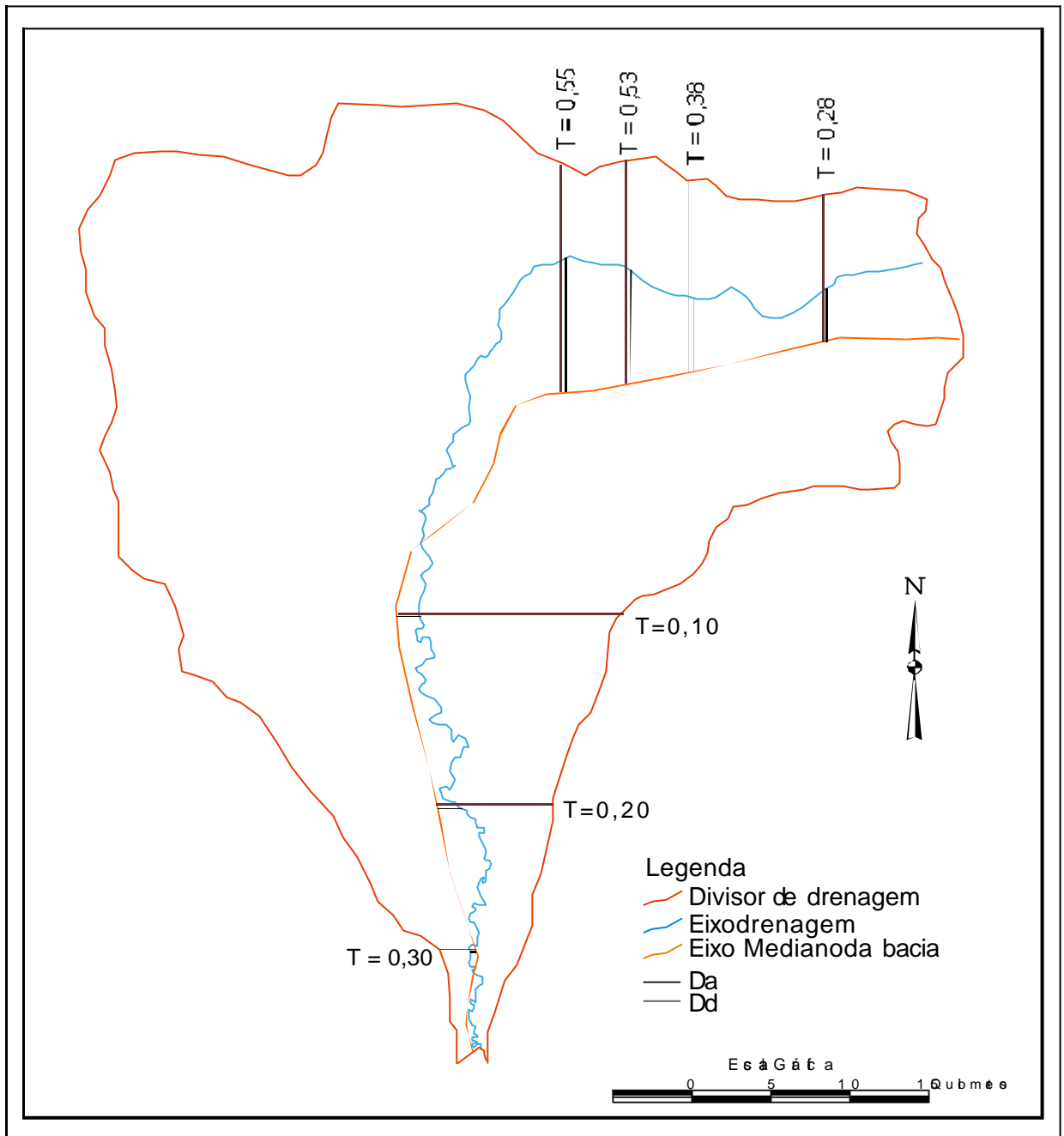


Figura 5.41-Fatordesimetria topográficadabaciadorio SãoFrancisco.



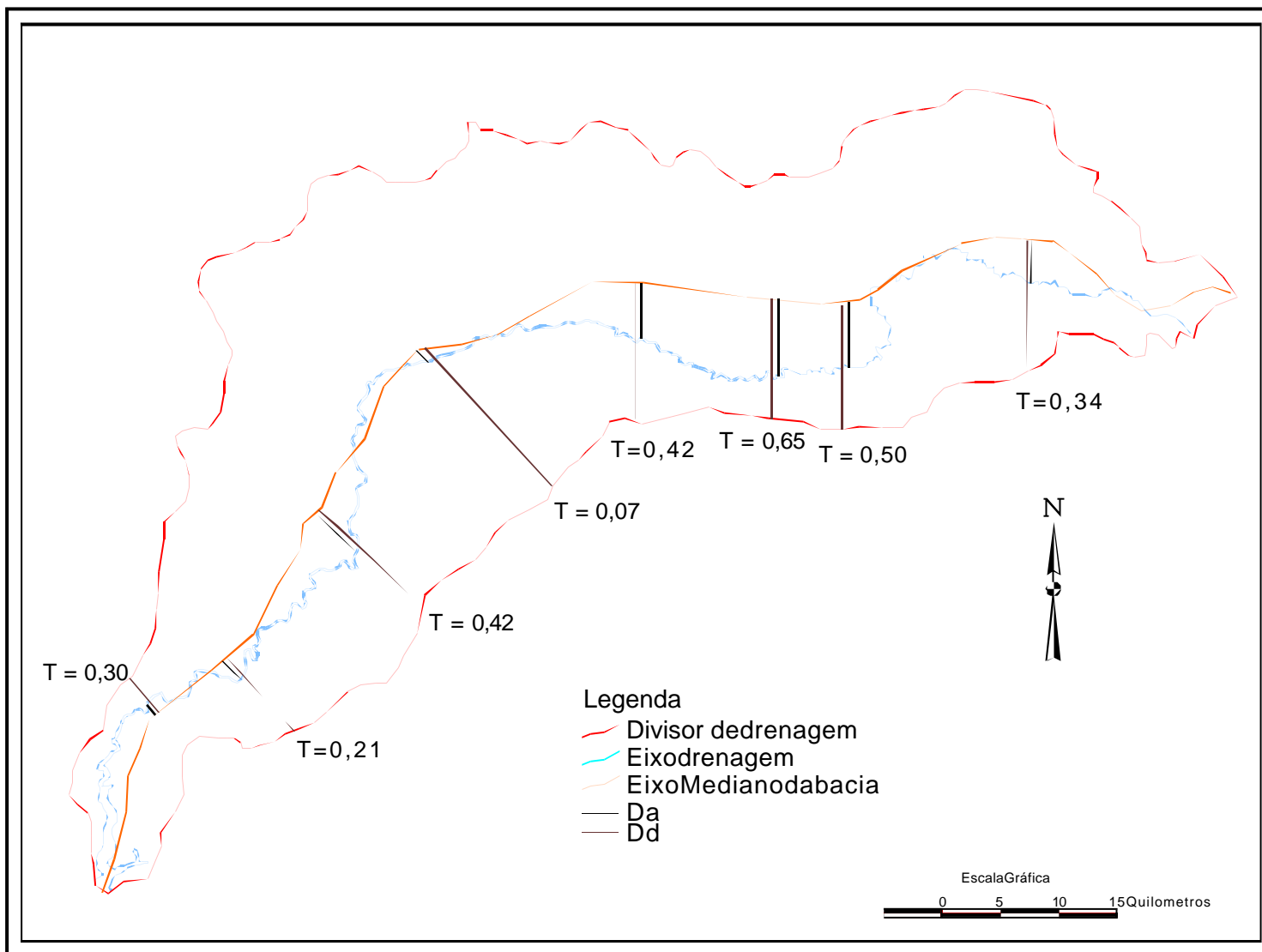


Figura 5.42-FatordesimetriatopográficadabaciadorioUberaba.

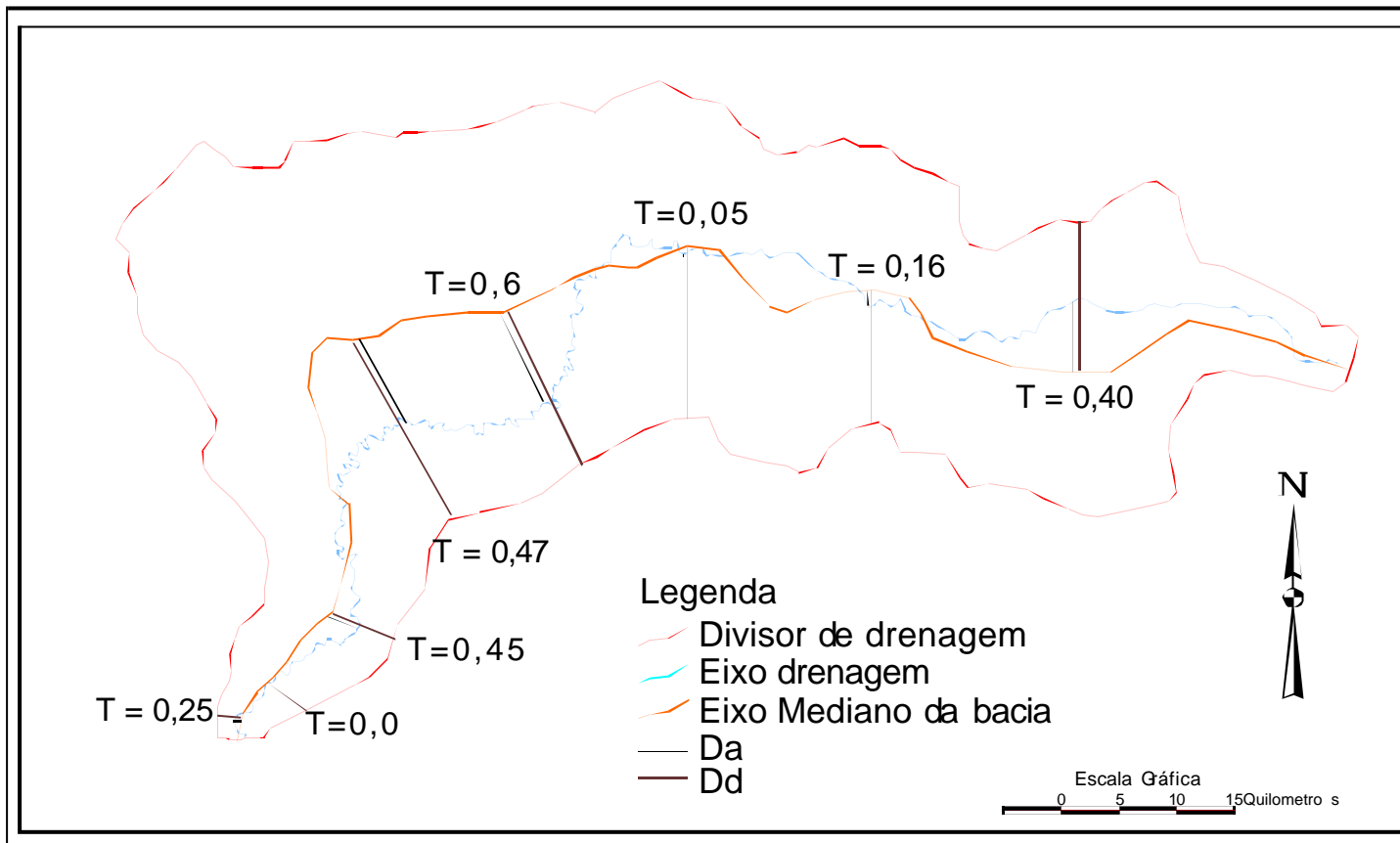


Figura 5.43-Fatordesimetria topográfica da bacia do rio Verde.

## 5.9 – Discussão

A estruturação da região é caracterizada pela presença de descontinuidades correspondentes a suturas de subducção, resultantes de processos de colisão ocorridos no fim do Arqueano e no Proterozóico Inferior, sendo responsáveis pela formação dos blocos Brasília, Vitória, Paraná e São Paulo (HARALYI; HASUI, 1982; HARALYI *et al.*, 1985).

A partir do Triássico, teve-se o início da separação Brasil-África e a formação do Oceano Atlântico Sul. Esse fenômeno resultou em deformações e tectonismo, culminando com os derrames basálticos da Serra Geral. Este intenso magmatismo afetou uma área de dois milhões de km<sup>2</sup> na América do Sul, sendo sua idade estimada em 133 – 131 Ma (PACCA; MONTES-LAUAR, 1997).

O magmatismo da Formação Serra Geral marca o fim da Bacia do Paraná e início da Bacia Bauru.

Na região do Triângulo Mineiro durante o Cretáceo Superior ocorreu à deposição das litologias que compõem o Grupo Bauru, ou seja, as formações Adamantina, Uberaba e Marília.

Com o Soerguimento do Alto Paranaíba ocorreu a reativação de descontinuidades crustais NW, como a Sutura de Itumbiara.

A partir do Terciário a compartimentação estrutural imposta a região ocorreu com a reativação das descontinuidades crustais de direções NW, NE, EW e NS que culminaram com a estruturação do relevo.

Esta reativação durante o Terciário na região ficou bem marcado no rio Grande com a mudança de direção NW para EW, promovendo um rearranjo de parte das drenagens da bacia do rio Paranaíba. Como inflexões do canal e capturas de drenagem como pode ser observada Figura 5.29.

Este novo quadro propiciou a formação de depressões como as de Limeira D'Oeste, Gurinhatã, Campo Florido e Uberaba possibilitando a preservação dessas unidades.

As discontinuidades crustais pretéritas existentes na região estiveram ativas durante toda a história deposicional das unidades que compõem a Bacia do Paraná e Bacia Bauru. Bem como, foram responsáveis pela estruturação do relevo conjuntamente com a atuação climática.

## 5.10 – Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. de The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15 - 26, 1976.

ALMEIDA, F. F. M. & BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. **Boletim DNPM**, Rio de Janeiro, n. 143,1953.

AUTOCAD Educational Version. Autodesk, Inc, 2000.

BALDISSERA, D. H. **Análise morfoestrutural por superfície de tendência vetorial na área do Domo de Pitanga (SP)**. 2001, 72 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

CASTRO, P. R. M. Aspectos geotectônicos da estrutura do Pau D'Alho, São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.50, n. 4, p. 503-26, 1978.

CORSI, A. C.; LANDIM, P. M. B.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. ; PERINOTTO, J. A. J.; BATEZELLI, A. Análise de tendência vetorial em dados de fraturamento, aplicada à hidrogeologia no Triângulo Mineiro (MG). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL; 2<sup>DO</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR., 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** São Pedro: UNESP, 2002. p. 387 – 393.

FANCICANI, E. M. **Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica, regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. 2000. 222 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exata, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do médio Vale do Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro**. 1999, 259 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional), Instituto de Geociências e Ciências Exata, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FERREIRA, M. F. M. **Morfologia e análise morfotectônica do alto Vale do Sapucaí – Pouso Alegre (MG)**. 2001, 279 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exata, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

KELLER, E. A.; PINTER, N. (Eds.) **Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, 338 p.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. Compartimentação geotectônica do Brasil Oriental com base na informação geofísica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. **Anais...** Salvador: SBG-BA, 1982. v.1, p. 374-85.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y.; MIOTO, J. A.; HAMZA, V. M.; RODRIGUES, C. R. Ensaio sobre a estruturação crustal do estado de Minas Gerais com base na informação geofísica. Belo Horizonte, 1985. **Boletim Especial...**Belo Horizonte: SBG-MG, 1985. p. 71 – 83.

HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E. Aspectos Lito-estruturais e Geofísicos do Soerguimento do Alto Paranaíba. **Geociências**, São Paulo, v.10, p. 67-77, 1991.

HASUI, Y.; MORALES, N. Neotectônica e compartimentação morfoestrutural da região sudeste e sua importância. **Geovisão**, São Paulo, p. 4-5, mar 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS **Mapa das Principais Feições Crustais do Estado de São Paulo e Regiões Vizinhas**. São Paulo, 1989. (Relatório n.o 27.394).

LANDIM, P. M. B.; SOUZA FILHO, E. E.; SOBREIRO NETO, A. F. O estudo morfoestrutural pela análise de superfícies de tendência. **Geociências**, São Paulo, v. 3, p. 77-89, 1984.

LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; BATEZELLI, A.; CORSI, A. C. **A Bacia Bauru no Triângulo Mineiro (MG): análise da Bacia como proposta de uma nova estratégia exploratória para recursos minerais e hídricos**. Universidade Estadual Paulista, 2002. Relatório FAPESP N° 99/00323-5.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. H. G.; FERNANDES, N. F. Desnívelamento e altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: Bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...**Salvador: SBG-BA, 1982. v. 4, p. 1489 – 1503.

MORAES REGO, L. F. Nota sobre a localização de uma sondagem no Estado de São Paulo. **Geologia e Metalurgia**, São Paulo, n. 1, p. 37-47, 1945.

NEVES, M. A. **Evolução cenozóica da região de Jundiá (SP)**. 1999, 141 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

NORTHLEET, A. A.; BETTINI, C.; CHAVES, H. F. Aplicação de geomatemática à prospecção de petróleo – análise de fraturas por polinômios ortogonais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Anais...**São Paulo: SBG, 1971. v. 3, p. 61-70.

ORIANA for windows Version 1.03. Warren L. Kovach, 1994.

PACCA, G.; MONTES-LAUAR, C. R. Possível correlação de episódios magmáticos da bacia do Paraná do Jurássico ao Cretáceo Superior. In; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997, Penedo. **Atas...** Penedo: SBG - Núcleo Rio de Janeiro, Espírito Santos e São Paulo, 1997. p. 83 – 85.

PADILHA, A. L.; TRIVEDI, N. B.; COSTA, J. M.; VITORELLO, I.; DUPIS, A. ; CAVOIT, C. Audiomagnetotelluric study in northeast region of Paraná Basin South America. **Geophysics**, Tulsa, v. 54, n. 7, p. 824 – 31, 1989.

PONTE, F. C. Estudo morfoestrutural da Bacia Sergipe-Alagoas. **Boletim. Técnico. PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 439-74, 1969.

QUINTAS, M. C. L. **O embasamento da Bacia do Paraná: Reconstrução Geofísica de seu Arcabouço**. 1995. 213f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geofísica – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo, São Paulo.

RICCOMINI, C. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da compartimentação estrutural do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1982, Brasília. **Anais...** Brasília: INPE, 1982. p. 179 – 95.

SANTOS, M. dos **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a Bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. 1999, 151f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2 v.

SOARES, P. C.; BARRETO, M de L. K.; REDAELLI, R. Aplicação da análise morfoestrutural em sem-detalhe com fotos aéreas na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas...**Curitiba: SBG, 1981. v. 1, p. 217 – 225.

SOARES, P. C.; MATTOS, J. T.; BALIEIRO, M. G.; BARCELLOS, P. E.; MENEZES, P. B.; GUERRA, S. M. S.; CSORDAS, S. M. Análise morfoestrutural regional com imagens de radar e landsat na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas...**Curitiba, SBG, 1981. v. 1, p. 201 – 216.

SOUSA, M. O. L. **Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Ártemis, Pau D'Alho e Jibóia – Centro do Estado de São Paulo**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SURFER Surface Mapping System, version 8.00. Golden Software, Inc, 2002.

---

## CAPÍTULO 6 - HIDROGEOLOGIA

---

### 6.1 – Dados pluviométricos

O Estado de Minas Gerais localiza-se na faixa de ocorrência de clima tropical, na classificação de Köppen é do tipo Cwa (temperaturas moderadas com verão quente) (CLIMA BRASILEIRO, 2003). A região do Triângulo Mineiro na classificação de Köppen é Aw – tropical quente úmido com inverno frio e seco (CLIMA BRASILEIRO, 2003).

Os dados climatológicos, apresentados nesta tese, foram obtidos no *site* da Rede Nacional de Agrometeorologia (<http://masrv54.agricultura.gov.br/rna/>). As estações pluviométricas utilizadas encontram-se localizadas na Figura 6.1.

A temperatura média na região varia de 17° a 25°C. Sendo que os valores de temperatura abaixo de 20°C ocorrem nos meses de maio, junho e julho (Quadros 6.1 a 6.9).

O período chuvoso vai de novembro a fevereiro, e nos meses de maio, junho, julho e agosto ocorre uma baixa taxa precipitação (Quadros 6.1 a 6.9).

Durante os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março ocorre um excedente hídrico na região, enquanto nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro ocorre uma deficiência hídrica (Quadros 6.1 a 6.9 e Figuras 6.2 a 6.10).

Nos meses que ocorre excedente hídrico aumenta a taxa de infiltração, assim ocorre um aumento na taxa de recarga dos aquíferos, tanto subterrâneos quanto superficial. Já nos meses de deficiência a exploração continua desses recursos pode acarretar um rebaixamento nos níveis dos aquíferos.



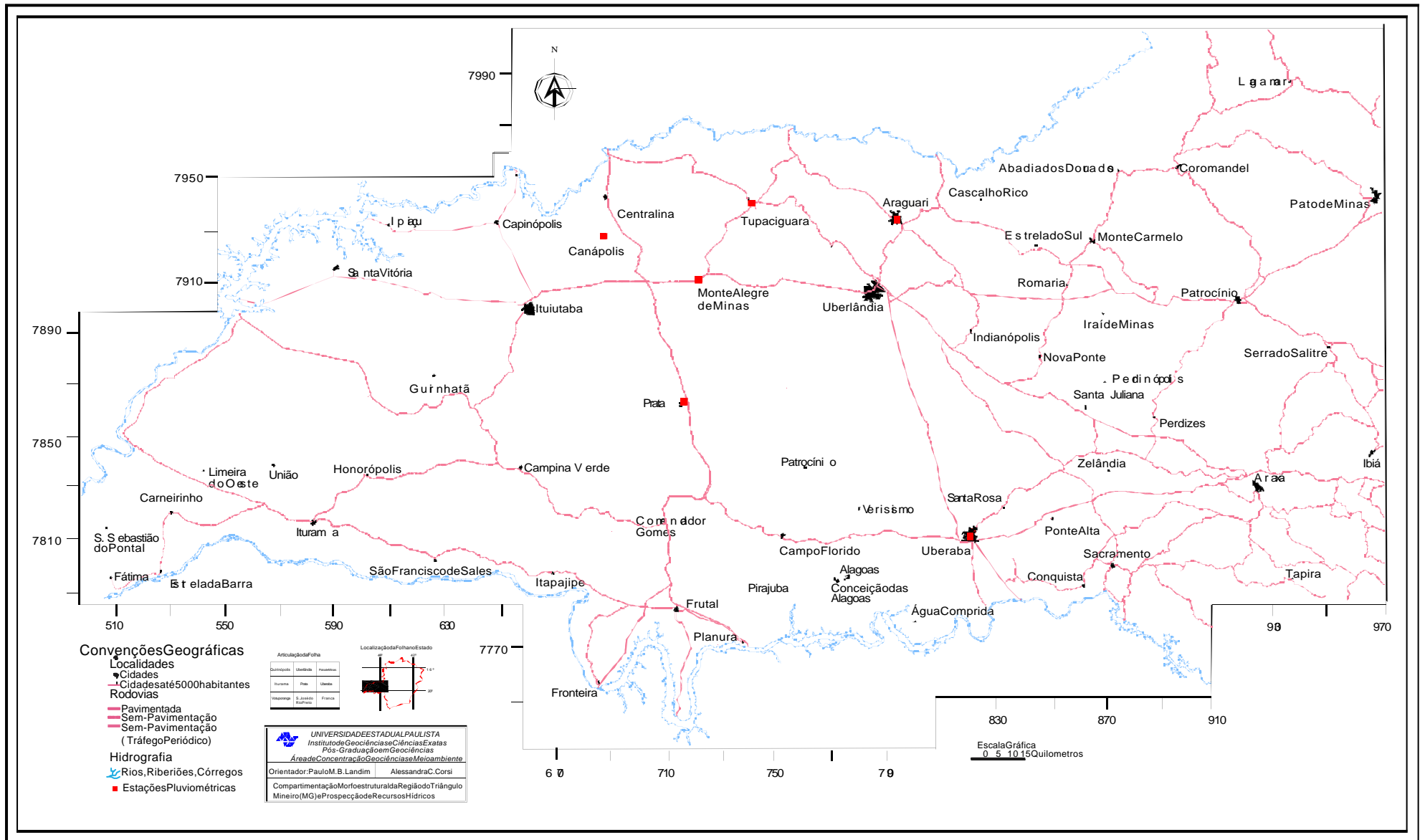


Figura 6.1-Localização das estações pluviométricas na região do Triângulo Mineiro.

Quadro 6.1 – Dados pluviométricos da Estação de Araguari.

<b>Araguari</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	22.1	310.4	100.1	100.1	0	210.3
Fevereiro	22.4	176.4	89.7	89.7	0	86.7
Março	22.3	202.1	94.5	94.5	0	107.6
Abril	21.2	85.6	77.6	77.6	0	8
Maio	19.5	20.7	63.9	57.2	6.7	0
Junho	17.9	8.3	49.4	33.2	16.2	0
Julho	17.7	5.7	50.1	24.6	25.5	0
Agosto	20	5.2	68.9	23	45.9	0
Setembro	21.6	52	83.6	58	25.6	0
Outubro	22.4	124.5	97.8	97.8	0	0
Novembro	22.3	319.6	97	97	0	145.1
Dezembro	22.1	330.7	100	100	0	230.7
Anual	20.9	1641.1	972.6	852.7	119.9	788.4
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.2 – Dados pluviométricos da Estação de Capinópolis.

<b>Capinópolis</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	23.8	291	113	113	0	178
Fevereiro	24.1	202	103	103	0	99
Março	24.0	189	108	108	0	81
Abril	23.3	115	92	92	0	23
Maiο	21.5	41	73	70	4	0
Junho	20.3	11	59	42	18	0
Julho	20.2	11	61	33	28	0
Agosto	22.5	14	85	33	52	0
Setembro	23.9	51	101	59	42	0
Outubro	24.7	157	120	120	0	0
Novembro	24.3	180	115	115	0	0
Dezembro	23.7	268	113	113	0	149
Anual	23.0	1530	1144	1001	144	529
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.3 – Dados pluviométricos da Estação de Monte Alegre de Minas.

<b>Monte Alegre de Minas</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	23.3	273.7	109.7	109.7	0	164
Fevereiro	23.5	198.1	98.8	98.8	0	99.3
Março	23.4	178.3	104	104	0	74.3
Abril	22.3	85.7	84.3	84.3	0	1.4
Mai	20.3	37.2	66.5	63.3	3.2	0
Junho	18.8	16.9	51.7	40.8	10.9	0
Julho	18.7	13	52.9	33.5	19.4	0
Agosto	21.1	12.7	74.6	33.9	40.7	0
Setembro	22.8	45.5	91.7	55.8	35.9	0
Outubro	23.6	135.6	108	108	0	0
Novembro	23.4	197.7	106.7	106.7	0	16.5
Dezembro	23.2	236.6	109.4	109.4	0	127.2
Anual	22	1431	1058.3	948.2	110.1	482.7
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.4 – Dados pluviométricos da Estação de Prata (Fazenda Burito).

<b>Prata - Fazenda Burito</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	24.5	277	122.6	122.6	0	154.4
Fevereiro	24.8	217.4	110.9	110.9	0	106.5
Março	24.6	152.2	116	116	0	36.2
Abril	23.3	85.9	92	91.9	0.1	0
Mai	21	32.3	68.6	62.3	6.3	0
Junho	19.6	19.5	53.7	40.8	12.9	0
Julho	19.5	10.8	55.2	31.1	24.1	0
Agosto	22	13.4	79.6	32.9	46.7	0
Setembro	23.7	49.9	99.2	59	40.2	0
Outubro	24.6	131.3	118.3	118.3	0	0
Novembro	24.5	157.5	117.6	117.6	0	0
Dezembro	24.2	253	120.4	120.4	0	79.4
Anual	23	1400.3	1154.1	1023.8	130.3	376.5
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.5 – Dados pluviométricos da Estação de Prata (Fazenda Paraíso).

<b>Prata - Fazenda Paraíso</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	23.3	278.2	110.1	110.1	0	168.1
Fevereiro	23.5	277.3	99.1	99.1	0	178.2
Março	23.4	233.5	103.5	103.5	0	130
Abril	22.1	94.8	83.3	83.3	0	11.5
Maio	20.1	45.8	65	63.6	1.4	0
Junho	18.6	18.3	50.7	42.8	7.9	0
Julho	18.4	12.3	51.6	34.6	17	0
Agosto	20.8	15.9	72.5	37.9	34.6	0
Setembro	22.5	61.5	89	69.1	19.9	0
Outubro	23.3	155.6	105.5	105.5	0	0
Novembro	23.3	211.3	105.4	105.4	0	61.8
Dezembro	23.1	330.4	108.9	108.9	0	221.5
Anual	21.9	1734.9	1044.6	963.8	80.8	771.1
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.6 – Dados pluviométricos da Estação de Tupaciguara (Fazenda Cachoeira).

<b>Tupaciguara - Fazenda Cachoeira</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	23	232.7	106.4	106.4	0	126.3
Fevereiro	23.2	165.6	95.7	95.7	0	69.9
Março	23.1	164.6	100.9	100.9	0	63.7
Abril	22	66.1	82.3	81.3	1	0
Maio	20.1	35	66	59.1	6.9	0
Junho	18.6	15.5	51.2	36.8	14.4	0
Julho	18.4	9.2	52.3	28	24.3	0
Agosto	20.9	14.8	73.3	31.8	41.5	0
Setembro	22.5	41.8	89.9	51	38.9	0
Outubro	23.3	107.9	105.2	105.2	0	0
Novembro	23.1	169.6	103.9	103.9	0	0
Dezembro	22.9	263.8	106.4	106.4	0	120.2
Anual	21.7	1286.6	1033.5	906.5	127	380.1
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.7 – Dados pluviométricos da Estação de Tupaciguará.

<b>Tupaciguará</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	23	230.7	107.2	107.2	0	123.5
Fevereiro	23.3	244.6	96.3	96.3	0	148.3
Março	23.2	187.6	101.8	101.8	0	85.8
Abril	22.1	63.6	83.1	81.7	1.4	0
Mai	20.3	18.3	66.7	52.6	14.1	0
Junho	18.7	4.1	51.8	27.1	24.7	0
Julho	18.6	7.7	52.9	22.8	30.1	0
Agosto	21	10.4	74.1	24.2	49.9	0
Setembro	22.6	37	90.9	44.2	46.7	0
Outubro	23.4	137.3	106.3	106.3	0	0
Novembro	23.2	183.9	104.6	104.6	0	0
Dezembro	23	208.1	107	107	0	99.9
Anual	21.9	1333.2	1042.7	875.8	166.9	457.5
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						



Quadro 6.8 – Dados pluviométricos da Estação de Tupacigura (Ponte Melo Viana).

<b>Tupaciguara - Ponte Melo Viana</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ET0 (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	24	245.7	115.8	115.8	0	129.9
Fevereiro	24.2	207.6	104.5	104.5	0	103.1
Março	24.2	122.4	110.9	110.9	0	11.5
Abril	23	64.3	89.7	87.3	2.4	0
Maio	21.1	18.2	70.5	53.1	17.4	0
Junho	19.6	9.2	54.8	29.7	25.1	0
Julho	19.5	14.5	56.3	27.7	28.6	0
Agosto	21.9	6.1	79.4	20.9	58.5	0
Setembro	23.6	35.7	98.1	43	55.1	0
Outubro	24.3	140.9	115.1	115.1	0	0
Novembro	24.1	213.7	113.1	113.1	0	12.7
Dezembro	23.8	249.6	114.9	114.9	0	134.7
Anual	22.8	1327.8	1123.1	936	187.1	391.9
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

Quadro 6.9 – Dados pluviométricos da Estação de Uberaba.

<b>Uberaba</b>						
<b>Ano</b>	<b>T ° C</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Janeiro	23.6	255.9	114	114	0	142
Fevereiro	23.4	228.5	98	98	0	130
Março	23.3	190.3	103	103	0	88
Abril	21.6	105.7	78	78	0	27
Maiο	20.1	48.1	65	64	1	0
Junho	18.6	19.0	51	43	7	0
Julho	18.5	17.6	52	38	14	0
Agosto	20.9	15.1	73	39	34	0
Setembro	22.6	60.0	90	69	22	0
Outubro	23.2	161.6	105	105	0	0
Novembro	23.1	205.5	104	104	0	65
Dezembro	23.4	282.1	113	113	0	169
Anual	21.9	1589.4	1046	968	78	621
<b>Legenda</b>						
Temperatura Média Mensal (°C)						
Precipitação ou Chuva (mm)						
Evapotranspiração de Referência(mm)						
Evapotranspiração Real (mm)						
Deficiência de água (mm)						
Excesso de água (mm)						

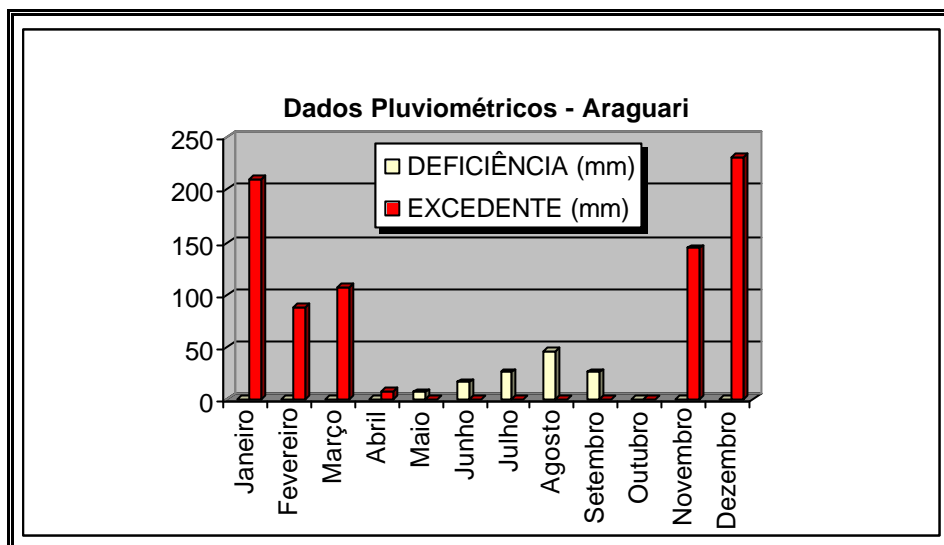


Figura 6.2 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Araguari.

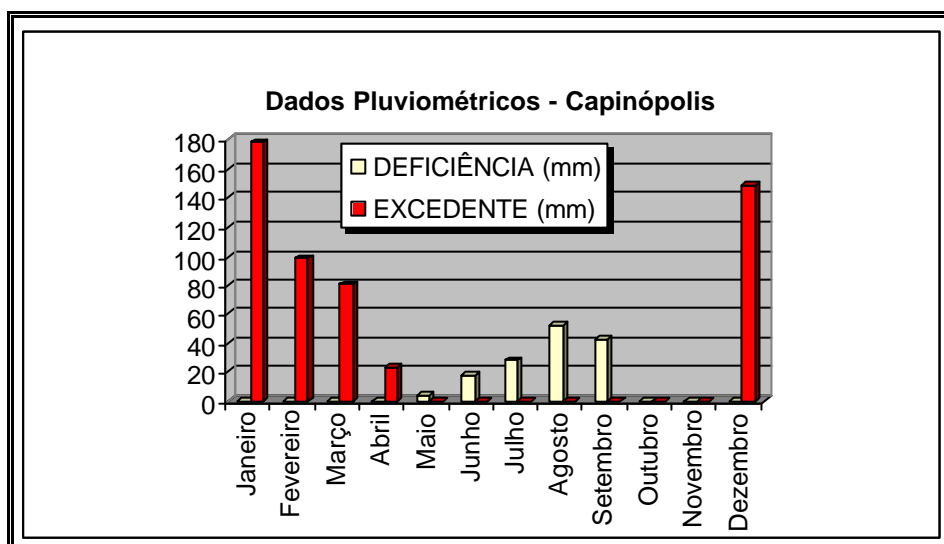


Figura 6.3 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Capinópolis.

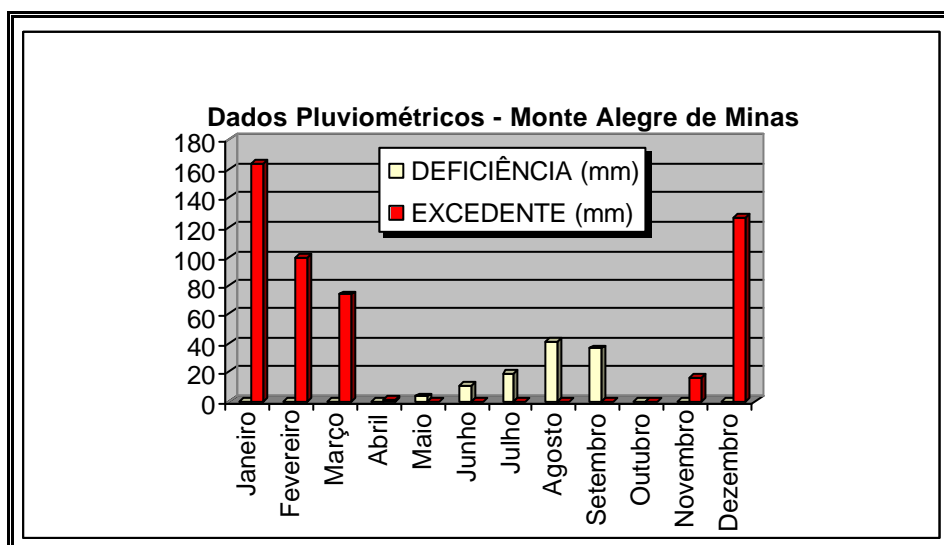


Figura 6.4 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Monte Alegre de Minas.

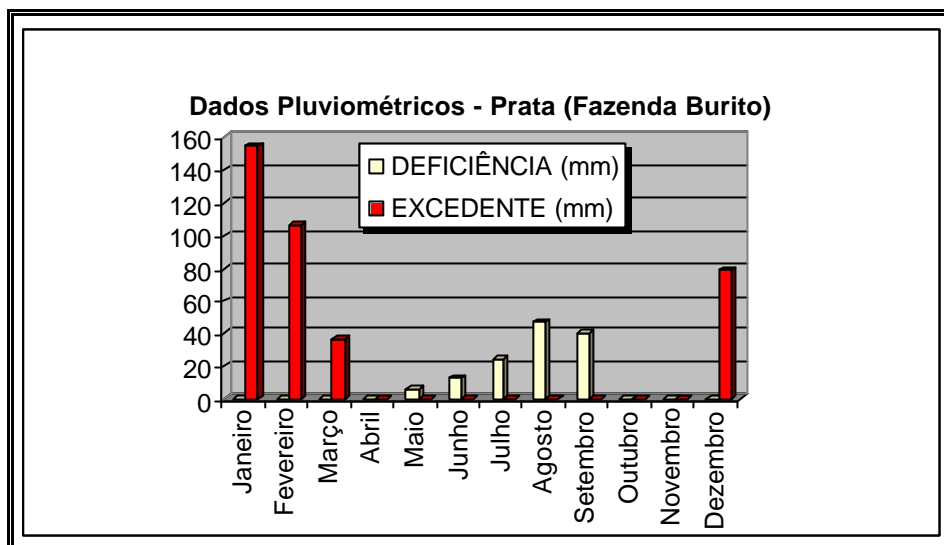


Figura 6.5 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Prata (Fazenda Burito).

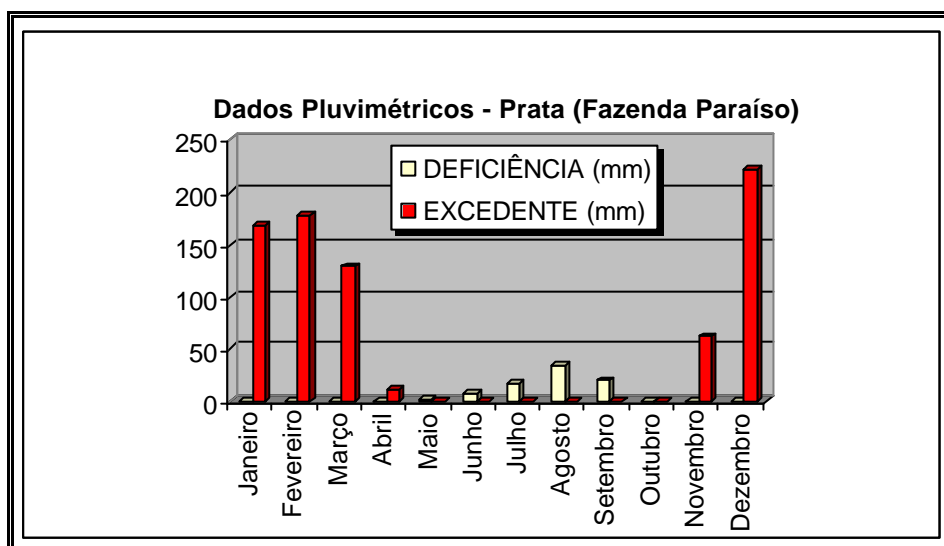


Figura 6.6 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Prata (Fazenda Paraíso).

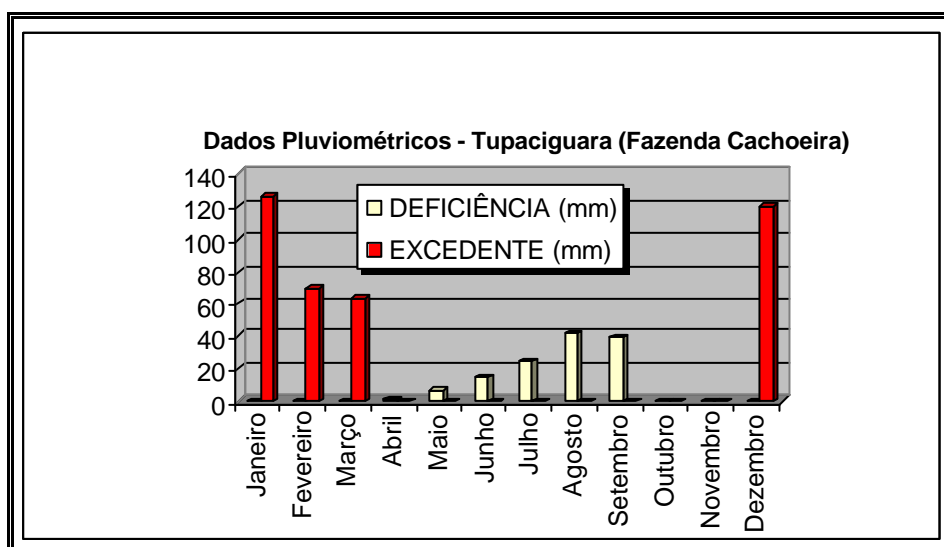


Figura 6.7 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Tupaciguara (Fazenda Cachoeira).

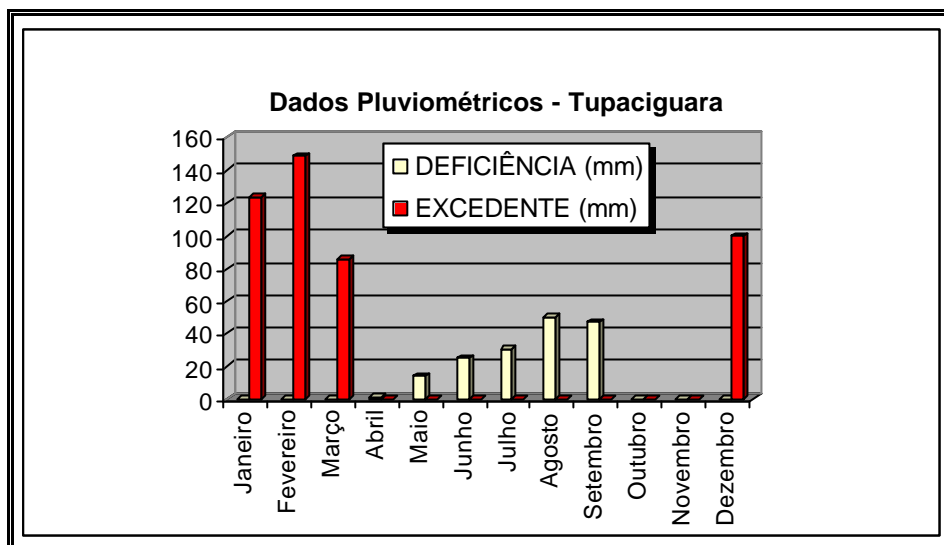


Figura 6.8 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Tupaciguara.

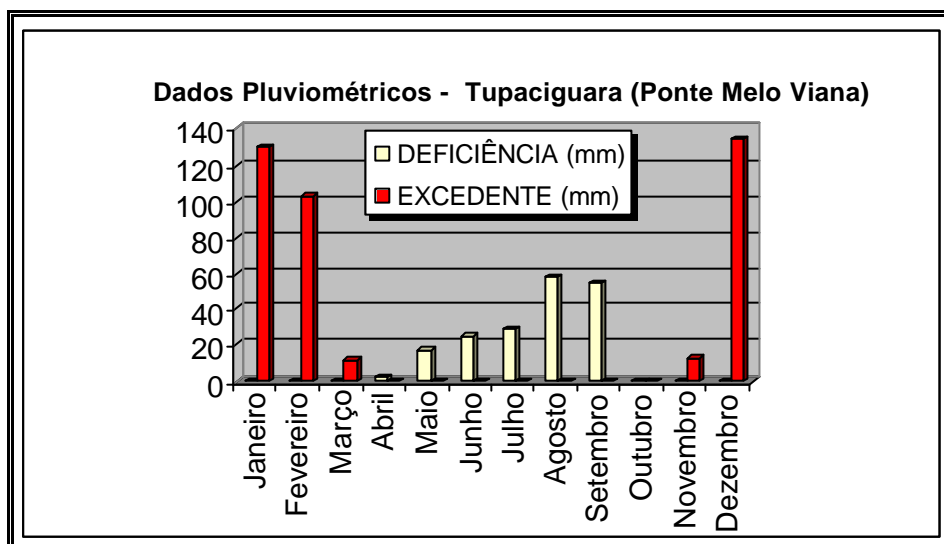


Figura 6.9 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Tupaciguara (Ponte Melo Viana).

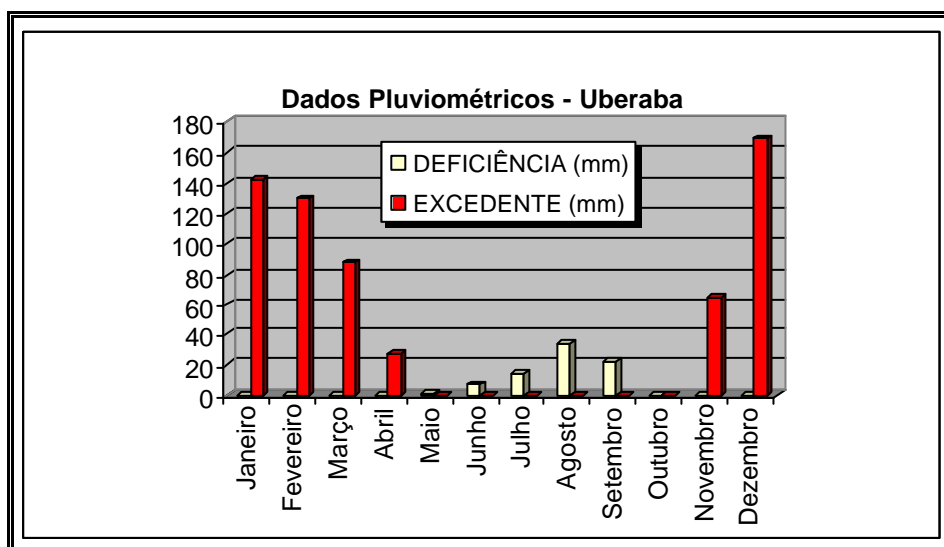


Figura 6.10 – Dados de deficiência e excedente hídrico para a estação de Uberaba.

## 6.2- Caracterização dos aquíferos

Em relação aos tipos de aquíferos explorados na área, podem ser reconhecidos dois principais: os granulares e os fraturados.

Os Sistemas Aquíferos Serra Geral e Bauru representam, até o presente, as principais fontes de exploração de água subterrânea no Triângulo Mineiro. As produções constatadas nesses aquíferos variam de 0,27 a 42,00 l/s, nos fraturados, e de 0,42 a 10,00 l/s, nos granulares. Frente à crescente demanda desse recurso para fins de abastecimentos público, agrário e industrial, já estão sendo executadas perfurações mais profundas visando a exploração das formações Pirambóia/Botucatu. Como exemplo, citam-se os das cidades de Uberaba e de Frutal, onde as produções são da ordem de 153,00 m<sup>3</sup>/h.

Neste estudo foram elaborados mapas de superfície de tendência de primeiro grau e os respectivos mapas de resíduos, visando o entendimento da distribuição espacial, em nível regional, dos dados de vazão e de profundidade (Tabela 6.1) ao longo do Triângulo Mineiro, bem como a detecção das zonas anômalas. Tais dados foram analisados por tipo de aquífero.

Mapas de superfície de tendência de primeira ordem fornecem a variação regional dos dados, e os de resíduos, as variações locais dos dados, revelando desta forma áreas com dados anômalos, isto é, acima ou abaixo de uma tendência regional.

Assim, o mapa de superfície de tendência de primeiro grau e o mapa de resíduos para os dados de vazão e de profundidade, referentes aos poços tubulares profundos da Formação Serra Geral, mostram que não há relação entre a profundidade e a vazão, mas sim com o padrão e o tipo de fraturamento. Dessa forma, as maiores vazões encontradas situam-se na porção centro-leste do

Triângulo Mineiro, coincidentes com a direção de fraturamento NW-SE, ao longo dos compartimentos morfoestruturais IV e VI (Figura 5.27), conforme pode ser observado nas figuras 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15.

No que se refere aos mapas de tendência e resíduos (Figuras 6.16, 6.17, 6.18, 6.119), obtidos para o aquífero granular (Grupo Bauru), os dados mostram que na região centro-oeste tem-se os maiores valores de vazão, inseridas nos compartimentos morfoestruturais II e IV (Figura 5.25). Essa área é coincidente com as depressões de Limeira do Oeste, União de Minas e Gurinhatã (Figuras 5.1, 6.20, 5.23).

Na região somente dois poços atingiram a Formação Botucatu (Aquífero Guarani): um em Uberaba e outro em Frutal. Para análise desse importante aquífero, foi realizado um levantamento de dados de poços perfurados no Estado de São Paulo, em municípios situados entre os rios Grande e Tietê, bem como em Goiás e Mato Grosso do Sul. Foram confeccionados mapas de isólitais da Formação Serra Geral (Figura 6.21) e de contorno estrutural do topo da Formação Botucatu (Figura 6.22).

Tabela 6.1 – Dados de vazão e profundidade para os poços da região do Triângulo Mineiro.

Poço/Sigla	Cidade	UTM - E	UTM - N	Profundidade	Vazão
GA-01	Araguari	794,632	7934,992	120,9	0,77
HCF-03	Campo Florido	754,093	7812,005	50	25
CCF-01/02	Campo Florido	754,52	7812,835	102	1,6
CCA-01	Canápolis	689,549	7927,886	203,5	1,48
CCR-02	Carneirinho	532,704	7822,155	102	0,51
CCR-03	Carneirinho	532,13	7821,84	108	4,35
CCR-04	Carneirinho	532,464	7821,737	126	2,82
CCE-01	Centralina	690,042	7944,362	128	1,14
CCE-02	Centralina	690,416	7942,901	100	2,19
CCE-03	Centralina	689,662	7943,955	142	2,63
CCE-04	Centralina	690,305	7944,55	146	6,66
CCE-05	Centralina	689,586	7944,297	90	8
CCG-01	Comendador Gomes	700,924	7821,888	100	1,7
CCG-02	Comendador Gomes	700,48	7821,884	225,4	1,32
CFP-02	Fátima do Pontal	510,361	7796,242	222	1,25
CF-01	Fronteira	690,977	7759,18	98	1,27
CG-02	Gurinhata	627,853	7875,192	94	3,03
CI-02	Itapagipe	671,15	7798,439	123	0,73
CIT-01	Iturama	583,36	7818,5	190	2,9
CIT-02	Iturama	569,43	7840,383	200	3,17
CIT-03	Iturama	568,81	7840,503	180,3	4
CLO-01	Limeira do Oeste	548,6	7846,808	150	0,19
CPD-05	Pedrinópolis	871,2136	7872,35	44	4,54
CPD-02	Pedrinópolis	871,066	7872,35	81	5,12
CP-01	Pirajuba	740,825	7796,551	40	13,13
CP-02	Pirajuba	740,947	7797,342	85	41,88
CPL-01	Planura	738,801	7772,992	150	1,63
CPL-02	Planura	740,59	7771,519	120	2,75
CSJ-03	Santa Juliana	864,322	7862,763	58	12,94
CSJ-02	Santa Juliana	864,3714	7862,96	80	16,66
CSV-01	Santa Vitória	564,433	7883,629	104	3,38
CSV-02	Santa Vitória	564,433	7892,39	102	2,98
CSV-03	Santa Vitória	601,653	7905,103	122	5,4
CSF-01	São Francisco de Sales	628,374	7802,97	80	9,58
CSF-02	São Francisco de Sales	628,064	7802,59	100	4,76
GUB-01	Uberlândia	787,39	7910,36	100	1,66
GUB-02	Uberlândia	788,918	7906,66	69,4	2
GUB-03	Uberlândia	784,695	7907,29	80	2,94
GUB-04	Uberlândia	794,424	7905,568	122,5	1,6
CV-01	Veríssimo	782,52	7823,924	70	4,76
CCR-01	Vila Barbosa (Carneirinho)	525,32	7835,564	102	2,29



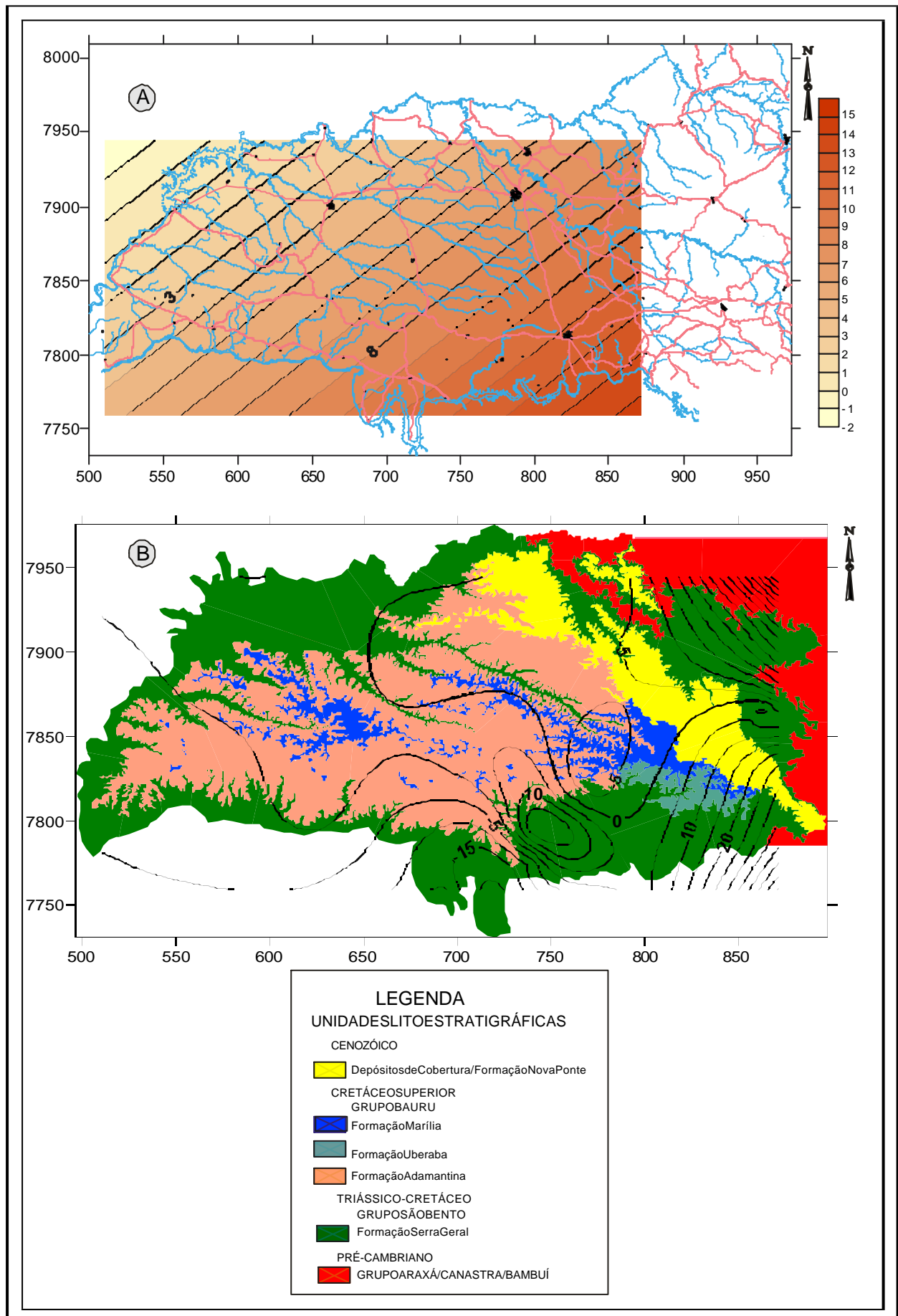


Figura 6.11- (A) Mapa de superfície de primeira ordem para os dados de vazão do aquífero fraturado (intervalo curva 1 m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 5m) juntamente com o mapa litostratigráfico.

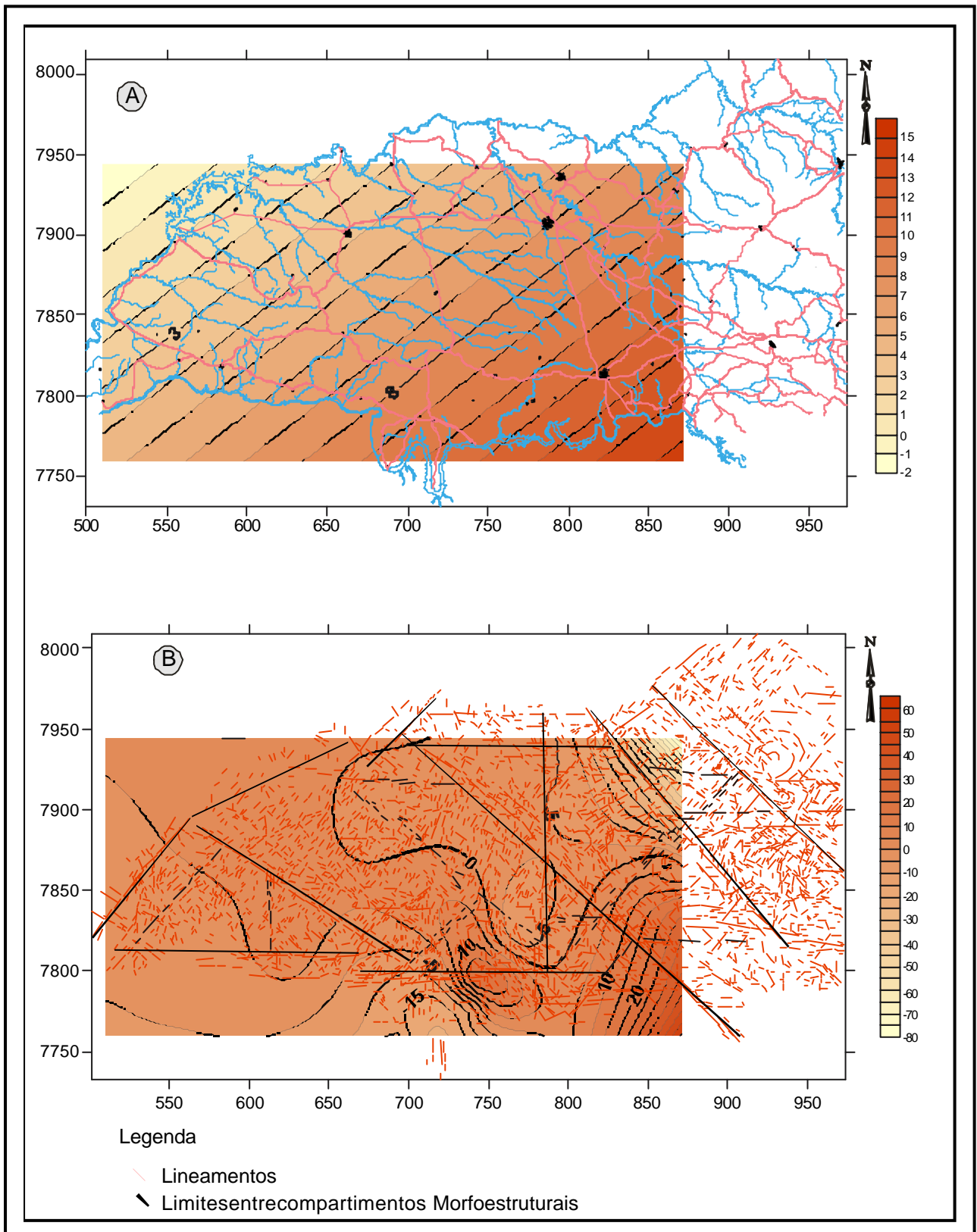


Figura 6.12- (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero fraturado (intervalo curva 1 m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 5 m) juntamente com mapa de compartimentação morfoestrutural.

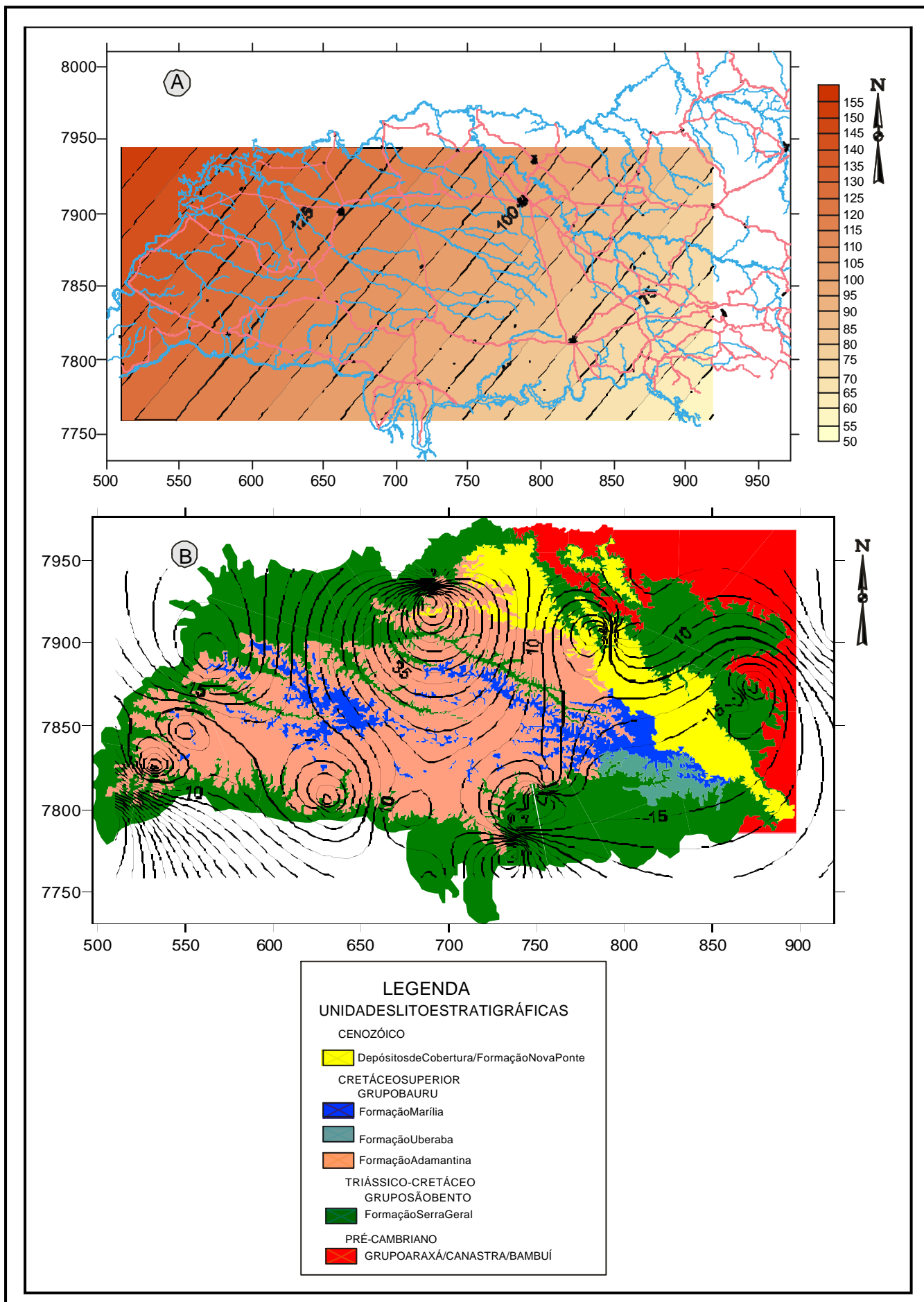


Figura 6.13-(A) Mapadesuperfíciedetendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero fraturado(intervalo curva 5m);(B) Mapaderesíduos (intervalo curva 5 m) juntamente com o mapa litoestratigráfico.

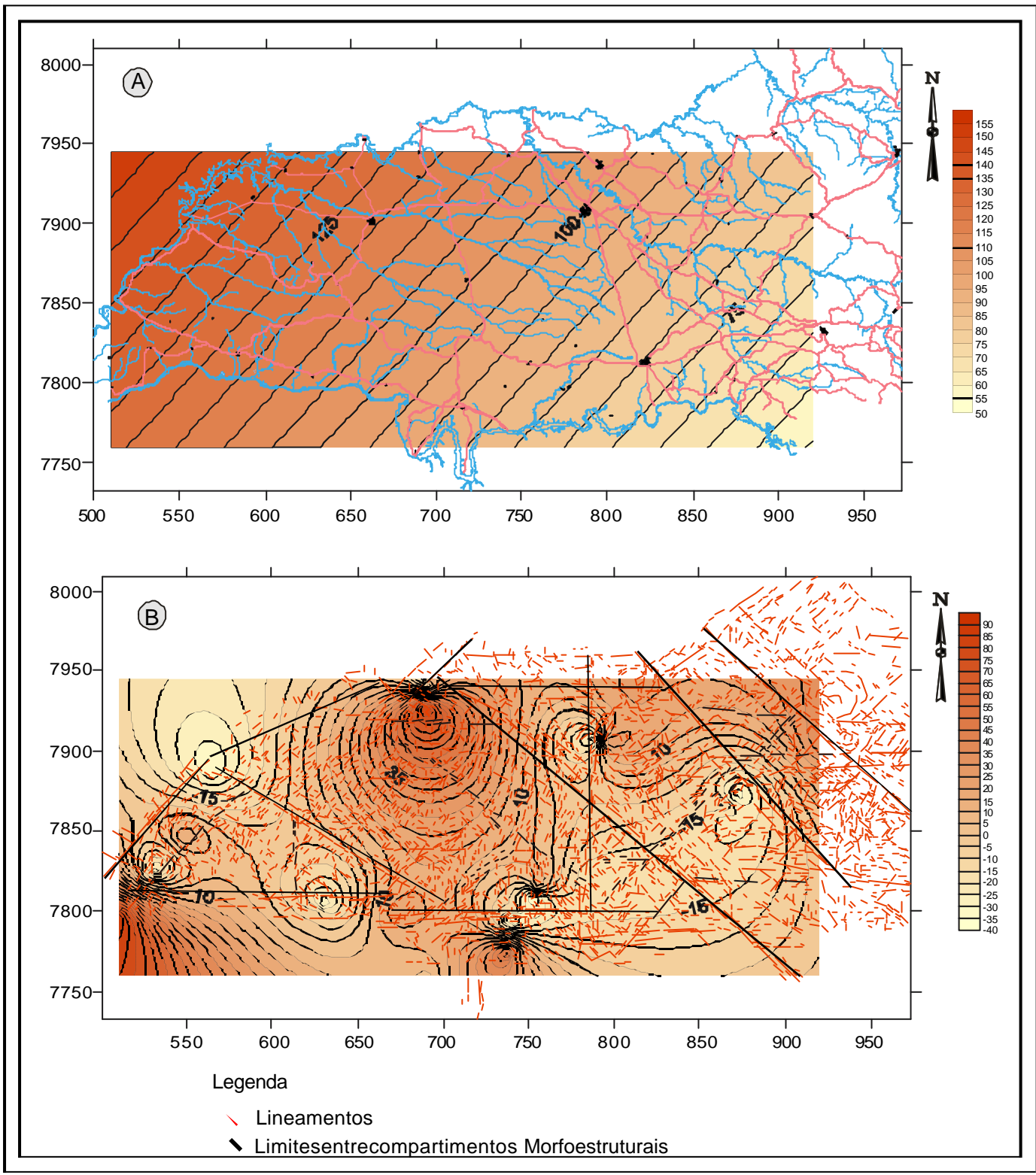


Figura 6.14-(A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero fraturado (intervalo curva 5m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 5 m) juntamente com mapa de compartimentação morfoestrutural.

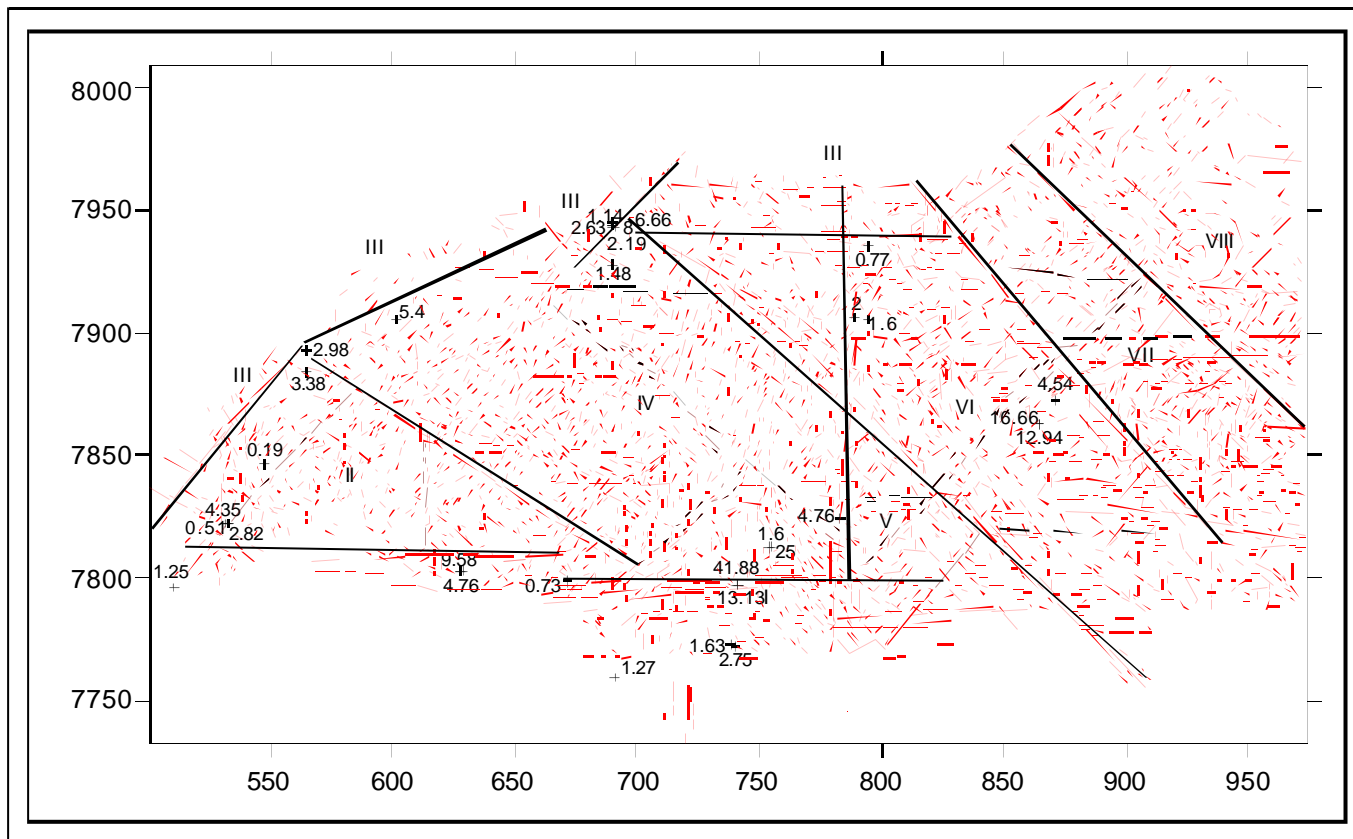


Figura 6.15 - Dados de vazão para o aquífero fraturado sobrepostos a uma mapa da compartimentação morfoestrutural.

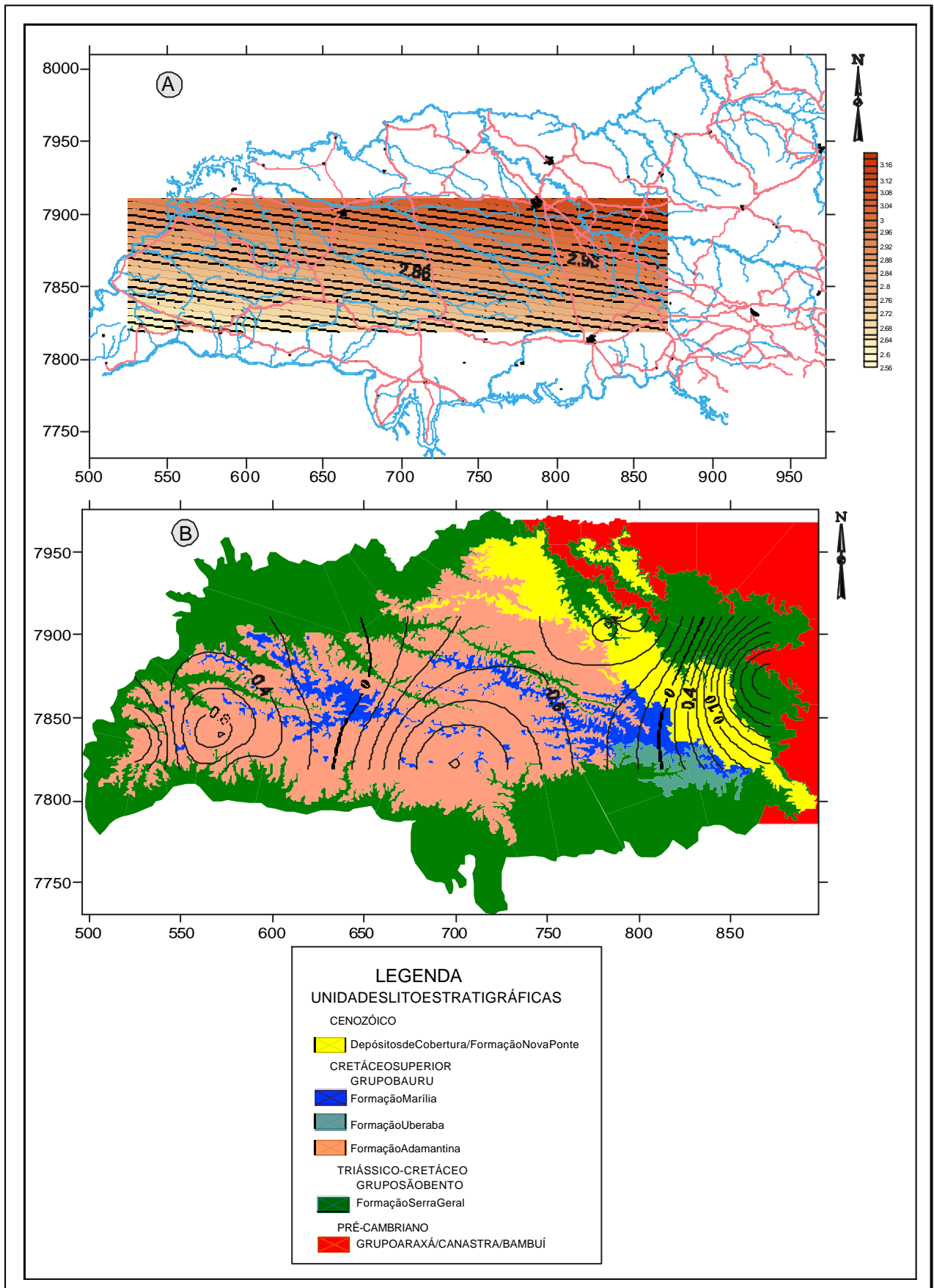


Figura 6.16-(A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero granular (intervalo curva 0,02 m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 0,2 m) juntamente com o mapa litoestratigráfico.

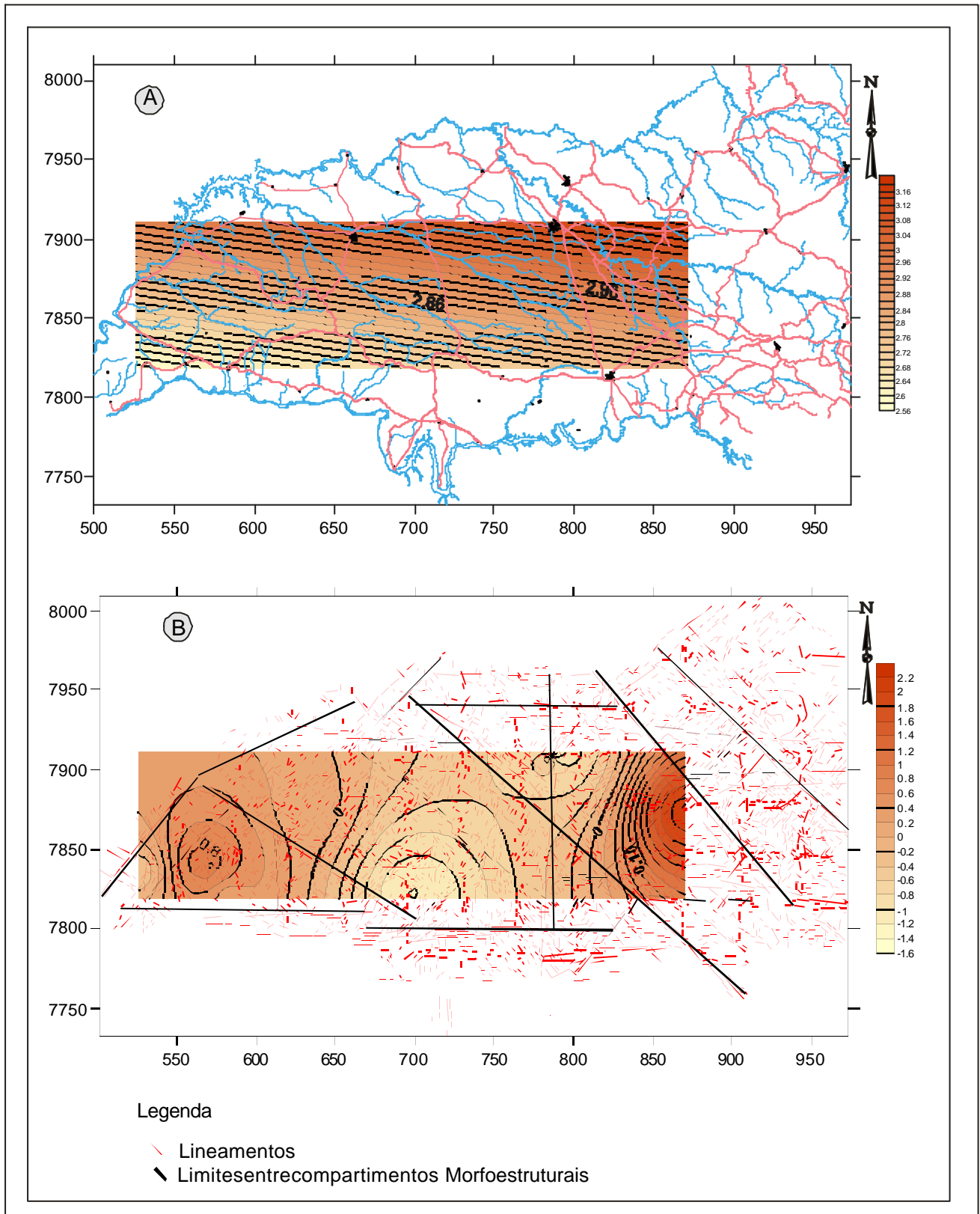


Figura 6.17 - (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de vazão do aquífero granular (intervalo curva 0,02m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 0,2 m) juntamente com o mapa de compartimentação morfoestrutural.

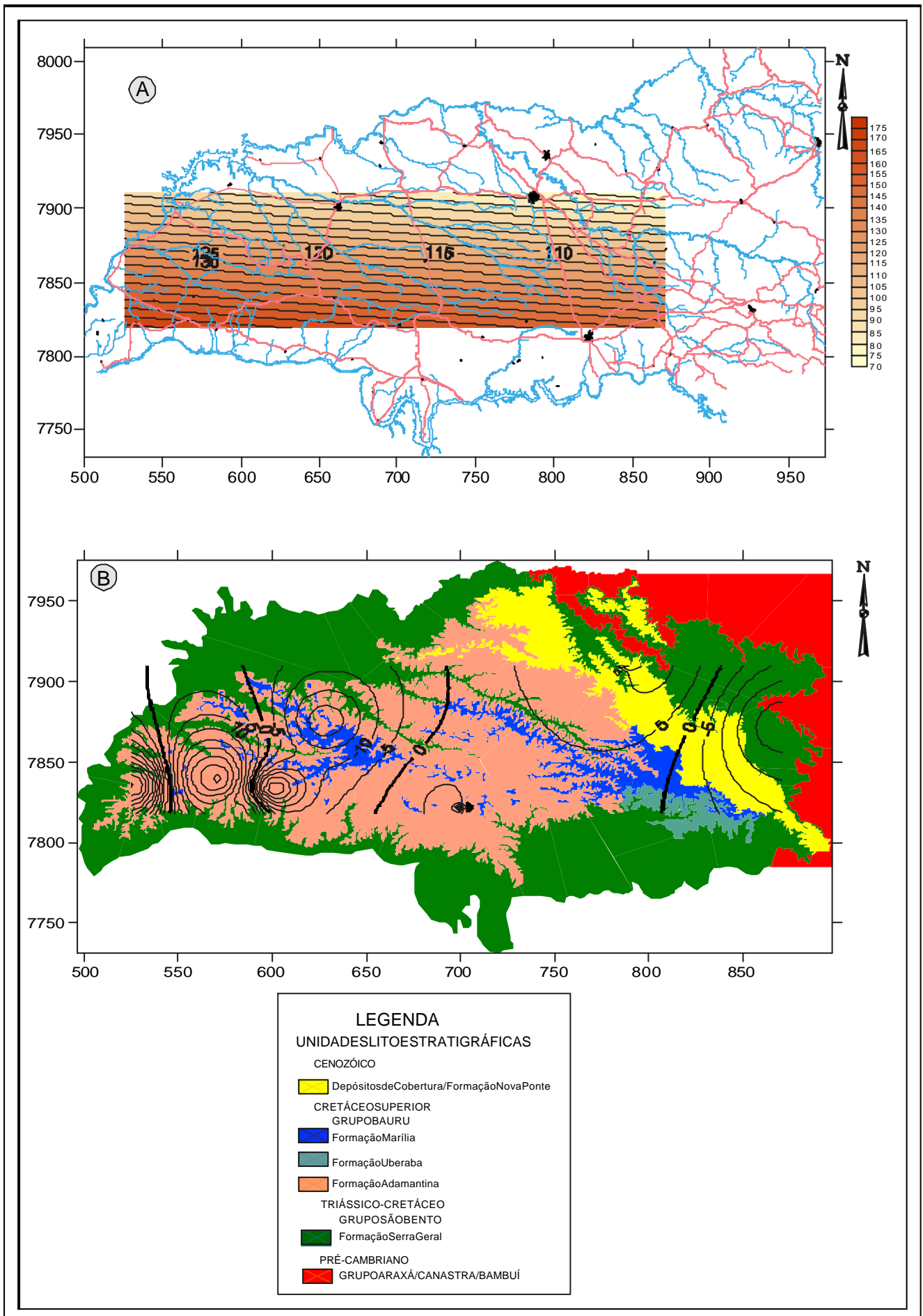


Figura 6.18-(A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados de profundidade do aquífero granular (intervalo curva 5m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 5m) juntamente com o mapa litoestratigráfico.



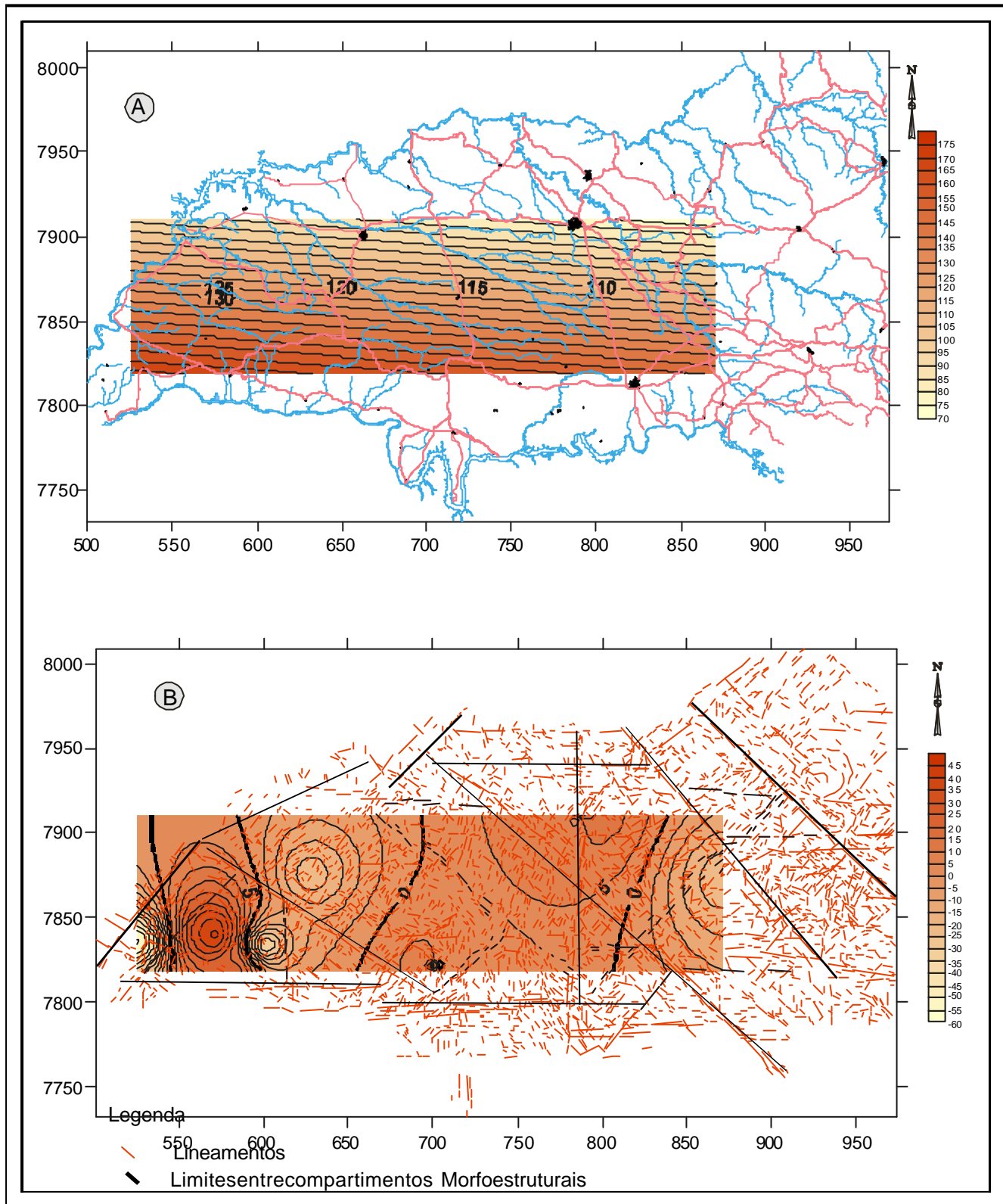


Figura 6.19- (A) Mapa de superfície de tendência de primeiro grau para os dados profundidade do aquífero granular (intervalo curva 5 m); (B) Mapa de resíduos (intervalo curva 5 m) juntamente com mapa de compartimentação morfoestrutural.

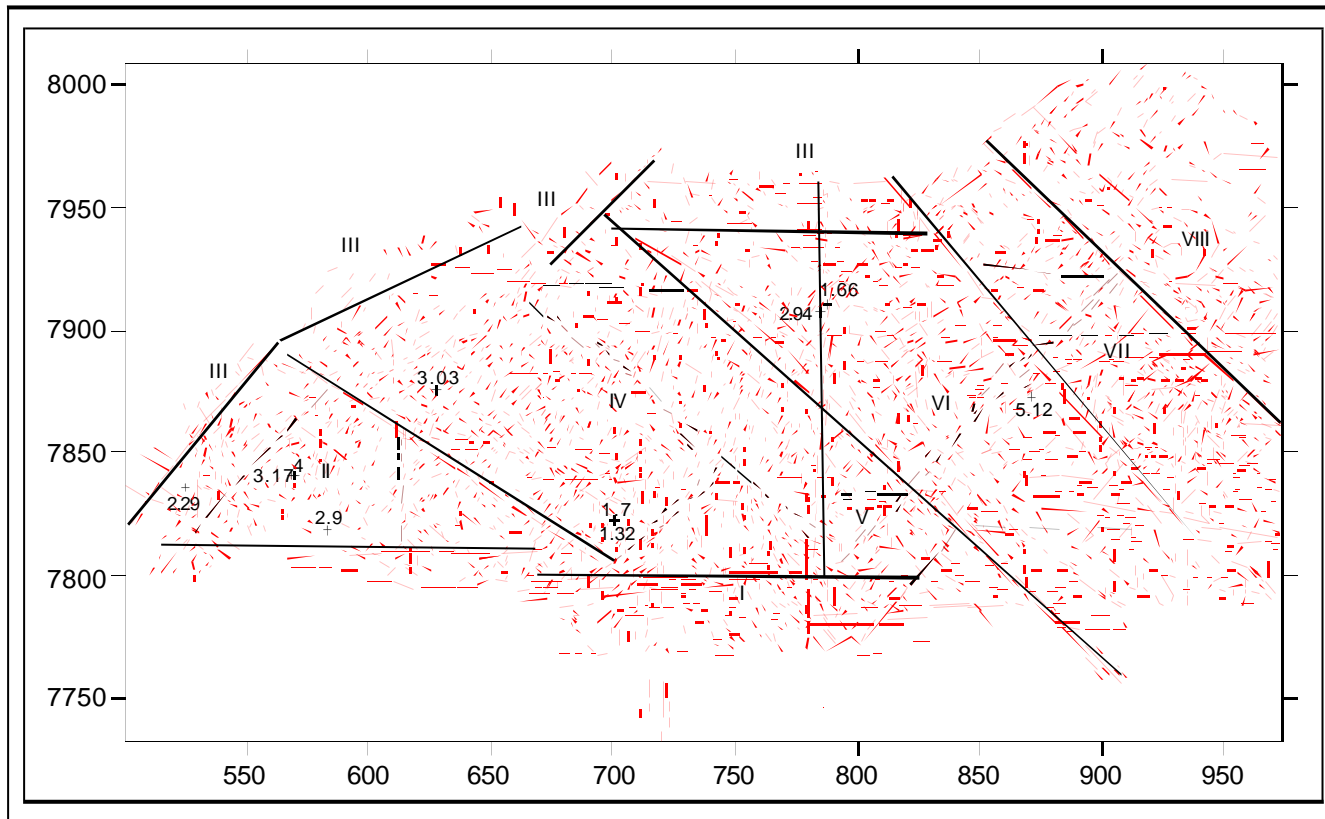


Figura 6.20- Dados de vazão para o aquífero granular plotados sobre o mapa da compartimentação morfoestrutural.

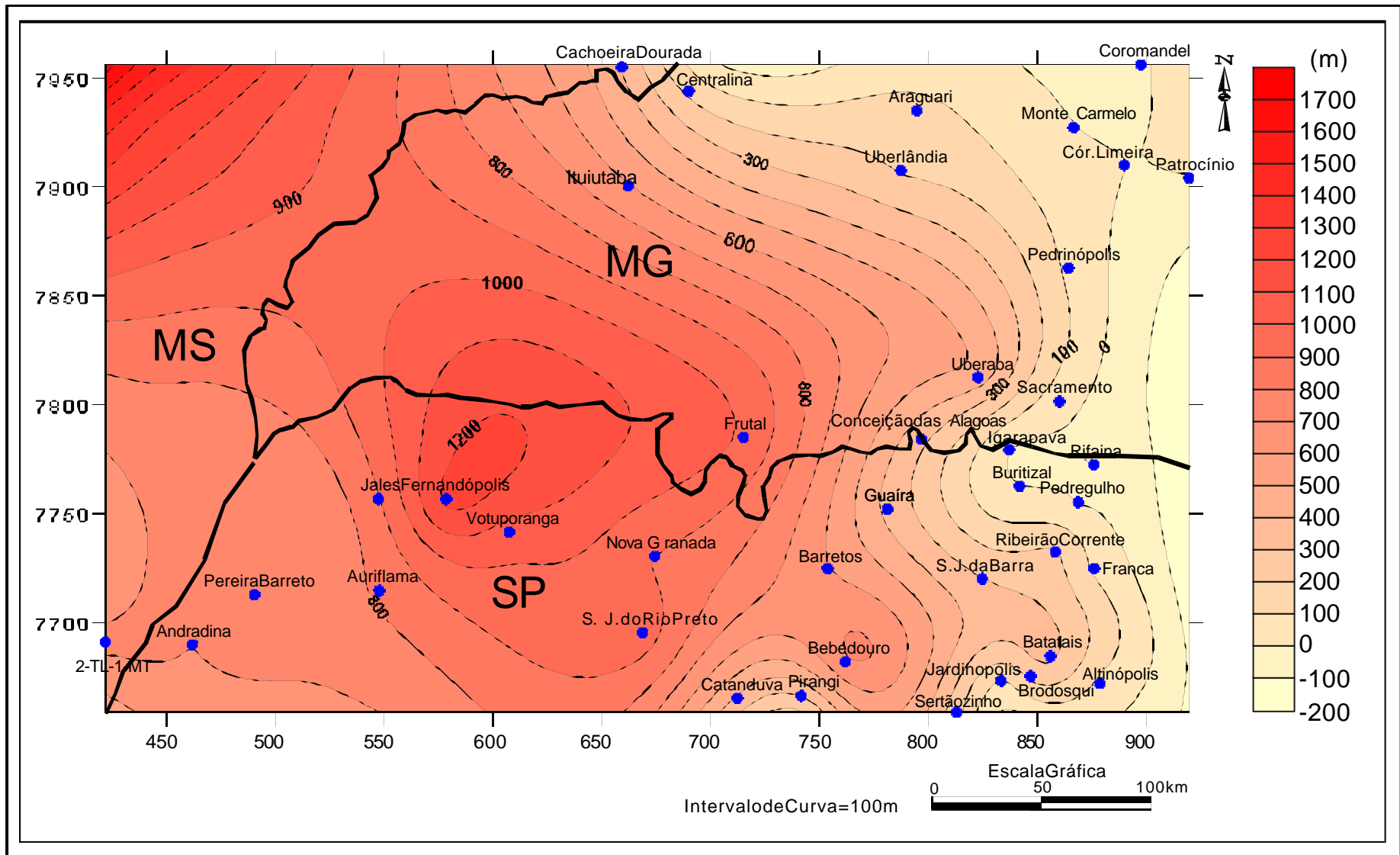


Figura 6.21-Mapa de isótopos da Formação Serra Geral (LANDIM *et al.*, 2002).

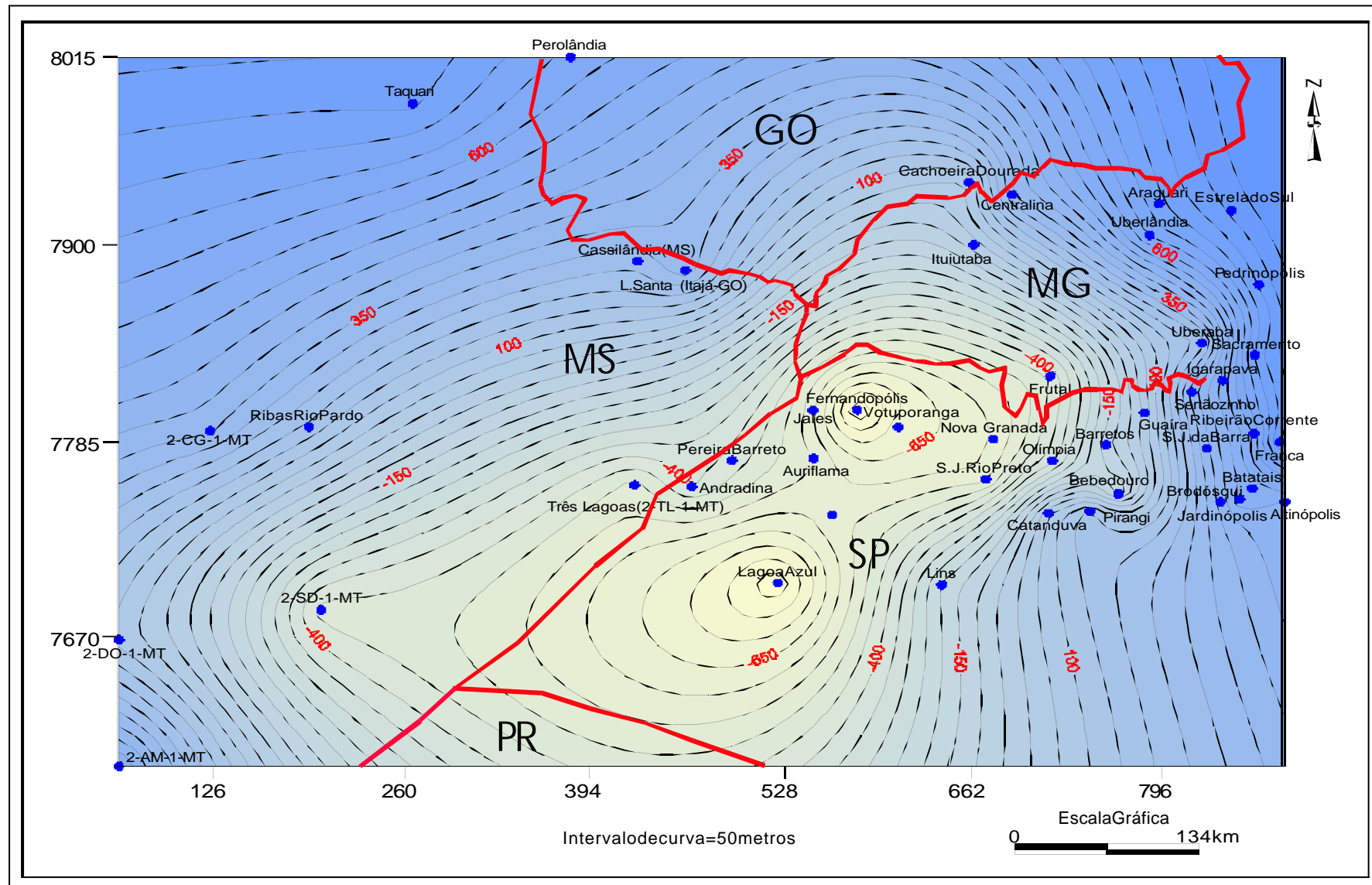


Figura 6.22-Mapa do contorno estrutural do topo do Aquífero Guarani (LANDIM *et al.*, 2002).

### 6.3 – Análise dos dados químicos

As águas subterrâneas da região do Triângulo Mineiro possuem pH básico com valores entre 7 e 10. Os poços CCR-04, CSF-02, CI-02, CSV-03, CSV-02, CCE-02 e CCE-01 apresentam valores acima de 9,5 (Figura 6.23), sendo este limite estabelecido pela Portaria 1469 de 29/12/2000, pelo Ministério da Saúde. São, no geral, de boa qualidade para o consumo humano, industrial e agrícola.

Quanto aos parâmetros cor (mg/l  $\text{PtCl}_2\text{PtCl}_6$ ) o poço CSF-02 ocorre acima do limite (Figura 6.24); turbidez (UT) os poços CIT-01, CSF-02, GUB-02 e CCG-01 também acima do limite; os demais, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Figura 6.25), alcalinidade  $\text{CaCO}_3$  (mg/l) (Figura 6.26), alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ) (Figura 6.27), dureza total (mg/l) (Figura 6.28), dureza cálcio (mg/l) (Figura 6.29), dureza magnésio (mg/l) (Figura 6.30), sólidos dissolvidos (mg/l) (Figura 6.31), sólidos suspensos (mg/l) (Figura 6.32), sólidos totais (mg/l) (Figura 6.33) estão de acordo com os teores recomendados pela Portaria 1469 (29/12/2000).

Os teores dos cátions, como o cálcio (mg/l) (Figura 6.34), sódio (mg/l) (Figura 6.35), potássio (mg/l) (Figura 6.36) e magnésio (mg/l) (Figura 6.37), estão dentro do limite estabelecido pela Portaria 1469 de 29/12/2000.

Os ânions, cloreto (mg/l) (Figura 6.38), sulfato (mg/l) (Figura 6.39) e nitrato (mg/l) (Figura 6.40) também estão dentro do limite recomendado pela Portaria 1469.

O manganês e o ferro ocorrem nas águas dentro do limite recomendado pela Portaria 1469 (29/12/2000) (Figuras 6.41 e 42).

Somente em dois poços, um no município de Carneirinho e outro em Fátima do Pontal, o teor de 3,2 mg/l de fluoreto está acima do limite estabelecido pela Portaria 1469 (29/12/2000) de 1,5 mg/l (Figura 6.43). Neste caso, essas águas são prejudiciais ao ser humano, podendo causar manchas nos dentes (fluorose dental) e

deformação dos ossos, bem como pode ser tóxico para os vegetais (FEITOSA; MANOEL FILHO 1997). Esse flúor é de origem natural, provenientes das rochas basálticas da Formação Serra Geral.

No Triângulo Mineiro existem vários municípios que exploram recursos hídricos, tais como Araxá, Monte Carmelo, Patrocínio, Uberaba, Uberlândia, dentre outros. Nestes as águas minerais são hipotermiais e fracamente radioativas, com mineralização em sais bastante fraca.

Nas regiões de Conceição de Alagoas e Cachoeira Dourada situadas ao longo da Sutura de Itumbiara, há registros de águas subterrâneas termais (40 - 45<sup>o</sup>). Tal fato abre um novo leque de oportunidades, para futuros investimentos nos setores: industrial e lazer.

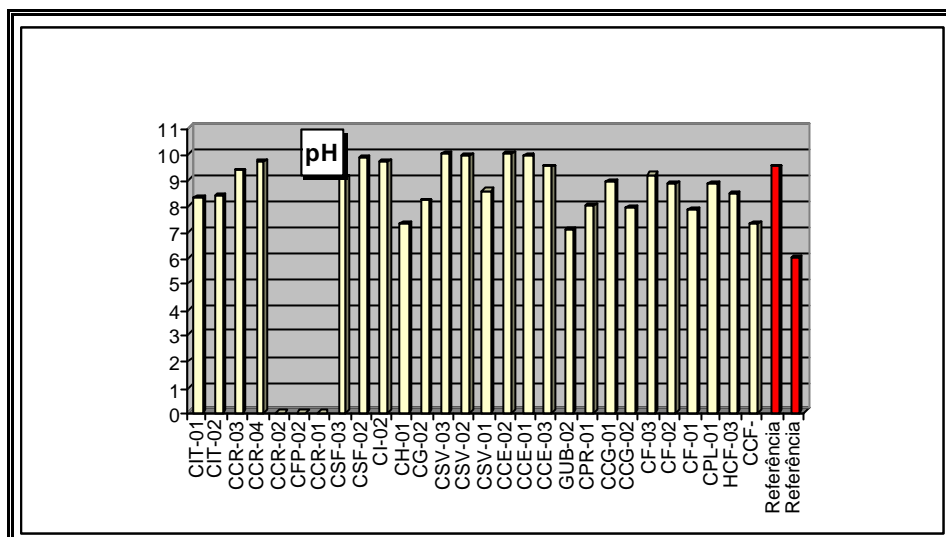


Figura 6.23 – Valores de ph para os poços da região do Triângulo Mineiro.

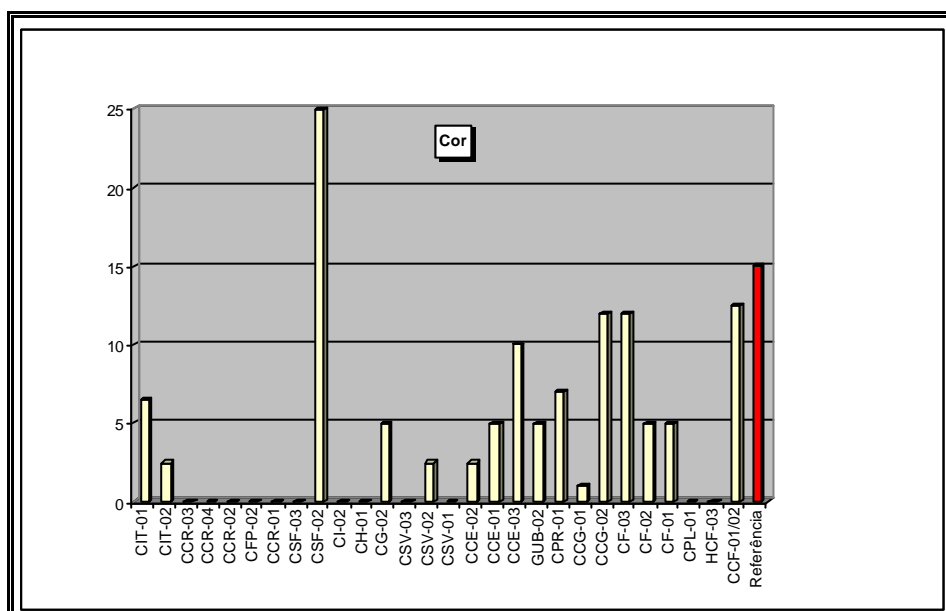


Figura 6.24 – Valores de cor para os poços da região do Triângulo Mineiro.

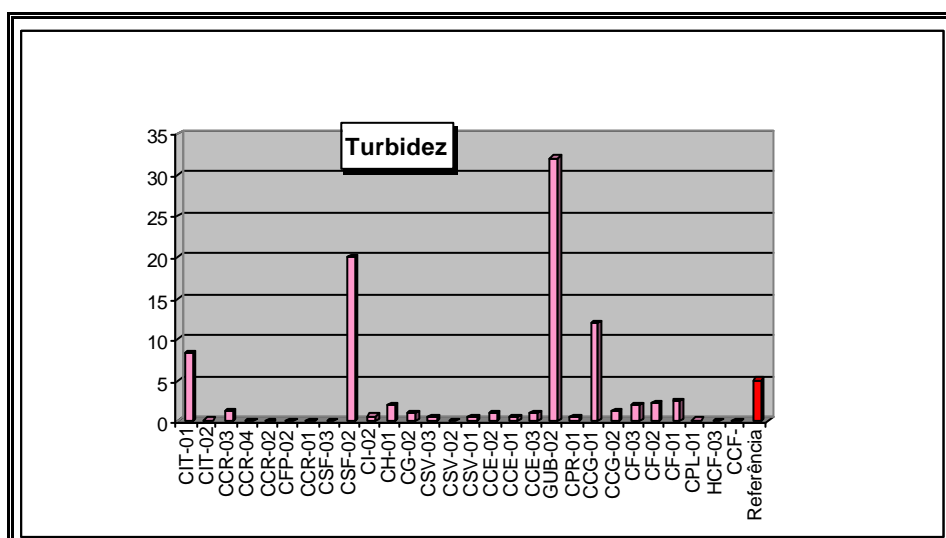


Figura 6.25 – Valores de turbidez para os poços da região do Triângulo Mineiro.

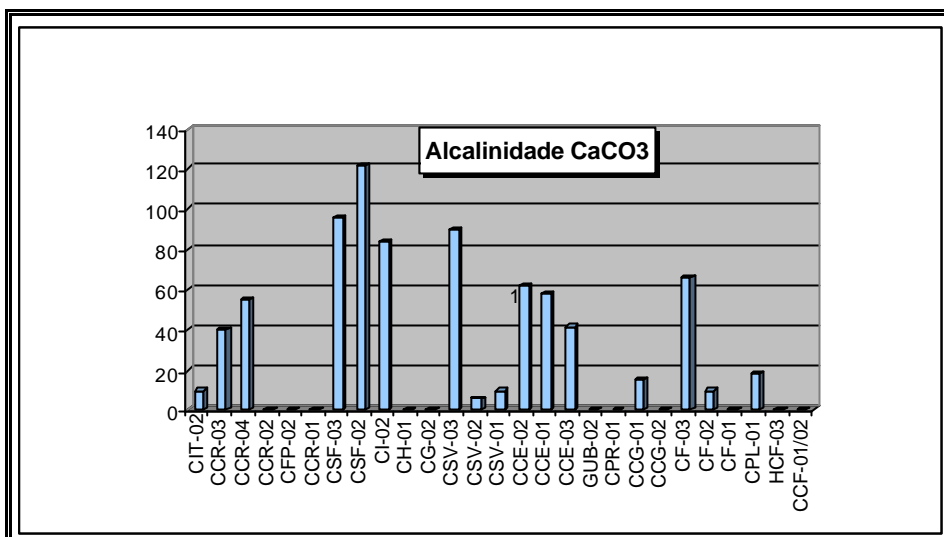


Figura 6.26 – Valores de alcalinidade CaCO<sub>3</sub> para os poços da região do Triângulo Mineiro.

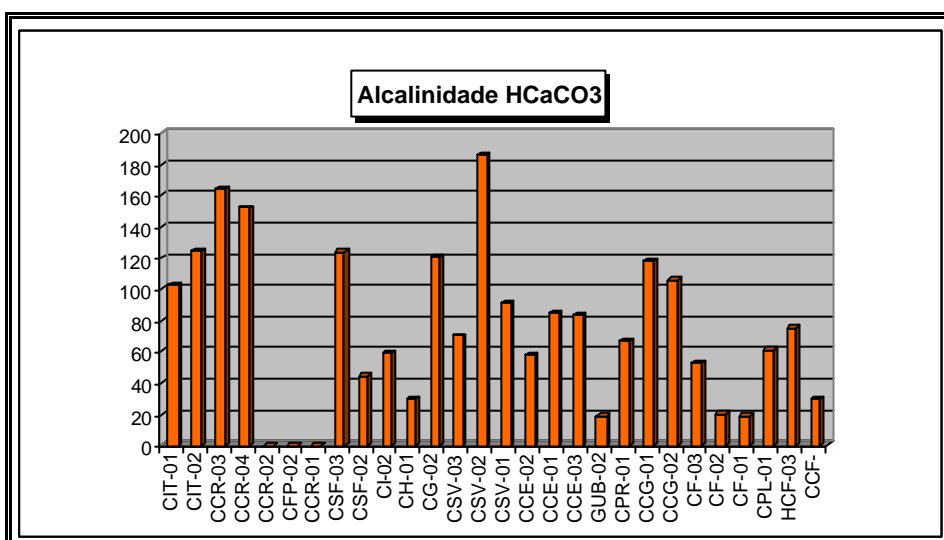


Figura 6.27 – Valores de alcalinidade HCaCO<sub>3</sub> para os poços da região do Triângulo Mineiro.

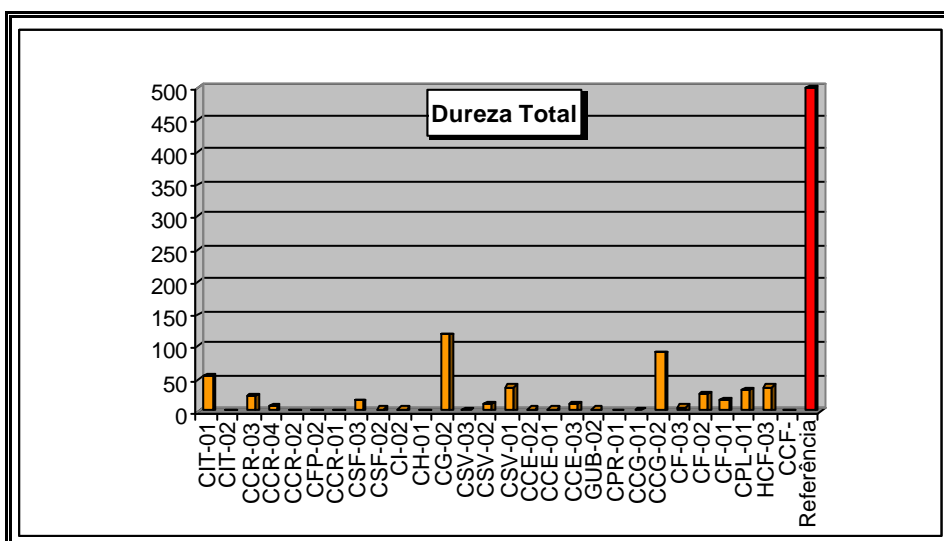


Figura 6.28 – Valores de dureza total para os poços da região do Triângulo Mineiro.



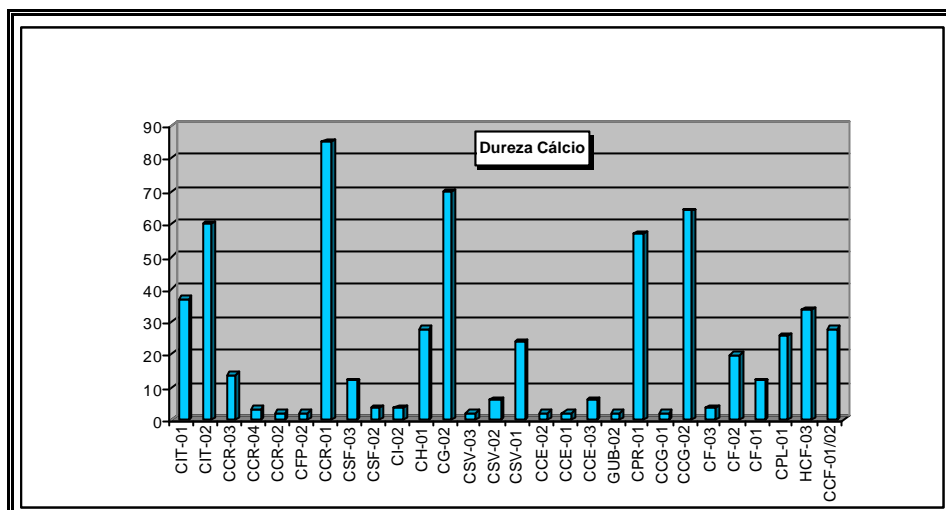


Figura 6.29 – Valores de dureza cálcio para os poços da região do Triângulo Mineiro.

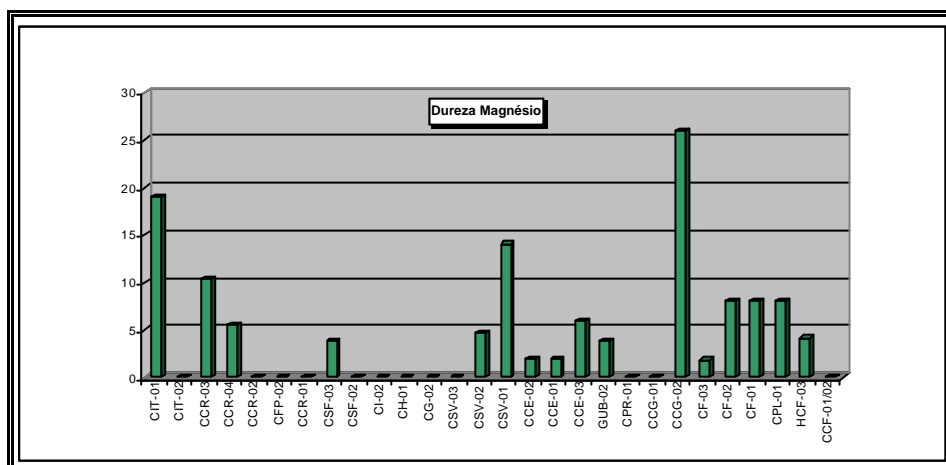


Figura 6.30 – Valores de dureza magnésio para os poços da região do Triângulo Mineiro.

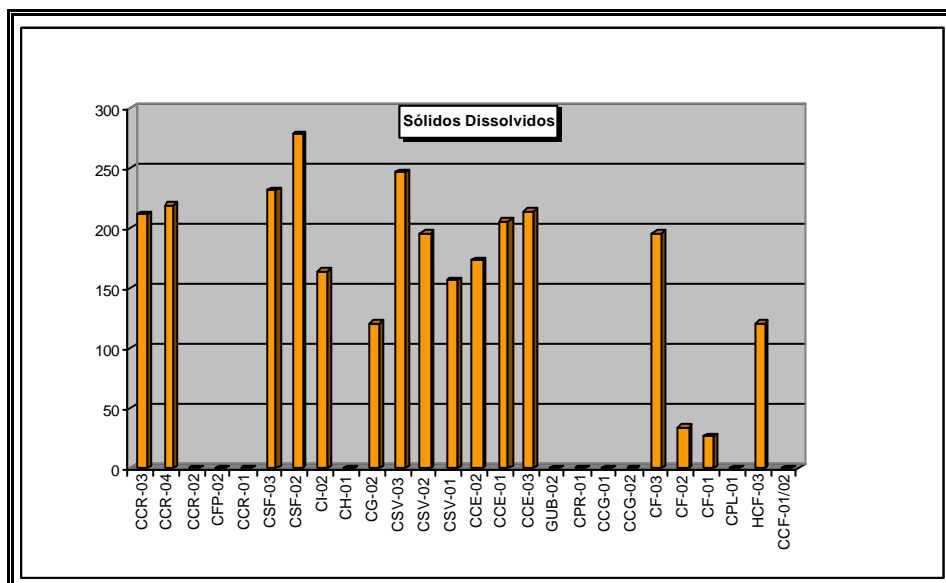


Figura 6.31 – Valores de sólidos dissolvidos para os poços da região do Triângulo Mineiro.

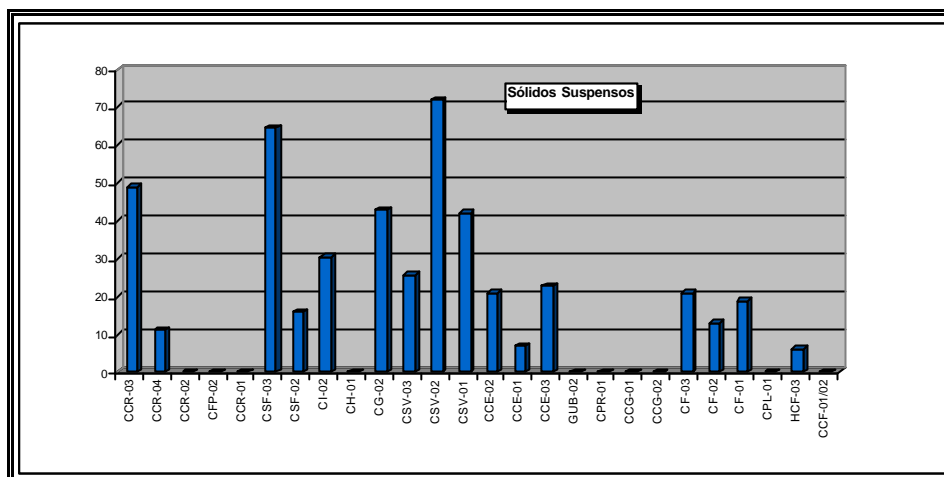


Figura 6.32 – Valores de sólidos suspensos para os poços da região do Triângulo Mineiro.

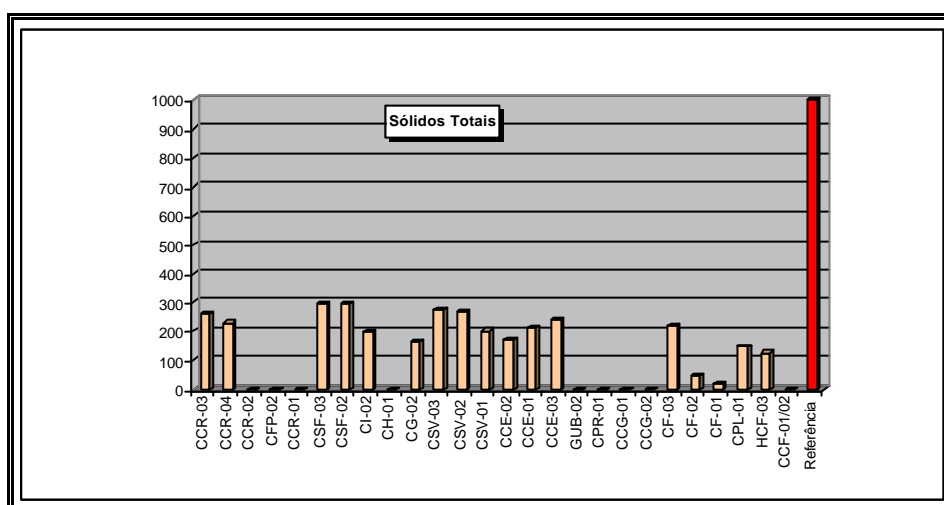


Figura 6.33 – Valores de sólidos totais para os poços da região do Triângulo Mineiro.

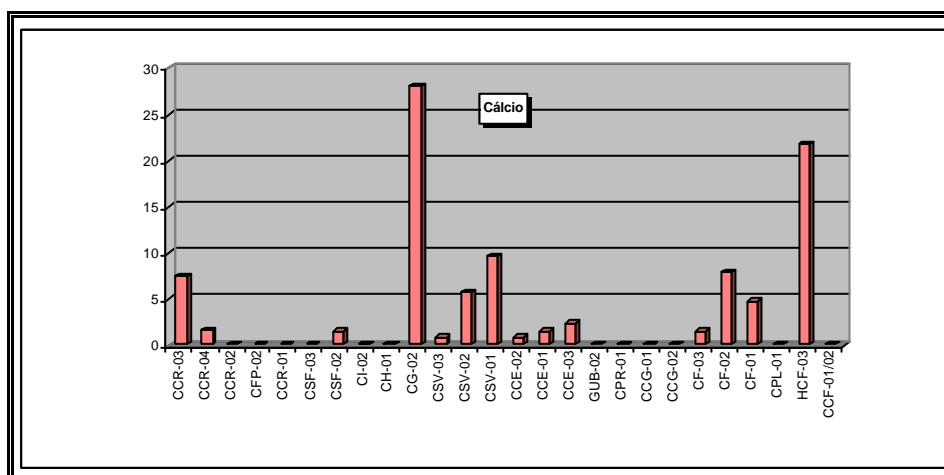


Figura 6.34 – Teores de cálcio para os poços da região do Triângulo Mineiro.

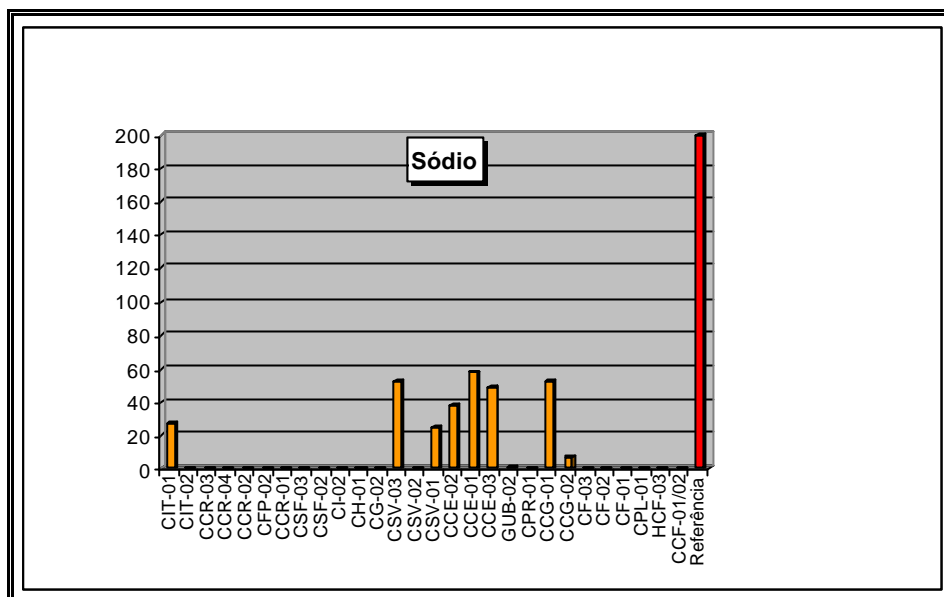


Figura 6.35 – Teores de sódio para os poços da região do Triângulo Mineiro.

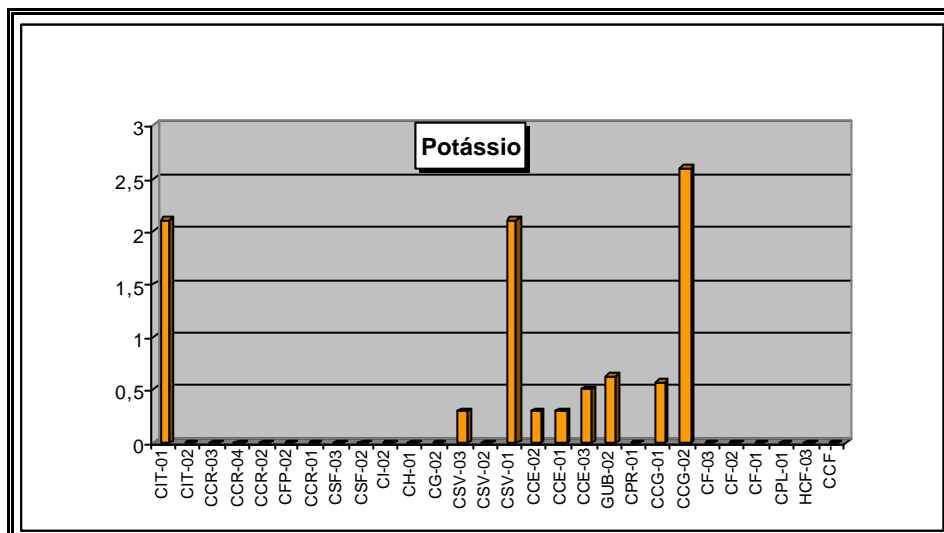


Figura 6.36 – Teores de potássio para os poços da região do Triângulo Mineiro.

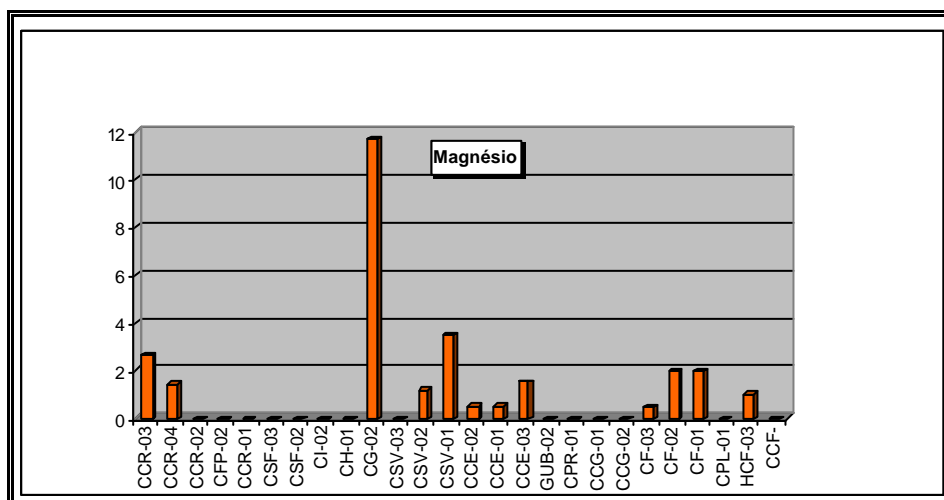


Figura 6.37 – Teores de magnésio para os poços da região do Triângulo Mineiro.

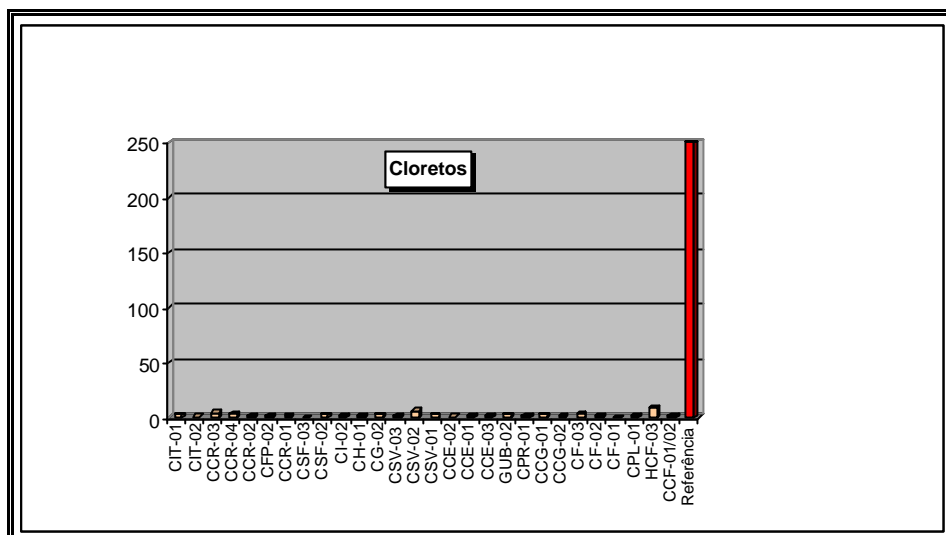


Figura 6.38 – Teores de cloreto para os poços da região do Triângulo Mineiro.

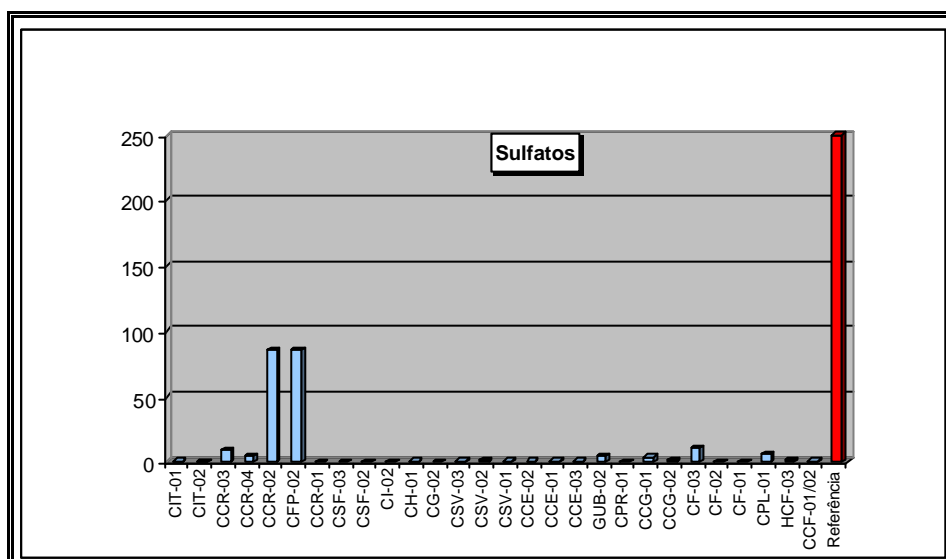


Figura 6.39 – Teores de sulfato para os poços da região do Triângulo Mineiro.

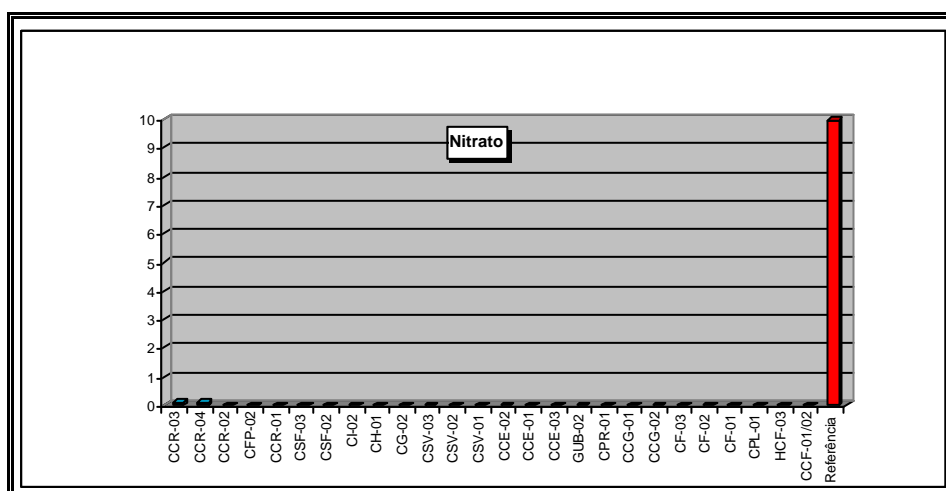


Figura 6.40 – Teores de nitrato para os poços da região do Triângulo Mineiro.

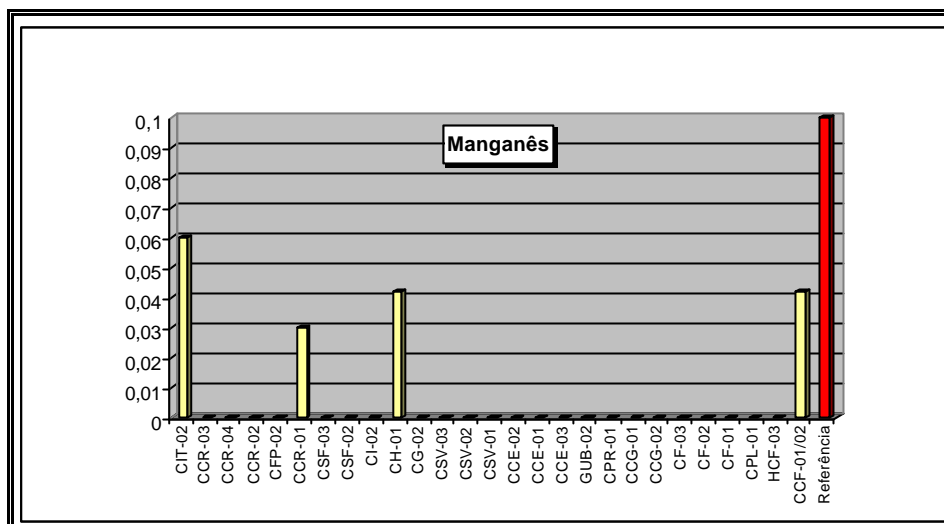


Figura 6.41 – Teores de manganês para os poços da região do Triângulo Mineiro.

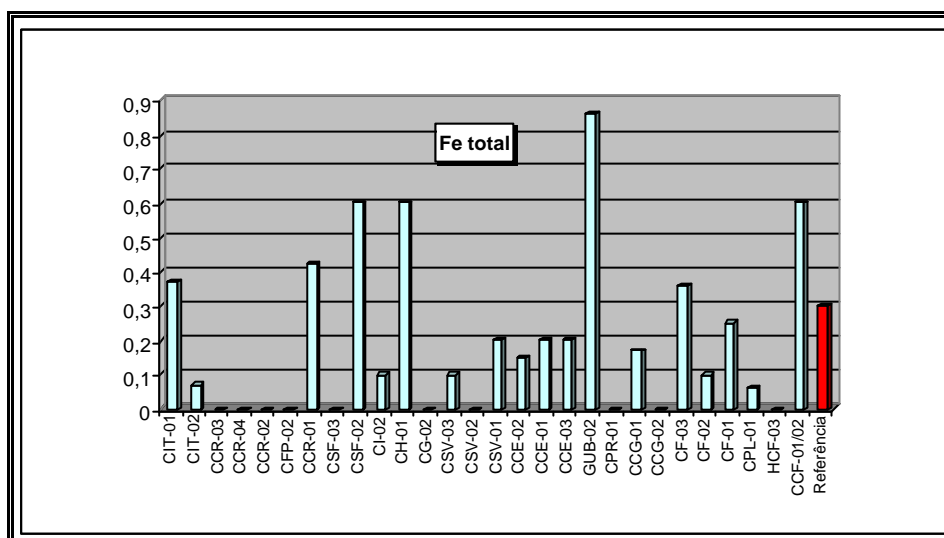


Figura 6.42 – Teores de ferro total para os poços da região do Triângulo Mineiro.

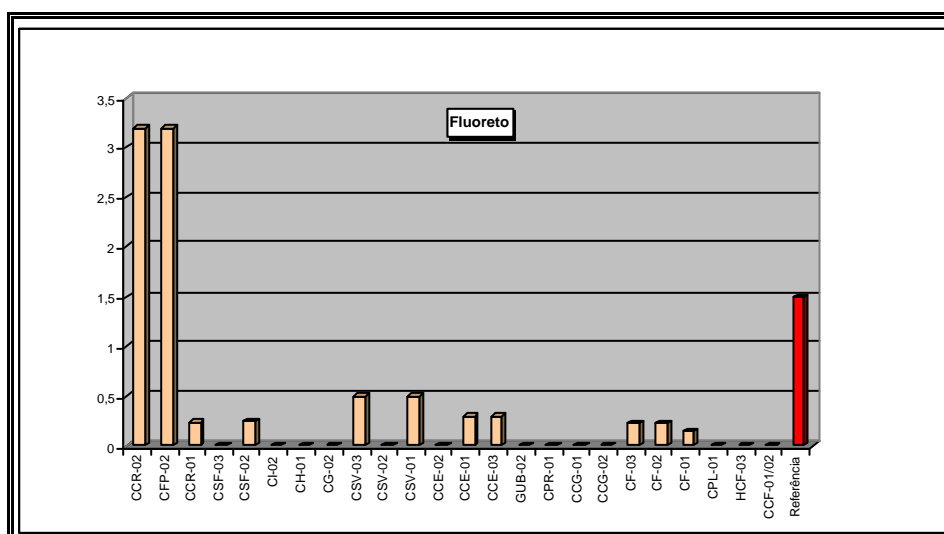


Figura 6.43 – Teores de fluoreto para os poços da região do Triângulo Mineiro.

#### 6.4 – Referências bibliográficas

CLIMA Brasileiro Disponível em {<http://www.climabrasilerio.hpg.ig.com.br>}. Acesso em: 28 jan. 2003.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia** – Conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p.

REDE NACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA Disponível em {<http://masrv54.agricultura.gov.br/rna/>}. Acesso em: 29 maio 2003.

---

## CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

---

A integração dos dados resultantes dos diferentes métodos e técnicas utilizados no desenvolvimento desta tese permitiram tecer as seguintes conclusões:

- ❖ A coluna litoestratigráfica aflorante na região do Triângulo Mineiro (MG) é composta por rochas metamórficas de idade proterozóica dos Grupos Araxá/Canastra; sedimentares e magmáticas do Grupo São Bento (formações Botucatu e Serra Geral), sedimentares do Grupo Bauru e Formação Nova Ponte (cenozóica) e depósitos aluvionares recentes. O Grupo Bauru compõe-se das formações Uberaba, Adamantina e Marília, esta última subdividida nos membros Ponte Alta e Serra da Galga. As formações Uberaba e Adamantina são aqui consideradas como possivelmente interdigitadas, conforme proposto no projeto **“A Bacia Bauru no Triângulo Mineiro (MG): análise da Bacia como proposta de uma nova estratégia exploratória para recursos minerais e hídricos”**.
- ❖ Na região foram individualizados oito compartimentos geomorfológicos que diferem entre si pela amplitude, tipo de relevo, declividade, padrão de drenagem e direção, padrão de dissecação.
- ❖ A análise de tendência vetorial mostrou-se uma ferramenta útil e possibilitou a distinção de dois altos estruturais, um na porção central da área e outro na porção leste (provavelmente refletindo o “Alto do Paranaíba”). O alto na porção central (Sutura de Itumbiara) separa dois baixos estruturais, individualizando duas depressões: Gurinhatã e Uberaba. A Depressão de Uberaba situa-se entre o Soerguimento do Alto Paranaíba e a Sutura de

Itumbiara, enquanto que a Depressão de Gurinhatã é balizada por esta sutura e a Sutura Crustal de Três Lagoas.

- ❖ Na região foram reconhecidos oito compartimentos morfoestruturais, subdivididos internamente em sub-compartimentos. Essa compartimentação afeta toda a coluna litoestratigráfica, tanto do ponto de vista da distribuição em área, quanto de sua espessura.
- ❖ A configuração morfoestrutural da área é ditada principalmente pelo arranjo de lineamentos orientados segundo a direção NW-SE para a bacia do rio Paranaíba e segundo a direção EW e NS para a bacia do rio Grande, associadas à reativação de descontinuidades do embasamento crustal.
- ❖ O período Terciário tem uma importância fundamental para a região, tanto na sedimentação da Formação Nova Ponte e depósitos correlatos, quanto no tectonismo deformador responsável pela configuração dos compartimentos atuais.
- ❖ O arranjo das estruturas regionais evidencia o quanto a área foi seccionada e fragmentada por sistemas de descontinuidades, afetando estruturação do relevo na região.
- ❖ A direção NW-SE na região do Triângulo Mineiro é responsável pelo encaixe e entalhe das principais drenagens da bacia do rio Paranaíba, bem como pelo alinhamento do relevo de serras e distribuição do Grupo Bauru. A direção NE-SW, EW e NS pelo encaixe das principais drenagens da bacia do rio Grande, sendo também responsáveis pela dissecação da paisagem e pela denudação e erosão das unidades que compõem a coluna estratigráfica da região.



- ❖ De forma geral, os lineamentos fotointerpretados e o padrão de fraturamento encontrado na região são coincidentes com os dados apresentados no mapa de anomalias geofísicas que refletem estruturas do embasamento, sugerindo uma reativação das descontinuidades pré-cambrianas.
- ❖ Os principais padrões de drenagem encontrados na área são: subdendríticos, subparalelos e localmente retangular e radial. As drenagens da bacia do rio Paranaíba apresentam direções NW-SE, localmente modificadas para EW, seus afluentes direções NE-SW, NS e EW; e os da bacia do rio Grande direções EW e NS.
- ❖ A análise do fator de simetria para as oito bacias de drenagem permitiu extrair as seguintes informações: as bacias dos rios Tijuco, Uberaba e Verde apresentam valores acima de 50%, ou seja, 64,52 %, 63,71% e 60,54% respectivamente, configurando uma assimetria da margem direita. As bacias dos Araguari e São Francisco possuem valores de assimetria menor que 50%, mostrando uma assimetria da margem esquerda. Por outro lado, as bacias dos rios Arantes, Piedade e Prata apresentam valores próximos a 50% (54,22%, 52,04% e 55,13% respectivamente), ou seja, com baixo grau de assimetria.
- ❖ A exploração de águas subterrâneas envolvendo o aquífero Bauru apresenta como áreas mais favoráveis as das depressões de Uberaba, Comendador Gomes, Campo Florido, Limeira D'Oeste, União de Minas e Gurinhatã; para os aquíferos fraturados, os basaltos da Formação Serra Geral, recomenda-se um estudo da direção NW-SE, pois dos poços analisados os que apresentam maiores valores de vazão são coincidentes

com esta direção; para o Aquífero Guarani o mapa de contorno estrutural do topo da Formação Botucatu integrado com o mapa de isólicas da Formação Serra Geral configuram uma ferramenta extremamente útil. O uso da análise de tendência de primeiro grau e o respectivo mapa de resíduos para a espacialização dos dados mostra-se uma ferramenta valiosa visualização regional da variação dos dados de profundidade e vazão.

- ❖ As águas subterrâneas da região do Triângulo Mineiro possuem pH básico com valores entre 7 e 10. São, no geral, de boa qualidade para o consumo humano, industrial e agrícola. Os teores dos cátions como o cálcio, sódio, potássio, magnésio estão dentro do limite estabelecido pela resolução do CONAMA (1986), para águas da classe 1.
- ❖ Os ânions, como o cloreto, bicarbonato, carbonato, sulfato e nitrato também estão dentro do limite do CONAMA (1986). O manganês, na forma de constituinte secundário, ocorre em alguns poços, sempre dentro do limite.
- ❖ Para o teor anômalo de flúor encontrado em dois poços na região (um em Carneirinho e outro em Fátima do Pontal) advém-se a hipótese de contaminação natural.

---

## CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

### 9.1 – Referência

AB'SABER, A. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: **Aspectos Geográficos da Terra bandeirante**. Rio de Janeiro: CNG, 1954. p. 1 – 97.

AB'SABER, A.; BERNARDES, N. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. **Engenharia, Mineração e Metalurgia**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 134, p. 284 – 92, 1958.

ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. **Boletim DNPM**, Rio de Janeiro, n. 143, 1953.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim DNPM/DGM**, Rio de Janeiro, p.241, 1967.

ALMEIDA, F. F. M. Diferenciação tectônica da plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1969, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1969. p. 24 – 46.

ALMEIDA, F. F. M. de The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15 - 26, 1976.

ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., DAVINO, A.; HARALY, N. L. E. Informações Geofísicas sobre o Oeste Mineiro e seu Significado Geotectônico. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 49-60, 1980.

ALMEIDA, F. F. M., MELO, M. S. de. **A Bacia do Paraná e o Vulcanismo Mesozóico**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981. v. 1, p. 46-81. (Publicação IPT, 1184).

ALVES, J. M. P. **Petrologia e Diagênese do Membro Ponte Alta, Formação Marília, Cretáceo da Bacia do Paraná, na Região do Triângulo Mineiro**. 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

AUTOCAD Educational Version. Autodesk, Inc, 2000.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro estudo preliminar. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5/6, p. 37 – 42, 1992.

BALDISSERA, D. H. **Análise morfoestrutural por superfície de tendência vetorial na área do Domo de Pitanga (SP)**. 2001, 72 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

BARBOSA, E. M. **Mapeamento Geológico da Porção Setentrional do Distrito de Ponte Alta, Uberaba – MG.** 1992. 54f. Trabalho (Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1992.

BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. B. R. da. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. **Boletim DNPM**, Rio de Janeiro, n. 136, 1970.

BARBOSA, E. M.; CASTRO, P. T. A. Sedimentação Cenozóica da Bacia do Paraná: Ocorrência no Triângulo Mineiro – MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7; SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG/MG, 1993. p. 39-40.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução Paleogeográfica da Sedimentação do Grupo Bauru Baseada na sua Redefinição Estratigráfica Parcial em Território Paulista e no Estudo Preliminar Fora do Estado de São Paulo.** 1984. 190f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BARCELOS, J. H. Influência do Soerguimento do Alto Paranaíba na Sedimentação Pós-Basáltica na Área do Triângulo Mineiro (MG), Borda NNE da Bacia do Paraná. **Geociências**, São Paulo, v. 8, p. 38-54, 1989.

BARCELOS, J. H.; SUGUIO, K. Correlação e Extensão das Unidades Litoestratigráficas do Grupo Bauru, Definidas em Território Paulista e nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. In SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, 1987, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro, SBG, 1987. v. 1, p. 313-321.

BARCELOS, J. H.; LANDIM, P.M.B.; SUGUIO, K. Análise Estratigráfica das Seqüências Cretácicas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba. 1981. **Atas...** Curitiba: SBG, 1981. v. 2, p. 90-102.

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácica e sua correlação com áreas adjacentes.** 2003. –f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BERTINI, R. J.; GOBBO-RODRIGUES, S. R.; SANTUCCI, R. M. O Grupo Bauru e sua biocronologia. In: PALEO, 2000, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: SBP, 2000. p.4.

BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, Londres, v.19, n. 4, p. 449-73, 1995.

BJORNBERG, A. J. S. **Sedimentos pós-cretácicos do leste do Estado de São Paulo.** 1965. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BJORNBERG, A. J. S. **Contribuição ao estudo do Cenozóico Paulista:** tectônica e sedimentologia. 1969. 128f. Tese (Professor Titular) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BJORNBERG, A. J. S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A. B. Basculamentos tectônicos modernos no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Anais...**São Paulo:SBG, 1971. v. 2, p. 159 – 174.

BRAJNIKOV, B. Essai sur la tectonique de la région a l'est de Belo horizonte, Minas Gerais, Brésil. **Société Géologique de France**, Paris, n.5, Série 17, p. 321 – 35, 1947.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Levantamento de recursos naturais.** Ministério das Minas e Energia. Folha SE – 22/Goiânia, Rio de Janeiro, 1983. v. 31.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Iturama** (Folha SE-22-Z-C). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Prata** (Folha SE-22-Z-D). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Uberaba** (Folha SE-23Y-C). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **São José do Rio Preto** (Folha SE-23-Y-A). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Uberlândia** (Folha SE-22-Z-B). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e coordenação Geral. Fundação IBGE. Carta do Brasil. **Patos de Minas** (SE-23-Y-A). Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1979.1 Mapa: Color, 45 X 65 cm. Escala 1:250.000.

CASTRO, P. R. M. Aspectos geotectônicos da estrutura do Pau D'Alho, São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.50, n. 4, p. 503-26, 1978.

CENTAMORE, E.; CICCACCI, S.; DEL MONTE, M.; FREDI, P.; LUPA PALMIERI, E. Morphological and morphometric approach to the study of the structural arrangement of northeastern Abruzzo (central Italy). **Geomorphology**, Londres, v.16, p. 127 – 37, 1996.

CLIMA Brasileiro Disponível em <http://www.climabrasilerio.hpg.ig.com.br.> Acesso em: 28 jan. 2003.

COIMBRA, A. M. **Sistematização crítica da obra**. 1991, 54f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COIMBRA, A. M.; FERNANDES, L. A. Paleogeografia e considerações paleoecológicas sobre a Bacia Bauru (Cretáceo Superior do Brasil). In: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 6, 1994, Trelew. **Actas...**Trelew: APA, 1994. p. 85 – 90.

COIMBRA, A. M.; BRANDT NETO, M.; COUTINHO, J. M. V. Silicificação dos arenitos da Formação Bauru no estado de São Paulo. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 1980. São Paulo. **Coletânea de trabalhos e debates...** São Paulo: SBG, 1980. p. 103 - 111 (Publicação Especial, 7).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE **Resoluções do Conama, 1984/86**. Brasília: SEMA, 1986. 96 p.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 410 p.

CORSI, A. C.; LANDIM, P. M. B.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. ; PERINOTTO, J. A. J.; BATEZELLI, A. Análise de tendência vetorial em dados de fraturamento, aplicada à hidrogeologia no Triângulo Mineiro (MG). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL; 2<sup>DO</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR., 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** São Pedro: UNESP, 2002. p. 387 – 393.

COX, R. T. Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics. **Geological Society American Bulletin**, Washington, v. 106, p. 571-81, 1994.

DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; CASTRO, J. C. de; MARANHÃO, M. da S. A. S.; SUÁREZ, J. M.; RODRIGUES, R. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. **Revue Paléobiol**, Genevé, v. 20, n. 1, p. 245 – 304, 2001.

FANCICANI, E. M. **Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica, regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. 2000. 222 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia – Conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p.

FERNÁNDEZ, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1992, 129f. Dissertação (de Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, L. A. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). In: WORKSHOP CIENTÍFICO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 1994, São Paulo. **Anais...**São Paulo:USP, 1994. p. 91.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da bacia Bauru (ks, Brasil)**. 1998. 216f. Tese (de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERRARI, P. G. Formação Nova Ponte, uma Entidade Terciária. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NÚCLEO BRASÍLIA, 1, 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1989. p. 105-109.

FERREIRA JR., P. D. **Modelo Depositional e Evolução Diagenética da Formação Uberaba, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná, na Região do Triângulo Mineiro**.1996. 175f. Dissertação (de Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

FERREIRA, M. F. M. **Geomorfologia e análise morfotectônica do alto Vale do Sapucaí – Pouso Alegre (MG)**. 2001. 279 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FOX, W. T. **Fortran IV** – program for vector trend analysis data. Computer contributio II. Lawrence: State Geological Survey, The University of Kansas, 1967.

FREITAS, R. O. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. **Boletim FFCL/USP**. Série Geologia, São Paulo, n. 130, p. 1 - 120, 1951.

FREITAS SILVA, F. H.; DARDENNE, M. A. Evolução estrutural das formações Paracatu e Vazante na região de Paracatu (MG). **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 45, n. 01/02, p. 57-59, 1992.

FULFARO, V. J. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. **Boletim IG-USP**, São Paulo, v 5, p. 129 – 38, 1974.

FULFARO, V. J.; BARCELOS, J.H. Grupo Fase rift na Bacia do Paraná: a Formação Caiuá. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, São Paulo. **Boletim...** São Paulo: SBG/SP, 1991. p. 85-87.

FULFARO, V. J.; BARCELOS, J.H. Fase rifte na Bacia Sedimentar do Paraná: a Formação Caiuá. **Geociências**, São Paulo, v.12, n. 1, p: 33 –45, 1993.

FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. A Bacia Bauru; estado da arte. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996, Águas de São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1996. p. 297-303

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 590 – 611, 1982.

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C. Paraná; VEROSLAVSKY, G. Basin: Mineral Resource potentials in Brazil, Uruguay, and Paraguay. **International Geology Review**, Columbia, v. 30, p. 703 – 22, 1997.

FULFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; PERINOTTO, J. A. J & SAAD, A. R. Bacia Caiuá: uma nova Bacia Cretácea na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL; 1<sup>er</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 5, 1999, Serra Negra. **Boletim...** Serra Negra:UNESP, 1999. p. 439 - 442.

GOBBO-RODRIGUES, S. R.; SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. Considerações sobre a idade da Formação Marília (Grupo Bauru, Cretáceo Superior) na região de Peirópolis, estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim...**Rio Branco:SBP, 2001. p.48.

GOLDBERG, K. **Reconstituição paleoambiental do cretáceo continental brasileiro na região do Triângulo Mineiro**. 1995, 181f. Dissertação (de Mestrado) - Universidade Vale dos Sinos, São Leopoldo.

GOLDBERG, K.; GARCIA, A. J. V. Paleobiogeography of the Bauru Group. A dinosaur-bearing Cretaceous Unit, Northeastern Paraná Basin, Brazil. **Cretaceous Research**, Londres, v.21, p. 241 – 254, 2000.

GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do médio Vale do Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro**. 1999, 259 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

GUIMARÃES, D. Arqui-Brasil e sua evolução geológica. **Boletim do DNPM**, Rio de Janeiro, n. 88; p. 132 – 67, 1951.

HASUI, Y. **Geologia das Formações Cretáceas do Oeste de Minas Gerais. São Paulo**. 1967. 87f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HASUI, Y. A Formação Uberaba In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1968. p. 167-179.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. IN: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 1-31.

HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E. Aspectos Lito-estruturais e Geofísicos do Soerguimento do Alto Paranaíba. **Geociências**, São Paulo, v.10, p. 67-77, 1991.

HASUI, Y.; MORALES, N. Neotectônica e compartimentação morfoestrutural da região sudeste e sua importância. **Geovisão**, São Paulo, p. 4-5, mar. 2001.



HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; MORALES, N. RUEDA, J. R. J. Evolução morfotectônica do Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais**...Belo Horizonte: SBG, 1998. p.78.

HORWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Bulletin of American Association of Petroleum Geologists**, Tulsa, v. 51, p. 2246-2259, 1967.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS **Mapa das Principais Feições Crustais do Estado de São Paulo e Regiões Vizinhas**. São Paulo, 1989. (Relatório n.o 27.394).

KELLER, E. A.; PINTER, N. (Eds.) **Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, 338 p.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147 – 265, 1956.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: FUNDUNESP, 1998.

LANDIM, P. M. B.; SOUZA FILHO, E. E.; SOBREIRO NETO, A. F. O estudo morfoestrutural pela análise de superfícies de tendência. **Geociências**, São Paulo, v. 3, p. 77-89, 1984.

LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; BATEZELLI, A.; CORSI, A. C. **A Bacia Bauru no Triângulo Mineiro (MG): análise da Bacia como proposta de uma nova estratégia exploratória para recursos minerais e hídricos**. Universidade Estadual Paulista, 2002. Relatório FAPESP N° 99/00323-5.

MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.5, n. 4, p. 523 – 50, 1943.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. H. G.; FERNANDES, N. F. Desnívelamento e altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: Bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais**...Salvador: SBG-BA, v. 4, 1982. p. 1489 – 1503.

MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, v. 51, p. 1 – 163, 1974.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69 – 82, 1994.

MIOTO, J. A. Tentativa de zoneamento sísmico do sudeste brasileiro. IN: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Boletim**...Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 33-45.

MIOTO, J. A.; HASUI, Y. Aspectos da estabilidade sismotectônica do sudeste brasileiro de interesse à geologia de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, v. 4, p: 1652 – 1659.

MORAES REGO, L. F. Nota sobre a localização de uma sondagem no Estado de São Paulo. **Geologia e Metalurgia**, São Paulo, n. 1, p. 37-47, 1945.

NEVES, M. A. **Evolução cenozóica da região de Jundiaí (SP)**. 1999, 141 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

NORTHLEET, A. A.; BETTINI, C.; CHAVES, H. F. Aplicação de geomatemática à prospecção de petróleo – análise de fraturas por polinômios ortogonais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1971. v. 3, p. 61-70.

ORIANA for windows Version 1.03. Warren L. Kovach, 1994.

PACCA, G.; MONTES-LAUAR, C. R. Possível correlação de episódios magmáticos da bacia do Paraná do Jurássico ao Cretáceo Superior. In; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997, Penedo. **Atas...** Penedo: SBG - Núcleo Rio de Janeiro, Espírito Santos e São Paulo, 1997. p. 83 – 85.

PADILHA, A. L.; TRIVEDI, N. B.; COSTA, J. M.; VITORELLO, I.; DUPIS, A. ; CAVOIT, C. Audiomagnetotelluric study in northeast region of Paraná Basin South America. **Geophysics**, Tulsa, v. 54, n. 7, p. 824 – 31, 1989.

PONTE, F. C. Estudo morfoestrutural da Bacia Sergipe-Alagoas. **Boletim. Técnico. PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 439-74, 1969.

QUINTAS, M. C. L. **O embasamento da Bacia do Paraná: Reconstrução Geofísica de seu Arcabouço**. 1995. 213f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geofísica – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo, São Paulo.

REDE NACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA Disponível em <http://masrv54.agricultura.gov.br/rna/>. Acesso em: 29 maio 2003.

RIBEIRO, D. T. P. **Diagênese e Petrografia das Rochas do Membro Serra da Galga, Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na Região de Uberaba, MG. Ouro Preto (MG)**. 1997. 108f. Dissertação (de Mestrado) - Universidades Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

RICCOMINI, C. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da compartimentação estrutural do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1982, Brasília. **Anais...** Brasília: INPE, 1982. p. 179 – 95.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. 1989. 304f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondwanicos da porção centro-oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas**. 1995. 100f. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RICCOMINI, C. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.27, n. 2, p.153 – 62, 1997.

RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da bacia de Guanabara e das regiões vizinhas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.4, p. 445 – 508, 1944.

SAADI, A. Um “rift” neo-cenozóico na região de São João del Rei – MG, borda sul do craton do São Francisco. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 63-79.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais**. 1991. 285 f. Tese (Professor Titular) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SAADI, A. Elementos de discussão da neotectônica brasileira. In: SEMANA DE ESTUDOS, 31, 1992, Ouro Preto. **Resumos...**Ouro Preto: SICEG, 1992, p. 1-12.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15,1993.

SAADI, A. Estudos do quaternário e neotectônica no Brasil: experiência acumulada e novos rumos. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 8, 2001, Salvador. **Resumos...**Salvador: ABEQUA, 2001. p. 40–42.

SAADI, A.; PEDROSA SOARES, A.C. Um “graben” cenozóico no médio Jequitinhonha, Minas Gerais. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 101-124.

SAADI, A.; VALADÃO, R. C. Eventos tectono-sedimentares na bacia neo-cenozóica de Rio das Mortes (Região de São João del Rei – MG). In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1990. p. 81-99.

SAADI, A.; HASUI, Y.; MAGALHÃES, F. S. Informações sobre a neotectônica e morfogênese de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, Rio Claro. **Boletim...**Rio Claro: UNESP/SBG, 1991. p. 105-107.

SANTOS, M. dos **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a Bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. 1999, 151f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2 v.

SANTUCCI, R. M. **Revisão dos titanosauridae (Saurischia, sauropoda) do cretáceo superior continental da Bacia Bauru**. 2002. 179f. Dissertação (de Mestrado em Geociências – Área de Concentração em Geologia regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. Ocorrência de vértebras caudais bicôncavas e biconvexas em titanossauros do Grupo Bauru (Peirópolis – Minas Gerais) e possibilidades de correlação em depósitos isócronos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim...** Rio Branco:SBP, 2001. p.142.

SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. Distribuição estratigráfica dos titanossauros do Grupo Bauru, cretáceo Superior continental do sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL ; 2<sup>DO</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR., 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** São Pedro: UNESP, 2002. p. 323 – 327.

SCHUMM, S. A.; DUMONT, J. F. **Active tectonics and alluvial rivers**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 276p.

SIQUEIRA, C. A.; ROSA, R. Mapeamento digital dos aspectos físicos da mesoregião do Triângulo Mineiro, através dos softwares Autocadr12 e Grass 4.0. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 10, n. 19, p. 93-114, 1998.

SOARES P. C. Estratigrafia das formações Jurássico-Cretáceas na Bacia do Paraná, Brasil. In: COMITÉ SUDAMERICANO DEL JURRÁSSICO Y CRETÁCEO: CUENCAS SEDIMENTARES DEL JURÁSSICO Y CRETÁCICO DE AMERICA DEL SUR, 1981, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: AGA, v. 1, p. 271 – 304.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.16, n. 32, p. 71 – 104, 1976.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Depósitos cenozóicos na região centro-sul do Brasil. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 16, n. 31, p. 17 -39, 1976.

SOARES, P. C.; BARRETO, M de L. K.; REDAELLI, R. Aplicação da análise morfoestrutural em sem-detelhe cim fotos aéreas na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG, 1981. v. 1, p. 217 – 225.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 177 – 185, 1980.

SOARES, P. C.; MATTOS, J. T.; BALIEIRO, M. G.; BARCELLOS, P. E.; MENEZES, P. B.; GUERRA, S. M. S.; CSORDAS, S. M. Análise morfoestrutural regional com imagens de radar e landsat na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas...**Curitiba, SBG, 1981. v. 1, p. 201 – 216.

SOUSA, M. O. L. **Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Ártemis, Pau D'Alho e Jibóia – Centro do Estado de São Paulo.** 2002. Tese (Doutorado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, n. 38, p. 913 – 20, 1957.

SUGUIO, K. Fatores Paleoambientais e Paleoclimáticos, e Subdivisão Estratigráfica do Grupo Bauru - In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 1980, São Paulo. **Coletânea de trabalhos e debates...** São Paulo: SBG, 1980. p. 15-30 (Publicação Especial, 7).

SUGUIO, K.; SVISERO, D. P.; FELITTI FILHO, W. Conglomerados olimíticos diamantíferos de idade cretácica de Romaria (MG): um exemplo de sedimentação de leques aluviais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, 1979, Rio Claro. **Atas...**Rio Claro, SBG, v. 1, 1979. p. 217 – 229.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology.** Longman Scientific & Technical, 1991, 537p.

SURFER Surface Mapping System, version 8.00. Golden Software, Inc, 2002.

TAMRAT, E.; ERNESTO, M.; FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; BATEZELLI, A.; OLIVEIRA, A. F. Magnetoestratigrafia das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) no Triângulo Mineiro (MG). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL; 2<sup>DO</sup> SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR., 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** São Pedro:UNESP, 2002. p. 323 – 327.

ZALÁN, P. V.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; ZANOTTO, O. A.; PAUMER, M. L.; MARQUES, A. **Análise da bacia do Paraná.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1986. 5 v. DEPEX/CENPES n<sup>o</sup> 1035/5765.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; MARQUE, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G. P. & MILANI, E. J. (Coord.). **Origem e Evolução das bacias sedimentares.** Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1991. p. 135-168.