

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MANOEL DAVID DE SOUZA JUNIOR

**Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica
do rio Ivaí, curso inferior**

Maringá
2012

MANOEL DAVID DE SOUZA JUNIOR

Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí, curso inferior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Regional e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Norberto Morales

Maringá
2012

Maringá
2012

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

S729e

Souza Junior, Manoel David de, 1972-

Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí, curso inferior / Manoel David de Souza Junior. -- Maringá, 2012.

99f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Geografia)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Geografia, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Norberto Morales.

1. Geomorfologia da paisagem - Aspectos tectônicos - Ivaí, Rio, Bacia - Paraná (Estado). 2. Geomorfologia fluvial. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

CDD 22. ed. -551.442098162
NBR/CIP - 12899 AACR/2

MANOEL DAVID DE SOUZA JUNIOR

**Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí,
curso inferior**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Geografia do Departamento de Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. José Cândido Stevaux
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Eduardo Salamuni
Universidade Federal do Paraná

Aprovado em: Maringá, 14 de maio de 2012.

Local de defesa: Anfiteatro do Bloco H-12, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Manoel Luiz dos Santos, orientador desta dissertação, pela confiança no trabalho, por repartir seus conhecimentos e por sua infindável gentileza. Ao Professor Dr. Norberto Morales pela co-orientação, que mesmo estando à distância sempre foi categórico e preciso em suas observações. Ao Professor Dr. Eduardo Salamuni, pelas contribuições para o amadurecimento da pesquisa. Ao Professor Dr. José Cândido Stevaux, pela ajuda na contínua busca do conhecimento sobre a geomorfologia fluvial.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento de minha bolsa de estudos e pelo fomento a minha pesquisa.

Ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá.

Aos professores e amigos do Departamento de Geografia em especial aos professores doutores: Edvard Elias de Souza Filho, Nelson Gasparetto, Marta Luiza de Souza, Edson Fortes, Susana Volkmer e Messias Modesto dos Passos.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Meio Ambiente (GEMA): em especial Fábio, Everton, Vanderlei, Nelson, Diego, Karine, Karina, Fernanda, Thalita, Bruno, Otávio e Ednéia, que sempre estiveram prontos a ajudar.

As pessoas que ajudaram nas etapas de campo: Carolina, Leonardo, Nelson e Djalma. Ao Fábio Alves pelo auxílio na elaboração das figuras e no uso do Global Mapper. Ao Edvando Couto pela assistência com o software Spring.

Ao meu pai Manoel (in memoriam) por ter sido um exemplo de superação e alegria durante toda sua vida. A minha mãe Eunice pelo carinho e compreensão acima de tudo.

A minha esposa, amiga e companheira Carolina, que me despertou novamente ao fascínio pelas Ciências da Terra.

Aos meus filhos Vinícius e Leonardo, que me lapidam na tarefa de ser pai.

Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí, curso inferior

RESUMO

O principal objetivo deste estudo foi descrever as influências neotectônicas no curso inferior do rio Ivaí, suas sub-bacias associadas e sua foz junto ao rio Paraná, de modo a auxiliar na interpretação da geomorfologia atual da paisagem. A área de estudo apresenta cerca de 14.000 km². A principal hipótese levantada é que esta área está inserida dentro de um sistema de *wrench* com cisalhamento simples, marcado por uma zona de cisalhamento onde se insere o rio Ivaí. Evidências para dar suporte a esta hipótese foram obtidas a partir de sensoriamento remoto, visitas de campo, análises de assimetria de bacia, orientação e ordenamento de drenagens, análises dos principais lineamentos estruturais e interpretações dos domínios geomorfológicos. Para explicar os principais falhamentos foi aplicado o modelo de Riedel em escala ampla. Concluiu-se que o rio Ivaí, pode estar encaixado sobre uma falha transcorrente com sentido sinistral; o sistema *wrench* compreende esforços transpressivos marcados na paisagem pela formação dos paredões ao longo da margem esquerda (sudoeste da área) e esforços transtensivos refletidos na formação de áreas de embaciamento local, na foz do rio Ivaí junto ao rio Paraná. Neste contexto tectônico, o rio Ivaí em alguns pontos se encaixa em falhas com orientação NE e NW que correspondem ao cisalhamento X e ao cisalhamento conjugado P respectivamente, segundo o modelo de Riedel. Feições geomorfológicas fluviais como depósitos recentes, leques aluviais e terraços, também corroboram esta interpretação de movimentações Quaternárias.

Palavras chave: neotectônica. Rio Ivaí. Rio Paraná. Geomorfologia fluvial.

Tectonic effects in the landscape formation of Ivai River basin, lower reaches

ABSTRACT

The main goal of this research was to describe the neotectonic influences in the lower reaches of the Ivai River, its associated sub-basin and its mouth at Paraná River, in order to contribute to the interpretation of the geomorphology of the modern landscape. The study area is about 14,000 km². The main hypothesis is that area is inserted into a system with simple shear wrench, marked by a shear zone where the Ivai River is. Evidences to support this hypothesis were obtained from remote sensing, field visits, analysis of the basin asymmetry, orientation and order of drainage, analysis of major structural lineaments and interpretations of the geomorphological domains. In order to explain the main faults a large-scale Riedel model was applied. It was concluded that the Ivai River may be embedded on a transcurrent fault with sinistral sense; the wrench system encompasses transpressive efforts marked in the landscape by the formation of the cliffs along the left margin (southwest of the area) and transtensive efforts reflected by the formation of basins at the mouth of the Ivai River into the Parana River. In this tectonic context, the Ivai River at some stretches fits the faults oriented NE and NW corresponding to X shear and P conjugated shear respectively, following Riedel's model. Fluvial geomorphological features such as recent deposits, alluvial fans and terraces, also support this interpretation of Quaternary movements

Keywords: Neotectonics. Ivai River. Parana River. Fluvial geomorphology.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	1
2 Objetivo.....	5
3 Hipótese e Justificativa.....	6
4 Localização.....	9
5 Métodos	10
5.1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
5.1.1 Lineamento Transbrasiliano (LT).....	15
5.1.2 Faixa Móvel Brasília (FMB).....	15
5.1.3 Estruturas tectônicas (Arco de Ponta Grossa).....	16
5.1.4 Geologia Regional	17
5.1.5 Neotectônica e geomorfologia fluvial.....	22
5.2 Análises de Drenagem de Primeira Ordem.....	34
5.3 Fator de Assimetria das Bacias	35
5.4 Lineamentos em Modelo Digital de Elevação.....	36
5.5 Trabalho de Campo.....	37
6 Resultados e Discussão.....	41
6.1 Drenagens de primeira ordem.....	41
6.2 Análise geral das drenagens.....	43
6.3 Análise do Fator de Assimetria da Bacia e Sub-bacias do Ivaí, curso inferior.....	45
6.4 Lineamentos em Modelo Digital de Elevação.....	49
6.5 Trabalho de Campo.....	52
6.6 Feições Anômalas	59
6.6.1 Possíveis estruturas de liquefação (sismitos).....	59
6.6.2 Leque aluvial.....	61
6.7 Domínios geomorfológicos	65
6.8 Domínios morfotectônicos.....	69
7 Análise Geral.....	71
8 Referências.....	76
9 apêndice a - Dados coletados durante a segunda e terceira etapas do trabalho de campo.....	84

Índice de Figuras

Figura 1: Bacia Sedimentar do Paraná (extraído de MILANI, 1997).....	2
Figura 2: Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí. (Fonte: MINEROPAR 2000, extraído de ALVES, 2012).	3
Figura 3: Curso Inferior do Rio Ivaí. (extraído de SANTOS et al, 2008).....	4
Figura 4: Feições associadas a zonas transcorrentes (Fonte: SALAMUNI 2010, notas de aula adaptado de BURBANK e ANDERSON 2001).....	7
Figura 5: Modelo de Riedel (1929) para zonas transcorrentes (extraído de SALAMUNI, 2007).....	8
Figura 6: Localização da área de estudo.....	11
Figura 7: Mapa de tensores da América do Sul medidos em campo (extraído de Assumpção, 1992)	13
Figura 8: Alinhamentos estruturais e faixas móveis com possível influência no alto curso do rio Paraná.....	14
Figura 9: Terremotos no Brasil e parte do Paraguai (modificado de IAG 2000). Os epicentros de terremotos no Pantanal estão aproximadamente alinhados com epicentros da zona sísmica de Goiás, sugerindo relação com o Lineamento Transbrasiliano (extraído de Assine, 2008).....	15
Figura 10: Mapa Geológico Simplificado do Cráton do São Francisco (modificado de Alkmim et al. 1993).....	16
Figura 11: Mapa geológico simplificado e principais alinhamentos da Bacia do Paraná (extraído de ZALAN et al, 1990.) Os alinhamentos da figura são distintos em: A- Rio Paranapanema; B- Rio Tietê; C- Ibitinga - Botucatu; D- Rio Mogi-Guaçu; E- Ribeirão Preto – Campinas; F-Rifaina - São João da Boa Vista; G-São Carlos Leme; H-Barra Bonita - Itú; I- Guapiara; J- Cabo Frio; K- São Jerônimo - Curiuva; L- Paranapanema; M- Sutura Crustal de Três Lagoas; N- Serra de Maracaju; O-Sutura Crustal de Coxim; P- Rio Alonzo; Q-Amambaí - Ribeirão do Veado; R- Rio Piquiri.	18
Figura 12: Sequência Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná (Fonte: Boletim Petrobrás, 1994).....	19
Figura 13: Distribuição dos Grupos Caiuá e Bauru no sul e sudeste brasileiro (fonte: FERNANDES e COIMBRA 1996).....	22
Figura 14: Padrão de drenagem dos principais rios do sul e sudeste brasileiro, controlado por influência da pluma mantélica (linha tracejada) denominada como Paraná Pluma (Arco de Ponta Grossa) (extraído de Cox, 1989).....	24
Figura 15: Unidades de Paisagem do Estado do Paraná e suas grandes feições morfológicas (Fonte: ITCG-UFPR,1990, modificado)	26
Figura 16: Mapa da ocorrência do Alogrupo Rio Paraná. (modificado de Batezelli, 1998 por Sallun et al. 2005).	28
Figura 17: Perfil esquemático de falhamento antitético no alto rio Paraná na região da foz do rio Ivinhema Taquarussu-MS (Fonte: Fortes et al, 2005)	29
Figura 18: Ordenamento de drenagem segundo Horton (1945).....	30
Figura 19: Ordenamento de drenagem segundo Strahler (1952).....	30
Figura 20: Padrões de drenagem (extraído de Soares e Fiori, 1976.).....	31
Figura 21: Padrões de drenagens controlados por estruturas geológicas, baseado em Bloom, 1991 (Fonte: Decifrando a Terra. Teixeira et al, 2000).....	33
Figura 22: Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD), como fator de quantificação do deslocamento de um rio devido causas tectônicas (extraído de Salamuni 1997, mod. Hare e Gardner, 1985).....	36
Figura 23: Pontal do Tigre, proximidades da Foz do rio Ivaí junto ao rio Paraná.....	38
Figura 24: Área da planície do rio Ivaí utilizada para plantações.....	39
Figura 25: Sondagem com vibrocore para retirada de amostras de solo e matéria orgânica em áreas com turfas.....	39

Figura 26: Pontos visitados em campo.....	40
Figura 27: Modelo digital de elevação da área de estudo.....	41
Figura 28: Mapa de localização das drenagens de primeira ordem das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí, a) drenagens de primeira ordem com a imagem SRTM de base, b) drenagens de primeira ordem e sub-divisões de seus padrões).....	42
Figura 29: Diagrama de roseta com a frequência absoluta das direções das drenagens de primeira ordem.....	43
Figura 30: Mapa de drenagem das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí.....	44
Figura 31: Localização das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí.....	46
Figura 32: Fator de assimetria da bacia do rio Ivaí curso inferior.....	48
Figura 33: Direção do soerguimento das sub-bacias do rio Ivaí, curso inferior com base no Fator de Assimetria.....	49
Figura 34: Principais lineamentos extraídos de imagens SRTM.....	50
Figura 35: Diagrama de roseta da frequência absoluta dos alinhamentos.....	51
Figura 36: Localização dos pontos com medidas estruturais de falhamentos nas margens do curso inferior do rio Ivaí.....	53
Figura 37: Estereograma com as medidas estruturais das fraturas ao longo do rio Ivaí em seu curso inferior.....	53
Figura 38: Afloramento de diabásio fraturado com duas famílias de juntas perpendiculares (F1 N32W, F2 N48E).....	55
Figura 39: Plano de falha na Formação Caiuá, paralelo a margem do rio Paraná. Com direção N50E subvertical. Observa-se que o plano de falha está paralelo ao curso do rio. Nas linhas vermelhas observa-se a estratificação cruzada de grande porte (Foto de M. D. Souza Junior).....	56
Figura 40: (a) Plano de fratura N80W/48N paralelo ao corte da estrada no ponto 62. (b) Detalhe de juntas conjugadas com direção N20E subvertical ponto 62 (Fotos de M. D. Souza Junior).....	57
Figura 41: Ribeirão sem mata ciliar em sua margem esquerda e nitidamente assoreado (Foto de M. D. Souza Junior).....	58
Figura 42: Área em processo de voçorocamento próximo a cidade de Loanda (Foto: de M. D. Souza Junior).	59
Figura 43: Pontos brancos que podem ser indícios de estruturas de liquefação (Fonte: IBC, 1970). 60	
Figura 44: Bloco-diagrama mostrando os principais tipos de estruturas de liquefação, baseado em observações de campo na região do rio Tocuyo, Venezuela (Audemard e De Santis, 1991 apud Etchebehere et al 2004).....	61
Figura 45: Classificação de leques aluviais segundo Stanistreet e McCarthy (1993, apud SUGUIO 2003).	63
Figura 46: Leque aluvial do córrego Dourado, modelo digital do terreno.	65
Figura 47: Mapa geomorfológico da área de estudo.....	66
Figura 48: Perfis topográficos da área estudada.....	67
Figura 49: Mapa morfotectônico interpretado da área.....	69

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Paraná, da qual o rio Ivaí faz parte, assenta-se sobre a maior bacia sedimentar intracratônica do mundo. Segundo Milani (1997), a Bacia Sedimentar do Paraná abrange uma área de 1.500.000km² e possui uma forma alongada da direção NNE-SSW, com 1.750km de comprimento e 900km de largura, cortando diferentes territórios geopolíticos e países como: Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. Esse autor subdivide a bacia sedimentar do Paraná em seis supersequências deposicionais: Supersequências Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru, com fases deposicionais ocorridas entre o Paleozóico (Neo-ordoviciano) e Mesozóico (Neo-cretáceo). O rio Paraná corta 1.500km desta bacia sedimentar carregando sedimentos e correndo paralelamente ao eixo maior da bacia na direção nordeste-sudoeste até defletir na direção leste-oeste, onde encontra o Arco de Assunção na proximidade da fronteira entre a Argentina e o Paraguai (**Figura 1**).

Processos dinâmicos atuam constantemente na formação das paisagens, sejam elas estruturas de ampla escala, como o processo contínuo de distensão da placa tectônica meso-oceânica que empurra todo o continente sulamericano em direção à subducção com a placa de Nazca, ou de escala reduzida, como a interferência dos mesmos agentes tectônicos com a geomorfologia da foz dos rios onde coexistem processos epirogenéticos e orogenéticos, ou exógenos e endógenos respectivamente, independentemente da localização onde a região esteja posicionada, intraplaca tectônica ou não.

Um dos principais tributários do rio Paraná é o rio Ivaí que, em seus 685 km de extensão, que corta a montante as formações geológicas do Grupo Passa Dois (Neo-permiano) e a jusante, em seu curso inferior, sedimentos Quaternários e a Formação Caiuá (Neo-cretáceo), (SANTOS *et al*, 2008). Sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 36.587 km² (FUGITA, 2009). A **Figura 2** apresenta a Bacia Hidrográfica do Ivaí e seu arcabouço geológico. A região de baixa declividade deste rio, próxima à sua foz junto ao rio Paraná, apresenta uma planície aluvial com aproximadamente 150km de comprimento, com padrão meandrante e encaixado (SANTOS, *op cit*).

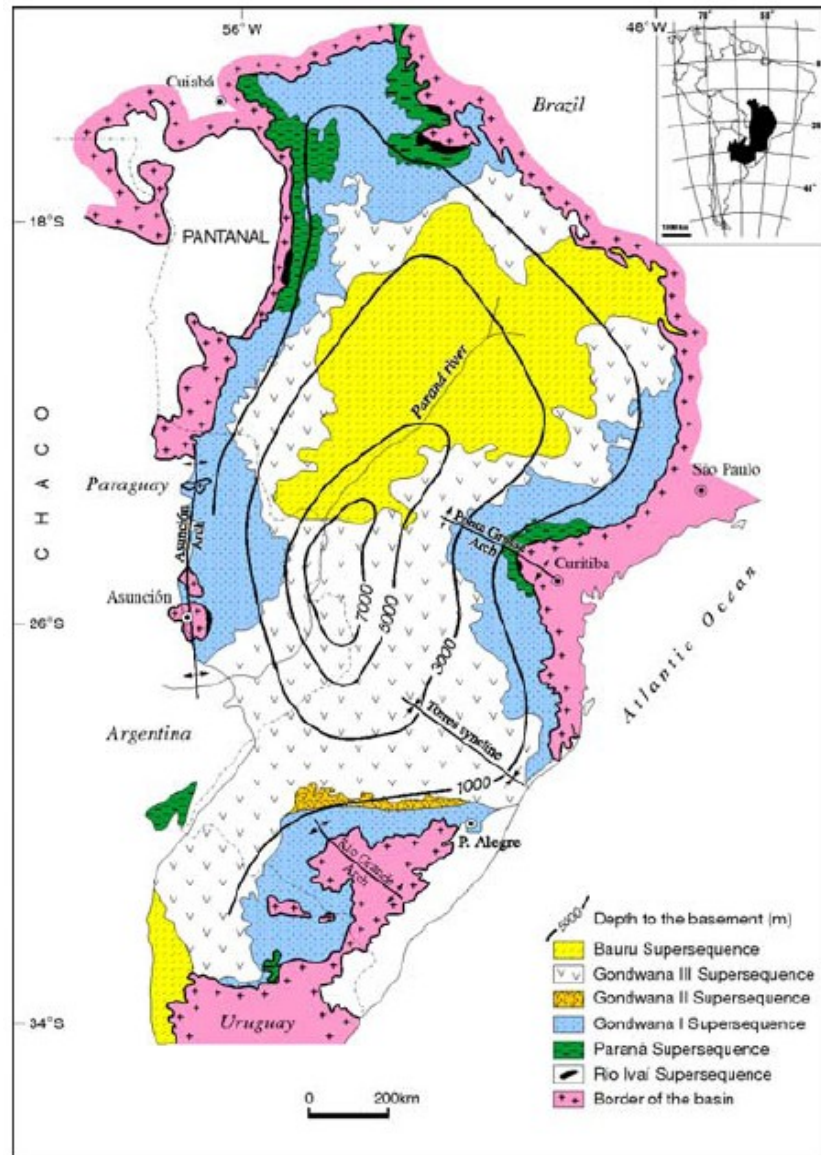


Figura 1: Bacia Sedimentar do Paraná (extraído de MILANI, 1997).

Por meio de mapeamentos geológicos e geomorfológicos, Santos *et al.* (2008) subdividiram a planície aluvial do Rio Ivaí em seis unidades morfoestratigráficas: Planície, Paraná-Ivaí, Planície Ivaí, Terraço Paraná, Terraço Ivaí, Leque Aluvial e Canal Fluvial (**Figura 3**). Os aspectos estratigráficos das diferentes unidades possibilitaram a construção de cenários sobre a evolução da planície aluvial.

As unidades morfoestratigráficas da planície do rio Ivaí apresentam cotas topográficas que se sobrepõem inúmeras vezes. Esta sobreposição de ambientes deposicionais distintos em uma área relativamente pequena dá indícios de que fatores neotectônicos podem ser causadores desta sobreposição (*e.g.* HASUI E MIOTO, 1992). Reativações de estruturas

encontradas no embasamento cristalino de bacias intracratônicas são relativamente comuns (ZALAN *et al*, 1990) e podem ser as causadoras deste fenômeno.

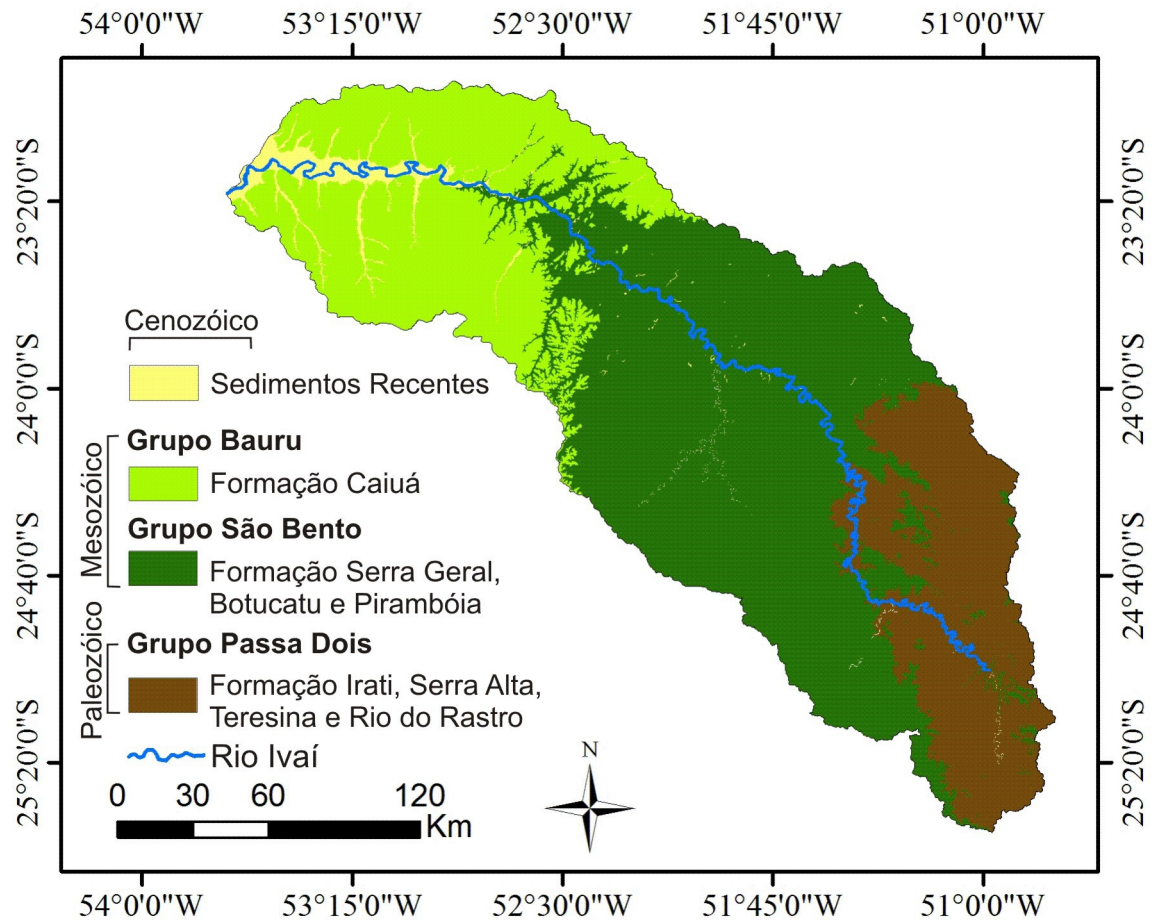


Figura 2: Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí. (Fonte: MINEROPAR 2000, extraído de ALVES, 2012).

Saadi (1991) aborda o conceito de uma tectônica global que não permite mais conceber a existência de porções da litosfera dotados de absoluta estabilidade crustal. Seguindo essa premissa, a área em estudo pode estar sob este regime de forças tectônicas atuais.

MAPA GEOMORFOLÓGICO/GEOLÓGICO DA
PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO ÍVAI - CURSO INFERIOR

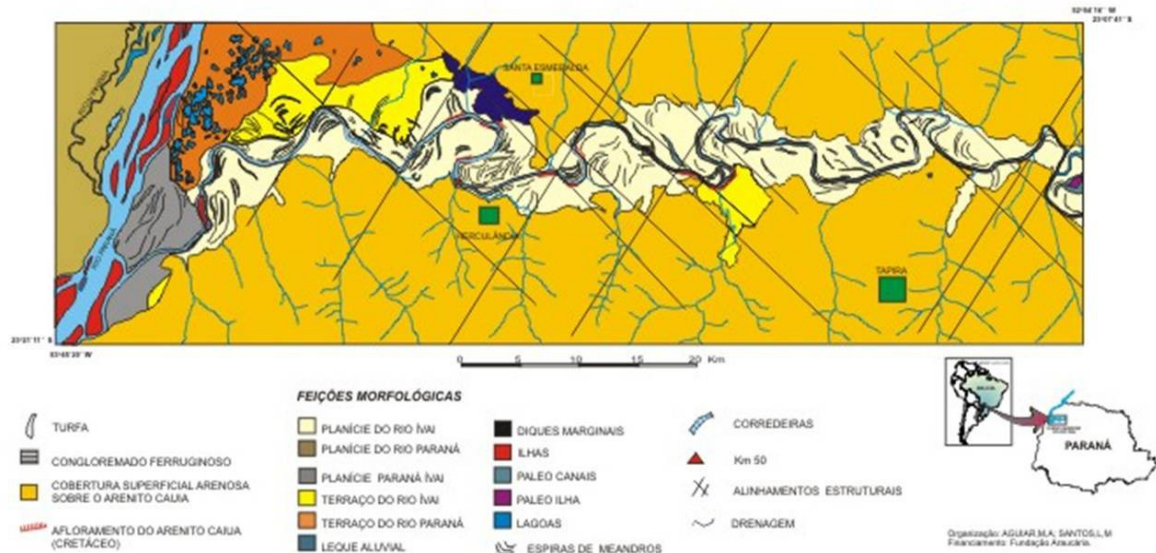


Figura 3: Curso Inferior do Rio Ivaí. (extraído de SANTOS et al, 2008).

2 OBJETIVO

A meta é analisar e entender os processos tectônicos atuantes na formação da geomorfologia da planície aluvionar do rio Ivaí em seu curso inferior, nas sub-bacias associadas e em sua foz junto ao rio Paraná, utilizando análises de dados de sensoriamento remoto, trabalhos de campo, análises de assimetria de bacia, orientação e ordenamento de drenagens, análises dos principais lineamentos estruturais e interpretações dos domínios morfológicos.

3 HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA

Há uma dinâmica tectônica que pode atuar na área do curso inferior do rio Ivaí, suas sub-bacias associadas e sua foz junto ao rio Paraná. Isso pode ser possível devido à reativação das principais falhas geológicas do embasamento e ao soerguimento provocado pelo Arco de Ponta Grossa. O rio Paraná está encaixado em uma área deformada tectonicamente que resulta na atual paisagem geomorfológica, onde a principal componente pode ser uma zona de cisalhamento transcorrente com abatimento e soerguimento de blocos em porções transpressivas e transtensivas, uma tectônica tipo *wrench*, que representa as áreas ligadas a sua calha central, compostas por terraços e planícies de inundação respectivamente. Se confirmada essa hipótese a calha do rio Paraná está inserida em uma zona transcorrente tendo a calha do rio Ivaí inserida em fraturamentos secundários. A **Figura 4** apresenta o modelo que pode ser relacionado com a superfície de áreas deformadas por cisalhamento simples, em regime transcorrente.

Processos dinâmicos de escala regional vêm sendo estudados sistematicamente no rio Ivaí desde a década de 1970: Bittencourt (1982) quantificou o grande volume de sólidos carregados pelo rio, Santos (1999) estimou a perda de solo da bacia, Andrade (2002) descreveu o clima da região, Ramos (1973) e Destefani (2005) discorreram sobre o regime de débito dos sedimentos neste rio. Barros (2006), Biazin (2005) e Kuerten (2006) estudaram a hidrodinâmica do canal e processos epirogenéticos foram descritos por Santos *et al.* (2008). Couto (2010) e Manieri (2010) estudaram a morfotectônica das áreas a montante da Bacia do Rio Ivaí, sendo a área de sua foz ainda pouco pesquisada quanto a este fator.

Santos *et al.* (2008) correlacionaram as fácies de turfas da unidade geomorfológica Terraço do Paraná com aquelas da unidade Taquaruçu por suas características texturais e geomorfológicas. A unidade Terraço do Paraná, localizada na margem esquerda do rio Paraná, está entre as cotas topográficas 236 e 241 m, enquanto a unidade Taquaruçu, localizada na margem direita do rio Paraná, ocorre entre as cotas topográficas 250 e 280 m. Isto indica que há diferenças de no mínimo 9 m em sistemas deposicionais que deveriam ocorrer no mesmo nível topográfico. Com essas observações os autores lançaram a hipótese de que existe um sistema neotectônico atuando localmente.

Nota-se que o rio Ivaí está encaixado em um sistema de fraturas paralelas ao *trend* das falhas principais (Figura 3). Pode-se lançar a hipótese de que esse sistema de fraturas está

subordinado à deformações contínuas impostas pela possível zona de cisalhamento onde está encaixado hoje o rio Paraná, seguindo o modelo de Riedel (1929, *apud* SALAMUNI, 2007) representado na **Figura 5**.

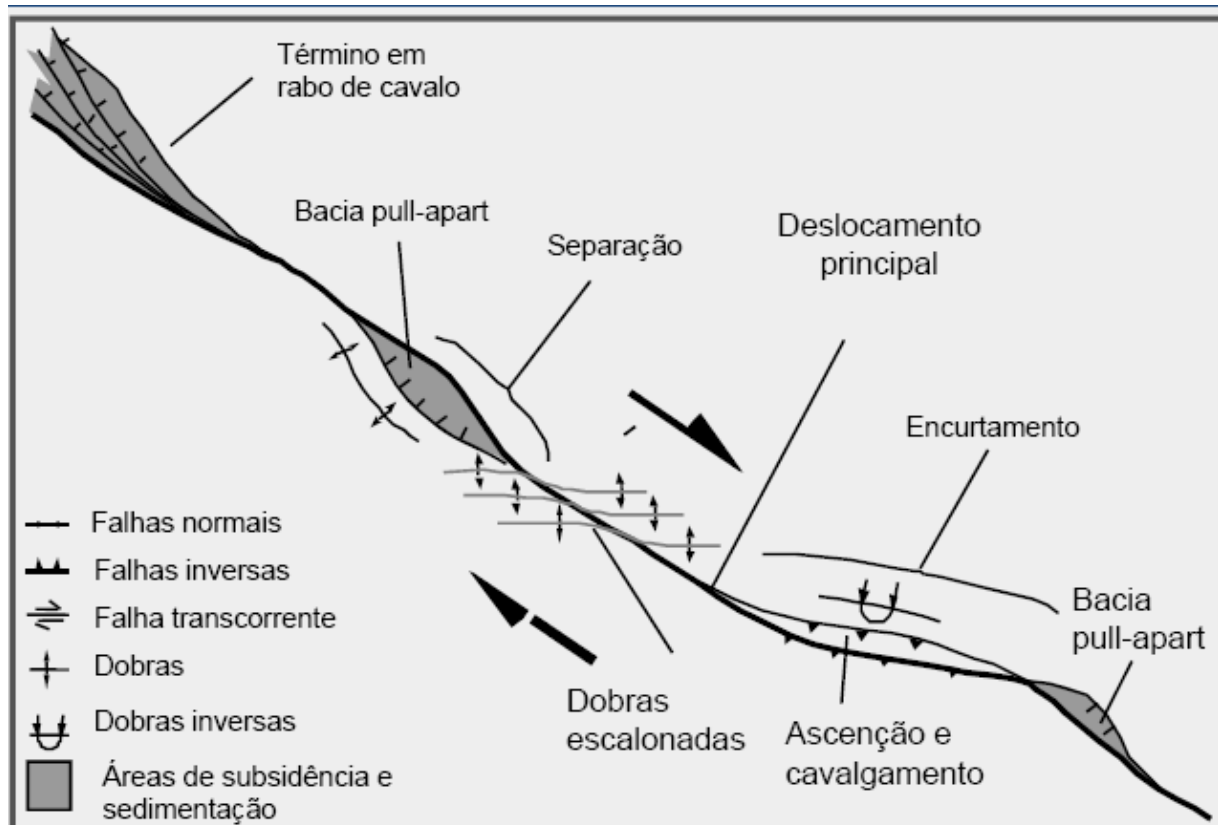


Figura 4: Feições associadas a zonas transcorrentes (Fonte: SALAMUNI 2010, notas de aula adaptado de BURBANK e ANDERSON 2001)

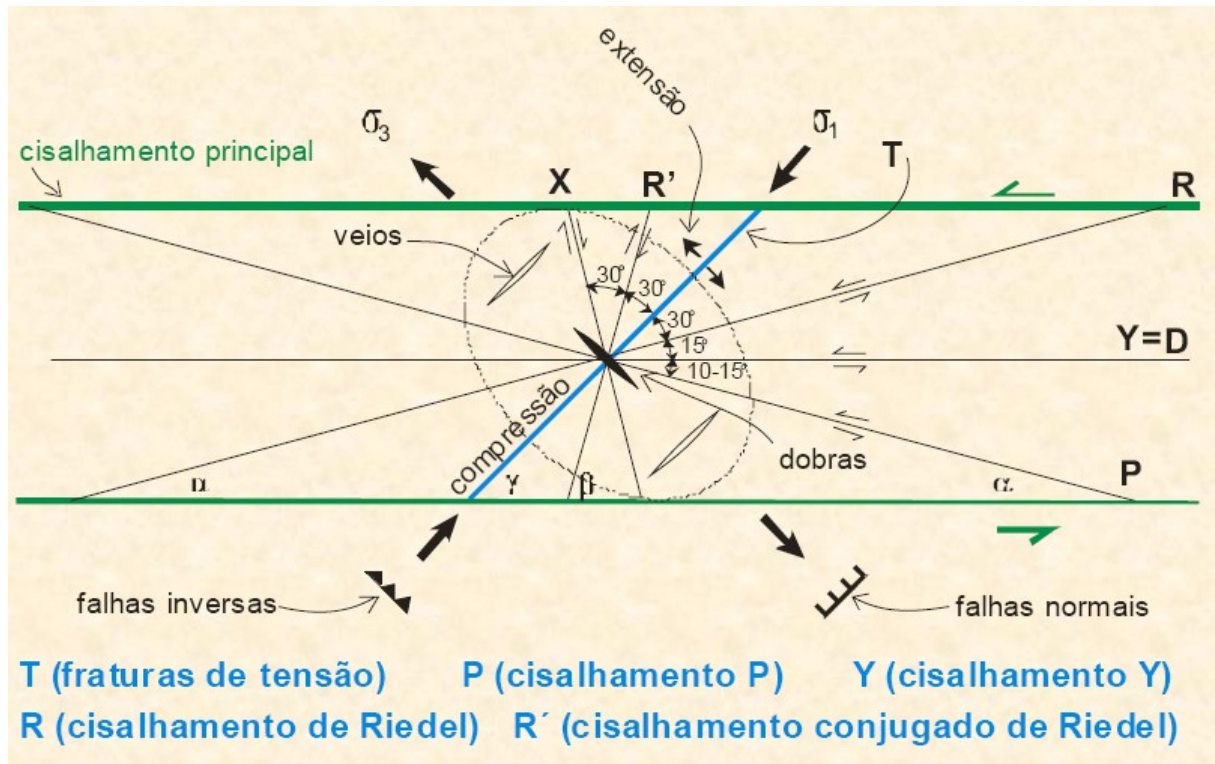


Figura 5: Modelo de Riedel (1929) para zonas transcorrentes (extraído de SALAMUNI, 2007)

Segundo estas hipóteses, o curso inferior do rio Ivaí pode estar sofrendo influência da dinâmica neotectônica local. Pretende-se avaliar estas hipóteses à luz de dados obtidos com diversas ferramentas como sensoriamento remoto, análises de drenagens e bacias, e trabalhos de campo com mapeamento estrutural.

4 LOCALIZAÇÃO

A área estudada está localizada entre o curso inferior do rio Ivaí e os topos de colinas que separam sua bacia hidrográfica das demais e abrange cerca de 14.000 km² no trecho que segue do município de Tapira ao município de Icaraíma onde encontra sua foz com rio Paraná. A **Figura 6** apresenta a localização da área.

A área estudada nas porções mais a leste a ao norte é limitada pelos topos de colinas que separa a Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí, curso inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema juntamente com sua Sub-bacia do Rio Piquiri. As porções sul são imitadas pelos topos de colinas que separa a Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí, curso inferior, da Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri. A porção oeste é basicamente limitada pela planície e o alto curso do Rio Paraná. Os limites impostos neste trabalho foram determinados de forma arbitrária levando-se em conta, principalmente, as feições morfológicas da área estudada.

5 MÉTODOS

Para desenvolver esta dissertação foram realizados: (i) estudos dos referenciais teóricos; (ii) observações de feições anômalas; (iii) análises de drenagem e lineamentos estruturais; (iv) fator de assimetria de bacias hidrográficas, tendo como base o uso de imagens SRTM e fotointerpretação de porções da área onde há registro fotoaéreo; (v) observações *in loco* em viagens a campo para obtenção de medidas estruturais de fraturas, juntas e direção de camadas em afloramentos; (vi) e tratamento de dados em laboratório.

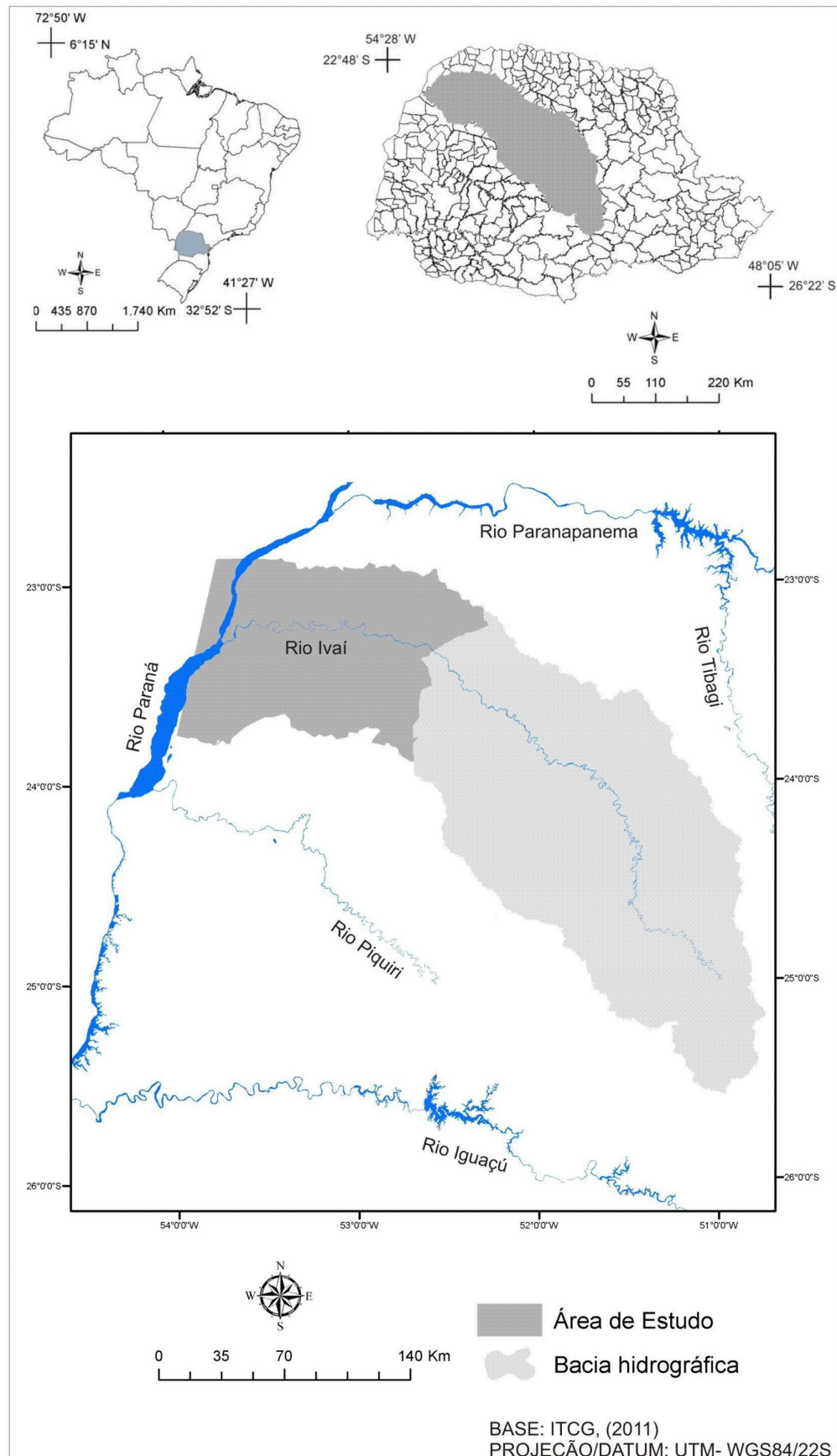


Figura 6: Localização da área de estudo.

5.1 REFERENCIAL TEÓRICO

De modo geral pode-se considerar que a paisagem de uma região é formada a partir de vários fatores que atuam neste cenário durante toda a sua existência, ou seja, a história desta região é influenciada por fatores exógenos e endógenos que estão ou estiveram presentes, deixando suas marcas ao longo da sua história geológica. Portanto, a paisagem de uma região estará associada aos seus litotipos, tectonismo e fatores bioclimáticos.

“Há uma realidade geológica mais complexa, em termos de fatores, protagonistas, estágios e tempo - auferidos da nossa vivência e aprendizado neste continente- que merecem/requerem uma manifestação de advertência às grandes sínteses disponíveis na praça, no trato com os processos de articulação e desarticulação de massas continentais.” (BRITO NEVES, 1999).

Partindo-se da separação das grandes massas continentais do supercontinente Gondwana, ocorrida no Cretáceo temos a formação do Oceano Atlântico Sul. Esse movimento empurra o continente Sulamericano em direção oeste até a zona de subducção da placa de Nazca. Esse processo gera a Cadeia Andina e a formação de bacias de antepaís onde encontra-se parte sul da região Amazônica (Acre) e parte da região centro-oeste (oeste do Mato Grosso do Sul). A formação do Oceano Atlântico Sul encontra-se em sua fase de crescimento (“estágio maduro crescente” do ciclo de Wilson, *in* HASUI, 1990) e tende futuramente a um evento de consumo por subducção (BRITO NEVES, 1999).

Almeida (1967), sintetizando a formação da plataforma brasileira, correlaciona o início da ocorrência dos movimentos neotectônicos à Reativação Wealdeniana. Este evento marca a abertura do Atlântico Sul e a separação entre a América do Sul e a África. Este sistema de movimentação interfere em toda a dinâmica interna do continente, como observado por Saadi (1991) que descreve “... é no meio das placas (ambiente tectônico intraplaca) que as tensões medidas ou inferidas respondem melhor aos esforços gerados pela movimentação dessas. Por outro lado, é evidente que a intensidade dos esforços é atenuada a medida que afasta-se das bordas de placas. Estes resultados abrem novos caminhos para as investigações geomorfológicas, incluindo a participação da geomorfologia no estudo da própria evolução tectônica, visto que as feições do relevo, particularmente as de escala regional, representam a expressão visível da adaptação da morfogênese à mobilidade crustal. As variações morfológicas e morfogenéticas existentes entre margens continentais situadas em contextos geotectônicos diferentes, constituem a melhor ilustração dessas relações. A drenagem

responde por encaixamentos que resultam na escavação de gargantas nos blocos elevados, por capturas e por adaptação do traçado geral à orientação dos blocos principais.”

Hasui e Costa (1996, *apud* SALAMUNI,1998) sintetizam a neotectônica no território brasileiro da seguinte forma: “...ocorrem no território grandes discontinuidades crustais com direções NW e NE que coincidem com lineamentos pré-cambrianos que segmentam ou compartimentam o território brasileiro em blocos com indícios de movimentações recentes; os sismos atuais teriam ligação com essa compartimentação, indicando esforços compressivos atuais na direção NW e distensivos NE” (**Figura 7**).



Figura 7: Mapa de tensores da América do Sul medidos em campo (extraído de Assumpção, 1992)

Com relação às macros observações continentais da América do Sul, podem-se realçar os lineamentos preferenciais NE-SW e ENE-WSW. Estes lineamentos cortam transversalmente grande parte do continente. Dentre esses lineamentos pode-se destacar o Lineamento Transbrasiliano, a Faixa Móvel Brasília e a Faixa Móvel Ribeira (HASUI, *et al* 1990).

A **Figura 8** apresenta a localização dos lineamentos e faixas móveis que podem influenciar no alto curso do rio Paraná, onde esse rio apresenta-se alinhado na direção NE-SW.

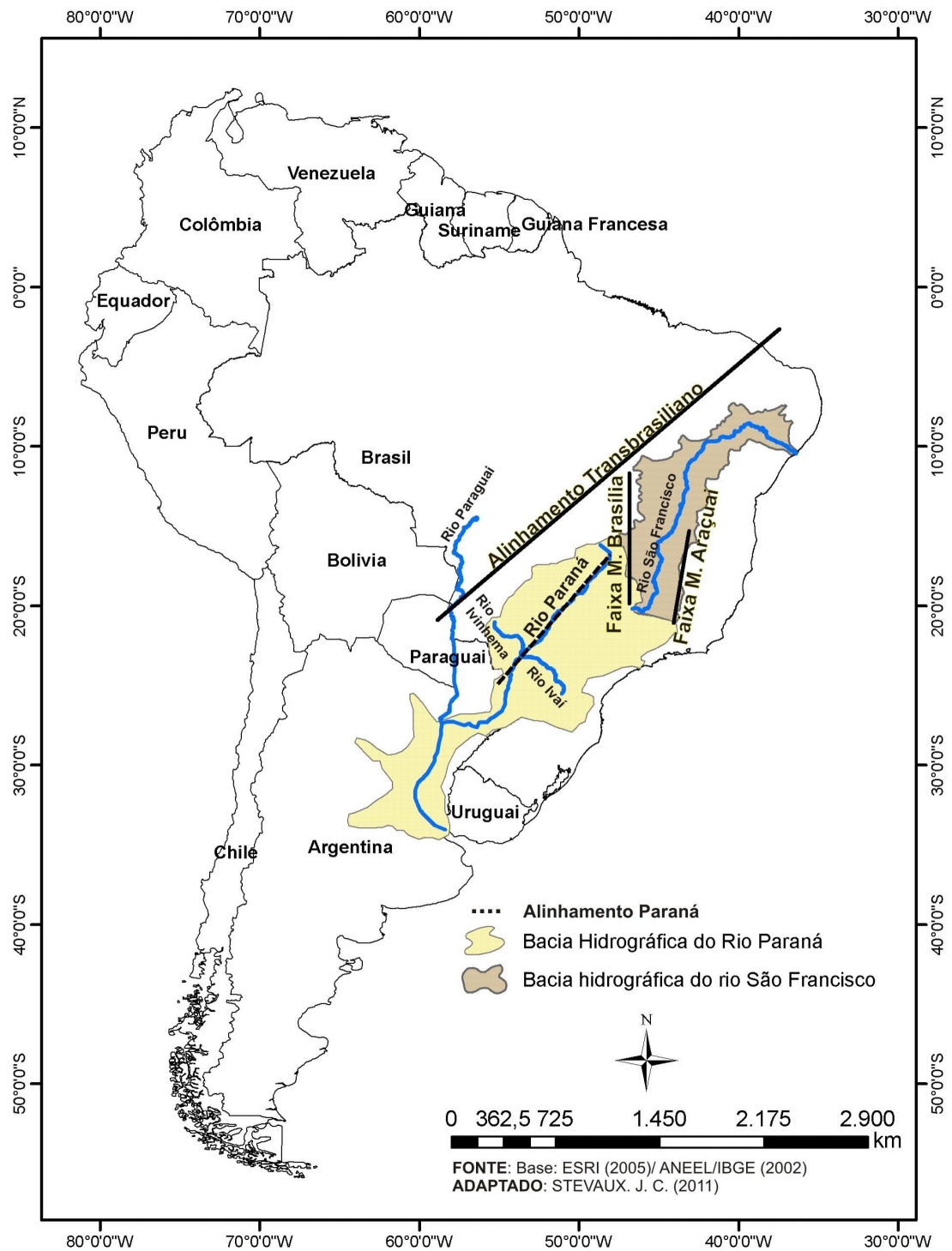


Figura 8: Alinhamentos estruturais e faixas móveis com possível influência no alto curso do rio Paraná.

5.1.1 Lineamento Transbrasiliano (LT)

Este lineamento possui cerca de 9.700km de extensão com orientação NE-SW e cruza as regiões Nordeste e Centroeste (Ceará ao Mato Grosso) e continua em direção à região Sudoeste do Paraguai e Argentina (SCHOBENHAUS *et al.*, 1975). Apresenta lineamentos, com *trend* de falhas NE-SW, atravessa rochas paleozóicas e mesozóicas e é representado também por diques de diabásio com mesma orientação. Segundo Cunha (1986), este lineamento se mantém ativo desde o Proterozóico até os dias atuais.

Correlacionando os dados sísmicos com os locais de ocorrência de terremotos no território brasileiro e paraguaio pode-se observar na **Figura 9** que a LT se propaga sob o Pantanal e a Bacia do Chaco, tendo influência sobre as estruturas deposicionais atuais dos sedimentos.

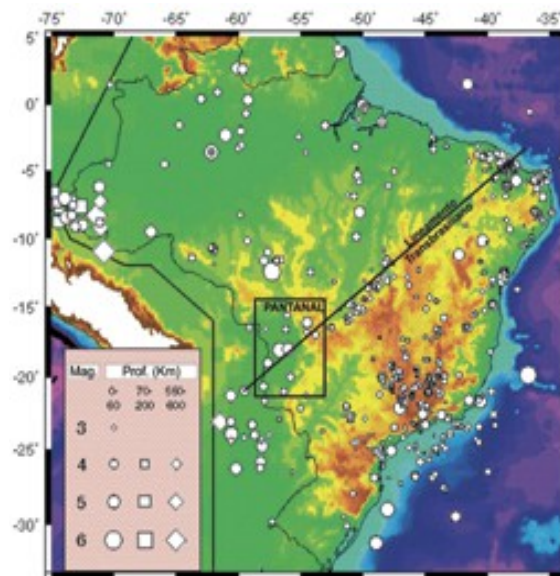


Figura 9: Terremotos no Brasil e parte do Paraguai (modificado de IAG 2000). Os epicentros de terremotos no Pantanal estão aproximadamente alinhados com epicentros da zona sísmica de Goiás, sugerindo relação com o Lineamento Transbrasiliano (extraído de Assine, 2008).

5.1.2 Faixa Móvel Brasília (FMB)

A Faixa Móvel Brasília estende-se por mais de 1.000km na porção oeste do Cráton do São Francisco. Ela se distribui por amplas áreas da região central do Brasil, cortando o nordeste do Estado de Goiás, sudeste do Estado de Tocantins, o Distrito Federal e parte ocidental do Estado de Minas Gerais. É dividida em dois segmentos (norte e sul) pela mega

inflexão dos Pirineus. Na porção norte encontram-se o Maciço de Goiás e Arco Magmático de Goiás formado por um extenso sistema de dobramentos e *nappes* neoproterozóicas que ocupa a porção oriental da Província Estrutural Tocantins. Na porção sul está o São Francisco onde estão associados sistemas transcorrentes de direção NE-SW (FUCK, 1994).

A **Figura 10** apresenta o Cráton do São Francisco margeado pelas Faixas Móveis Brasília e Araçuaí.

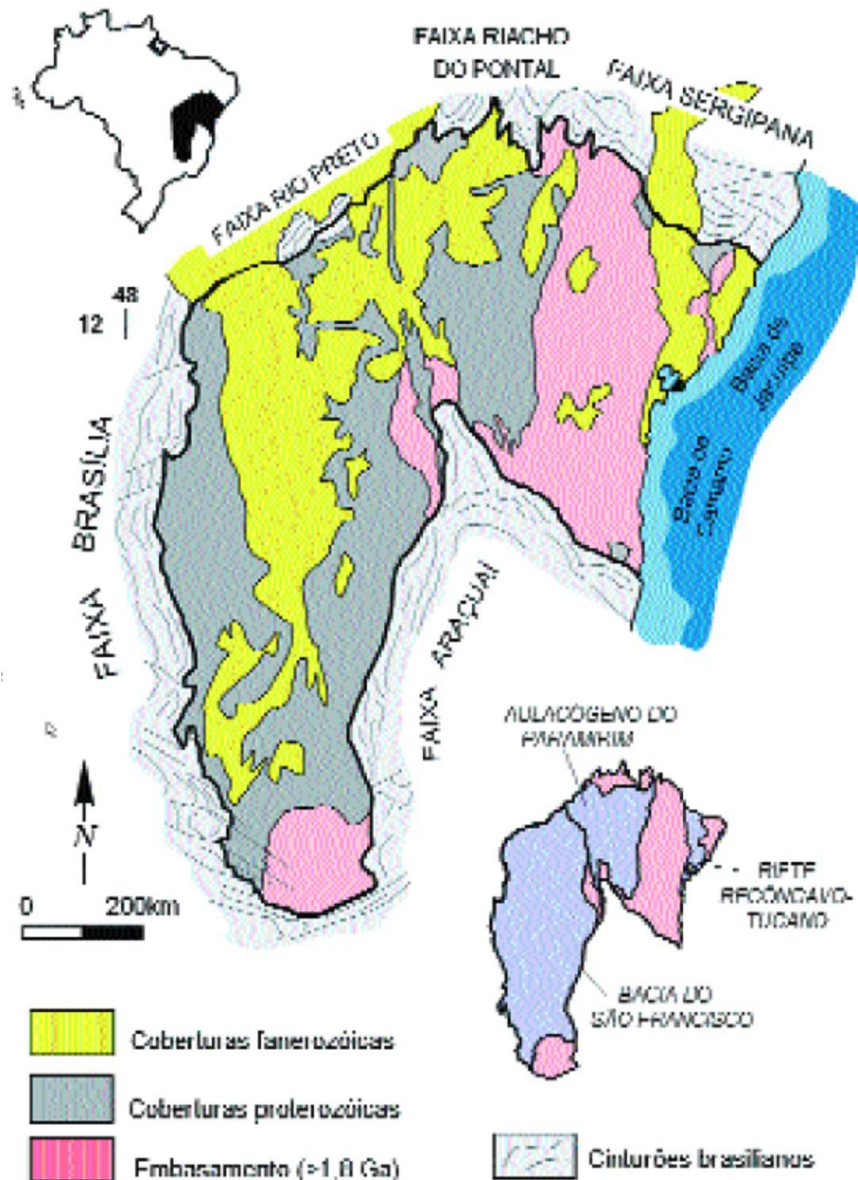


Figura 10: Mapa Geológico Simplificado do Cráton do São Francisco (modificado de Alkmim et al. 1993).

5.1.3 Estruturas tectônicas (Arco de Ponta Grossa)

Almeida (1967) sugere que o desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa ocorreu em paralelo à Reativação Wealdeniana, que seria responsável pelas intrusões de magmas basálticos na Bacia do Paraná e bacias costeiras, e também por grandes fraturas e falhas distensionais paralelas ao eixo NW, transversais às estruturas do embasamento.

Este arco foi reconhecido também por Northfleet *et al.* (1969). Esta estrutura afeta o embasamento onde uma porção sul da Faixa Móvel Ribeira trunca o arco. O arco também traz à superfície as camadas mais inferiores da Bacia do Paraná como a Formação Furnas e

Formação Ponta Grossa descritas por Milani (1997) na Supersequência Paraná. O eixo deste arco encontra-se no rumo NW-SE, que segue o mesmo *trend* de outros arqueamentos da margem leste da Bacia do Paraná (Arco de Rio Grande e Sinclinal de Torres) (STRUGALE, 2002). Grandes zonas de falhamentos terminam no Arco de Ponta Grossa nas direções NE-SW como: Serra da Fartura, São Jerônimo-Curiuva e Rio Alonzo, estas zonas de falhamentos são frequentemente acompanhadas por diques de diabásio (VIEIRA, 1973).

Segundo Salamuni (1998), esses diques são intrudidos de forma subvertical a vertical e cortam os sedimentos da Bacia do Paraná e também o embasamento Pré-Cambriano na porção oriental do arco. Os diques esculturam a paisagem na faixa onde ocorrem, controlando a drenagem em um padrão paralelo à sua direção. Os diques também ressaltam na topografia local quando suas rochas encaixantes apresentam menor resistência à erosão e ao intemperismo de forma geral.

O rio Ivaí está intimamente ligado ao Arco de Ponta Grossa, pois este soerguimento possibilitou a criação da rede de drenagem onde este rio se insere. A relação entre a litologia e o curso do rio Ivaí foi discutida em Bittencourt (1982) que descreve as litologias presentes na bacia hidrográfica do rio Ivaí através de três agrupamentos. Em seu trecho superior o rio atravessa sequências de rochas paleozóicas, no trecho médio este corre sobre a cobertura de basalto da Formação Serra Geral, e por último, no trecho inferior, corre sobre as rochas sedimentares da Formação Caiuá. Corroborando o trabalho de Bittercourt *op.cit.*, Destefani (2005) uniu as características geomorfológicas para compartimentar de forma detalhada os seguimentos do rio Ivaí. Nesse trabalho a autora delimita o curso do rio Ivaí em três segmentos: superior, médio e inferior.

A **Figura 11** apresenta os principais alinhamentos estruturais na Bacia do Paraná (RICCOMINI 1997; FÚLFARO E PERINOTTO 1994), dentre estes o soerguimento do Arco de Ponta Grossa, além de mapa geológico simplificado (MILANI e RAMOS 1998) com base na compilação de Sallun *et al* (2007).

5.1.4 Geologia Regional

A área de estudo se encontra na porção central da Bacia Sedimentar do Paraná onde afloram formações do Grupo Bauru. A **Figura 12** apresenta de forma resumida a sequência estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná.

O Grupo Bauru foi depositado sobre a Bacia do Paraná no período Neo-cretáceo e tem como substrato as rochas basálticas da Formação Serra Geral e em áreas do Estado de São Paulo, sedimentos da Formação Botucatu e Pirambóia (SUGUIO *et al.* 1977). No entanto, na área estudada o substrato do Grupo Bauru é exclusivamente a Formação Serra Geral.

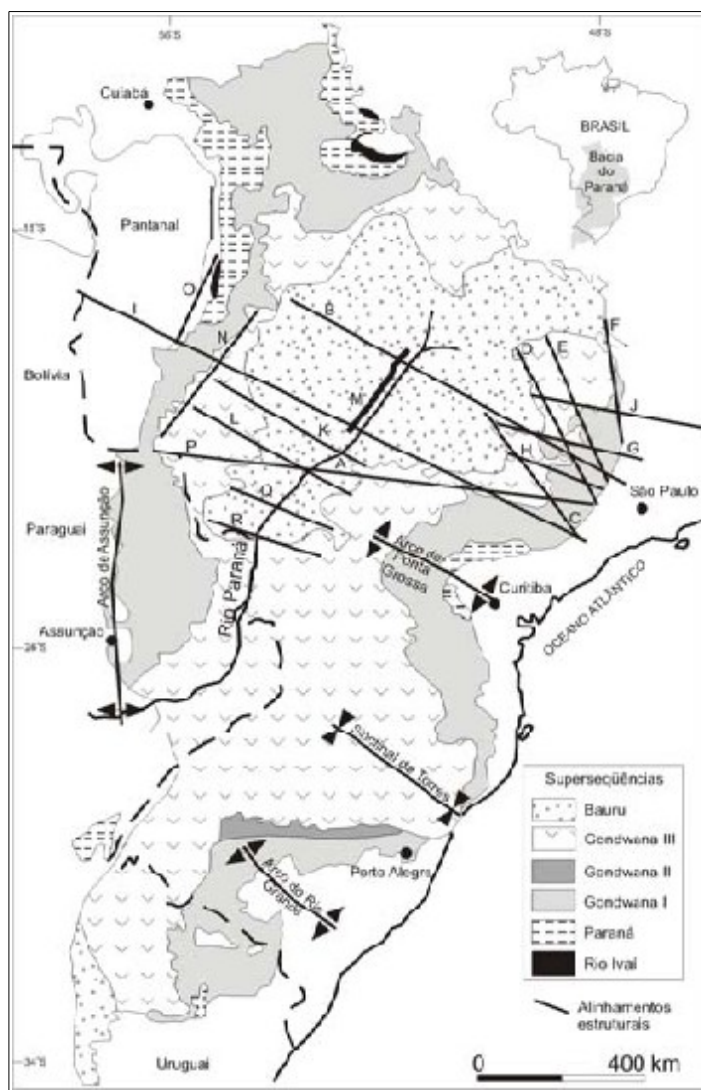


Figura 11: Mapa geológico simplificado e principais alinhamentos da Bacia do Paraná (extraído de ZALAN *et al.*, 1990.) Os alinhamentos da figura são distintos em: A- Rio Paranapanema; B- Rio Tietê; C- Ibitinga - Botucatu; D- Rio Mogi-Guaçu; E- Ribeirão Preto – Campinas; F-Rifaina - São João da Boa Vista; G-São Carlos Leme; H-Barra Bonita - Itú; I- Guapiara; J- Cabo Frio; K- São Jerônimo - Curiuva; L- Paranapanema; M- Sutura Crustal de Três Lagoas; N- Serra de Maracaju; O-Sutura Crustal de Coxim; P- Rio Alonzo; Q-Amambai - Ribeirão do Veado; R- Rio Piquirí.

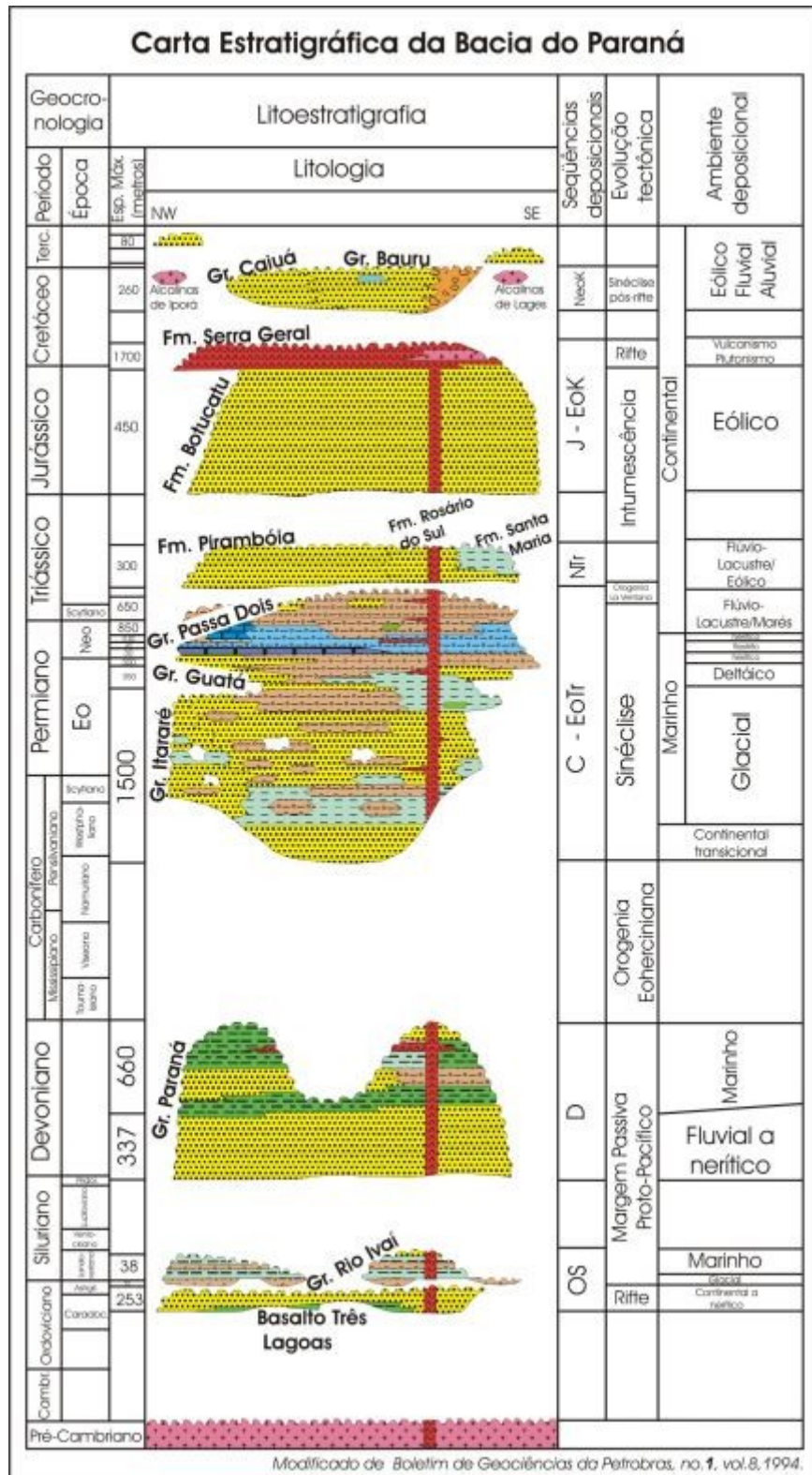


Figura 12: Sequência Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná
(Fonte: Boletim Petrobrás, 1994).

O Grupo Bauru foi reconhecido primeiramente por Gonzaga Campos (1905 *apud* MEZZALIRA, 1974) e foi descrito por Washburne (1930 *apud* SOUZA FILHO, 1993) como sendo arenitos vermelho escuros e rosa com granulação bimodal, com estratificação cruzada de grande porte e de alta inclinação. Este autor sugeriu sua origem como sendo de depósitos de dunas eólicas e contestou sua origem fluvial ou flúvio-lacustre.

Soares *et al.* (1980) propôs a clássica subdivisão do Grupo Bauru em formação Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília. Segundo Soares *et al.* (1979) e Almeida *et al.* (1980) a Formação Caiuá está depositada em discordância erosiva sobre a Formação Serra Geral e em contato transicional com a Formação Santo Anastácio (SOARES *et al.*, 1980), sendo representada como unidade inferior do Grupo Bauru.

Segundo Souza Filho (1993), são identificadas duas fácies para a Formação Caiuá. A Fácies Mamborê descrita por Jabur e Santos (1984), formada por arenitos finos vermelhos, com laminação plano-paralela que ocorre na região de Mamborê-PR. Já a Fácies Porto Rico, descrita pelos mesmos autores, é atribuída aos arenitos com estratificação cruzada.

Para a Fácies Mamborê, Jabur e Santos (1984) também descrevem afloramentos desta fácies como arenitos finos e argilosos de coloração cinza a avermelhada, calcífero e plano-paralelo, superposto por arenitos finos a médios, com estratificação cruzada acanalada a sigmoidal. Este autor atribui ainda para esse conjunto depósitos lacustres tipo *playa lake*, os quais recebem fluxos de areia de canais “endorréicos” de períodos sazonais de alta precipitação pluvial. A Fácies Porto Rico, descrita por estes mesmos autores, aflora em paredões ao longo das margens do rio Paraná, logo a jusante da foz do rio Ivaí, apresentando mais de 10 metros de espessura de pacotes sedimentares. Esses afloramentos apresentam arenitos finos a médios, com estratificação cruzada de grande porte e com mergulho para SW, sendo comum a presença de cimentos ferruginosos ou carbonáticos. O paleoambiente deposicional destes sedimentos seria de dunas eólicas com áreas de domínio de queda de grãos, devido ao alto ângulo de inclinação dos estratos (superior a 30°).

Fernandes (1992) formulou uma nova gênese para as relações estratigráficas das unidades do Bauru, discordando da nomenclatura clássica de Soares *et al.* (1980), usando como base um modelo de fácies cronocorrelatas, geneticamente associadas, constituindo um trato de sistemas deposicionais. Fernandes (1992) propôs a divisão da subdivisão do Grupo Bauru nos grupos Caiuá (formações Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio) e Bauru

(formações Adamantina, Marília e Uberaba e analcimitos Taiúva). Posteriormente, Fernandes (1998) subdividiu o Grupo Bauru em formações Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Uberaba, extinguindo a Formação Adamantina. Segundo esse autor, o Grupo Bauru e o Grupo Caiuá compreendem uma sequência sedimentar única de depósitos continentais e predominantemente arenosos, depositados em ambientes desérticos no interior e de clima quente nas bordas. A **Figura 13** apresenta a área de localização da Bacia do Bauru.

O Grupo Caiuá está localizado na porção central da Bacia Bauru e é formado por depósitos arenosos interiores de *sand sea* correspondente à Formação Rio Paraná. A Formação Goio Erê é constituída por depósitos eólicos periféricos e a Formação Santo Anastácio por planícies de lençóis de areia (FERNANDES ; COIMBRA 1996). Rumo à direção leste e norte da bacia ocorre o Grupo Bauru, com depósitos arenosos de sistemas fluviais entrelaçados com lagos subordinados das formações Adamantina e Uberaba, e os leques aluviais rudáceos marginais da Formação Marília. O estudo de paleocorrentes da Formação Marília indica fluxo predominante de direção W e NW, o que pode significar aporte de sedimentos provenientes de áreas elevadas do continente, situadas a leste e sudeste da bacia. Os analcimitos Taiúva representam rochas efusivas alcalinas, ricas em analcima, depositadas em meio aos estratos da Formação Adamantina, presentes ao longo do Alinhamento do Rio Moji-Guaçu (FERNANDES ; COIMBRA, 1996). Estes autores também acreditam que a sedimentação da Formação Adamantina tenha ocorrido no intervalo Santoniano-Maastrichtiano, tendo como base a idade dos analcimitos Taiúva e dos fósseis de vertebrados das formações Adamantina e Marília, além de correlações com paleontologia da Bacia de Santos.

Segundo a descrição de Fernandes e Coimbra (1994), na área de estudo aflora a Formação Paraná, caracterizada por arenitos dispostos em estratos tabulares maciços alternados com estratificação cruzada de médio/pequeno porte. Nesta unidade há frequente presença de cimento e concreções carbonáticas.

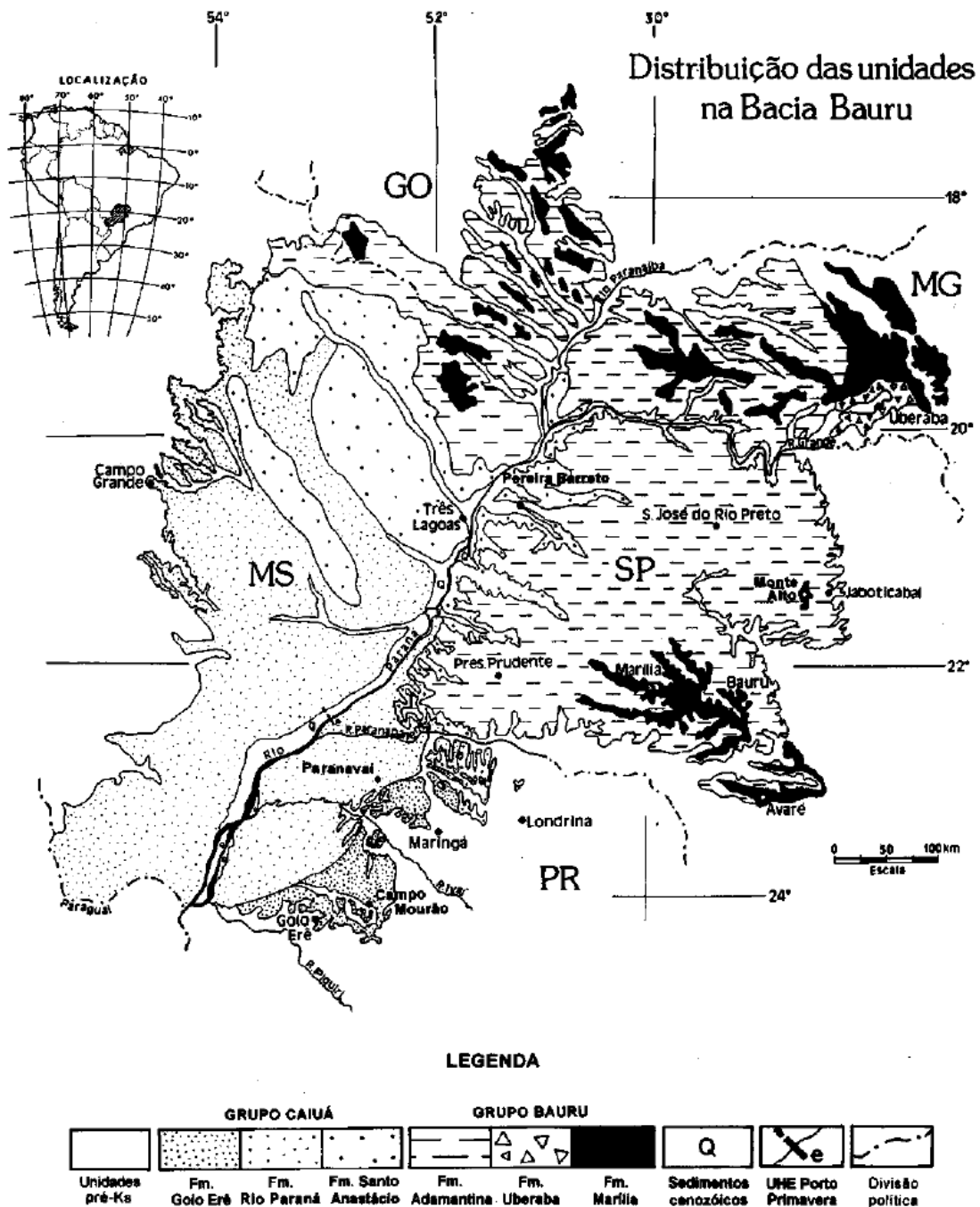


Figura 13: Distribuição dos Grupos Caiuá e Bauru no sul e sudeste brasileiro
(fonte: FERNANDES e COIMBRA 1996)

5.1.5 Neotectônica e geomorfologia fluvial

Desde o início do Cenozóico (durante o Mioceno) a Placa Sul-Americana sofre rotação induzida por um regime transcorrente com binário dextral E-W com σ_3 atuando na direção NE-SW e σ_1 orientado na direção NW-SE (HASUI, 1990). Segundo Hasui (*op cit*) a

neotectônica teve início no Neógeno (Mioceno Superior/Plioceno). Neste momento ocorreria o fim de eventos magmáticos alcalinos na região Nordeste, associados à tectônica distensiva e o final da deposição sedimentar da última sequência costeira da Formação Barreiras. Esse autor também ressalta que a morfogênese no Brasil tem relação com processos tectônicos pós-Triássicos refletida por soerguimentos, domos, formação de derrames de lavas vulcânicas, erosão, transporte e sedimentação, que deram origem a esculturação dos relevos atuais, associados à evolução das grandes bacias de drenagem atuais e à Superfície Sulamericana descrita por Almeida (1976).

Saadi (1991) reforça a necessidade de haver “...a focalização das relações entre a morfogênese e a tectônica numa perspectiva de adequação da investigação geomorfológica.”

Segundo Davis (1899, *apud* SCHUMM, 2000), o início do processo da evolução erosional de uma área depende de um impulso tectônico. Na tentativa de unir tectônica com as formas do relevo, Penck (1953, *apud* SCHUMM, 2000) estimou taxas relativas de soerguimento e denudação das formas dos perfis dos vales.

Schumm (2000) também afirma que movimentos sintectônicos referem-se a deformações contemporâneas com respostas nos segmentos aluviais, o que permite discussões de ambas atividades tectônicas e neotectônicas que impactam os rios.

Estudos relacionados com a tipologia fluvial e bacias sempre foram de suma importância para a geomorfologia e para o desenvolvimento dos processos geomorfológicos, pois os cursos d'água estão associados à alteração das paisagens terrestres (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Potter (1978) afirma que muitos dos maiores rios do mundo seguem baixos ou altos estruturais de sistemas de fraturamento. Corroborando, Schumm (2000) entende que os grandes rios, devido aos seus baixos gradientes, podem ser mais significativamente afetados por pequenas mudanças em suas declividades que são relacionadas a deformações estruturais e termina este pensamento dizendo que literaturas científicas sobre estes temas ainda não existem.

Segundo Hasui (1990), a morfogênese do território brasileiro é resultado dos processos tectônicos que marcaram a abertura do Oceano Atlântico. Este processo envolveu a formação de *horstes e grabens* gerados por falhas e domos, além de soerguimentos.

Maack (1968) estabeleceu cinco unidades de paisagens do Paraná, considerando a escultura geomorfológica desenvolvida pelos agentes: sistemas hidrográficos, movimentos epirogênicos e tectônicos, e influência da alteração climática (**Figura 15**), a saber:

- 1- Zona Litorânea: composta por um bloco de falha do Complexo Costeiro ou Domínio Curitiba, com fisiografia embasada em um complexo processo tectônico de falhas instaladas no Cretáceo até o Terciário. Esta região é constituída principalmente por depósitos sedimentares costeiros Quaternários que ainda conservam total ou parcialmente as feições morfológicas originadas durante sua deposição, notadamente composta por cordões litorâneos, que corresponde antigas linhas de praias e dunas;
- 2- Serra do Mar: complexo típico de serra marginal que se eleva entre 500 a 1.000 metros acima do nível médio do Planalto de Curitiba. Na porção mais a NNE há blocos mais altos diminuindo em direção SSW;
- 3- Primeiro Planalto (Planalto Curitiba): é limitado a leste pela Serra do Mar e a oeste pela escarpa devoniana conhecida como Serrinha ou Serra de São Luiz do Purunã. Sua altitude varia localmente entre 750 a 900 metros, sendo homogênea em uma extensão de 75 km, formando uma paisagem de colinas amplas onduladas;
- 4- Segundo Planalto (Planalto de Ponta Grossa): limita-se a oeste pela escarpa devoniana (*cuestas*) e a oeste pela escarpa da Serra Geral, localmente conhecida como Serra da Boa Esperança. Afloram nesta porção sedimentos da Bacia do Paraná que possuem suaves mergulhos para oeste, sudoeste e nordeste, devido à influência do Arco de Ponta Grossa;
- 5- Terceiro Planalto (Planalto de Guarapuava): é representado pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral e pelos estratos arenosos da Formação Botucatu. Limita-se a leste pela Serra da Boa Esperança e pelas escarpas mesozóicas.

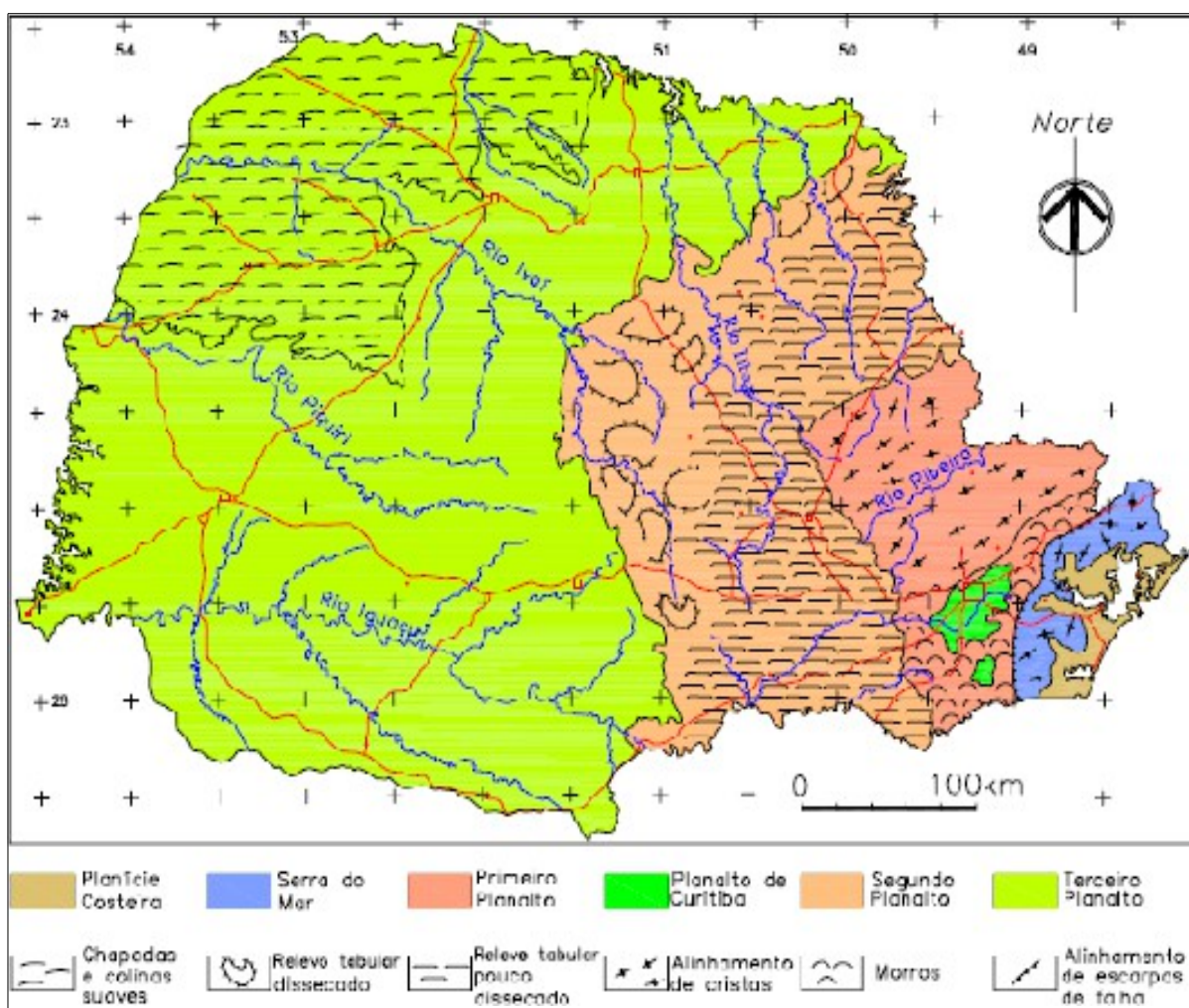


Figura 15: Unidades de Paisagem do Estado do Paraná e suas grandes feições morfológicas (Fonte: ITCG-UFPR, 1990, modificado)

Segundo Davis (1899), diferentes níveis topográficos impressos na paisagem são atribuídos a processos erosivos permeados a flutuações paleoclimáticas gerando aplainamento da topografia. De acordo com esse autor a bacia hidrográfica do rio Ivaí abrange as últimas unidades do Segundo e Terceiro Planalto, propostos por Maack (1968), com uma menor parte sobre o Segundo Planalto, onde se localiza sua nascente até o início da cobertura jurô-cretácea de derrames basálticos. Neste Segundo Planalto as litologias sedimentares encontradas são as que ocorrem comumente na borda da Bacia Sedimentar do Paraná com idades paleozóicas. A geomorfologia apresenta morros e escarpas de declividades acentuadas que favorecem a formação de solos rasos e incipientes, *mesetas* isoladas, cadeias de *mesetas* e ainda extensos espigões de diques diabásicos. Para o Terceiro Planalto, no interior da bacia, ocorrem as rochas vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral que dão origem a terrenos com topos

alongados e vertentes em forma de *cuestas* e perfis de solo bastante desenvolvidos com latossolos e argissolos.

Quanto à geomorfologia, King (1956) propõe os modelos de super-superfícies erosivas: Sulamericana, Velhas e Paraguaçu, ou segundo Bigarella e Mousinho (1965) pediplanos Pd1, Pd2, Pd3 e, posteriormente, Justus (1985) identificou a superfície Pd0, sendo esta referente às coberturas aluviais produzidas pela instalação das paleodrenagens do Rio Paraná.

Segundo Sallun *et al.* (2007) do início do Mesozóico até o início do Quaternário, a Bacia do Paraná passou por uma fase de intenso intemperismo que gerou hiatos deposicionais, fator denotado pela paisagem atual da bacia. Esses autores complementam com a hipótese de que esse processo de intemperismo originaria os sedimentos do **Alogrupo Alto Rio Paraná**. A **Figura 16** apresenta o mapa da ocorrência do Alogrupo Rio Paraná formado por:

- **Aloformação Paranavaí** - depósitos coluviais, composta por arenáceos e rudáceos superpostos às unidades litoestratigráficas cretáceas das supersequências Bauru e Gondwana III (Formação Serra Geral), da Bacia do Paraná. Apresentam espessuras que variam de 0,50 a 17 metros de material maciço. Sua granulometria é de areia fina a grossa, formada por quartzo de coloração avermelhada devido à presença de filmes de cimento de óxido e hidróxidos de ferro (SALLUN, 2007)
- **Aloformação Paraná** – consiste em depósitos aluviais associados a paleodrenagem do rio Paraná, além de seu curso atual e afluentes. Esta aloformação está “embutida” na Aloformação Paranavaí. Seus terraços situam-se em diversos níveis topográficos (alto, médio e baixo) nas duas margens do rio Paraná. A composição desses terraços é de areias com níveis de cascalhos e conglomerados limonitizados de forma maciça, sua coloração é esbranquiçada a cinza escura com diferentes fácies sedimentares indicando presença de depósitos de canais, lençol arenoso, planície de inundação, dique marginal, bacias de inundação, crevasses, lagoas e barras arenosas de meandro (STEVAUX, 1993).

Alguns depósitos em forma de lagoas, localizadas dentro da Aloformação Paranavaí, também estão associadas à Aloformação Paraná (SALLUN, 2007).

Segundo Stevaux (1993), relevos acidentados na bacia hidrográfica do Alto Paraná são encontrados na Serra do Maracaju e no reverso da escarpa Serra Geral. No entanto, são

também encontradas vertentes suaves de topo aplainados com espesso perfil de solo em rochas basálticas da Formação Serra Geral e nos arenitos do Grupo Bauru.

Segundo Santos *et al.* (2008), a Planície Paraná-Ivaí ocupa uma área de 48 km² e possui baixo gradiente altimétrico. A morfogênese local é atribuída à ação dos rios Ivaí e Paraná, sob intervenções neotectônicas. Neste local ocorrem depósitos fluviais recentes de idade Quaternária. Com relação à construção dos terraços, Fortes *et al.* (2005) consideram que grande parte do compartimento local teria expressiva influência da tectônica recente, e a calha do rio Paraná estaria encaixada em modelo de falhas antitéticas (**Figura 17**).

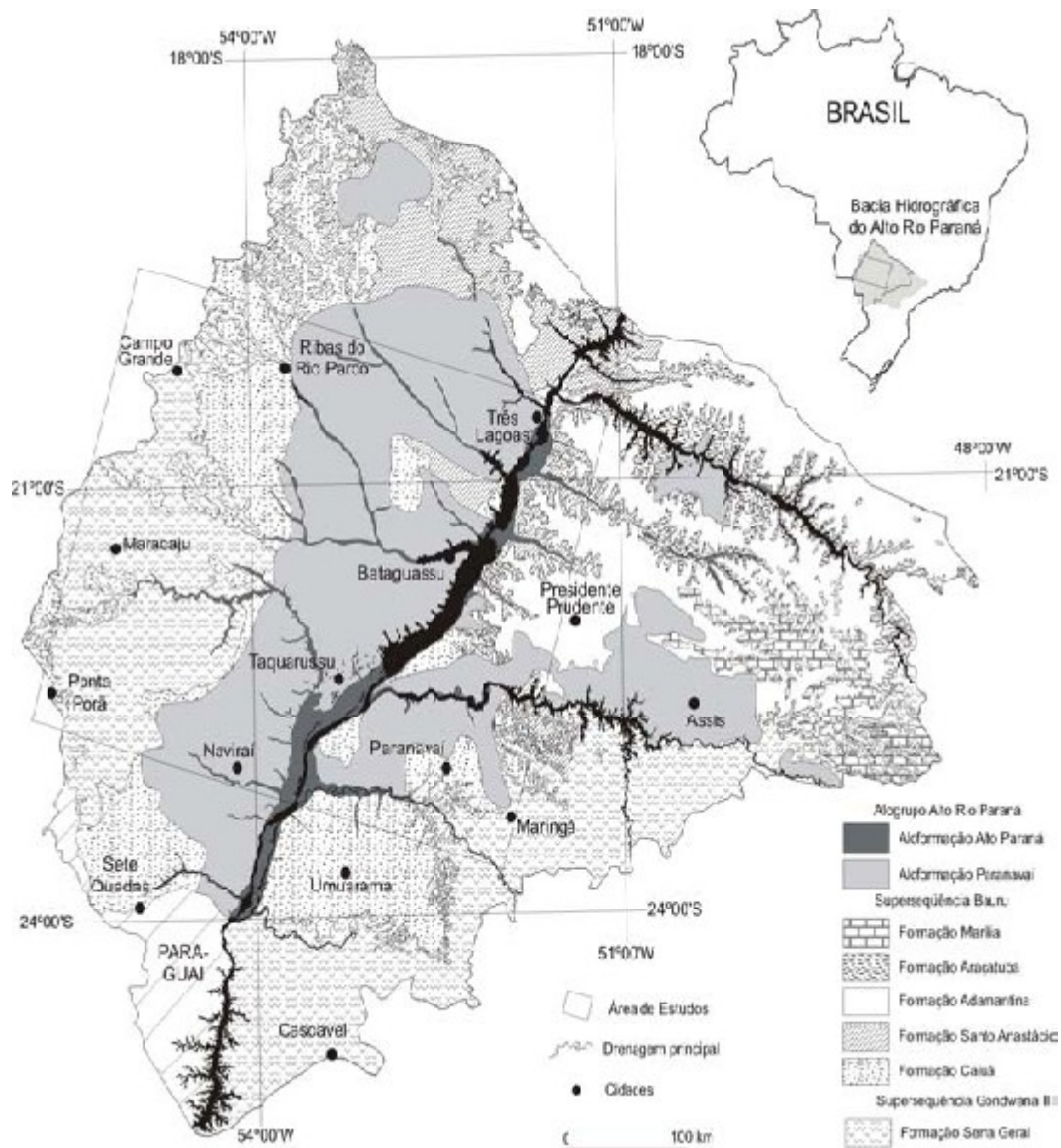


Figura 16: Mapa da ocorrência do Alogrupo Rio Paraná. (modificado de Batezelli, 1998 por Sallun *et al.* 2005).

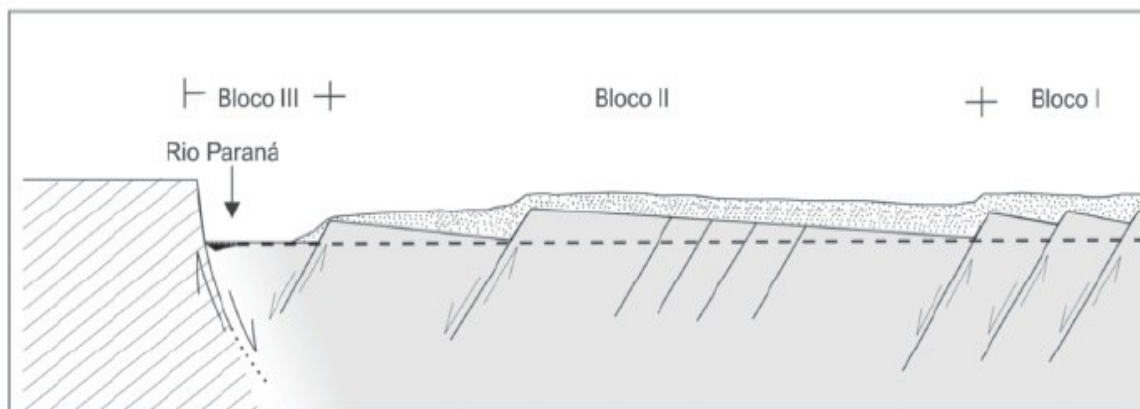


Figura 17: Perfil esquemático de falhamento antitético no alto rio Paraná na região da foz do rio Ivinhema Taquarussu-MS (Fonte: Fortes et al, 2005)

Para compreender os processos de modificação da paisagem, recorreu-se aos conceitos básicos de drenagem. Para Christofolletti (1980), drenagens são canais de escoamento inter-relacionados que formam bacias de drenagem, definidas por uma área de influência de um rio ou um sistema fluvial.

Conceitos de drenagem com base em definições geológicas e geomorfológicas foram propostos por Suguio e Bigarella (1990) abrangendo aspectos de canais sem água de regiões secas dentro de correntes confinadas e canalizadas. Deffontaines e Chorowicz (1991) definem drenagem como “conjunto de superfícies topográficas subaéreas, as quais possuem pendentes ladeira acima, menos em direção ao fluxo de água.” Guerra e Guerra (2003) definem drenagem como feição negativa produzida por água de escorrência que modela a topografia.

A hierarquia fluvial é o modo de classificar o posicionamento das drenagens dentro de uma bacia, o que facilita estudos relacionados às análises morfométricas, lineares, espaciais, anomalias, e hipsométricas. As interpretações destes parâmetros revelam a intensidade da influência de fatores tectônicos, geológicos, antropológicos, etc., dentro de uma bacia. Horton (1945) foi um dos primeiros pesquisadores a propor a ordenação hierárquica dos cursos d'água, definindo os canais de primeira ordem como os que não possuem tributários, os de segunda ordem os que recebem aqueles de primeira ordem e assim sucessivamente. Assim, o canal principal recebe um número de ordem sequencial a partir das nascentes (**Figura 18**).

Para Strahler (1952), os canais de primeira ordem são canais iniciais sem tributários. Da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os segmentos de canais de segunda ordem e assim sucessivamente até chegar aos canais de maior ordem que são os principais da

rede de drenagem da bacia hidrográfica. Desta forma, esta metodologia assume que o rio principal muda sua ordem ao longo de seu trajeto na bacia (**Figura 19**).

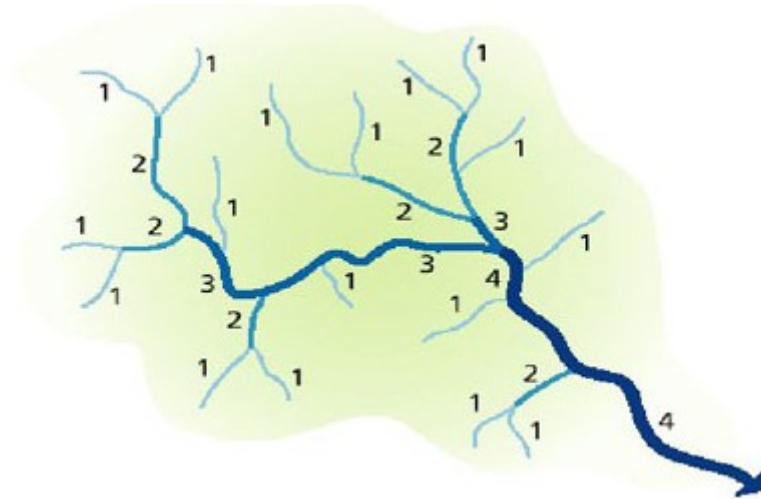


Figura 18: Ordenamento de drenagem segundo Horton (1945).

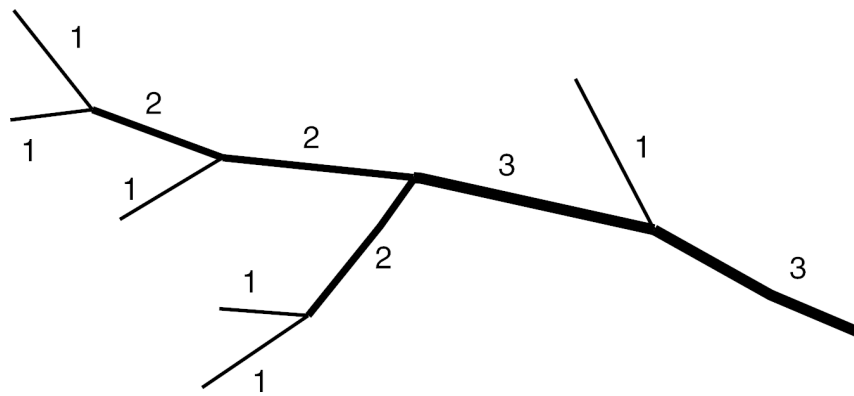


Figura 19: Ordenamento de drenagem segundo Strahler (1952).

Soares e Fiori (1976) sintetizaram padrões de drenagem propostos por Lueder (1959) quanto a suas características (grau de integração, grau de continuidade, densidade, tropia, grau de controle, sinuosidade, angularidade, ângulo de junção e assimetria) (**Figura 20**).

A **tropia** é a capacidade das drenagens de se desenvolverem em uma direção preferencial. Podem ser unidirecional, bidirecional, tridirecional e multidirecional (SOARES e FIORI, 1976)

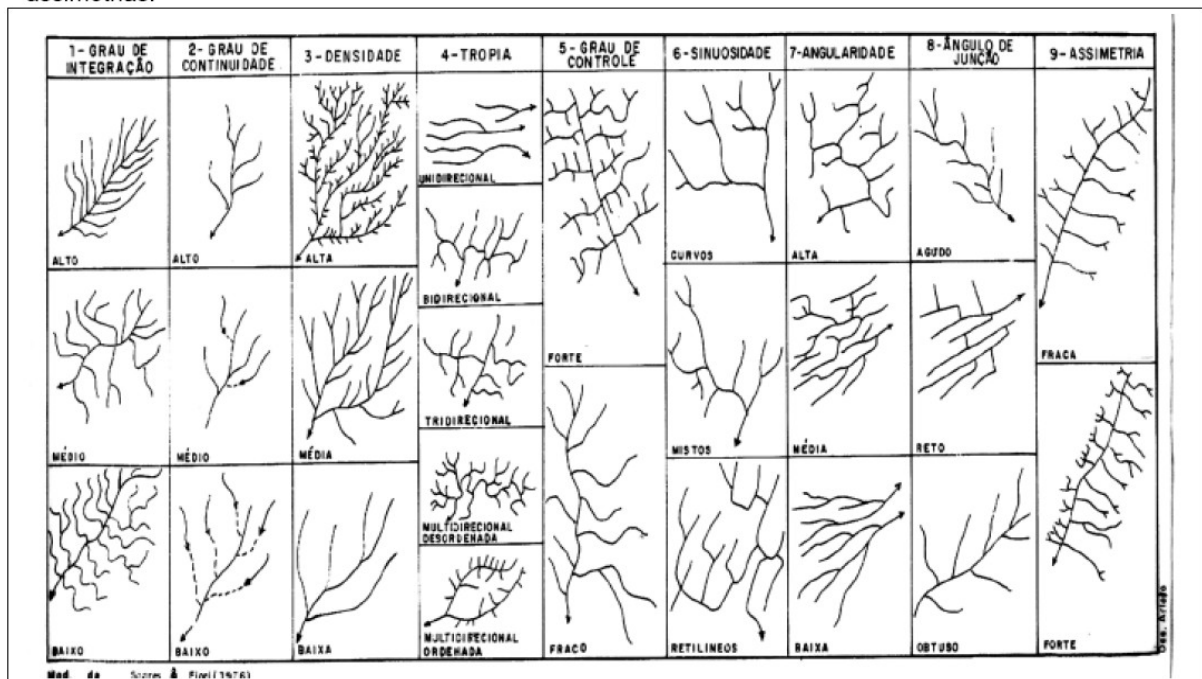


Figura 20: Padrões de drenagem (extraído de Soares e Fiori, 1976.)

A **sinuosidade** refere-se aos padrões de curvas delineadas pela drenagem, podendo ser aberta, fechada, ou de grau intermediário. A presença de mudanças abruptas de direção da drenagem pode indicar uma anomalia no terreno, retratada por um controle estrutural ou mudança litológica (LIMA, 2006).

A **angulosidade** refere-se ao ângulo de confluência dos elementos de drenagem e pode ser classificada pelas zonas homólogas de drenagem em função desta propriedade: *baixa* (ângulos agudos $\leq 60^\circ$), *média* (ângulos retos $\geq 60^\circ$) e *alta* (ângulo obtusos $\geq 120^\circ$) (SOARES e FIORI, 1976). Este parâmetro relaciona-se com o controle estrutural da drenagem de uma área, medido através do ângulo que os ramos secundários fazem com a drenagem principal. Ângulos agudos indicam ausência de controle, enquanto ângulos retos indicam forte presença de controle estrutural. Ângulos obtusos indicam inversão de caimento de drenagem, sugerindo rejuvenescimento, ligado aos efeitos de neotectônica (LIMA, 2006).

A **assimetria** é caracterizada pela presença de elementos com tamanho ou estrutura sistematicamente diferentes, de um lado ou de outro do elemento maior. A assimetria *fraca* é caracterizada pela diferença no tamanho dos elementos, a *forte* é caracterizada por tamanho e forma. A assimetria denota o caimento do terreno ou estruturas planares primárias ou secundárias. Para a sua identificação é necessário avaliar o comprimento dos afluentes em relação ao rio principal e seu divisor. Afluentes bem curtos apresentam assimetria forte, de

maneira geral. Afluentes longos indicam fraco caimento. Geralmente uma assimetria denota movimentações recentes ou basculamento de blocos, cujo limite é demarcado por uma drenagem retilínea. Quando as áreas apresentam-se em forma de vastos terraços ligadas às extensas planícies de inundação, com drenagem meandrante, podem indicar várias fases de basculamento (SOARES e FIORI, 1976).

A **densidade de drenagem** (Dd), definida por Horton (1945), é calculada pela equação: $Dd=Lt/A$, onde Lt é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia. No entanto, esta equação não a qualifica plenamente. Então Soares e Fiori (1976) sugerem um procedimento mais simples através da estimativa da distância média do interflúvio entre as drenagens de maior ordem. Assim sendo, uma baixa densidade ocorre quando a distância média do interflúvio situa-se entre 1,75-2,5 km, uma densidade média ocorre quando esta distância está entre 1-1,75km, e alta quando menor que 1 km. Para esse cálculo aconselha-se realizar pelo menos 5 medidas aleatoriamente dentro da bacia.

De forma simplificada, os padrões de drenagem, segundo Teixeira *et al.* (2009) são representações em planta de redes de canais que apresentam padrões característicos refletidos pela litologia e estruturas geológicas encontradas em seu substrato. Do ponto de vista estrutural, esses padrões denotam os principais *trends* de fraturas e falhas e podem ser reconhecidos em macrofeições de grande escalas, limitando assim uma determinada área regional. Assim, de acordo com sua geometria, podem ser (**Figura 21**):

- Padrão dendrítico- ocorre quando a rocha do substrato é considerada homogênea, é encontrado principalmente em granitos; tem a forma de ramificações de galhos de árvores;
- Padrão paralelo- encontrado em áreas alta declividade, pois apresentam um padrão de canais retilíneos, e tem as estruturas do substrato orientadas de acordo com a inclinação do terreno;
- Padrão radial- são encontrados em áreas onde ocorreu uma elevação (por exemplo, uma região dômica ou um cone vulcânico) e apresenta raios em todas as direções com em um guarda-chuva;
- Padrão treliça- apresenta arranjo retangular das drenagens. São tipicamente encontradas em áreas onde o substrato rochoso apresenta formações com certo grau de paralelismo e planos de fraqueza ortogonal.

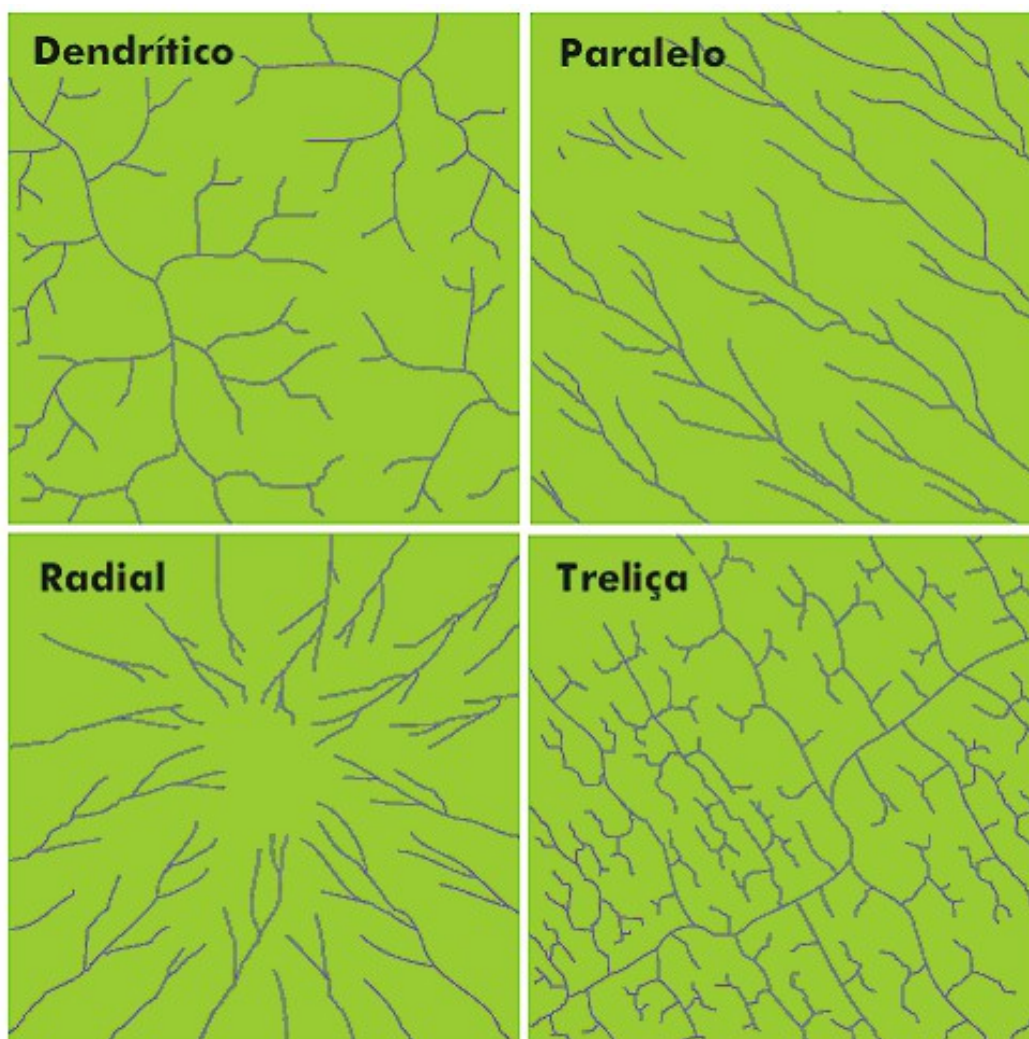


Figura 21: Padrões de drenagens controlados por estruturas geológicas, baseado em Bloom, 1991 (Fonte: Decifrando a Terra. Teixeira et al, 2000)

Segundo Salamuni (1998), os segmentos de drenagens de primeira ordem podem ser consequência do último evento tectônico imposto à bacia sedimentar, sua orientação pode, de certa forma, explicar as relações estruturais dos fraturamentos gerados por este evento. Segundo esse mesmo autor, a relação estrutural é relativa “...posto que não se pode avaliar através deste método, o ângulo de mergulho das fraturas onde estão encaixadas as drenagens”.

As drenagens de primeira ordem representam os trechos mais novos dos rios e suas nascentes. Tendo a resposta hidráulica como o primeiro componente a se adequar a qualquer mudança na superfície, as redes de drenagem de primeira ordem denotariam uma mudança na direção do escoamento natural dos fluxos hortonianos e subsuperficiais, mais rapidamente que em porções onde o rio encontra-se dentro de um canal. Portanto, áreas que sofrem soerguimento, subsidência, ou basculamento de blocos, tendo como influência fatores

tectônicos como dobras e falhas, afetariam de forma mais visível na paisagem as nascentes e drenagens de primeira ordem (SOUZA JUNIOR e VARGAS, 2011).

Outra importância da rede de drenagem de primeira ordem é que ela correria preferencialmente sobre sistemas de fraturas que podem estar ligados à direção preferencial de sistemas de falhas de amplas zonas de cisalhamento sendo, portanto, uma resposta direta e atual de movimentação na superfície terrestre (SOUZA JUNIOR e VARGAS, 2011).

5.2 ANÁLISES DE DRENAGEM DE PRIMEIRA ORDEM

A base deste trabalho foi a utilização de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidas na banda C e resolução de 90 m por radar interferométrico InSAR durante missão conjunta da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) em fevereiro de 2000. Os acessos a estas informações ocorreram entre os meses de agosto e dezembro de 2010, através dos sites <<http://edc.usgs.gov/srtm/data/obtainingdata.html> e <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/>>.

Foram extraídas manualmente, cerca de 10.000 drenagens de primeira ordem utilizadas para a análise de dados de lineamentos. O ordenamento de drenagem para este trabalho seguiu as indicações de Strahler (1952).

Para auxiliar extração da rede de drenagem de primeira ordem foi utilizado o *software* Spring que é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Um segundo *software*, o Global Mapper que é capaz de exibir formatos de raster, vetores e dados de elevação, foi utilizado para conferência de dados e elaboração de modelos digitais de elevação do terreno.

Com o auxílio do *software*, Spring foram observadas imagens SRTM, com padrões de cinza e de diferentes direções de iluminação nas imagens, nos azimutes (45°, 90°, 180°, 225°, 270° e 315°) com ângulo de inclinação de 45° para que áreas sombreadas pudessem ser melhor observadas e aferidas. Para ressaltar a rede de drenagem, a elevação do terreno foi exagerada em 5 unidades.

5.3 FATOR DE ASSIMETRIA DAS BACIAS

Para as análises morfoestruturais, foi aplicado o método de fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD) proposto por COX (1994). De acordo com esse autor, esta técnica é

indicada onde ocorrem falhas recentes mascaradas e pouco expostas. A assimetria de drenagem pode refletir a avulsão de um rio dentro de sua bacia hidrográfica, ou seja, a migração perpendicular ao seu eixo principal. Há duas possibilidades para que essa migração ocorra, uma seria a influência de forças tectônicas e outra por processos fluviais internos. A deflexão de um cinturão de meandro ativo, da linha média da bacia, é usada para definir o vetor de assimetria de certo segmento de cada vale. Esses dados são utilizados para detectar se o vetor médio é fruto de um processo aleatório ou não. A **Figura 22** apresenta um exemplo de como são obtidos os valores da seguinte relação:

$$FA = 100 (Ar/At)$$

onde: **FA** = fator de assimetria da bacia de drenagem,

Ar = área da bacia à direita do rio (olhando para jusante),

At = área total da bacia de drenagem.

O processo de quantificação da assimetria indica que se o valor do Fator de Assimetria (FA) estiver próximo de 50, não há atividade tectônica local (COX 1994). Valores acima de 50 indicam provável basculamento para a margem direita do rio, e valores menores de 50 indicam basculamento para a margem esquerda.

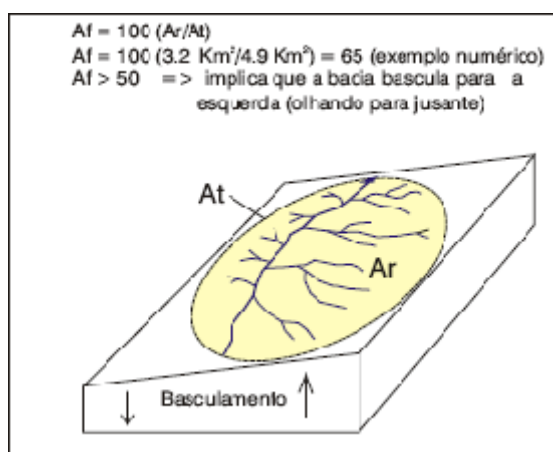


Figura 22: Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD), como fator de quantificação do deslocamento de um rio devido causas tectônicas (extraído de Salamuni 1997, mod. Hare e Gardner, 1985)

5.4 Lineamentos em Modelo Digital de Elevação

O modelo de terreno a partir do qual foram extraídos os lineamentos deste trabalho foi obtido por meio de dados altimétricos levantados por interferometria de radar da missão espacial SRTM (NASA-NGA). Para o presente trabalho foi mantida a resolução espacial do

pixel de 90 metros, que gerou um modelo, o qual modelo foi sombreado com iluminações verticais em diferentes azimutes (45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, 360°) usando-se a mesma metodologia da obtenção das drenagens de primeira ordem descritas anteriormente. Inicialmente foram traçados alinhamentos com extensões de 10 a 100 km e posteriormente lineamentos menores que 10 km.

O termo lineamento também pode ser correspondente ao termo alinhamentos que Soares *et al.* (1982) utilizam para indicar o sentido do arranjo das formas alinhadas retilíneas ou arqueadas observáveis nas imagens de satélite. O termo lineamento em seu significado original (HOBBS, 1904 *apud* SALAMUNI, 1998) seria “uma feição cartografável, simples ou composta, contínua ou descontínua da superfície terrestre cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo, distinguível dos padrões de feições que lhes são adjacentes e que presumivelmente reflete um fenômeno da subsuperfície”. Esses traços marcantes nos mapas podem ser considerados como projeções de fraturas em superfície (SALAMUNI *op cit.*).

5.5 Trabalho de Campo

Foram realizadas três etapas de campo para a realização deste trabalho.

A primeira etapa teve caráter de reconhecimento geral da área, onde foi observada a foz do rio Ivaí junto ao rio Paraná (**Figura 23**), parte da planície de inundação, meandros abandonados e um leque aluvial do córrego Dourado, próximo ao Pontal do Tigre. Também foram observadas partes da planície de inundação em áreas mais a montante do rio Ivaí. Por meio da fotointerpretação realizada previamente, foram selecionados pontos de interesse para investigação. Algumas possíveis formas de liquefação haviam sido reconhecidas em um trecho sinuoso entre os meandros encaixados do rio Ivaí em sua planície de inundação, em foto capturada na década de 80, quando as áreas de planície ainda encontravam-se menos antropizadas. Na tentativa de reconhecer as feições em campo deparou-se com uma área totalmente alterada pela construção de drenos e áreas de plantio de arroz (**Figura 24**). No entanto, nenhuma estrutura de liquefação foi encontrada.

Diante das dificuldades apresentadas no decorrer do trabalho, relevantes à delimitação da área de estudo, optou-se por trabalhar em uma área mais ampla que pudesse apresentar elementos de caráter tectônico, não somente a área da planície do curso inferior do rio Ivaí e sua foz junto ao rio Paraná. Buscou-se, então englobar as sub-bacias do curso inferior, entre a

Corredeira do Ferro nas proximidades do município de Tapira-PR até partes localizada a jusante da foz do rio Ivaí junto ao rio Paraná, como o Paredão das Araras nas proximidades do município de Icaraima-PR. Durante a primeira etapa de trabalho foram coletadas amostras de solo e matéria orgânica em áreas da planície de inundação para ensaios referentes a paleobiologia local (**Figura 25**). As amostras foram coletadas com o uso de equipamento de sondagem mecanizado denominado *vibrocore* e as amostras foram destinadas a análises laboratoriais quanto à presença de estruturas microbiológicas utilizadas para projetos de pesquisa sobre paleoclimas e paleoambientes em andamento.



Figura 23: Pontal do Tigre, proximidades da Foz do rio Ivaí junto ao rio Paraná.

Outra etapa de campo consistiu na navegação dos 120 km do curso inferior do rio Ivaí, entre a Corredeira do Ferro (limite entre os basaltos e a Formação Caiuá, porção leste da área), sua foz e a parte sudoeste da área junto ao rio Paraná. Este trabalho consistiu na descrição dos afloramentos litológicos encontrado nas margens, levantamento das alturas dos diques marginais e levantamento de medidas estruturais de falhas, fraturas e lineamentos.

A última etapa de trabalho de campo foi realizada com o intuito de observar os pontos próximos aos topos de colinas, vertentes e limites da bacia hidrográfica do rio Ivaí em seu

curso inferior. Os dados do levantamento de campo estão expressos no Apêndice A deste trabalho.



Figura 24: Área da planície do rio Ivaí utilizada para plantações.



Figura 25: Sondagem com vibrocore para retirada de amostras de solo e matéria orgânica em áreas com turfas.

A **Figura 26** apresenta a localização dos pontos visitados em campo e tem como base os diferentes tipos de solo (Fonte EMBRAPA/EMATER, 1999).

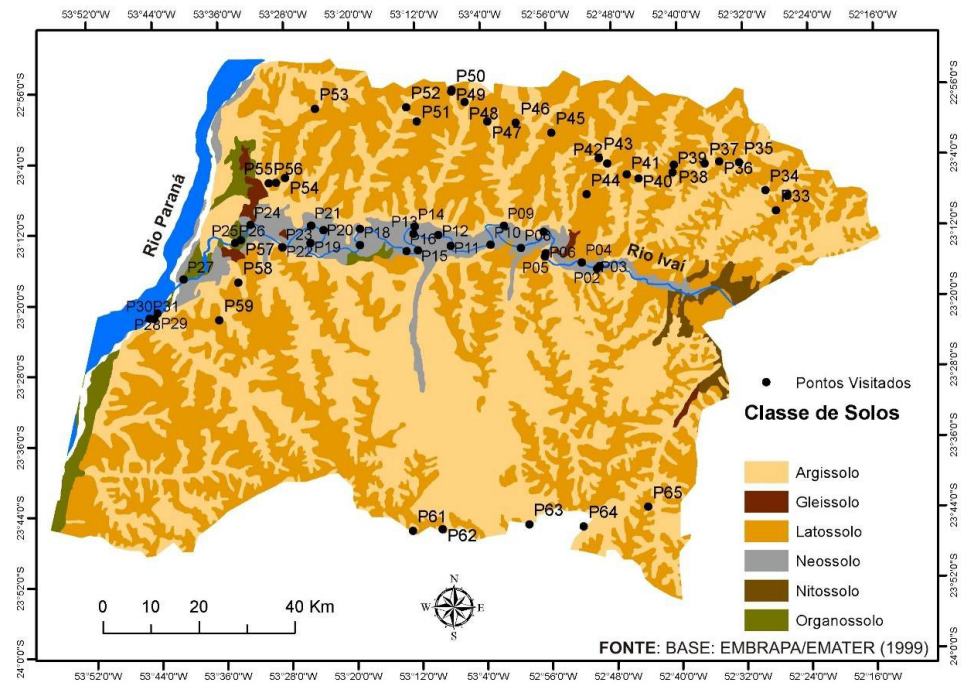


Figura 26: Pontos visitados em campo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Drenagens de primeira ordem

As redes de drenagem de primeira ordem na área são compreendidas pelas sub-bacias inseridas no curso inferior do rio Ivaí e sua foz junto ao rio Paraná. Foi dada prioridade para a orientação inicial da rede de drenagem de primeira ordem e não seu tamanho ou sinuosidade. A **Figura 27** mostra o Modelo Digital de Elevação gerado com o aplicativo Surfer 8.1 e apresenta o curso inferior do Ivaí e suas sub-bacias associadas.

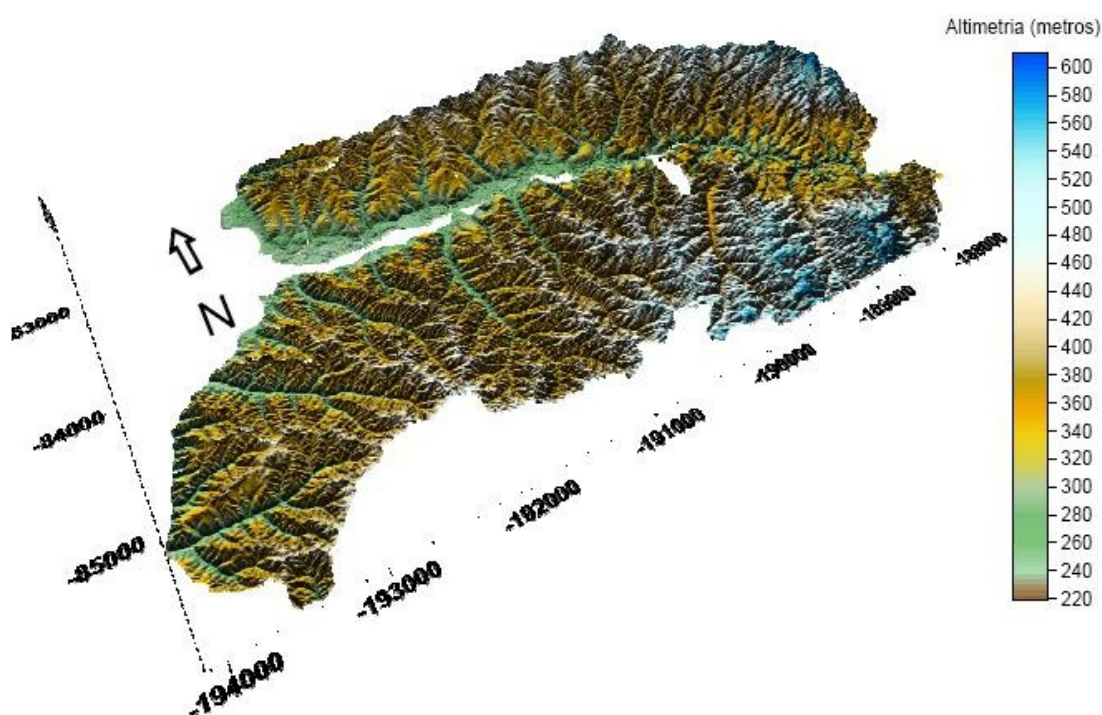


Figura 27: Modelo digital de elevação da área de estudo.

As drenagem de primeira ordem estão representadas na **Figura 28**.

Na área a densidade de drenagens de primeira ordem é de cerca de $0,78 \text{ km km}^{-2}$ classificada como alta segundo os critérios de Horton (1945). De maneira geral há uma concentração destas drenagens mais expressiva na margem esquerda (porção sudoeste). No entanto, há também expressiva quantidade de drenagens nas porções nordeste e em ambas as margens, além de duas concentrações menores na margem direita (porção noroeste da área estudada-Figura 23a).

A **Figura 29** apresenta o diagrama em roseta da frequência absoluta das orientações das drenagens de primeira ordem obtido por análise automática com o aplicativo SPRING.

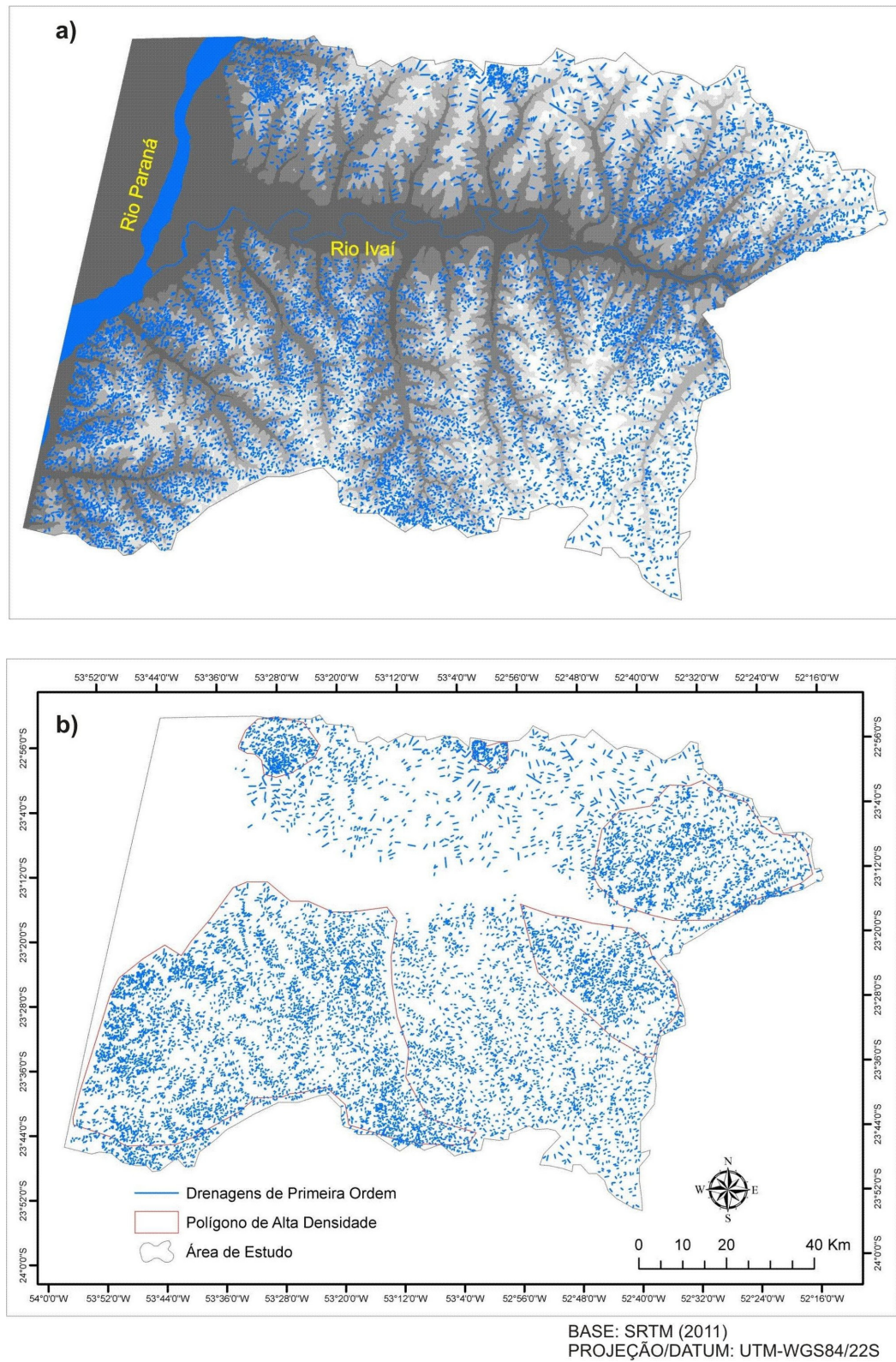


Figura 28: Mapa de localização das drenagens de primeira ordem das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí, a) drenagens de primeira ordem com a imagem SRTM de base, b) drenagens de primeira ordem e sub-divisões de seus padrões).

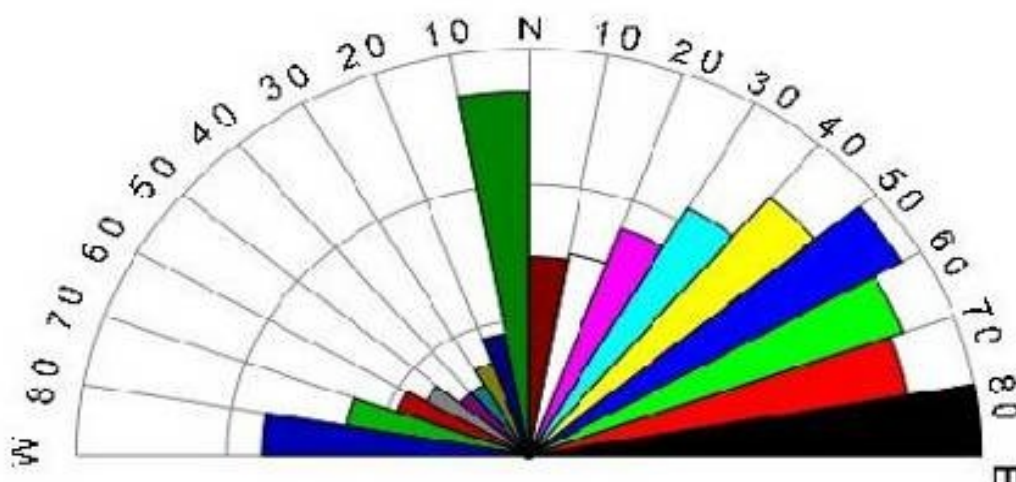


Figura 29: Diagrama de roseta com a frequência absoluta das direções das drenagens de primeira ordem.

De acordo com o diagrama de roseta há vários *trends* de direções de rede de drenagem de primeira ordem, sendo o mais importante o E-W. Um *trend* de direção N10W, ou quase norte-sul e a maioria das drenagens de primeira ordem nos *trends* de direção variando entre N30E e ENE-WSW (N-S a N10 W, N30 -80 E e E-W).

Na porção nordeste e sudeste da área há partes com alta densidade de drenagens de primeira ordem, próximas das cabeceiras das sub-bacias sem padrão de direção definido e de comportamento caótico. Estas podem estar relacionadas ao baixo gradiente dos topos das colinas amplas.

6.2 Análise geral das drenagens

O rio Ivaí, foco principal deste estudo, é um importante afluente do rio Paraná. A dinâmica do rio Ivaí é influenciada pelo rio Paraná que consiste na drenagem principal da Bacia do Paraná.

O rio Paraná corre em seu alto curso de forma alinhada na direção $N45 \pm 5E$. Este local apresenta múltiplos canais com presença de ilhas vegetadas e barras tendo padrão entrelaçado, segundo Orfeo e Stevaux (2002). No entanto, segundo Santos (1997), este rio apresentava um padrão anastomosado denotando um estágio de desequilíbrio entre o padrão atual e a morfologia presente na planície. Mesmo com suas margens coesas ocorre avulsão e separação de canais, o que proporciona a formação de extensas ilhas como a Ilha Grande com 75 km de comprimento (SANTOS *op cit.*). Segundo Silva (2007 *apud* MORAIS, 2010), sua vazão média anual é de $10.241 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na região da Estação Pluviométrica de Porto São José. Sua taxa

de transporte de sedimento é de cerca de $1,09 \times 10^2 \text{ t ano}^{-1}$ com o predomínio de material arenoso (MARTINS, 2004).

O rio Ivaí, em seu curso inferior, é descrito por Destefani (2005) como um canal sinuoso, com curvas irregulares e meandros em forma de “cotovelos” em inflexões do canal. Suas margens são estáveis e seu leito rochoso, o que propicia ausência de mobilidade ao canal. Outra observação dessa autora está relacionada ao sistema hidrológico onde as cheias e vazantes não apresentam um padrão definido, sendo esta hipótese relacionada ao formato alongado da bacia, sua litologia e solos que propiciam o rápido escoamento pelas vertentes. O rio Ivaí deságua em canal secundário do rio Paraná em confluência de 60°.

O padrão de drenagem do rio Ivaí em seu curso inferior é considerado meândrico encaixado, segundo Santos (2008). A **Figura 30** apresenta o mapa de drenagem da área de estudo.

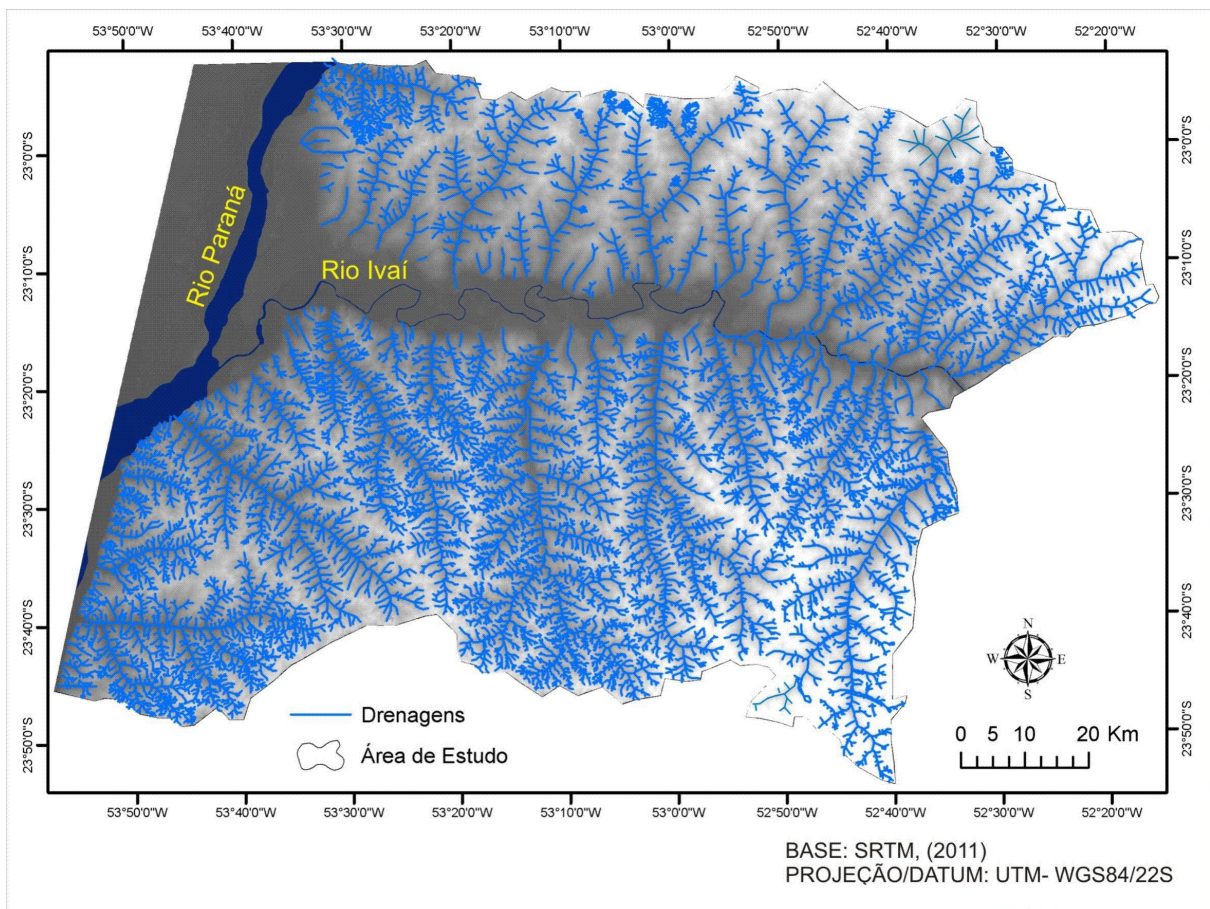


Figura 30: Mapa de drenagem das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí.

As drenagens associadas às sub-bacias do rio Ivaí apresentam ordens variando entre primeira e até oitava, segundo a classificação de Horton. Segundo a classificação de Soares e Fiori (1976) pode-se assim caracterizá-las:

- Grau de integração: em sua maior parte é médio;
- Grau de continuidade: médio em sua maior parte;
- Densidade: de maneira geral a área apresenta uma densidade de drenagem da ordem de $4,7 \text{ km km}^{-2}$, ou seja, alta densidade;
- Tropia: multidirecional ordenada em sua maior parte e com pontos multidirecionais desordenados na porção noroeste e sudeste;
- Grau de controle: forte nos tributários principais do rio Ivaí;
- Sinuosidade: mista;
- Angularidade: média nas drenagens de primeira e segunda ordem e alta nas drenagens principais que ligam aos tributários;
- Ângulo de junção: agudo entre as drenagens de primeira e segunda ordem e retos nas drenagens principais que ligam aos tributários.

Pela classificação mais simplificada de Teixeira *et al.* (2000), os padrões de drenagem das sub-bacias são de forma geral dendríticos a paralelos.

6.3 Análise do Fator de Assimetria da Bacia e Sub-bacias do Ivaí, curso inferior

Cada tributário principal do rio Ivaí e sua foz no rio Paraná constitui uma drenagem principal de uma sub-bacia, e estas conjuntamente formam a bacia hidrográfica do rio Ivaí em seu curso inferior. Foram caracterizadas como sub-bacias hidrográficas tributárias com área de drenagem maiores que 50 km^2 . Um total de 42 sub-bacias e numeradas da seguinte forma: sub-bacias que ocorrem na margem direita do rio Ivaí com números ímpares; sub-bacias da margem esquerda do rio números pares. A **Figura 31** apresenta a localização das sub-bacias e suas numerações.

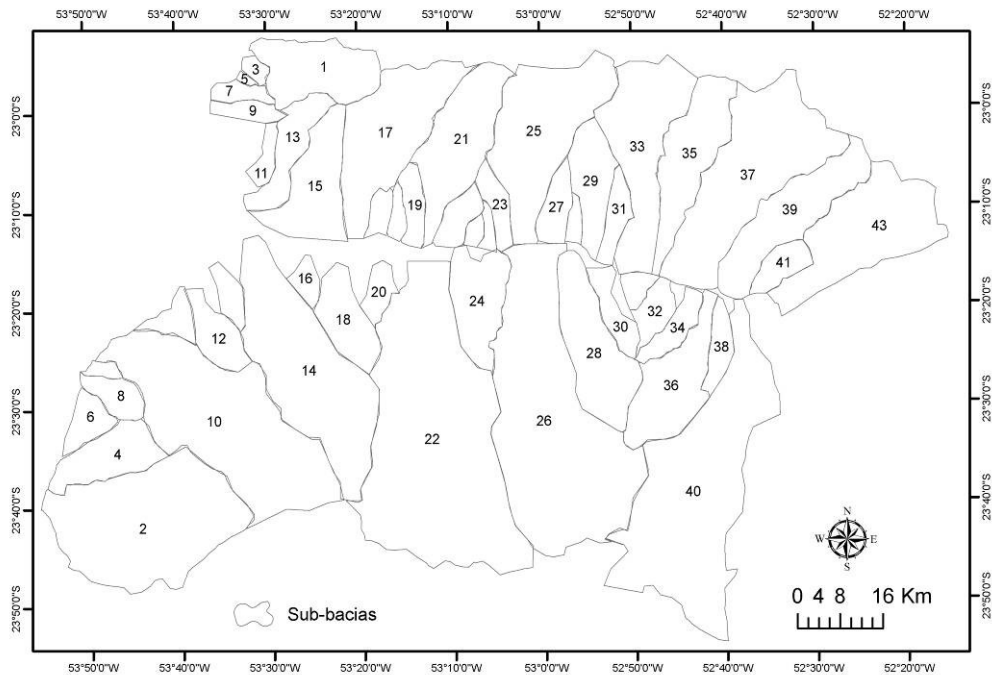


Figura 31: Localização das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí.

A **Tabela 1** apresenta os valores da Assimetria de Bacia de acordo com o método de Cox (1994).

Tabela 1. Valores das assimetrias das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí.

Assimetria das Sub-bacias do curso inferior do Rio Ivaí			
Sub-bacia	AT (área total em m ²)	AR (área a direita em m ²)	FA*
curso inferior	11648472668	4396330915	38
1	238600000	79150000	33
3	18172344	6829997	38
5	6077618	2924497	48
7	35604508	23126432	65
9	44200415	20711327	47
11	36397311	13539637	37
13	126930000	55538821	44
15	232100000	70958541	31
17	385000000	223924462	58
19	57790000	38296791	66
21	292300000	170728929	58
23	58720000	34389923	59
25	432834408	283001182	65
TABELA 1 (continuação)			
27	70200000	33246161	47
29	148010000	60585219	12
31	62394845	17358578	28
33	375200000	209446273	56
35	259800000	134011965	52
37	578000000	229811432	40

39	284400000	141617170	50
41	64950000	34858218	54
43	460300000	231468336	50
2	658687153	234884741	36
4	159716385	53845503	34
6			
8	67033174	26077734	39
10	752393226	306008595	41
12	98443515	54693124	56
14	605994619	233835124	39
16	37877204	13593502	36
18	142515890	61295496	43
20	50165321	21201566	42
22	1175100000	491300544	42
24	185860000	98541501	53
26	983500000	403006112	41
28	278600000	100948573	36
30	71321142	36844137	52
32	62150000	28142517	45
34	70010182	39607241	57
36	245600000	148479966	60
38	62917371	32843251	52
40	814957991	358407687	44

	Basculamento da margem direita
	Basculamento da margem esquerda

FA* - Fator de Assimetria da Bacia.

Analisando os resultados obtidos pelo método de assimetria de bacias indicados na tabela acima pode-se observar que:

- A área total das sub-bacias do curso inferior do rio Ivaí apresenta cerca de 14.000 km² e apresenta-se com fator de assimetria de 38 que significa basculamento da margem esquerda do rio Ivaí, ou seja soerguimento do bloco esquerdo do rio localizado no sul (**Figura 32**);
- A maioria das sub-bacias localizadas na porção sul ou margem esquerda do rio (2,4,8,10,14,16,18,20,22,26,28,32 e 40) ou seja (13/19) 68% apresentam basculamento da margem esquerda o que indica um soerguimento das porções mais a oeste destas sub-bacias (**Figura 33**);
- Nas sub-bacias localizadas na porção norte ou margem direita do rio metade apresenta basculamento à direita e metade à esquerda. Destaca-se nesta porção a área central com as sub-bacias (17,19,21,23 e 25) e também as sub-bacias a leste desta porção (39,41 e 43) que apresentam basculamento a direita (**Figura 33**);

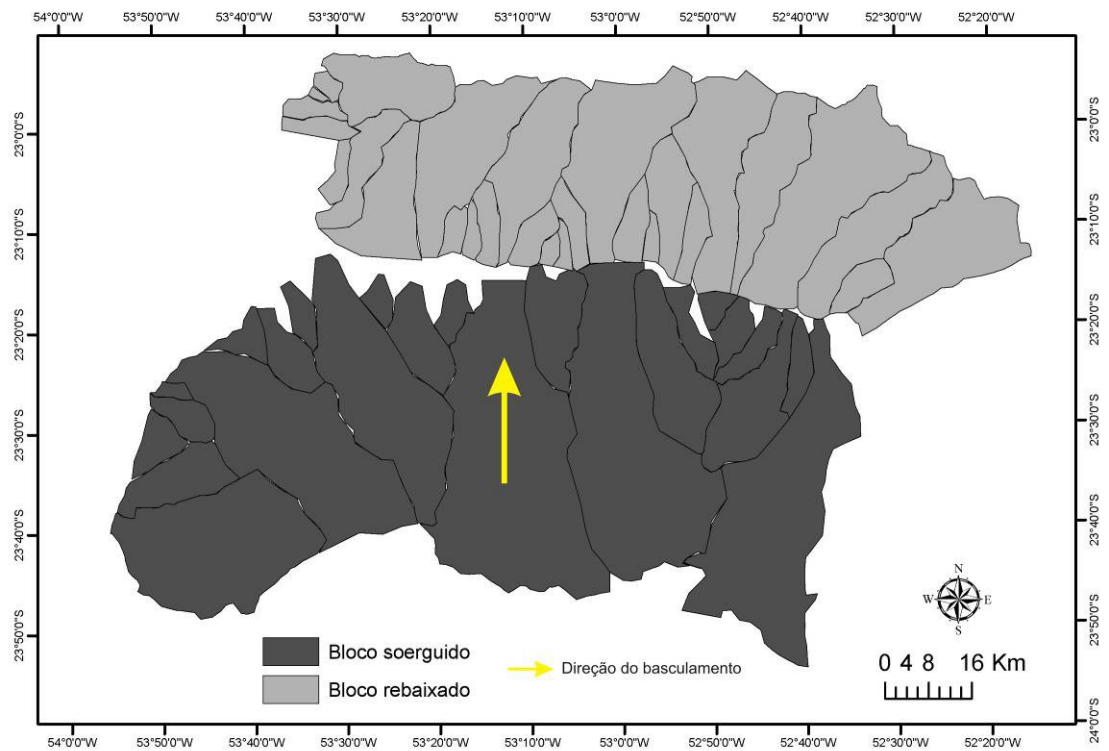


Figura 32: Fator de assimetria da bacia do rio Ivaí curso inferior.

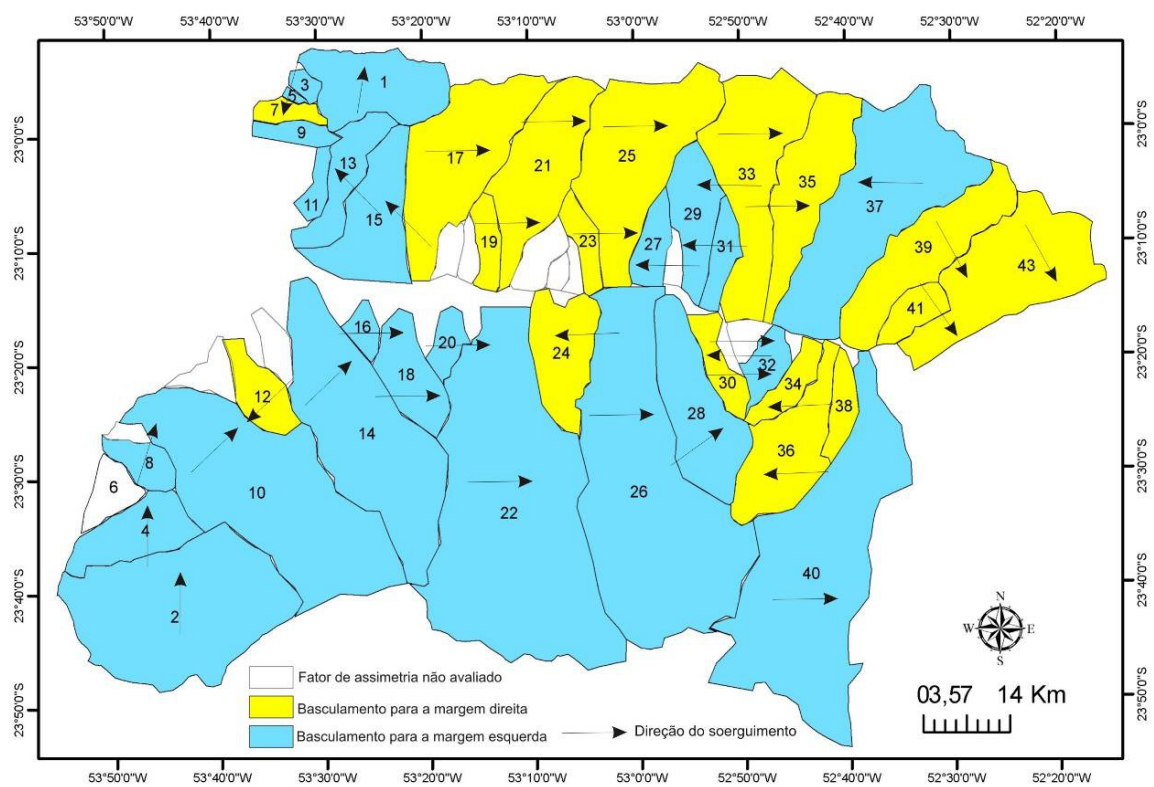


Figura 33: Direção do soerguimento das sub-bacias do rio Ivaí, curso inferior com base no Fator de Assimetria.

- As sub-bacias que se apresentam frente à foz do rio Ivaí e deságuam diretamente no rio Paraná (2,4,8,10,12,14,1,3,5 e 9) apresentam basculamento de suas margens esquerda acompanhando a mesma direção do basculamento encontrado nas sub-bacias que deságuam no curso inferior do rio Ivaí em sua margem esquerda. A orientação destas sub-bacias é paralela à direção do fluxo do rio Ivaí e concomitantemente paralela à grande bacia do curso inferior.
- As sub-bacias 12, 24, 30, 34, 36, 38, localizadas no bloco sul da área estudada, fogem do contexto do basculamento da margem esquerda, isso pode ser atribuído à influência de falhas locais com mergulho inverso deste grande bloco.

6.4 Lineamentos em Modelo Digital de Elevação

Para esse levantamento foram extraídos os dois principais cursos de drenagem da região (rio Paraná e rio Ivaí) que serão objetos de outro tópico. A **Figura 34** apresenta os principais lineamentos extraídos da área de estudo.

O diagrama de roseta (**Figura 35**) mostra a frequência absoluta dos lineamentos extraídos da imagem. O método utilizado para a geração deste gráfico, foi o uso do *software* Spring 5.1.7 que possui ferramenta geostatística.

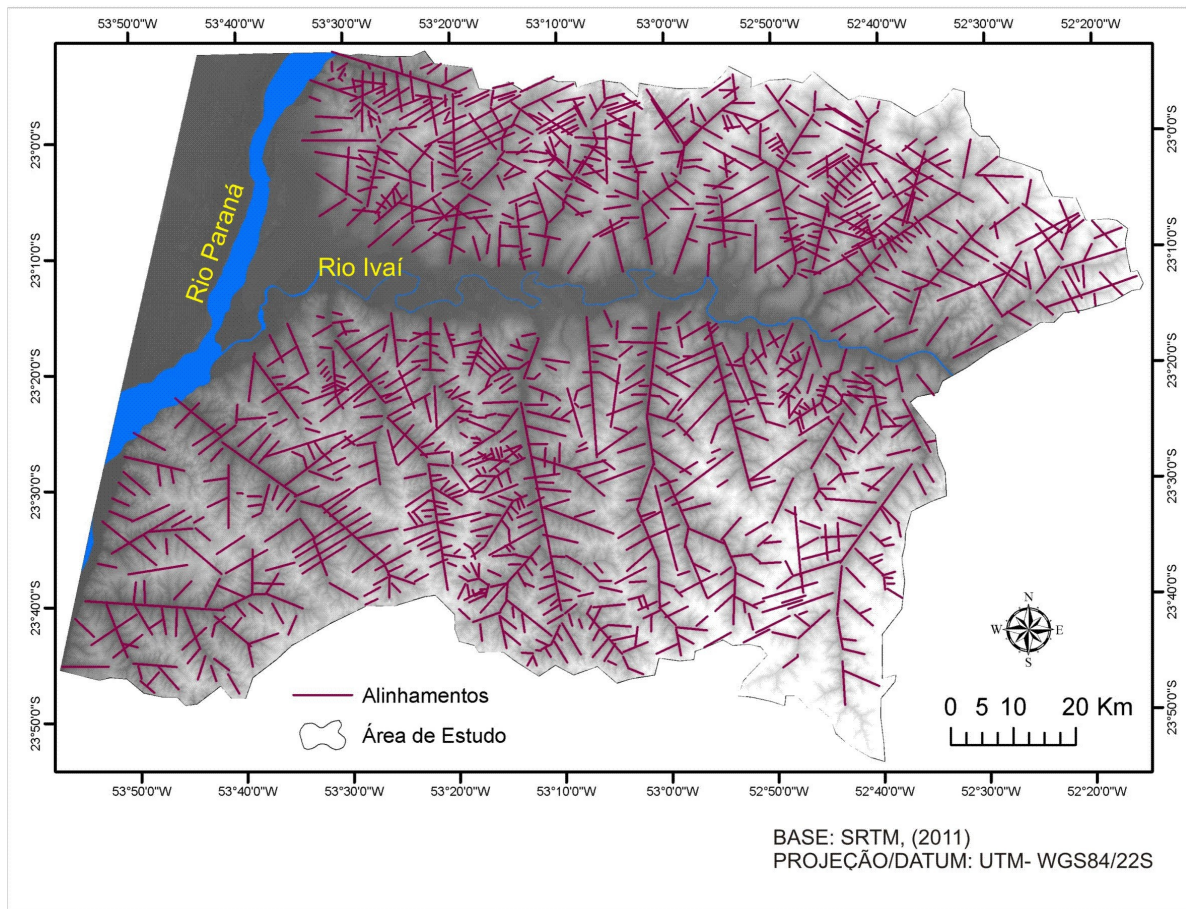


Figura 34: Principais lineamentos extraídos de imagens SRTM.

DIAGRAMA DE ROSETAS

Frequência Absoluta

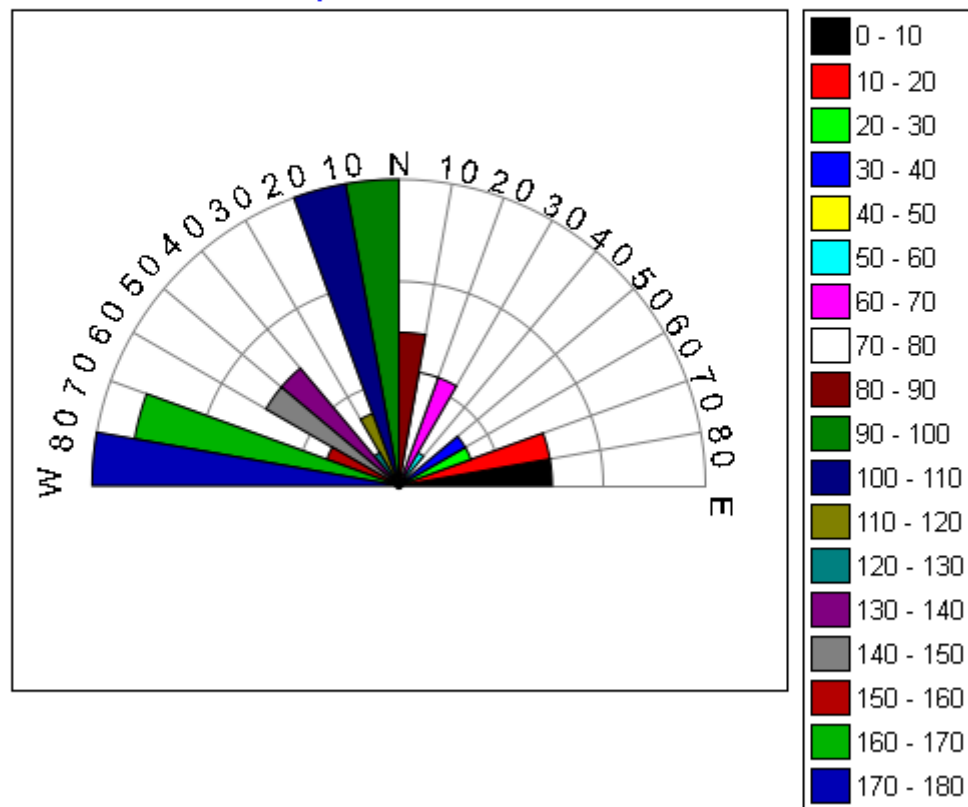


Figura 35: Diagrama de roseta da frequência absoluta dos alinhamentos.

Nota-se que há dois principais *trends* de lineamentos obtidos neste método. O mais expressivo NNW denota a principal orientação dos tributários principais do curso inferior do rio Ivaí. E o *trend* WNW é mais expressivo na porção norte da área associado a drenagens de segunda e terceira ordem.

Santos (1997) já havia identificado a presença de vários lineamentos estruturais na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraná e junto à foz do rio Ivaí. Esses lineamentos são denominados por Pires Neto *et al.* (1994) como alinhamento estrutural Amanbaí-Ribeirão do Veado. No entanto, a maioria dos lineamentos relacionados a drenagens de segunda e terceira ordem, pode estar associada à dissecação natural do relevo, acarretada por processos climáticos ocorridos no Terciário e Quaternário.

Comparando o diagrama de roseta das drenagens de primeira ordem com o diagrama de roseta dos lineamentos do modelo digital de elevação, observa-se que há correlação entre as orientações N-S e E-W nos dois parâmetros, que indica um controle estrutural das drenagens de primeira ordem posicionadas nessas direções.

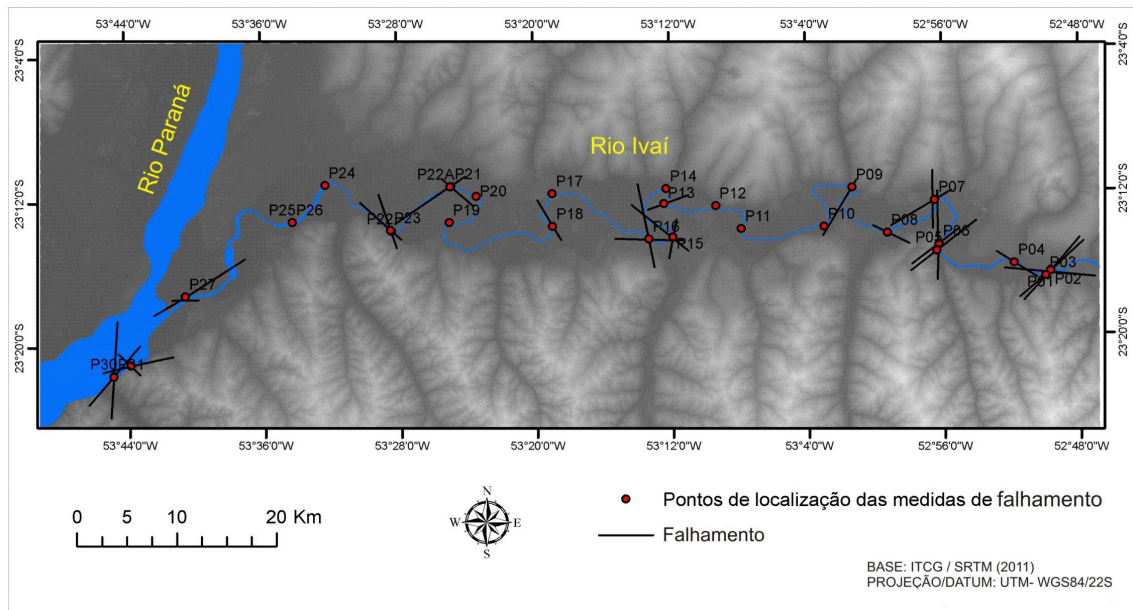


Figura 36: Localização dos pontos com medidas estruturais de falhamentos nas margens do curso inferior do rio Ivaí.

6.5 Trabalho de Campo

Os pontos de localização das medidas estruturais coletadas nas margens do curso inferior do rio Ivaí estão presentes na **Figura 36**.

Através do uso do *software* Openstereo 01.2 foram plotadas as medidas de direção e mergulho das fraturas em estereograma de igual área (Schimit-Lamber), permitindo a plotagem dos planos de fraturas e seus pólos, isolinhas de concentração e a direção preferencial das fraturas (**Figura 37**).

No estereograma da Figura 37: as linhas cinzas representam os planos de fraturas, a linha vermelha o acamamento deposicional sendo a estrela azul o pólo deste plano, os pontos negros representam os pólos dos planos de fraturas e as isolinhas avermelhadas a densidade dos pólos dos planos.

Foram separadas as famílias de fraturas e juntas encontradas nos parques afloramentos da região. Foram distinguidos três agrupamentos denominados F, F1 e F2.

As medidas da família F estariam relacionadas a juntas secundárias e de menor intensidade com direção preferencial de N-S. Desta família foram coletadas apenas 7 medidas ao longo dos 120 km percorridos no rio Ivaí.

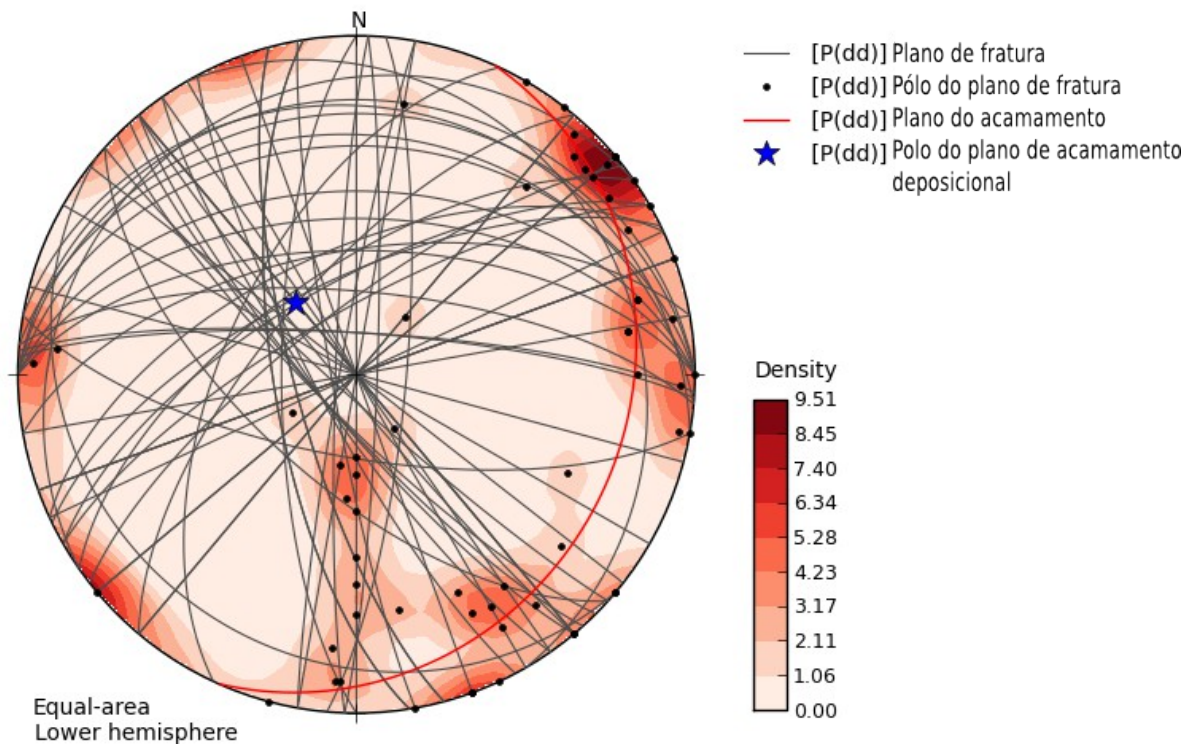


Figura 37: Estereograma com as medidas estruturais das fraturas ao longo do rio Ivaí em seu curso inferior.

As medidas da família F1 possuem direção preferencial NW-SE, apresentam alto grau de mergulho (maioria 90°) e são mais concentradas na mesma direção, ou seja, tem um *trend* melhor definido em torno de N40W. Foram coletadas 18 medidas deste grupo. Esta pode ser considerada a direção preferencial das fraturas nas margens do rio Ivaí e estaria diretamente relacionada com o encaixe dos meandros nesta direção.

As medidas da família F2 foram as mais facilmente identificadas em campo e seu *trend* tem direção preferencial NE-SW que varia entre N40E a N80E, ou seja com variação maior da dispersão dessas fraturas. Apresentam menores ângulos de mergulho variando entre 60° a 80° graus para SE. Foram coletadas 27 medidas deste grupo, sendo portanto o *trend* mais representativo na área.

Também foram coletadas medidas de acamamento deposicional das fácies da Formação Caiuá, que consiste em arenitos avermelhados com estratificação plano-paralela a cruzada

planar. O mergulho variou em todas as direções e o ângulo de mergulho variou entre 33° a 0°, foram coletadas cerca de 8 medidas deste grupo.

O ponto 01 (leste da área) marca o limite entre as arenitos da Formação Caiuá e os basaltos e diabásios da Formação Serra Geral. Localmente é conhecido como Corredeira do Ferro, neste ponto foram encontradas rochas de diabásio com aproximadamente 50 metros de extensão cortadas transversalmente pelo rio Ivaí. Devido ao intenso fraturamento destas rochas, foi difícil distinguir um *trend* principal das fraturas. No entanto as direções ao redor de N30W (família F1) foram as mais expressivas (**Figura 38**).



Figura 38: Afloramento de diabásio fraturado com duas famílias de juntas perpendiculares (F1 N32W, F2 N48E).

O rio Ivaí neste trecho possui padrão meândrico, que em certas localidades, está encaixado em planos de fraturas, descrita por Santos (1997) como meandros encaixados. Na navegação do curso inferior do rio Ivaí foram coletadas 62 medidas estruturais. Dentre esses dados foram separadas medidas relacionadas às fraturas, que pode estar associadas a famílias

de falhas nos *trends* NE-SW e NW-SE. A **Figura 39** apresenta um plano de falha paralelo ao curso do rio Ivaí.

Os planos de falhas encontrados ao longo das margens dos rios Ivaí e Paraná apresentam-se com cobertura de matéria orgânica e sedimentar e são bastante friáveis sendo de difícil preservação, impedindo a identificação de qualquer indicador cinemático presente nestes planos.

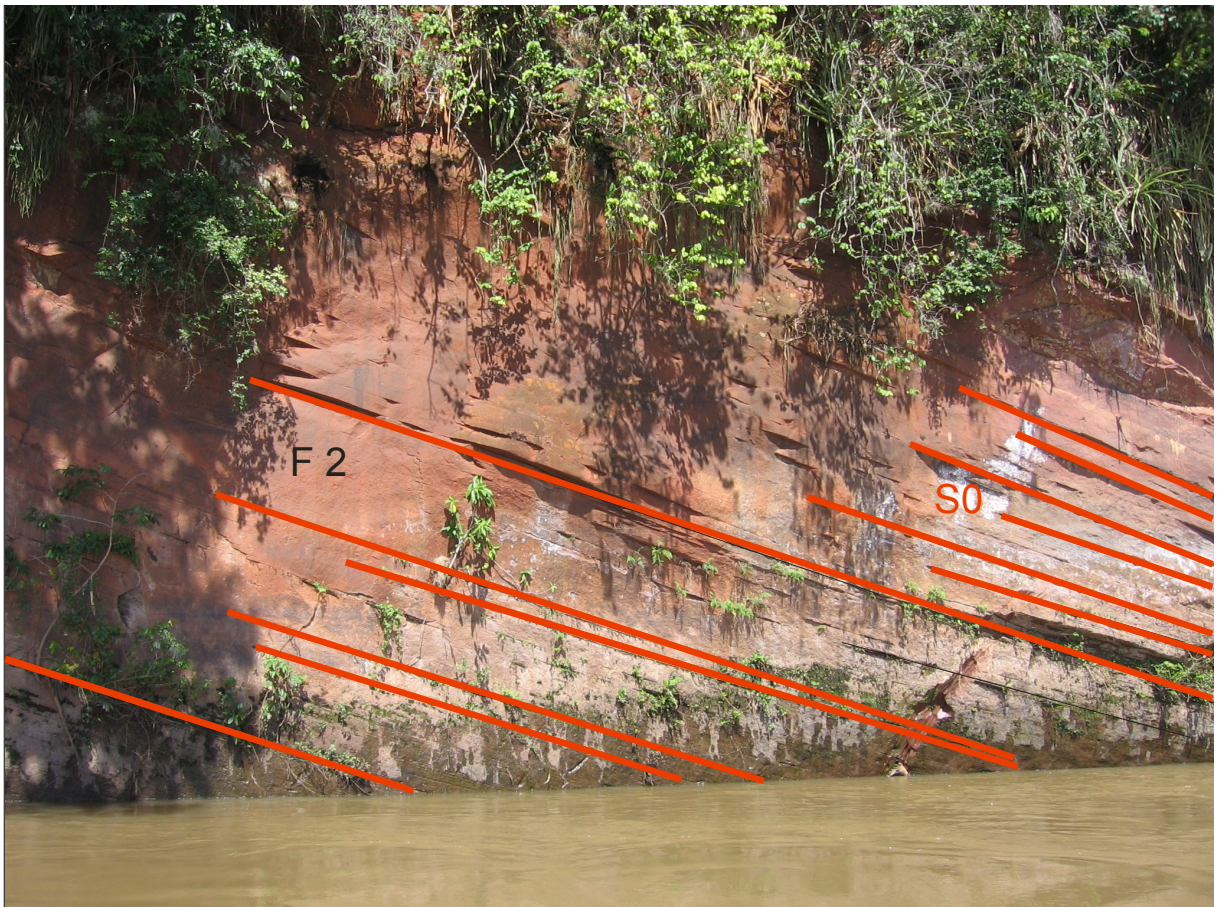


Figura 39: Plano de falha na Formação Caiuá, paralelo a margem do rio Paraná. Com direção N50E subvertical. Observa-se que o plano de falha está paralelo ao curso do rio. Nas linhas vermelhas observa-se a estratificação cruzada de grande porte (Foto de M. D. Souza Junior).

O ponto 62, localizado na margem esquerda da bacia hidrográfica do rio Ivaí no topo de vertente foi o único ponto encontrado com elementos estruturais mensuráveis. Neste ponto a estrada corre paralela a fraturas N80W/48N (**Figura 40a**), com juntas conjugadas N20E subvertical (**Figura 40b**).

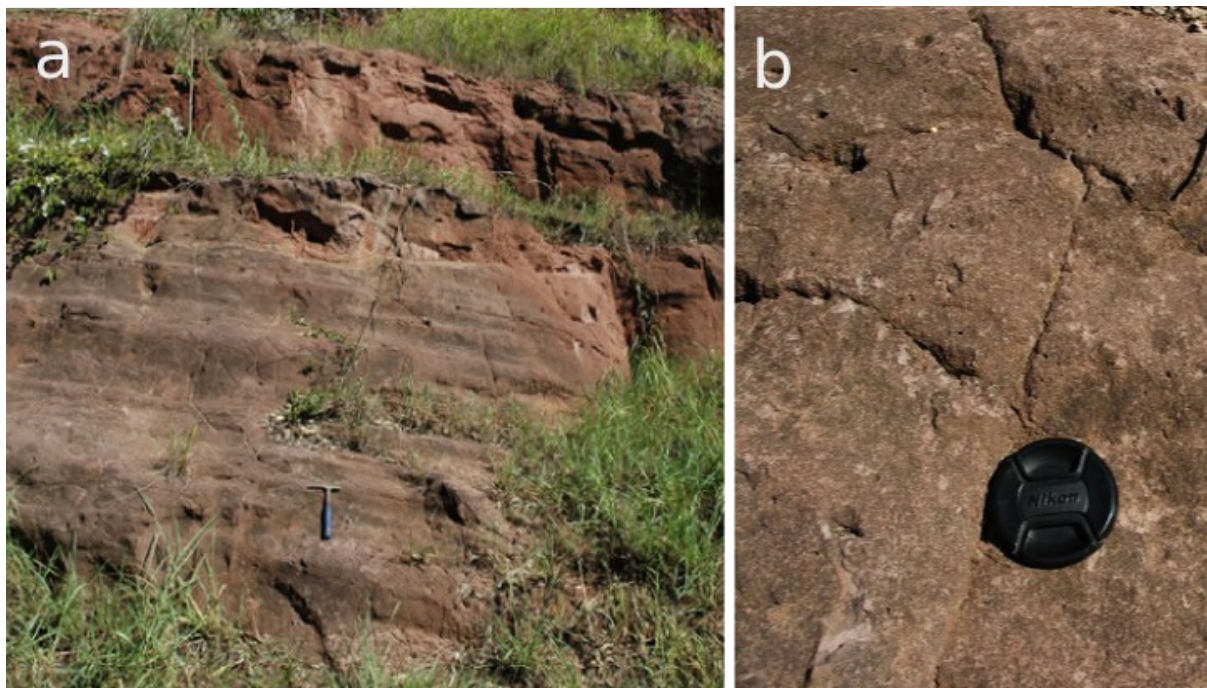


Figura 40: (a) Plano de fratura N80W/48N paralelo ao corte da estrada no ponto 62. (b) Detalhe de juntas conjugadas com direção N20E subvertical ponto 62 (Fotos de M. D. Souza Junior).

As fraturas encontradas nesse trabalho podem ser consideradas falhas normais. Não há material que percole ou se cristalize nos planos de fratura, estas são apertadas denotando regime compressivo no local. Somente em um ponto (Ponto 23) foi observado rejeito de falha de 2 cm.

Ressalta-se neste trabalho de campo a pequena quantidade de afloramentos encontrados ao longo do curso inferior do rio Ivaí. A maioria da área está coberta por sedimentação Quaternária. Parte das margens do curso inferior do rio Ivaí segue paralelamente aos planos de fratura encontrados.

Sobre os solos e a organização da bacia, destaca-se no mapa da Figura 26 a maior ocorrência de argissolos na área central das sub-bacias da margem esquerda do rio Ivaí. Isto pode estar relacionado a um soerguimento do bloco da margem esquerda e um maior nível de erosão dos fundos de vales.

Os pontos visitados em campo de maneira geral encontravam-se em latossolos. As vertentes de ambas as bordas da bacia ocorrem em forma de colinas amplas e suaves, chegando quase à formação de planaltos. As colinas da margem esquerda apresentam-se com maior declividade.



Figura 41: Ribeirão sem mata ciliar em sua margem esquerda e nitidamente assoreado (Foto de M. D. Souza Junior).

As drenagens apresentam-se com baixo gradiente e em sua maioria não há grande quantidade de água corrente mesmo na estação de chuvas (verão de 2012).

Contudo alguns pontos visitados apresentaram características destoantes na paisagem:

O ponto 34, localizado na sub-bacia da margem direita do rio Ivaí na porção nordeste, em meia vertente, apresentou um ribeirão bastante assoreado e com ausência mata ciliar em grande parte do curso observado (**Figura 41**).



Figura 42: Área em processo de voçorocamento próximo a cidade de Loanda (Foto: de M. D. Souza Junior)

No ponto 46, localizado a meia vertente da área central da margem direita da bacia hidrográfica do rio Ivaí, observou-se uma área em processo de voçorocamento (**Figura 42**).



Figura 43: Área em processo de voçorocamento próximo a cidade de Loanda (Foto: de M. D. Souza Junior).

6.6 Feições Anômalas

6.6.1 Possíveis estruturas de liquefação (sismitos)

Dentre as feições anômalas pode-se citar a possível presença de estruturas de liquefação (sismitos) que foram observados em foto aérea capturada em 1970 pelo Instituto Brasileiro do Café (IBC) na escala de 1:25.000. Nesta foto foram observados pequenos pontos mais claros espalhados em porções da planície do rio Ivaí bem próximo às suas margens, em meio um meandro. De acordo com a escala da foto, esses pontos claros em formas arredondadas podem ter de 5 a 10 metros de diâmetro. Estes pontos podem ser indícios de estruturas de liquefação na área (**Figura 43**).

Sismitos ou estruturas de liquefação ocorrem durante um evento sísmico de forte intensidade (acima de 5 graus na escala Richter). Com o abalo, a água que está presente no sedimento tende a migrar para a superfície, formando estruturas parecidas a “vulcões de areia” segundo Etchebehere *et al* (2004). Estes vulcões de areia podem formar estruturas arredondadas métricas observadas até mesmo através de levantamento fotoaéreo.

Estas estruturas foram primeiramente descritas por Seilacher (*sensu* 1969) têm natureza paleosísmica e podem auxiliar na localização de antigos epicentros e zonas de maior deformação. A **Figura 44** ilustra um bloco diagrama do sismo.

Hoje, devido ao intenso processo de plantio e lavoura dentro da área estudada, a superfície do terreno vem sendo modificada ano após ano com a instalação de diques de drenagens e uso de maquinário agrícola, não sendo possível o reconhecimento *in loco* destas estruturas, ocasionando assim a perda do possível registro geológico.

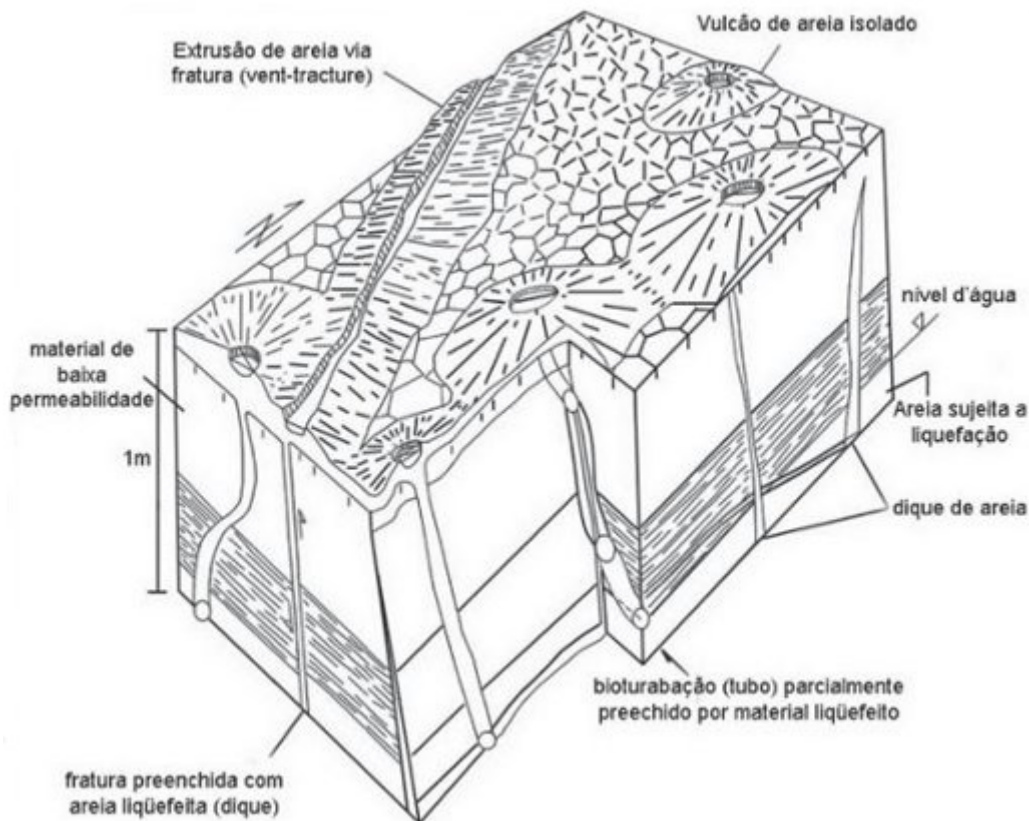


Figura 44: Bloco-diagrama mostrando os principais tipos de estruturas de liquefação, baseado em observações de campo na região do rio Tocuyo, Venezuela (Audemard e De Santis, 1991 apud Etchebehere et al 2004).

6.6.2 Leque aluvial

Outras feições anômalas encontradas são os leques aluviais, especialmente na região do Pontal do Tigre (fz do rio Ivaí). Segundo Suguio (2003), os leques aluviais apresentam a forma de leque ou cone e localizam-se geralmente em áreas de sopé de montanhas. Sua formação está associada geralmente a climas seco e árido. Podem ser subaquáticos (geralmente em sistemas fluviais entrelaçados) e subaéreos. Quando depositados em ambientes marinhos formam os leques deltáicos. Seu ângulo de declive e extensão dependem de sua composição, leques de argilitos e folhelhos apresentam alta declividade e o dobro da largura do que leques de composição arenosa. Sua extensão também depende da litologia da área fonte, clima, história tectônica e espaço de acomodação.

Stanistreet e McCarthy (1993, apud SUGUIO 2003) (**Figura 45**) classificam os leques aluviais em:

- Leques dominados por processos gravitacionais. Apresentam forte controle climático e ou tectônico ativo. Desenvolvem em ambientes subaquáticos, depósitos de fácies de corrente de turbidez. Em ambientes subaéreos desenvolvem fácies de fluxo de detritos e corridas de lama;
- Leques de rios entrelaçados, desenvolvidos em climas úmidos (por exemplo: leque de Kosi na Índia);
- Leques de rios meandantes de baixa sinuosidade, desenvolvidos em climas úmidos (por exemplo: Rio Okavango em Botswana).

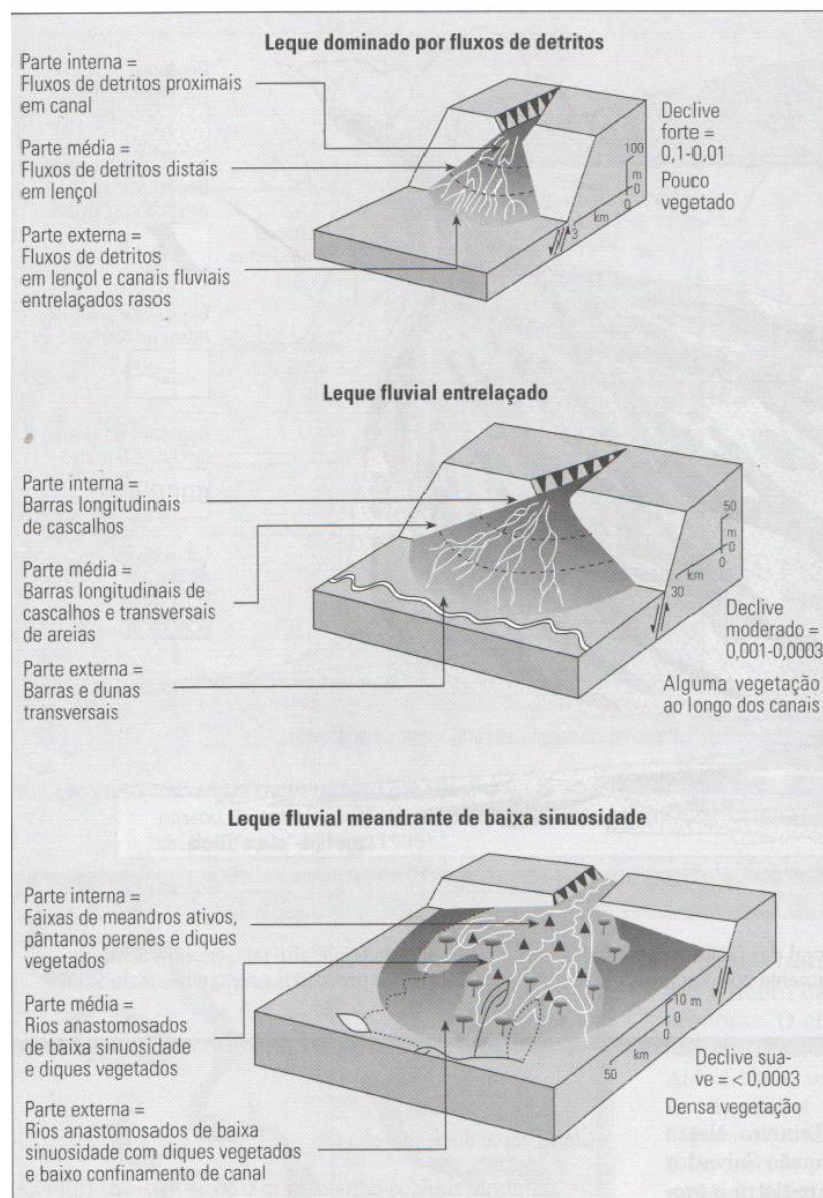


Figura 45: Classificação de leques aluviais segundo Stanistreet e McCarthy (1993, apud SUGUIO 2003).

Nota-se que em todos os modelos acima há presença de falha normal que contribui para a formação dos leques aluviais.

No rio Ivinhema, segundo Fortes *et al.* (2005) associam a ocorrência de leques e conglomerados a processos neotectônicos em conjunto com mudanças climáticas ocorridas no Holoceno. Segundo esses autores, em sua área de estudo os leques bordejam níveis de terraços que apresentam cobertura pedológica da Formação Caiuá.

Nas imediações do Pontal do Tigre, encontra-se o maior leque aluvial da região estudada (**Figura 46**). Este leque se forma na foz do córrego Dourado, que apresenta uma pequena bacia de captação. Este córrego drena áreas de arenitos da Formação Caiuá e deposita seus sedimentos sobre a planície do rio Ivaí. Segundo Moraes (2010) o desnível entre o córrego e a planície é de cerca de 15 metros.

Moraes (2010) obteve uma datação dos sedimentos da planície de inundação sotoposto ao leque aluvial com o método de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) que revelou idade de cerca de 1.600 anos A. P. Segundo outros autores (STEVANUX, 1993; JABUR, 1992; SANTOS, 1997), durante o intervalo de 3.500 e 1.500 anos A. P. ocorreram períodos de aridez que levariam à formação de leques aluviais na região, no entanto seu controle tectônico não foi descartado.

O leque do córrego Dourado apresenta cerca de 17 km² e altura de 15 metros da base da planície até o terraço. Com relação a idade de deposição (1.600 anos A.P.) e sua altura (15 metros) pode-se inferir que houve um rebaixamento da planície em relação ao terraço da ordem de 9,37 mm ano⁻¹ até o presente.

Segundo a classificação proposta por Stanistreet e McCarthy (1993, *apud* Suguio 2003), o leque do córrego Dourado pode ser considerado como um leque meandrante de baixa sinuosidade, com presença de pequenos meandros abandonados.

Moraes (2010) descreve o aspecto sedimentológico diferenciado dos sedimentos do leque aluvial do córrego Dourado da seguinte maneira “... espessa fácies arenosa esbranquiçada a acinzentada, sem estruturas visuais. A coloração esbranquiçada e a ausência de estrutura deve-se à posterior bioturbação pela vegetação com a consequente remobilização de óxido de ferro do material arenoso da Formação Caiuá (área fonte do leque). Esse preenchimento sedimentar é similar ao descrito por Souza Filho (1993), em que também registra a coloração acinzentada para demais leques da calha do rio Paraná.”0

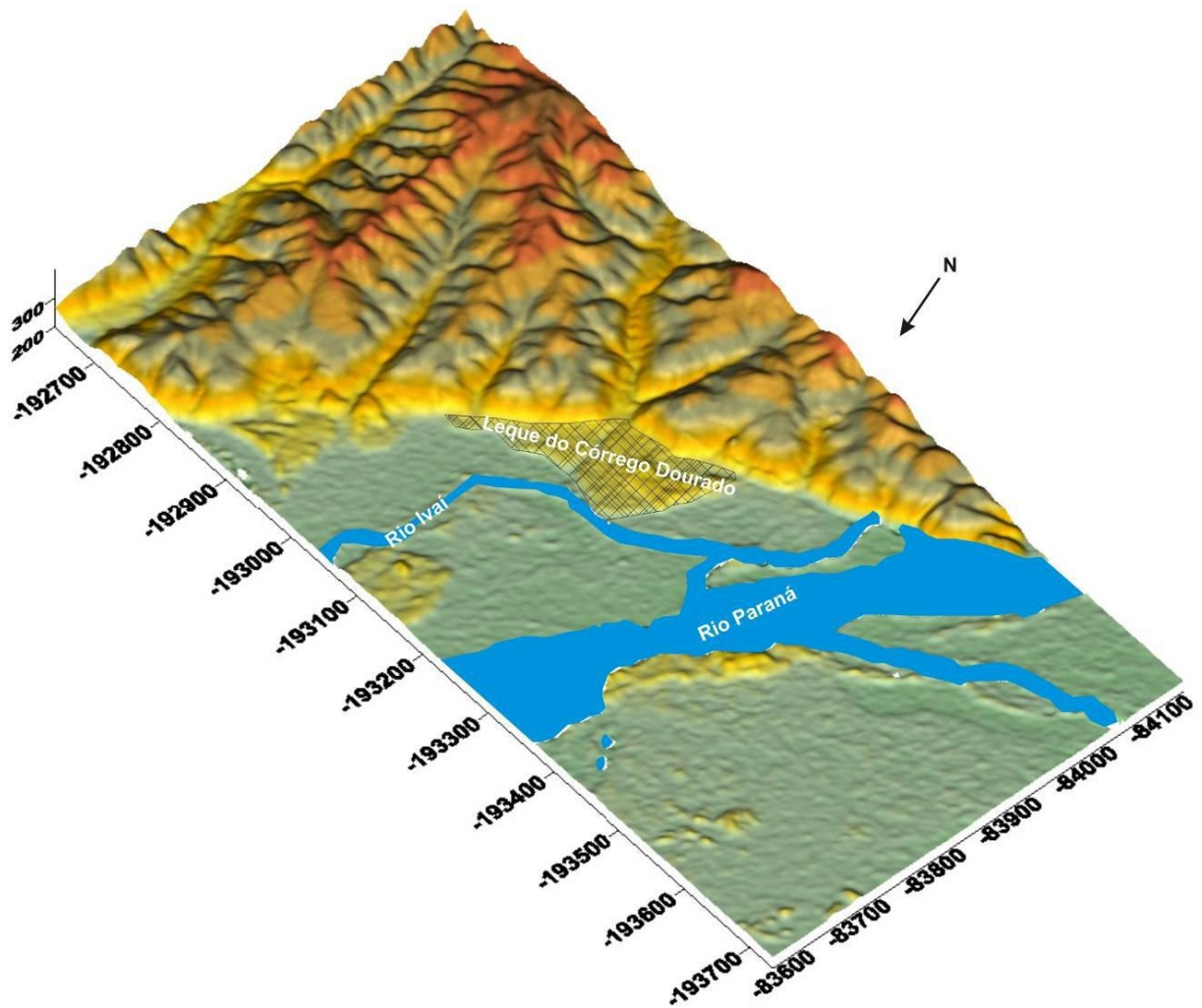


Figura 46: Leque aluvial do córrego Dourado, modelo digital do terreno.

Segundo Assine (2008), os leques evidenciam tectonismo contemporâneo. No entanto, é difícil distinguir movimentações tectônicas e mudanças climáticas na gênese e evolução dos leques aluviais.

6.7 Domínios geomorfológicos

A região é dominada por áreas planas, denotadas como planície aluvial do Rio Ivaí ao longo de seu curso inferior e colinas amplas. A **Figura 47** apresenta a subdivisão dos domínios geomorfológicos da área e os perfis topográficos traçados na área estudada **Figura 48**, que foram gerados a partir de imagens de satélite (SF-22-Y-A, SF-22-Y-B, SF-22-Y-C) SRTM banda 90 metros, com o auxílio do *software* Global Mapper.

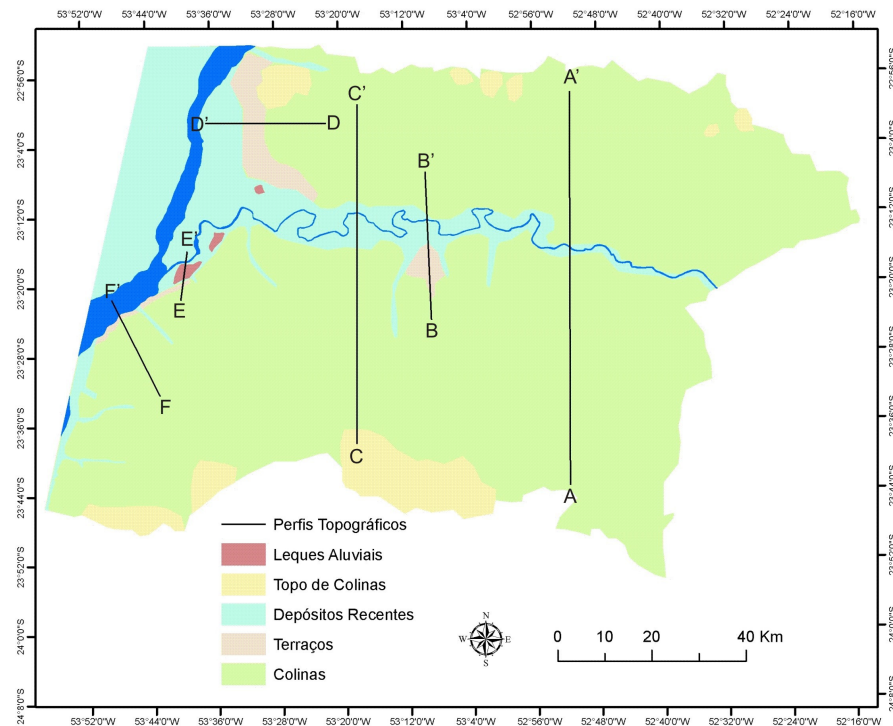


Figura 47: Mapa geomorfológico da área de estudo.

Morfológicamente a planície do rio Ivaí é retrabalhada pelos sistemas fluviais do rio Ivaí e Paraná. Feições morfológicas como paleocanais e terraços fluviais denotam a evolução deste sistema durante o Holoceno e Pleistoceno (SANTOS *et al.*, 2008).

Zonas homólogas podem ser compartimentadas em áreas de diferentes domínios geomorfológicos. Assim pode-se separar a área em 5 domínios distintos:

- Depósitos fluviais recentes com planícies estreitas espalhadas ao longo do curso inferior do rio Ivaí e nas proximidades da foz do rio Paraná. Esta área de planície de inundação atualmente se encontra alterada de suas características naturais, pois vem sendo sistematicamente utilizada como área de plantio nos últimos anos. Suas fases de alagamento natural, hoje são controladas por canais e drenos que delimitam sua cheia independente da estação do ano. Todos os perfis topográficos (Figura 48) apresentam elementos na paisagem contendo as planícies, mas especificamente os perfis E'-E, F-F' destoam esse domínio geomorfológico;

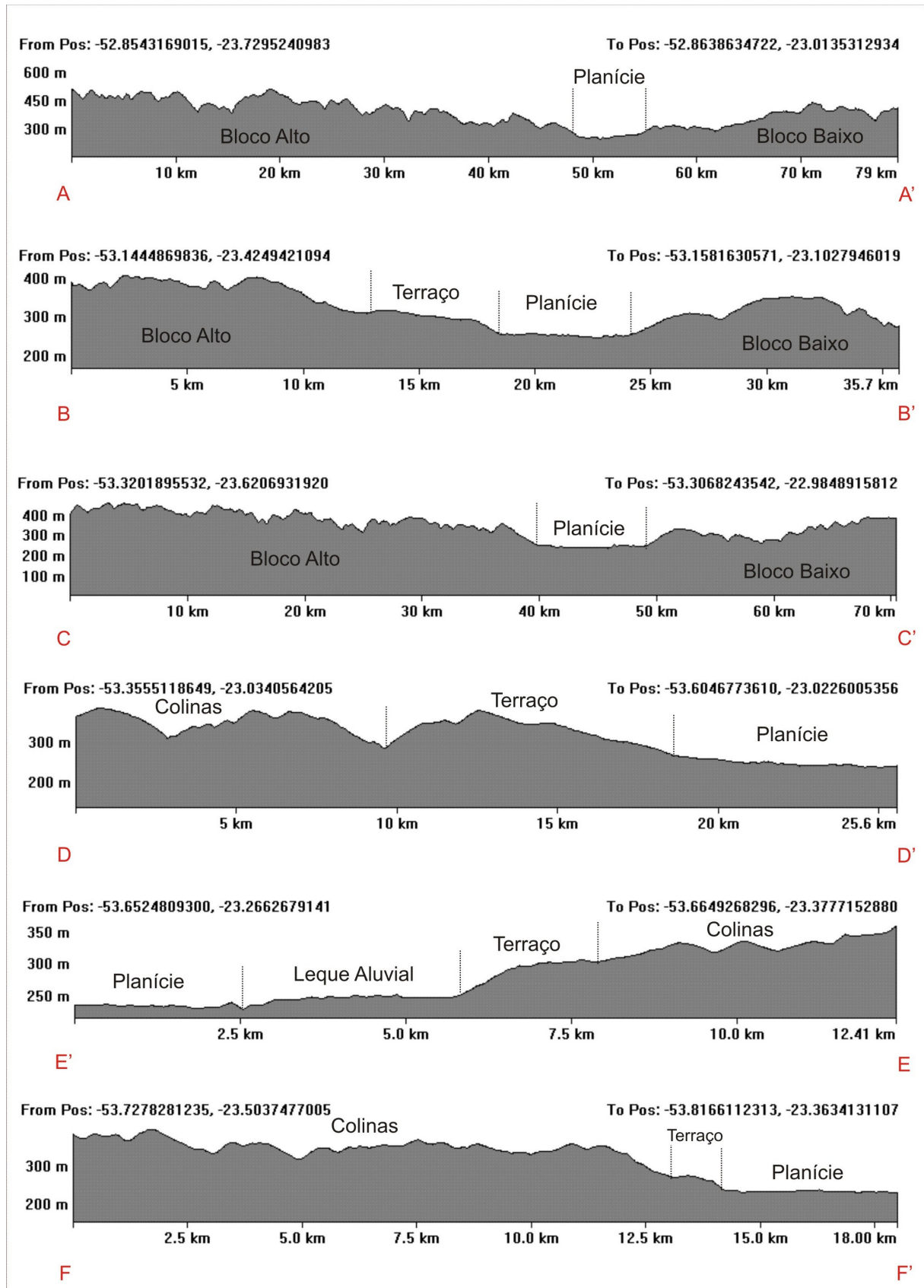


Figura 48: Perfis topográficos da área estudada.

- Leques Aluviais que aparecem nas proximidades da foz do rio Ivaí com o rio Paraná, depositando-se sobre a planície destes rios. Esta feição está representada no perfil E'-E (Figura 48);
- Terraços nas margens superiores do rio Ivaí, compostos superfícies planas de solo de alteração da Formação Caiuá. Neste terraços também se encontram níveis centimétricos de seixos em matriz ferruginosa (limonitizados). Esta feição geomorfológica é delimitada nos perfis B-B', D-D', E'-E, F-F' (Figura 48) ;
- Colinas amplas com solo de alteração da Formação Caiuá e afloramentos da mesma. Abrangem grande parte da área e se apresentam de forma paralela as grandes drenagens das sub-bacias do curso inferior do rio Ivaí. Estas colinas estão alinhadas na direção N-S e WNW-ESE, alinhamento preferencial dos principais tributários do rio Ivaí em seu curso inferior. De acordo com as análises de lineamentos estruturais e da rede de drenagem, pode-se dividir este domínio em subdomínios devido à evidência de movimentação de blocos tectônicos distintos nesta porção. Estes subdomínios seriam colinas amplas em “meia vertentes”, ou seja, sub-bacias hidrográficas inseridas dentro da bacia do rio Ivaí em seu curso inferior, e colinas de topos divisores de bacias.
- Subdomínio de colinas amplas em meia vertente. Apresentam declividades suaves, no entanto, um pouco mais íngremes que as colinas de topo de vertentes das proximidades dos divisores das bacias hidrográficas. Marcado pela orientação das drenagens principais. Estas feições são delimitadas na maioria dos perfis topográficos logo acima da planície. No entanto nos perfis B-B' e D- D', há presença de terraços em uma das margens cortadas pelo perfil;
- Subdomínio dos topos de colinas. Este domínio é evidenciado pela desorientação das drenagens nas porções mais próximas dos limites da bacia hidrográfica do rio Ivaí em seu curso Inferior. A forma desorganizada das drenagens nesta região deve-se ao baixo gradiente desta área formando quase planaltos nos topos das colinas divisoras das bacias hidrográficas (por exemplo: o limite da bacia do Ivaí em seu curso inferior e a bacia do Piquiri). Esta região possui baixa declividade, extensas e suaves colinas, sendo de difícil observação *in loco* qualquer componente estrutural macroscópico.

6.8 Domínios morfotectônicos

O mapa morfotectônico (**Figura 49**) apresenta de forma interpretativa, a análise dos elementos estruturais, geológicos e morfológicos coletados ou inferidos na área estudada.

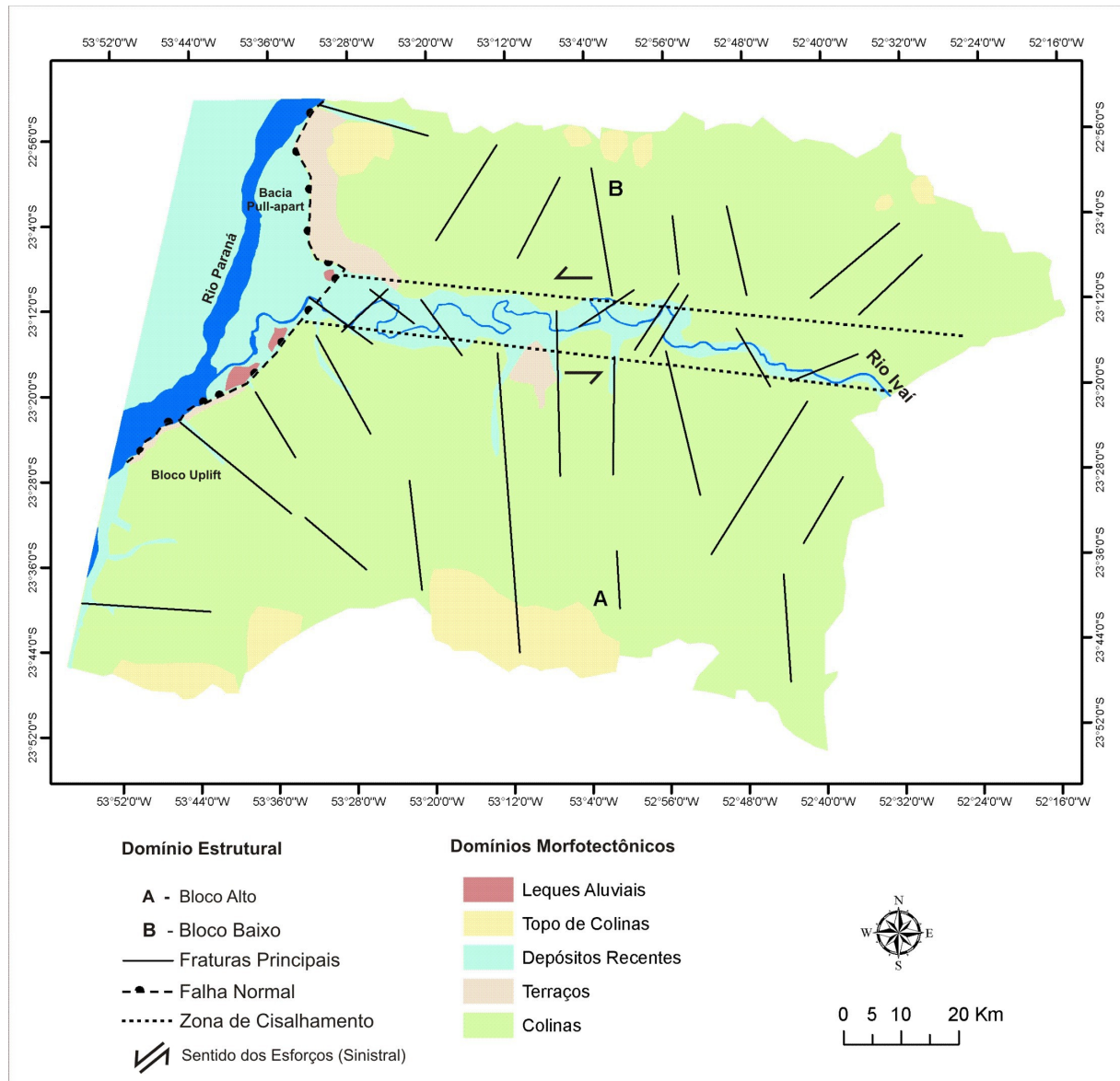


Figura 49: Mapa morfotectônico interpretado da área.

Com base nos mapas apresentados e os elementos geomorfológicos pode-se compartimentar a área nos seguintes domínios morfoestruturais:

- Domínio da planície. Pode ser influenciado pela presença de blocos mais baixos em um sistema de grabens associados à planície do rio Paraná e à Planície do rio Ivaí sendo delimitados por falhas ao longo das margens desses

rios, denotando o limite entre o terraço e a planície. As áreas de planície também podem estar depositadas sobre planos de falhas mascarando-os;

- Domínio dos leques. São encontrados basicamente três feições sobre a planície com morfologia de depósitos de leques aluviais, denotando possível falha instalado no período Quaternário, pois datações de sedimentos encontrados na base do leque aluvial do córrego Dourado apresentaram idades de 1600 anos A.P. Os três leques encontrados na área estão alinhados na direção NE-SW;
- Domínio dos terraços. Este domínio marca o limite entre as planícies e as áreas de colinas amplas e compõe um pequeno trecho mais representativo na margem direita do curso inferior do rio Ivaí;
- Domínio das colinas amplas que encontra-se entre a área dos terraços e o topo das vertentes;
- Domínio dos topos de colina, que delimitam a Bacia Hidrográfica do Ivaí, curso inferior, com as bacias hidrográficas do Paranapanema (norte da área e Piquirí (sul da área).

De acordo com as interpretações morfotectônicas da área estudada, podemos inferir que o principal falhamento da área pode estar associado à calha do rio Paraná e apresenta-se de forma sigmoidal deformando a paisagem e estruturando uma a área de bacias *pull-apart* (foz do rio Ivaí) e os blocos *uplift* (terraços nas margens do rio Paraná).

O maior lineamento estrutural observado corta o centro do bloco sul e parte do bloco norte. Esse lineamento pode representar uma falha com direção NWN, que abate o meio desses dois blocos.

Outras feições lineares importantes são as fraturas de direção NW e NE que cruzam as áreas de colinas, terraços e planícies. Neste contexto o rio Ivaí corre em possíveis planos de falhas formando o padrão meândrico encaixado.

As elevadas cotas hipsométricas nas porções leste, nos colinas e topos de vertentes da bacia em ambas as margens, pode ser indícios da influência do Arco de Ponta Grossa.

7 ANÁLISE GERAL

Partindo da observação sobre as feições geológicas e geomorfológicas continentais observa-se que o alto curso do rio Paraná segue paralelo ao curso do rio Paraguai. Estas duas bacias hidrográficas são separadas pela serra de Maracaju. Assine (2005) destaca que o alinhamento do rio Paraguai se sobreporia a uma continuação do Lineamento Transbrasiliano (LT). Seguindo este raciocínio de sobreposição de grandes sistemas hidrográficos em grandes alinhamentos estruturais poderíamos inferir que o Alto Curso do Rio Paraná poderia estar sobreposto a um alinhamento estrutural que poderia ser a resultante das movimentações do Lineamento Transbrasiliano e a Brasília-Araçuaí nesta região. Cunha (1986) afirma que o LT continua ativa desde o Proterozóico. Portanto, as movimentações que atingem o LT poderia também influenciar movimentações tectônicas na Alto Curso do rio Paraná. Seguindo o modelo Burbank e Anderson (2001), o rio Paraná pode estar encaixado sobre falhas geológicas com *trends* NE-SW, onde um sistema transcorrente formaria terraços e colinas (tipo *thrusting and uplift*) ou seja, estrutura em flor positiva nas porções compressionais, e bacias (*pull-apart*), ou seja, estrutura em flor negativa nas porções distensivas, gerando planícies de inundação. Fortes *et al* (2005) observou e feições como falhas normais antitéticas que também poderiam ser interpretadas como do tipo *pull apart*. No entanto, feições de flor positiva e negativa indicando sistemas transcorrentes transtensivos e transtrativos, são difíceis de se diagnosticar em áreas com sedimentos friáveis como esta.

Sobre a análise das drenagens de primeira ordem, podemos ressaltar que são ainda pouco exploradas no auxílio de descrições morfotectônicas e pode ser uma ferramenta de grande importância na descrição evolutiva da paisagem. Neste estudo das drenagens de primeira ordem, observa-se que há duas direções principais: uma praticamente norte-sul com pequena deflexão para oeste variando em torno de N10W e outra em torno de N30E a E-W.

O *trend* N10W que controla boa parte das drenagens de primeira ordem, pode estar associado a falhamentos ocorridos no Quaternário, já observados por outros pesquisadores dentro e fora da Bacia do Paraná. Este *trend* também está associado com a orientação da maioria dos tributários do rio Ivaí, que se encontram no centro do seu curso inferior.

Os *trends* N30E a E-W, também observados nas direções de drenagem de primeira ordem, podem estar associados à reativação de falhamentos no embasamento do Grupo Bauru e também pode estar associado a denudação e assoreamento da Formação Caiuá, expondo a

direção preferencial do acamamento deposicional S0 da própria formação. Este *trend* NE condiz com os grandes lineamentos estruturais da região, observados em outras partes da Bacia do Paraná, em formações mais basais e podem estar associado a falhas de seu embasamento. De acordo com as afirmações de Hasui e Costa (1996), o interior da placa sulamericana (na região Amazônica) sofre movimentos atuais, distensionais e extensivos na direção NE. Esta direção coincide com a direção onde o alto curso do rio Paraná está inserido. Na área a maior concentração de direção de drenagens de primeira ordem também se concentram no *trend* NE. Isto pode ser um indício de movimentação recente.

O rio Ivaí, em seu curso inferior, está encaixado em meandros na direção E-W em um sistema de fraturas paralelas ao *trend* NE-NW. Observa-se que os rios tributários das sub-bacias que deságuam no rio Ivaí, não sofrem influência dos alinhamentos estruturais que ocorrem na planície do rio Ivaí. Estes rios tributários possuem em sua maioria direção NWN-SES.

Segundo Salamuni (1998), os lineamentos direcionados N-S na Bacia Sedimentar de Curitiba são expressivos nos depósitos quaternários, podendo ser formados no último pulso tectônico desta bacia. Devido à localização da Bacia de Curitiba estar próxima à borda da Bacia do Paraná e ao fato de, segundo as observações de Saadi (1991), esforços tectônicos podem ser transmitidos mesmo em bacias intraplaca, estes pulsos tectônicos poderiam ter influência e expressividade em áreas distante desta. Isso poderia ter reflexo na intensidade das drenagens de primeira ordem nas sub-bacias do rio Ivaí em seu curso inferior, onde grande parte dessas drenagens são de direção quase norte-sul, as quais estariam associadas a movimentações quaternárias.

Os *trends* de direção das drenagens de primeira ordem, variando entre N40E e ENE-WSW, estão condizentes com o lineamento principal da região e podem refletir a direção do acamamento deposicional da Formação Caiuá.

Com relação aos lineamentos estruturais extraídos das imagens SRTM pode-se, após tratamento estatístico da frequência absoluta (Figura 29), concluir que há expressiva concentração de alinhamentos na direção N10W e N20W e outra secundária N80W a W-E. Os lineamentos N10W e N20W são condizentes com o segundo grupo mais representativo das direções das drenagens de primeira e neste caso da interpretação das imagens SRTM estão também associados às drenagens principais e mais extensas das sub-bacias. Já a orientação

dos lineamentos N80W a W-E que nesta interpretação aparecem de forma secundária são bastante representativos na direção das drenagens de primeira ordem.

Soares *et al* (1981) classificam lineamentos de direção $N35\pm5E$ como os principais de uma área definida como Médio Paraná caracterizada pela faixa de terminação do Arco de Ponta Grossa e o eixo da Bacia do Paraná. Estes autores descrevem esta direção sistematicamente presente nos lineamentos do Grupo Bauru. E também expõem que “a direção do Médio Paraná é uma direção de descontinuidade antigas, regeneradas com a subsidência da bacia e com grandes atividades durante o Cretáceo”.

Soares *et al* (1981) também relacionam os lineamentos de direção $N60\pm5E$ com a direção Pitanga que ocorre ao norte da charneira do Arco de Ponta Grossa e que seriam mais frequentes nas camadas sedimentares inferiores da bacia, representando descontinuidades bem antigas, relacionadas talvez a falhamentos no embasamento.

As fraturas encontradas nas imediações do Rio Ivaí possuem alto grau de mergulho (90° A 60°), chegando à verticalidade, podendo denotar uma possível transcorrência. Assim poderiam ser falhas apertadas e cruzadas (transpressivas) com duas direções preferenciais N40W e N40E a N80E evidenciando duas famílias distintas de F1 e F2 respectivamente. Somente em um ponto de medição estrutural foi encontrado rejeito de 2 cm (P-23).

Em relação às drenagens gerais (de segunda até oitava ordem) das sub-bacias associadas ao curso inferior do rio Ivaí e que formam as principais redes dos tributários deste rio, supõe-se que suas direções configurem também movimentações recentes que são melhor evidenciadas com o estudo do fator de assimetria da bacia do curso inferior do rio Ivaí e de suas sub-bacias.

De modo geral a bacia do curso inferior do rio Ivaí indica soerguimento de blocos de sul para norte. De maneira mais detalhada, calculando-se o fator de assimetria das sub-bacias inseridas nesta área pode-se ressaltar que em sua maior parte as sub-bacias indicam um soerguimento de SW-NE. Apenas pequenas porções a noroeste da área (sub-bacias 1,3,5,9,11,13e15 da Figura 33) e uma pequena área centro-leste (sub-bacias 24,27,29,31,30,34,36 e 38 da Figura 33) tendem a basculamento em direção a oeste. Levando-se em conta o fator resultante destes vetores direcionais pode-se afirmar que a área estudada está sofrendo em sua maior parte basculamento no sentido de sudoeste para nordeste.

Conforme a tese de basculamento de blocos citada anteriormente, as fraturas encontradas ao longo do curso inferior do rio Ivaí indicam que esse rio está controlado por um *trend* de direção de N40W e outro em torno de N50E. Devido ao baixo gradiente da planície do rio Ivaí ao encontrar esses planos de fraturas, o rio tende a “voltar” para montante, reforçando as observações anteriores sobre a direção do basculamento de sudoeste para nordeste.

A identificação de possíveis estruturas de liquefação seria crucial para determinar-se a ocorrência de sismos recentes. No entanto, devido a atividades antrópicas no local, qualquer estrutura superficial gerada de forma natural na planície de inundação foi obliterada pelo uso e ocupação do solo atual.

Os leques aluviais encontrados na área, por sua vez, indicam movimentações de falhas normais de direção N52E paralela ao curso do rio Ivaí, próximo a sua foz. Com a datação dos sedimentos da base do leque aluvial do córrego Dourado com idade de aproximadamente 1.600 anos A.P. (MORAIS 2010) pode-se inferir que esta falha esteve ativa em um tempo bem próximo ao atual. No entanto, Stevaux (2000) indica que durante os anos 3.500 a 1.500 anos A.P. toda a região teria passado por um período de seca que estaria relacionada às formações destes leques aluviais ao longo do alto curso do rio Paraná.

Devido ao caráter friável da Formação Caiuá, não foram encontrados suficientes indicadores cinemáticos em afloramentos que sustentem movimentações transcorrentes na área estudada. No entanto, os estudos morfotectônicos podem ser indícios desse tipo de movimentação. As técnicas e ferramentas aplicadas neste trabalho (análises de drenagem de primeira ordem, estudo do fator de assimetria de bacias, análises de lineamentos estruturais em imagens de satélite e idas a campo) dão indícios de que as hipóteses levantadas são plausíveis. As feições morfológicas fluviais como depósitos de planícies, leques aluviais e terraços, podem indicar movimentações Quaternárias.

A primeira hipótese, sobre os efeitos tectônicos, levantada neste trabalho de que o rio Paraná em seu alto curso está encaixado sobre uma falha transcorrente com esforços no sentido sinistral, ainda não pode ser confirmada, pois faltam elementos de indicadores cinemáticos que sustentem essa tese.

A segunda hipótese, que um sistema *wrench* de esforços transpressivos marcados na paisagem com a formação dos paredões ao longo da margem esquerda (sudoeste da área estudada) do rio Paraná e transtensivos com a formação de áreas de embaciamento na foz do

rio Ivaí, também não pode ser confirmada, pois somente indícios de falhas normais foram encontradas nestas porções.

Quanto aos domínios morfotectônicos e sua relação com o modelo de Riedel para zonas transcorrentes, pode-se inferir que: (i) os principais tensores atuantes na área estudada são norte e sul; (ii) a zona de transcorrência principal estaria relacionada a calha central do rio Paraná; (iii) a planície de inundação do rio Ivaí pode estar assentada sobre fraturas de cisalhamento X antitética secundária; (iv) os leques aluviais indicam falha normal com direção N52E e segundo o modelo se encaixa nas fraturas de cisalhamento P (sintéticas secundárias); (v) os terraços são domínios que se encontram mais amplamente distribuídos e espessos nas margens direita do rio Ivaí (bloco norte) isso indica que fatores erosionais atuam mais fortemente na margem esquerda do rio, o que pode estar associado ao soerguimento sudoeste da área; (iv) as colinas amplas estão em sua maioria soerguidas na margem esquerda com mergulhos na direção sudoeste-nordeste. No entanto há sub-bacias que apresentam soerguimento oposto aos anteriores citados indicando soerguimento de leste para oeste, isso pode ser observado nas sub-bacias do centro-leste (24,27,29,31,37,30,34, 36 e 38 conforme a Figura 33) e pode estar relacionado a fraturas de cisalhamento tipo R (sintético).

Para uma melhor interpretação da área estudada, as hipóteses e o modelo de evolução estrutural propostos devem ser exploradas com o uso de ferramentas para a investigação de subsuperfície, como métodos geofísicos.

8 REFERÊNCIAS

- AUDEMARD F.; DE SANTIS, F. Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology** 44, 1-16. 1991.
- ALKMIM, F.F.; BRITO NEVES, B.B.; CASTRO ALVES, J.A.; DOMINGUEZ, J.M.L. e MISI, A.(ed). Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão. in: **O Cráton do São Francisco. SBG - Núcleo BA/SE**: 45-62. 1993
- ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim do DNPM-DGM**. Rio de Janeiro, n.241, p.1-36. 1967.
- ALMEIDA, F. F. M. The system of Continental Rift bordering the Santos Basin, Brazil. **An. Acad. Bras. Cienc.**, 48 (supl.), p. 15-26. 1976.
- ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A.; PONÇANO, W.L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú, 1980. **Anais...** Balneário de Camboriú, SBG. v.5, p.2.799-2.812. 1980.
- ALMEIDA, F.F.M. de, HASUI Y., BRITO-NEVES, B.B de, FUCK, R. A. Brazilian Structural Provinces: an introduction. **Earth-Sci. Rev.**, 17: 1-29. 1981.
- ALVES, F. C. **Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica da Bacia do Rio Ivaí, PR**. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia. Universidade Estadual de Maringá, PR- No prelo. 2012.
- ANDRADE, A. R. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, (inédito). 2002.
- ASSINE, M. L. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 70, p. 357- 371. 2005.
- ASSINE, M.L. **A Bacia Sedimentar do Pantanal Mato-Grossense**. Cap. IV. p 61-74. 2008.
- ASSUMPÇÃO, M. The regional stress field in South America. **Journal of Geophysical Research**, Washington, D.C., v.97, n.88, p.1189-11903. 1992.
- BURBANK, D.W., ANDERSON, R.A. (2001). Tectonic Geomorphology, **Blackwell Science**, Malden, MA, USA.
- BARROS, C. S. **Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, município de Icaraíma-PR. Maringá**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá (inédito), 53 p. 2006.
- BIAZIN, P. C. **Característica Sedimentar e Hidrológica do rio Ivaí em sua Foz com o rio Paraná, Icaraíma-PR**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá (inédito), 80 p. 2005.

BIGARELLA, J.J. e MOUSINHO, M.R. **Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas.** B. Paran. Geogr., Curitiba, 16/17: 153-197.1965.

BITTENCOURT, A. V. L. **Transportes de sólidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí.** **Boletim Paranaense de Geociências.** Curitiba, n 35, 1982.

BRASIL, 2007 MMA. ANA. **Geo Brasil: recursos hídricos,** Brasília, 2007.

BRITO NEVES, B.B. América do sul: Quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. Bahia. VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, SBG, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ª Ed. São Paulo. Edgard Blücher. 188p. 1980.

COUTO, E.C. **Morfotectônica da Bacia do Rio Alonzo- Paraná.** Dissertação de Mestrado. Maringá. DGE. 2010.

COX, K.G. The role of mantle plumes in the development of continental drainage patterns. **Nature**, London, v.342,p.21-28. 1989.

COX, R.T. Analysis of drainage e basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible quaternary tilt-block tectonics: na example from Mississipi Embayment. **Bulletin of Geological Society of America**, Boulder,Co., n.106, p.571-581- 1994-

CUNHA, F. M. B. **Evolução paleozônica da bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico.** Rio de Janeiro, Instituto de Geociência, Dissertação (Mestrado na Universidade Federal do Rio de Janeiro), 107 pag. 1986.

DAVIS, W. M. The geographical cycle. **Geographical Journal**, 14: 481-504, 1899.

DEFFONTAINES, B.; CHOROWICZ, J. Principles of drainage basin analysis from multisource data: application to the structural analysis of the Zaire basin. **Tectonophysics**.194:237-263 p. 1991.

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do rio Ivaí.** Dissertação (Mestrado em Geografia. Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá), 93 p. 2005.

ETCHEBEHERE, M.L.C. e SAAD, A.R. Relação Declividade/ Extensão de Curso (RDE) aplicada à detecção de deformações neotectônicas regionais na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, SP. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 6, 1999, São Pedro. **Boletim de Resumos...** Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleos SP/RJ/ES, p. 93.1999.

ETCHEBEHERE, M. L. C. ; SAAD, A. R. ; PERINOTTO, J. A. J. ; FULFARO, V. J. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão - RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP - Série Científica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 43-56., 2004.

FAIRBRIDGE, R.W. The Encyclopedia of Geomorphology. **Encyclopedia of Earth Science Series**, Volume III. Columbia University. P. 1295. 1968.

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

- FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo) 216 p. 1998.
- FERNANDES, L. A. ; COIMBRA A. M. **O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional**. **Revista Brasileira de Geociências**, 24 (3): 164-176. 1994.
- FERNANDES, L. A. ; COIMBRA A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 68 (2): 195-205, 1996.
- FERNANDES, L. A. ; COIMBRA A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, 30 (4): 717-728.2000.
- FORTES, E.; STEVAUX, J. C.; VOLKMER, S. Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. **Geomorphology** 70 325–338 p. 2005.
- FUCK, R. A. A Faixa de Dobramentos Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. IV Simpósio de Geologia do Centro-Oeste. **Anais do.... SBG**. p. 184 – 187. 1994.
- FUGITA, R. H. **O perfil longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a dinâmica de fluxos**. Dissertação (Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá), 01 p. 2009.
- FULFARO, V.J.; PERINOTTO, J.A.J. Geomorfologia do estado de Mato Grosso do Sul e o arcabouço estrutural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camburiú, Bol. **Resumos...**Camburiú: SBG.,v.3, p. 197-198. 1994.
- GUERRA, A.T.; GUERA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-gemorfológico. 3. ed. Rio de Janeiro**: Bertrand Brasil. 652 p. 2003.
- HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, **Boletim** 11, 1–31 p. 1990.
- HASUI, Y., COSTA, J.B.S., BORGES, M.S., MORALES, N. ; MIOTO, J. A. **Geologia Estrutural Aplicada**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1992.
- HASUI, Y. e COSTA, J.B.S. Neotectônica: fundamentos, métodos e técnicas de análise. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZONIA, 5, Belém, 1996. **Notas de curso**. Belém:SBG. p.1-20-1996.
- HASUI, Y.; MIOTO, J.A. **Geologia estrutural aplicada**. ABGE, São Paulo, 459p. 1992
- HEILBRON M.; PEDROSA-SOARES A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI V.C. 2004a. **A Província Mantiqueira**. In: MANTESSO-NETO, V...; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (eds.) O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Ed. Beca, cap. XIII, p. 203-234.2004.
- HORTON, R.E. Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology. *Geol. Soc. America Bulletin* 56 (3) 275-370p. 1945.

JABUR, I.C. e SANTOS, M.L. dos. Revisão estratigráfica da formação Caiuá. **Boletim de Geografia**. Maringá, UEM-DGE, 2(2) jan. 1984.

JABUR, I. C. **Análise paleoambiental do Quaternário superior da bacia hidrográfica do Alto Paraná**. 1992. 184 f. Tese (Doutorado Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista), Rio Claro, SP, 1992.

JUSTUS, J. O. **Subsídios para interpretação morfogenética através da utilização de imagens de radar**., Dissertação. (Mestrado Universidade Federal da Bahia). Salvador, 204 p 1985.

KING, L. C. Geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, 18: 147-265 p, 1956.

KURTEN, S. **Variação longitudinal das características sedimentares e hidrológicas do rio Ivaí-PR em seu curso inferior**. Dissertação (Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá), 73 p. 2006.

LIMA, M.I.C. Análise de drenagem e seu significado geológico geomorfológico. **Apostila**, Belém, PA. 178 p. 2006.

LUEDER, D.R. **Aerial photographic interpretation: principles and applications**. New York: McGraw-Hill, 462p. 1959.

MAACK, R. Breves notícias dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba, v.2, p.63-154. 1947.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba, Banco BADEP, UFPR, IBPT. 1968.

MANIERI, D, D. **Comportamento Morfoestrutural e Dinâmica das Formas de Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio São Pedro – Faxinal- PR**. Dissertação (Mestrado. Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá) 2010.

MARTINS, D. P. **Dinâmica das formas de leito e transporte da carga de fundo no alto rio Paraná**. Dissertação (Mestrado. Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá), 2004.

MELO, O. A. G. ; FUJITA, R. H. ; SANTOS, M. L. Análise do Perfil Longitudinal do Rio Baiano - Assis Chateaubriand -PR A Partir da Aplicação do Índice de Gradiente (RDE). In **Anais : XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2009, Viçosa. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009.

MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, 51: 162 p. 1974.

MIALL A.D. Lithofacies Types and Vertical Profile Models in Braided River Deposits: a summary. Apud: A.D. Miall (ed.) **Fluvial Sedimentology**. **Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.**, v. 5, p. 597-604. 1978.

MILANI, E. J. **Evolução tectôno-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sulocidental**. Tese (Doutorado Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 2v, 255 p. 1997.

MILANI, E.J., RAMOS, V.A. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 28:527-544. 1998.

MOORE, A.; BLENKINSOP, A. T. The role of mantle plumes in the development of continental-scale drainage patterns: The southern African example revisited. **South African Journal of Geology**. V.105, p. 353-360. 2002.

MORAIS, E. S. **Evolução da Planície de Inundação e Confluência do Rio Ivaí e Rio Paraná na egião do Pontal do Tigre, Icaraíma- PR: Uma Abordagem Geomorfológica**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá) 2010.

NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MUHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. **Bol. Téc. Da Petrobras**, n. 13 (3), p. 291-346. 1969.

ORFEO, O.; STEVAUX, J. C. Hydraulic and morphological of the middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). **Geomorphology** 44, 309- 322, 2002.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. ITCG-Instituto de Terras, Cartografias e Geociências. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=51>>. Acesso em: 2 de maio de 2011.

PATIDAR, A. K.; MAURYA, D. M.; THAKKAR, M. G.; CHAMYAL, L. S. Fluvial geomorphology and neotectonic activity based on field and GPR data, Krol Hill range, Kachchh, Western Índia. **Quaternary International** 159. 74-92 p. 2007.

PETER, R.; JAFFE, B.; GELFENBAUM, G. Distribution and sedimentary characteristics of tsunami deposits along the Cascadia margin of Western North América. **Sedimentary Geology** 200, 372-386 p. 2007.

PETROBRAS, **Boletim de Geociências**. vol. 8. n.º 1, 1994.

PIRES NETO, A. G.; BARTORELLI, A.; VARGAS, M.S. A planície do Rio Paraná. **Bol. Paranaense de Geociências**, 42: 217-229. 1994.

POTTER, P.E. Significance and origin of big rivers. **Journal of Geology**. 86, 13-33. 1978.

RAMOS, F. **Vazões de estiagem em pequenas bacias hidrográficas do estado do Paraná**. CEPHH. Curitiba, UFPR. 1973.

RICCOMINI, C. **Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências, 27(2): 153-162. 1997.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas Proximidades de Porto Rico-PR**. Tese (Doutorado) Programa de Ecologia Aquática da Universidade Estadual de Maringá). 2002.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. Interações dinâmicas entre os materiais do leito de um canal secundário com o canal principal no trecho multicanal do Alto Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n 1: 19:32, 2005.

SAADI, A. Modelos Morfogenéticos e Tectônicos Global: Reflexões Conciliatórias. **Geonomos** volume 6 numero 2, 55,63 p. 1991.

SAADI, A.; MACHETTE, M. N.; HALLER, K. M.; DART, R. L. BRADLEY, L. A.; SOUZA, A. M. P. D. **Map and database of quaternary faults and lineaments in Brazil.** USGS. Colorado, USA, 2002.

SALAMUNI, E. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR).** Tese (Doutorado.Departamento de Geologia Regional da Universidade Estadual de São Paulo) Rio Claro-SP. 143, 171, 208 p. 1998.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; BORGES, M. S.; HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; SALAMUNI, R. Tectonics and sedimentation in the Curitiba Basin, South of Brazil. **Journal of South American** 15. 901-910 p. 2003.

SALAMUNI, E. **Power Point de aula sobre regimes tectônicos.** Curso de Graduação sobre Geologia Estrutural. UFPR- Curitiba-PR. 2007.

SALLUN, A.E.M.; SUGUIO, K.; STEVAUX, J.C. **Proposição formal do Alogruppo Alto Rio Paraná (SP, MS e PR).** Geologia USP - Série Científica, 7: 49–70. 2007.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; AZEVEDO SOBRINHO, J. M.. Sedimentologia da Aloformação Paranaíba, Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná. **Revista Pesquisas em Geociências**, 35 (1): 85-107, Instituto de Geociências, UFRGS. 2008.

SANTONI, G.C.; GUEDES, I.C.; STEVAUX, J.C.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; MORALES, N. Análise morfotectônica da bacia do rio Santo Anastácio, SP, através de parâmetros fluvio-morfométricos e de registros paleossísmico, São Paulo, UNESP, **Geociências** 2009, v. 28, n. 4, p. 345-362 p. 2009.

SANTOS, M. L. **Estratigrafia e evolução dos sistemas siliciclásticos do rio Paraná em seu curso superior; ênfase à arquitetura dos depósitos e variação longitudinal das fácies.** Tese (Doutorado do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul),1997.

SANTOS, M. L.; STEVAUX, J. C.; GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA FILHO, E. E. Geologia e geomorfologia da planície do rio Ivaí-PR. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2008.

SCHOBENHAUS, C. **Carta geológica do Brasil ao Milionésimo - Folha Tocantins (SC.22).** DNPM-DGM, 57 pag., Brasília. 1975.

SCHUMM, S. A.; DUMONT, J.F.; HOLBROOK, J.M. - **Active Tectonics and Alluvial Rivers.**Cambridge University Press., p13-14. 2000.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfologia**. Campinas, 16 (32): 71:104 p. 1976.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FULFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro, 1979. **Boletim de Resumos...** Rio Claro, SBG. p.30-31.1979.

SOARES, P.C.; BARCELLOS, P.E.; CSORDAS, S.M.; MATTOS, J.T.; BALLIEIRO, M.G.; MENESES, P.R. Lineamentos em imagens de Landsat e radar e suas implicações no

conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. **Relatório Paulipetro** Consórcio CESP/IPT. São Paulo. 143-156p. 1981.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B., FÚLFARO V. J. e SOBREIRO NETO A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, 10 (3): 177-185. 1980.

SOUZA FILHO, E. E. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guairá (PR)**. Tese (Doutorado no Departamento de Geologia da Universidade de São Paulo), São Paulo-SP. 1993.

SOUZA JUNIOR, M. D.; VARGAS, K. B. Implicação Neotectônica nas Drenagens de Primeira Ordem das Sub-bacias do Rio Ivaí-PR em seu Curso Inferior. **Resumo** no XIII SNET -Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Campinas, SP. 2011

STEVAUX, J. C. **O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária do seu curso superior (Região de Porto Rico, PR)**. Tese d(Doutorado no Departamento de Geologia da Universidade de São Paulo), São Paulo-SP. 1993.

STEVAUX, J.C. Produção, armazenamento e transferência de sedimentos por processos naturais e humanamente induzidos na Bacia do Paraná: proposição de um modelo de fluxo hidro-geomorfológico em escala continental. **Relatório 2011**. Universidade Estadual de Maringá.

STRAHLER, A. N. **Global Geomorphology**. New York, Jonh Wiley e Sons, 537p. 1952.

STRUGALE, M. **Arcabouço e Evolução Estrutural do Arco de Ponta Grossa no Grupo São Bento (Mesozóico): Implicações na hidrodinâmica do sistema Aquífero Guarani e na Migração de Hidrocarbonetos na Bacia do Paraná**. Dissertação (Mestrado no Departamento de Geologia da Univesidade de São Paulo) 2002.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambientes Fluviais. Florianópolis**. UFSC-UFPR, 183 p. 1990.

SUGUIO K., FÚLFARO V. J., Amaral G. e GUIDORZI L. A. Comportamentos estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. **Anais In: Simp. Regional de Geologia**, 1, São Paulo, Atas, p.231-247. 1977.

SUGUIO K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais. São Paulo**. Oficina de Textos. Cap. 8 e 9 pg 229- 276.2010.

SUGUIO, K. e MARTIN, L. The role of neotectonics in the evolution of Brazillian coast. **Geonomos**, Belo Horizonte, MG, v.4, p. 45-53. 1996.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 568 p. 2000.

VIEIRA, A.J. Geologia do Centro Nordeste do Paraná e Centro-Sul de São Paulo. Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Salvador, **Anais**, Salvador, V3., p.259-277. 1973.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; ASTOFI, M. A. M.; VIEIRA L. S.; CONCEIÇÃO, J. C. J., APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; MERQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. In: M.W. Leighton, D. R. Kolata, D. F. Oltz, J. J. Eidel (eds.) Interior cratonic Basins. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists **Memoir 51**, 681-708 p. 1990.

9 APÊNDICE - DADOS COLETADOS DURANTE A SEGUNDA E TERCEIRA ETAPAS DO TRABALHO DE CAMPO.

Campo Rio Ivaí e sub-bacias associadas						
Ponto	Coordenadas UTM e Geográficas	Afloramento	Fraturas Estrutural	Medida estrutural	Observações	Foto
P1	313020 7424856	Diques de basalto			Saída do Porto Mirador em direção a Corredeira do Ferro, mata ciliar de bambuzais, rio meandrante. Afloramento com 4 metros de altura na margem do rio. Área de basalto com diques fraturados e alterados	
			F1	N322/75	Padrão de Fraturamento centimétrico com fraturas subhorizontais e subverticais (F3)	
			F1	N334/67		
			F2	N222/64		
P2			F2	N222/85	40 metros abaixo do P1. Basalto afanítico a fanerítico (diabásio)	
			F2	N95/78		
			F2	N92/85		
			F	N03/80		
			F2	N230/86		
			F2	N270/72		
			F2	N261/70		
			F	N04/80		
P3	31251 74242102	Barra de seixos			Barra de seixos variados, depósito quaternário, seixos de basalto, calcedônia com blocos de decimétricos, ferruginosos, limonitizados, canga laterítica. Ao longo da curva do rio Ivaí, próximo a Ilha das Pombas laminação plano-paralelas dobradas com altura de cerca de 1 metro.	

P4		Arenito	F1	N330/68	Afloramento de arenito Grupo Caiuá. Estratificação Plano-paralelo, grande plano na direção paralelo ao rio.	
P5	31264 7426868	Arenito	S0	N05/30	Arenito Grupo Caiuá, com acamamento deposicional bem marcante e dois planos de fraturamento	
			F2	N230/90		
			F	N0/45		
			F2	N270/90		
			F2	N50/90		
P6	23,14,57	Arenito	F1	N320/90	Afloramento com dois planos de fraturamento alterado.	
	23,14,58		F2	N230/90		
P7	301347 7432058	Arenito	F2	N260/84		
			F	N15/90		
			S0	N360/20		
			S0	N325/16		
			F2	N235/90		
			F	N0/60		
			F	N0/52		
			F2	N255/75		

P8		Margem do rio			Medição da altura dos diques marginais (12,80 metros)	
P8a	296635 7428689	Arenito	F1	N295/58		
P9	292879 7433310	Barra em pontal			Tributário em direção oposta do curso	
P10	29041 7429344	Arenito	F2	N210/90	Fraturamento paralelo ao curso do rio	
P11	28199 7429057				Saída Ponte de Tapira. Perto da Corredeira	
P12	279392 7431385	Margem do rio			Altura da margem 11.41 metros	
P13	274201 7431629	Barra de seixos, areia e argila				
P14	274396 7433168	Arenito	S0	N0/33	Próximo a barras de areia	
	0		S0	N60/18	Altura da margem 3.08 metros	
			F2	N250/90		
P15	275081 7428159	Arenito	S0	N0/24		
			S0	N10/22		
			F2	N190/70		
			F1	N325/65		
			F1	N330/75		
P16	272702 7427982		F	N350/60		
			F2	N280/86		
P17	262995 7432630				Porto Taquara Profundidade 3,10metros	
P18		Arenito	S0	N220/18	Afloramento paralelo ao curso do rio	
			F1	N350/90		
P19	252664 7429642	Arenito	F1	N340/90		
			F2	N280/90	Laje de arenito, altura da margem	
			F1	N335/60	9.5 metros	
			F1	N340/90		
			F1	N335/90		
			F1	N320/90		
			F2	N230/80		

			F2	N228/80		
			F2	N225/80		
P20	255340 7432342	Barra de seixos				
P21	252810 7433346	Arenito	F2	N235/80		
			F1	N310/68		
			F2	N240/90		
P22a	252734 7433321	Conglomerado			Conglomerado com granodecrescência e limonitizado no topo	
P22	246878	Arenito	F1	N340/90		
	7428731					
P23	246757		F1	N310/90	A cerca de 100 metros a jusante do ponto P22	
	7428858				Arenito com estratificação cruzada planar, REJEITO DE FALHA de 2cm	
P24	240190 7433540				Aproximadamente 35 km do rio Paraná	
P25	236920 742964	Porto Jundiá			Altura da margem 5.32 metros	
P26	236920 7429645	Régua de Itaipu			RN 3506 Marco 4574, 2,20m	
P27	272185 7422015	Arenito	F2	N272/85 N242/80		
P28	220747 7414938	Arenito	F1	N310/90	Paredão das Araras	
P29	220732 7414934	Arenito	F2	N255/75	Paredão das Araras	
P30	2319034 7413804	Arenito	F1	N218/90		
P31	219030 7413804	Arenito	F	N05/70	Estratificação cruzada de grande porte	

P32	23° 08' 46" 661 52° 26' 36" 712	Arenito			Altitude 484,5 m . Topo de vertente Colinas amplas.	
P33	23° 10' 23" 474 52° 28' 00" 788	Arenito			Alt. 474,5 m . Meio de colina Drenagens bens esparsas	
P34	23° 08' 05" 802 52° 29' 17" 882	Drenagem			Alt. 352m . Pequeno córrego com leito arenoso, profundidade de .	
P35	23° 04' 55" 558 52° 32' 27" 382	Córrego			Alt. 330 m Ribeirão Paranavaí. Vale mais fechado, colinas íngremes.	
P36	23° 04' 48" 360 52° 34' 54" 244	Arenito			Alt. 416 m. Colinas amplas solo arenoso	
P37	23° 04' 59" 662 52° 36' 39" 702	Dique de basalto			Alt. 316 m . Dique de basalto amigdaloidal. Ribeirão 22 corta o dique. Bloco de rochas métricos não orientados.	
P38	23° 05' 06" 640 52° 40' 26" 665	Arenito			Alt. 435 m. Topo de colina ampla	
P39	23° 05' 57" 726 52° 40' 36" 696	Arenito			Alt. 399 m . Colina Ampla com baixa declividade.	

P40	23° 06' 35" 317 52° 44' 47" 562	Ribeirão			Alt. 300m Rio Parico, pequena drenagem com leito arenoso e mata ciliar preservada..	
P41	23° 06' 08" 531 52° 46' 13" 481	Arenito			Alt. 365 m . Colinas amplas. Área antropizada com pequena reserva florestal no topo.	
P42	23° 04' 52" 463 52° 48' 33" 420	Arenito			Alt. 360 m . Colinas amplas	
P43	23° 04' 15" 506 52° 49' 36" 536	Rineirão			Alt. 296 m Rio da Lica. Leito arenoso e pequena profundidade.	
P44	23° 08' 20" 288 52° 51' 10" 950	Arenito			Alt. 385 m. Colinas amplas . Indícios de voçorocas a 800 m a sul do ponto	
P45	23° 01' 17" 724 52° 55' 22" 667	Córrego			Alt. 440,7 m . Rio Selma . No local ponto com voçoroca recuperada.	
P46	23° 00' 06" 491 52° 59' 41" 539	Córrego		N30W	Alt. 323 m. Voçoroca nas margens do córrego.	
P47	22° 59' 54" 664 53° 03' 09" 926	Drenagem			Alt. 389 m . Porção com drenagem sem água aflorante.. Vista ao sul de Loanda com estrada de solo arenoso.	

P48	22° 57' 41" 425 53° 05' 55" 495	Rio			Alt. 330, Rio assoreado e com parte canalizada abaixo da estrada. Tubulações metálicas destruídas e substituída por concreto	
P49	22° 56' 28" 852 53° 07' 30" 000	Arenito			Alt. 360 m. Alto topográfico da vertente início do perímetro urbano de Loanda. Topo de colina	
P50	22° 56' 18" 092 53° 07' 29" 929	Arenito			Alt. 390 m . Colina ampla	
P51	22° 59' 47" 030 53° 11' 46" 974	Arenito			Córrego com leito arenoso, sem mata ciliar. Utilizado para lazer.	
P52	22° 58' 10" 069 53° 13' 03" 484	Arenito			Alt. 392 m Colinas amplas próximo a Monte Castelo.	
P53	22° 58' 11" 557 53° 24' 12" 193	Arenito			Alt. 352 m. Colinas Amplas	
P54	23° 06' 06" 048 53° 28' 81" 859	Arenito			Alt. 300 m Colinas amplas	
P55	23° 06' 32" 994 53° 29' 05" 039	Solo quaternário			Próximo ao pontal do Tigre.	

P56	23° 06' 32" 994 53° 29' 59" 099	Planície			Alt. 270 m, Planície	
P57	23° 12' 56" 499 53° 33' 33" 924	Rio Ivai			Alt. 221 m. Porto de balsa Jundiá	
P58	23° 17' 45" 991 53° 33' 54" 817	Margem esquerda do iVai.			Alt. 297m.Colinas mais íngremes.	
P59	23° 21' 59" 197 53° 36' 19" 243	Planície. Depósitos quaternários			Alt. 265 m	
P60	23° 21' 42" 601 53° 44' 18" 497	Arenito			Alt. 300 m . Vista do rio Paraná da porção sudoeste da área de estudo.	
P61	23° 46' 14" 714 53° 13' 01" 154	Arenito			Alt. 449, 6 m. Topo da Formação Caiuá Vales mais Íngremes.	

P62	23° 46' 07" 095 53° 09' 22" 303	Arenito	F1 F2	N80W/48 N N20E/90	Alt. 464 m . Arenito Arroxado a avermelhado Fraturamento Principal F1 (N80W/48N), Com planos de dezenas de metros coincidente com o corte da estrada no topo de colina Fraturamento secundário (N20E/90). Representado por pequenas juntas apertadas	
P63	23° 45' 42" 447 52° 58' 42" 481	Arenito			Alt. 490 m. Colinas amplas em topo de vertentes.	
P64	23° 46' 18" 599 42° 99' 000	Arenito			Alt. 500 m . Topo de colia ampla com mata .	
P65	23° 43' 52" 378 52° 44' 03" 387	Córrego			Alt. 382 m. Margem do rio dos Índios.	
P66	23° 43' 07" 000 62° 39' 39" 000	Arenito			Alt. 530m Colinas amplas em topo de vertente.	