

**MINEROPAR**

MINERAIS DO PARANÁ



GOVERNO DO  
PARANÁ

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA  
FOLHA DE PONTA GROSSA**

(1:100.000)



**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA  
FOLHA DE PONTA GROSSA**

**(1:100.000)**



## **GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

Roberto Requião  
Governador

Orlando Pessuti  
Vice-Governador

### **Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e Assuntos do Mercosul**

Virgílio Moreira Filho  
Secretário

#### **Minerais do Paraná - MINEROPAR**

Eduardo Salamuni  
Diretor Presidente

Rogério da Silva Felipe  
Diretor Técnico

Manoel Collares Chaves Neto  
Diretor Administrativo Financeiro



## **PROJETO**

# **MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA FOLHA DE PONTA GROSSA (1:100.000)**

## **RELATÓRIO FINAL**

(Convênio MINEROPAR/UFPR 02.06.131)

### **Equipe Executora**

Sidnei Pires Rostirolla  
Coordenador

Ary Gustavo Cândido  
Fernando Farias Vesely  
Rafael Correia de Freitas

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	5
1.1.	ESCOPO .....	5
1.2.	PERÍODO .....	7
1.3.	LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FÍSIOGRÁFICOS.....	8
1.3.1.	Localização .....	8
1.3.2.	Aspectos Físiográficos .....	9
1.4.	TRABALHOS ANTERIORES.....	17
1.4.1.	Estágio Atual de Conhecimentos – Estratigrafia .....	17
	Seqüência Ordovício-Siluriana .....	20
	Seqüência Siluro-Devoniana .....	20
	Grupo Itararé e Formação Rio Bonito.....	25
1.4.2.	Estágio Atual de Conhecimentos – Estrutural .....	35
2.	ESTRATÉGIAS DE MAPEAMENTO .....	40
2.1.	ANÁLISE MULTI-ESCALA .....	40
2.2.	PRINCÍPIOS DE ESTRATIGRAFIA MODERNA E SUA APLICAÇÃO NO MAPEAMENTO DE TERRENOS SEDIMENTARES .....	40
2.2.1.	Natureza e Hierarquias do Registro Estratigráfico .....	41
2.2.2.	Análise de Fácies.....	42
	Definição de fácies .....	42
	Sucessões de fácies.....	45
	Associações de fácies e elementos arquitetônicos .....	46
	Classificação de fácies .....	47
	Modelos de fácies e sistemas deposicionais.....	50
2.2.3.	Estratigrafia de Seqüências .....	52
	Variáveis e conceitos fundamentais .....	53
	Superfícies-chave.....	56
	Parasseqüências e padrões de empilhamento.....	58
	Seqüências e tratos de sistemas deposicionais .....	61
2.3.	ANÁLISE ESTRUTURAL E ANÁLISE DE IMAGENS – OBTENÇÃO DE FEIÇÕES ESTRUTURAIS A PARTIR DE SENSORES REMOTOS .....	65
2.3.1.	Procedimentos para Obtenção de Elementos Estruturais com o Modelo SRTM90 (Shuttle Radar Topography Mission – SRTM - Elevation Dataset).....	65
2.3.2.	Procedimentos para Obtenção de Elementos Estruturais com Imagens Landsat7 ETM+ .....	69
3.	ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS.....	75
3.1.	ORGANIZAÇÃO DOS DADOS NÃO GEORREFERENCIADOS.....	76
3.2.	ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EM AMBIENTE SIG .....	76
4.	ANÁLISE DA ÁREA.....	81
4.1.	ESTRATIGRAFIA .....	81
4.1.1.	Procedimentos em Análise Estratigráfica.....	81
	Análise estratigráfica regional em subsuperfície .....	81
	Análise estratigráfica em superfície.....	83
	Marcos estratigráficos .....	86
	Fotointerpretação aplicada à análise estratigráfica .....	89
	Vetorização dos elementos foto-interpretados .....	89
4.1.2.	Resultados da análise estratigráfica .....	92
	Embasamento pré-cambriano .....	92
	Seqüência Ordovício-Siluriana .....	93
	Seqüência Siluro-Devoniana .....	93
	Formação Ponta Grossa .....	95

Seqüência Permocarbonífera .....	98
Formação Lagoa Azul.....	98
Formação Campo Mourão .....	101
Formação Taciba.....	105
Correlação estratigráfica no Grupo Itararé .....	108
Formação Rio Bonito .....	111
Formação Serra Geral .....	112
Depósitos Aluvionares .....	113
4.1.3. Fotointerpretação - Estratigrafia .....	114
Relações de Contato .....	114
4.2. ESTRUTURAL.....	119
4.2.1. Procedimento para análise estrutural.....	119
Indicadores de Deformação Rúptil em Bacias Sedimentares.....	119
Possíveis Tipos de Indicadores Cinemáticos Observáveis e suas Aplicações.....	119
Estrias e degraus (steps).....	120
Juntas Dilatacionais e Plumosas .....	120
Pares Conjugados .....	121
Faturas Escalonadas.....	121
4.2.2. Descrição do Registro Estrutural nos Pontos de Afloramentos .....	122
4.2.3. Elementos Estruturais Cartografados.....	150
Resultados da análise estrutural - Modelo tectônico adotado .....	156
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	159
6. ANEXOS.....	170
Anexo 01 – Perfil NE-SW da área mapeada	
Anexo 02 – Tabela de localização e unidade estratigráfica dos pontos descritos	
Anexo 03 – Descrição dos afloramentos	
Anexo 04 – Mapa Geológico da Folha de Ponta Grossa – 1:100.000	

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ESCOPO

O objetivo principal do projeto consistiu em mapear a Folha de Ponta Grossa (SG-22-X-C-II) na escala 1:100.000 (Anexo 01). Como a maioria da área mapeada (~95 %) compreende terrenos sedimentares, além da cartografia sistemática da folha, estabeleceram-se como objetivos secundários definir e testar uma metodologia para mapeamento de áreas sedimentares e elaborar um guia para aplicação de técnicas específicas em várias escalas, para mapeamento de terrenos congêneres.

A estratégia adotada para mapeamento consistiu em coletar e interpretar as informações de modo seqüencial, com contínuo adensamento de aumento da resolução dos dados. Conseqüentemente, a escala de representação cartográfica pôde ser ampliada. O ponto fundamental é que a tomada de decisões em todas as etapas dependeu dos resultados obtidos nas etapas anteriores e da previsibilidade quanto à obtenção de novos dados nas etapas seguintes (Figura 1.1).

No caso da folha de Ponta Grossa, a escolha dos métodos dependeu da disponibilidade dos dados. Dessa forma, optou-se por utilizar imagens SRTM e Landsat e fotos aéreas na fase de reconhecimento e trabalhos de campo para a fase de detalhamento. Paralelamente, foram aplicados conceitos modernos de estratigrafia de seqüências, análise de fácies e análise estrutural sistemática (descritiva, cinemática e dinâmica). O resultado obtido foi um mapa final onde as unidades mapeadas estão representadas por associações litológicas descritas conforme os modelos de fácies, sistemas e seqüências deposicionais (e.g. Van Wagoner *et al.*, 1990; Walker & James, 1992; Miall, 1999) e cujas estruturas deformacionais de caráter rúptil não foram negligenciadas.

A Folha de Ponta Grossa compreende unidades com detalhamento heterogêneo em termos de mapeamento geológico. A folha como um todo foi objeto de mapeamento por parte da Petrobras e CPRM, enquanto a Formação Rio Bonito foi alvo de detalhe em levantamentos efetuados pela CPRM, Mineropar e Nuclebras no âmbito de projetos para prospecção de carvão e urânio. O Grupo Itararé pôde ter a subdivisão litoestratigráfica correlacionada à de França & Potter (1988) (formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba). O Grupo Paraná, por sua vez, pode ser dividido apenas nos termos das formações Furnas e Ponta Grossa, apesar de apresentar potencial para subdivisão nos ciclos inferior, médio e superior, para a Formação Furnas (cf. Assine, 1996), e membros Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos, para a Formação Ponta

Grossa. Consideram-se complementares os propósitos de ampliar o conhecimento geológico da região (mapa e texto explicativo) e de organizar uma sistemática de cartografia em áreas sedimentares, tendo como produto o presente guia prático para mapeamento.

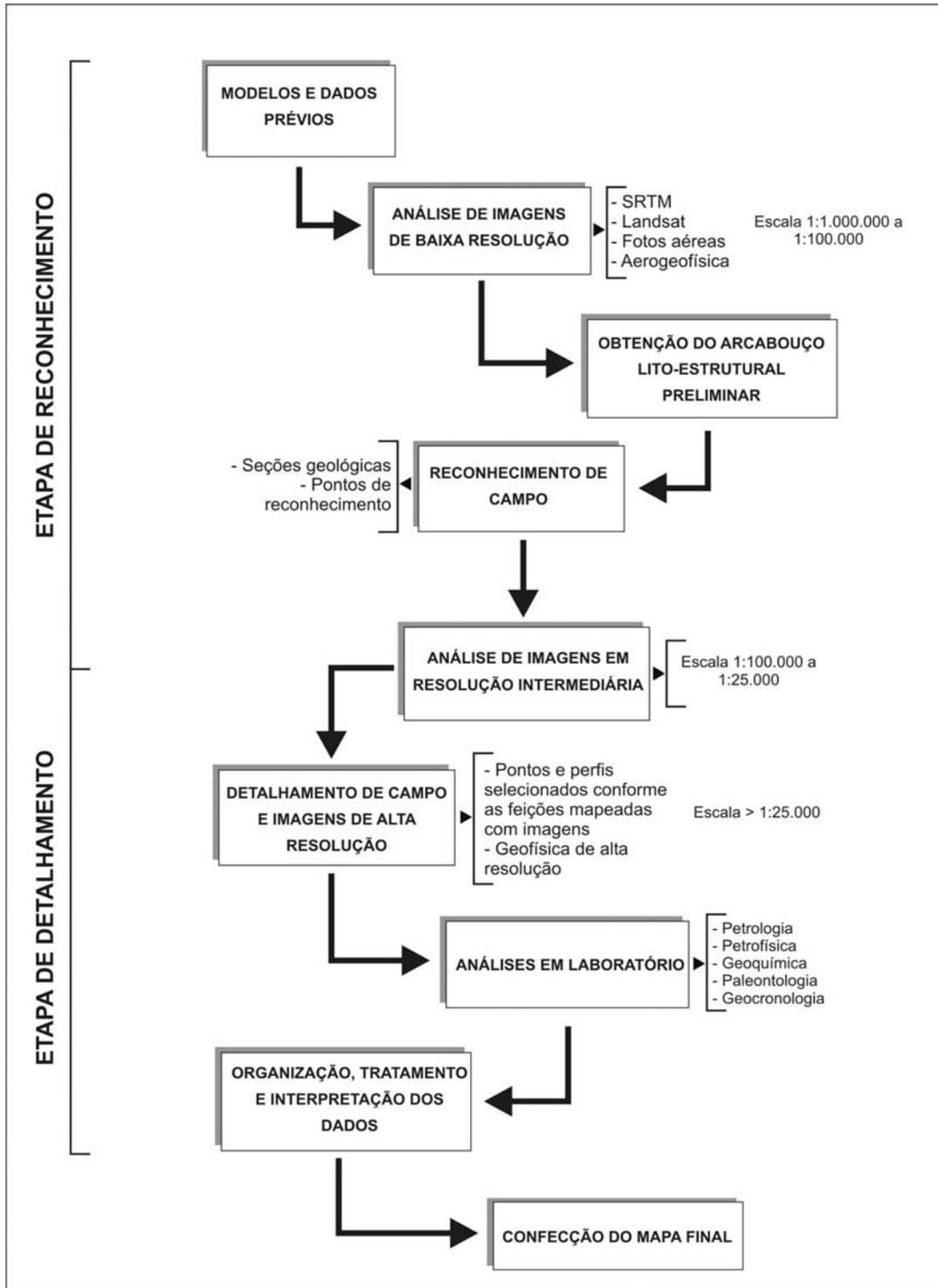


Figura 1.1 – Fluxograma ideal de procedimentos para mapeamento geológico em terrenos sedimentares.

## 1.2. PERÍODO

As atividades desenvolvidas no mapeamento geológico da Folha de Ponta Grossa em escala 1:100.000, estenderam-se no período de janeiro a julho de 2006.

A compilação de documentos existentes, tais como documentos bibliográficos, documentos digitais (mapas prévios, modelo SRTM90, e cenas de satélite Landsat7), foi realizada apenas no primeiro mês de trabalho.

Já trabalhos de análise geológica (i.e. fotointerpretação, trabalhos de campo), bem como as atividades de escritório relacionadas a tais análises (i.e. georreferenciamento de fotografias aéreas fotointerpretadas e digitalização de dados geológicos), estenderam-se durante todo o período de mapeamento, uma vez que seus resultados eram reavaliados a cada nova informação levantada.

As cinco etapas de campo foram realizadas nas seguintes datas:

- Etapa 01 → 07 a 11/02/2006
- Etapa 02 → 21 a 25/03/2006
- Etapa 03 → 24 a 29/04/2006
- Etapa 04 → 04 a 10/06/2006
- Etapa 05 → 05 e 06/07/2006

A elaboração do mapa geológico acompanhou o desenvolvimento dos trabalhos de fotointerpretação, pois à medida que a fotointerpretação evoluía, imediatamente os contatos e feições geológicas eram vetorizadas (digitalizadas).

Foram confeccionados cinco relatórios parciais e o presente relatório final. A confecção dos relatórios parciais se deu durante todo o decorrer do trabalho, sendo entregues ao final de cada mês. O presente relatório foi confeccionado no sexto mês e teve como base a compilação dos relatórios parciais, somado a novas informações.

Atividade	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês	6º mês
Compilação de documentos existentes	■					
Fotointerpretação	■	■	■	■	■	
Interpretação de imagem de satélite e MDE	■	■				
Trabalhos de campo		■	■	■	■	
Organização, tratamento e análise dos dados de campo		■	■	■	■	
Georreferenciamento das fotografias aéreas		■	■	■	■	
Digitalização da base topográfica e dos dados geológicos	■	■	■	■	■	■
Construção do banco de dados				■	■	■
Integração dos dados e confecção do mapa geológico				■	■	■
Redação da nota explicativa						■

Tabela 1.1 – Cronograma simplificado das atividades desenvolvidas

### **1.3. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS**

#### **1.3.1. Localização**

A área mapeada é delimitada pelas coordenadas: 50° 30'0" W - 25° 0'00" S e 50°0'0" W - 25° 30'00" S. Localiza-se na região sudeste do Estado do Paraná (Figura 1.2) e as maiores cidades inseridas na área são: Ponta Grossa, Palmeira, Teixeira Soares e Uvaia. Ponta Grossa é a principal cidade da região, configurando um importante entroncamento rodo-ferroviário, cujas principais vias de acesso são:

- Rodovia BR 376 - Rodovia do Café - Elo de ligação do Porto de Paranaguá ao Norte e Noroeste paranaense.
- Rodovia BR 376/277 - Trecho Ponta Grossa-Curitiba-Paranaguá, é a ligação do município com a Capital e o Porto de Paranaguá.
- Rodovia BR 277 - Proporciona acesso às regiões Oeste e Sudoeste do Paraná, Paraguai e Argentina.
- Rodovia PR 151 - Permite ligação com o estado de São Paulo (Itararé), através da região Nordeste do Estado.

Alguns ramais ferroviários ativos e inativos estão presentes na área (Figura 1.2), são eles: Balsa Nova → Ponta Grossa, Palmeira → Ponta Grossa, Cascavel → Ponta Grossa, Prudentópolis → Ponta Grossa, Apucarana → Ponta Grossa, Piraí do Sul → Ponta Grossa e Morro Azul → Ponta Grossa.

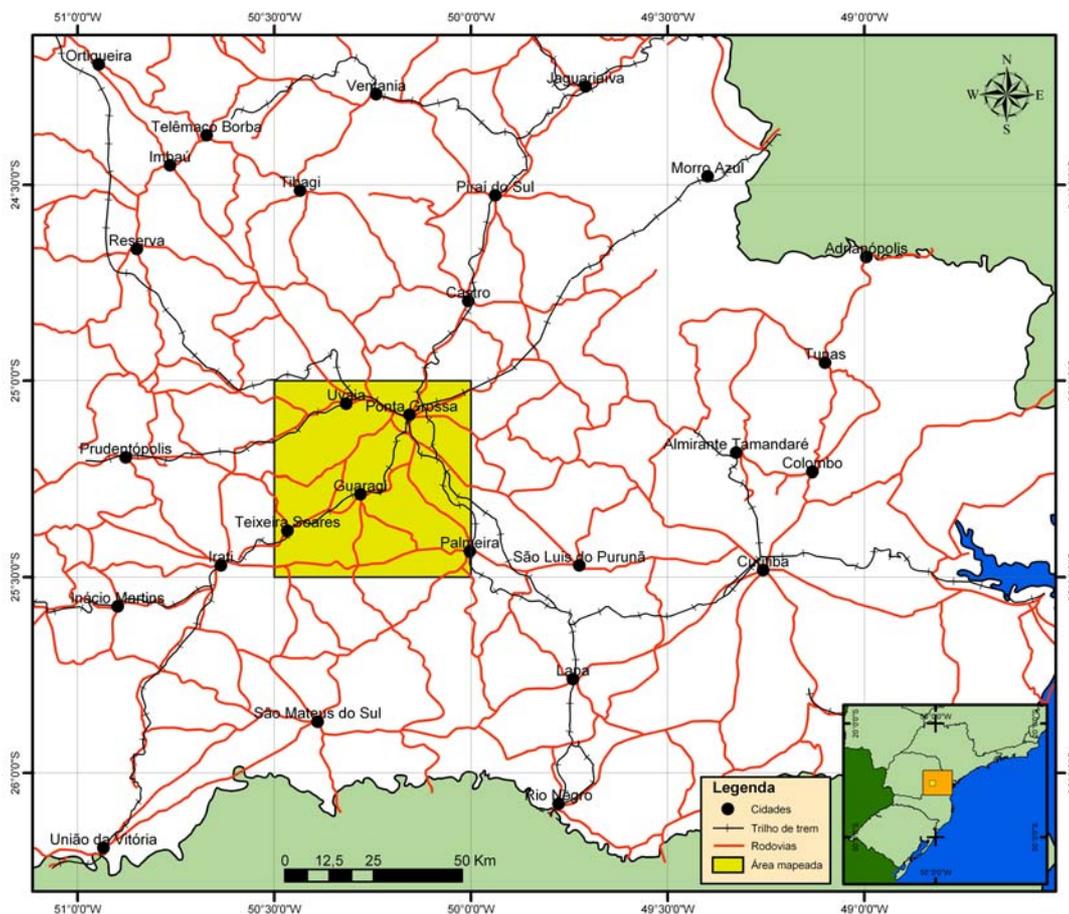


Figura 1.2 – Mapa de localização da Folha de Ponta Grossa.

### 1.3.2. Aspectos Fisiográficos

A Folha Ponta Grossa insere-se quase inteiramente no Segundo Planalto Paranaense (Maack, 1948). Exceções encontram-se na porção NE desta folha, onde são observados elementos da “Escarpa Devoniana” e do Primeiro Planalto (Embasamento Pré-Cambriano).

O Segundo Planalto caracteriza-se como uma faixa com média de 100 km de largura, limitada pela “Escarpa Triássica” (ou Escarpa da Serra Geral) a oeste e norte e pela “Escarpa Devoniana” a leste. Na parte leste do Segundo Planalto, no reverso da Escarpa Devoniana, as altitudes máximas atingem 1290 metros nas proximidades do município de Tibagi, diminuindo até cerca de 511 metros no leito do Rio Tibagi, quando este atravessa a Escarpa da Serra Geral, no limite entre o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense. O relevo no Segundo Planalto Paranaense é contrastante. Junto à Escarpa Devoniana as amplitudes são grandes, com encostas abruptas, *canyons* e trechos encaixados dos rios, inúmeras cachoeiras e corredeiras sobre leito rochoso. Afastando-se da Escarpa Devoniana, no sentido oeste e noroeste, predomina paisagem de topografia suavemente ondulada de configuração muito uniforme,

formada por colinas e outeiros. Outras feições morfológicas presentes neste planalto são as furnas e os relevos ruiformes, particularmente na região dos Campos Gerais.

Nas proximidades da Escarpa da Serra Geral, destacam-se mesetas, colinas e morros testemunhos, formados por rochas vulcânicas (derrames de basalto da Formação Serra Geral). No Segundo Planalto, os morros testemunhos também aparecem sustentados por arenitos do Grupo Itararé, como é o caso do Morro do Jacaré, em Tibagi e da Serra do Monge na Lapa. Os principais rios do Segundo Planalto Paranaense são o Iguaçu e o Negro, o Tibagi e seus afluentes da margem direita Pitangui e Iapó, e o Itararé. Os rios Iguaçu, Negro, Pitangui, Iapó e Itararé são rios antecedentes, isto é, são mais antigos que o relevo escalonado atual, e, vindos de leste e dirigindo-se para oeste ou norte, atravessam as escarpas em gargantas profundas esculpidas pela erosão. Já o rio Tibagi, que possui suas nascentes nos Campos Gerais, no próprio Segundo Planalto, é um exemplo de rio consequente, isto é, acompanhando o declive do relevo regional até próximo da Escarpa da Serra Geral, onde passa a comportar-se também como um rio antecedente (UEPG, 2006). O posicionamento da Folha Ponta Grossa na fisiografia do Estado do Paraná pode ser observada na Figura 1.3.

A variação altimétrica na Folha Ponta Grossa compreende mínimos de 760 metros associados à calha do Rio Tibagi e seus afluentes, enquanto os máximos referem-se à borda da “Escarpa Devoniana”, posicionada na porção nordeste da área, com altitudes máximas de aproximadamente 1100 metros (Figura 1.4 - Hipsometria).

Com relação à declividade, a área apresenta um padrão mormente baixo, com morfologia associada a grandes comprimentos de onda. Grandes áreas planas, associadas a planícies de inundação podem ser observadas (Figura 1.4 - Declividade). Alguns locais com maior concentração de encostas com maiores declividades podem ser observados associados também à “Escarpa Devoniana”, na porção nordeste da área.

Um aspecto geral da configuração da paisagem da Folha Ponta Grossa pode ser observada na perspectiva da Figura 1.5.

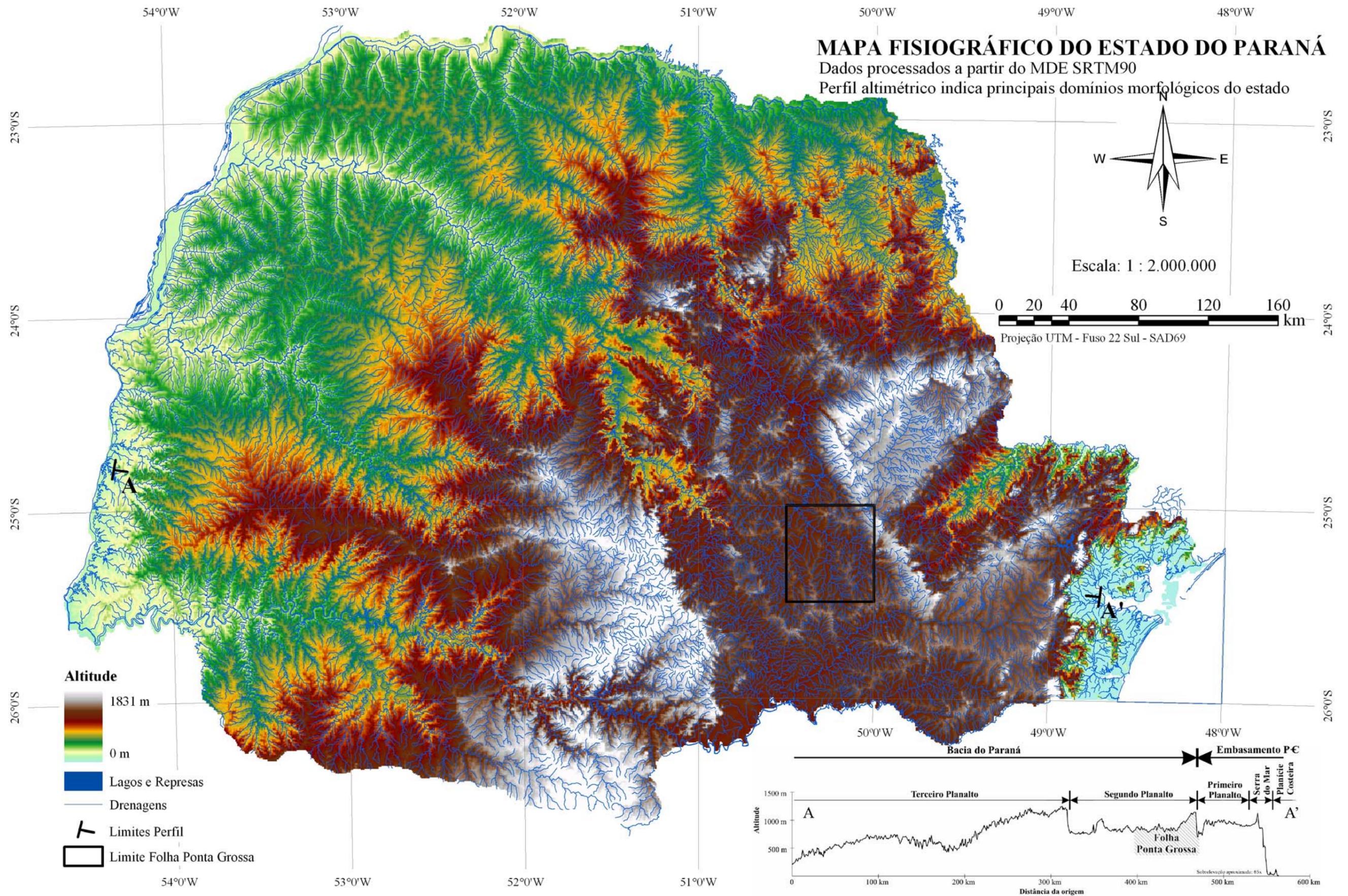


Figura 1.3 - Mapa Fisiográfico do Estado do Paraná

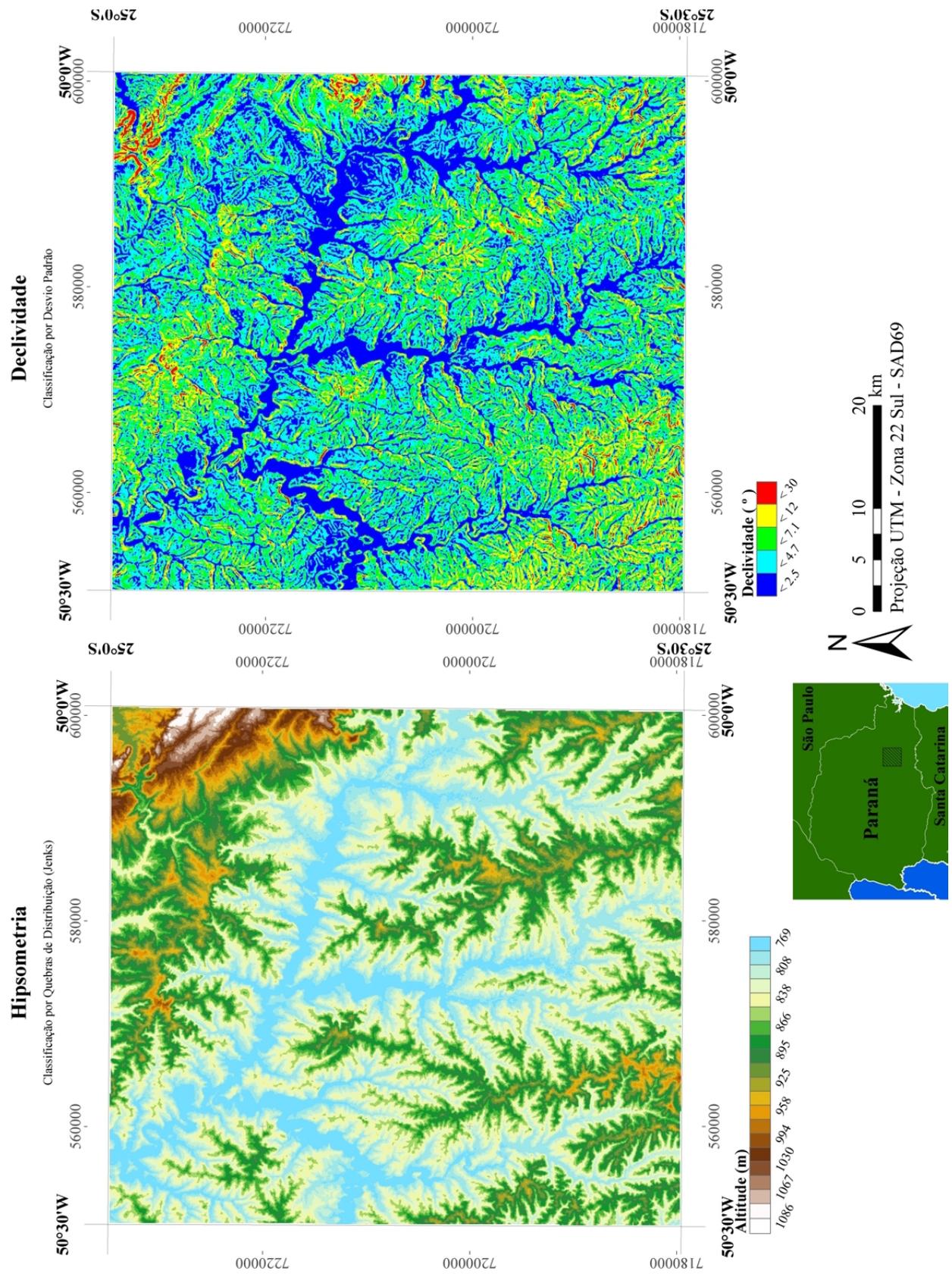


Figura 1.4 – Hipsometria e Declividade para a Folha Ponta Grossa. Dados processados a partir do MDE SRTM90.

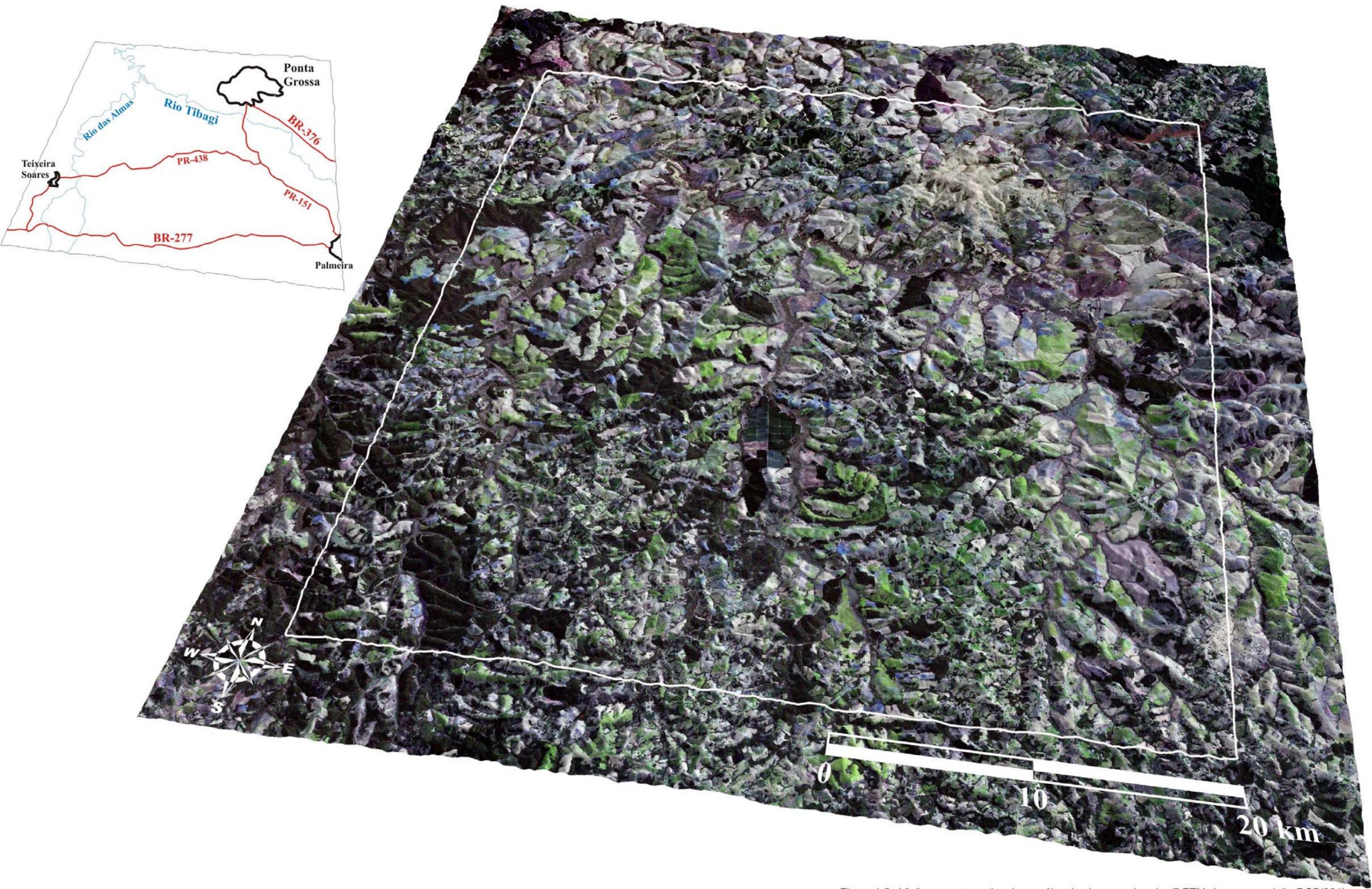


Figura 1.5 - Visão em perspectiva do mosaico das imagens Landsat7 ETM+(em composição RGB/321) sobreposto ao MDE SRTM90 reamostrado para malha regular de 200 m.

## 1.4. TRABALHOS ANTERIORES

### 1.4.1. Estágio Atual de Conhecimentos – Estratigrafia

A folha de Ponta Grossa compreende, em quase sua totalidade, unidades estratigráficas paleozóicas da Bacia do Paraná, excetuando uma pequena porção de rochas ígneas precambrianas/eopaleozóicas no extremo nordeste da área (Figura 1.6). Na Figura 1.7 está ilustrada a carta estratigráfica mais amplamente adotada para Bacia do Paraná, com referência à nomenclatura formal publicada por Milani *et al.* (1994).

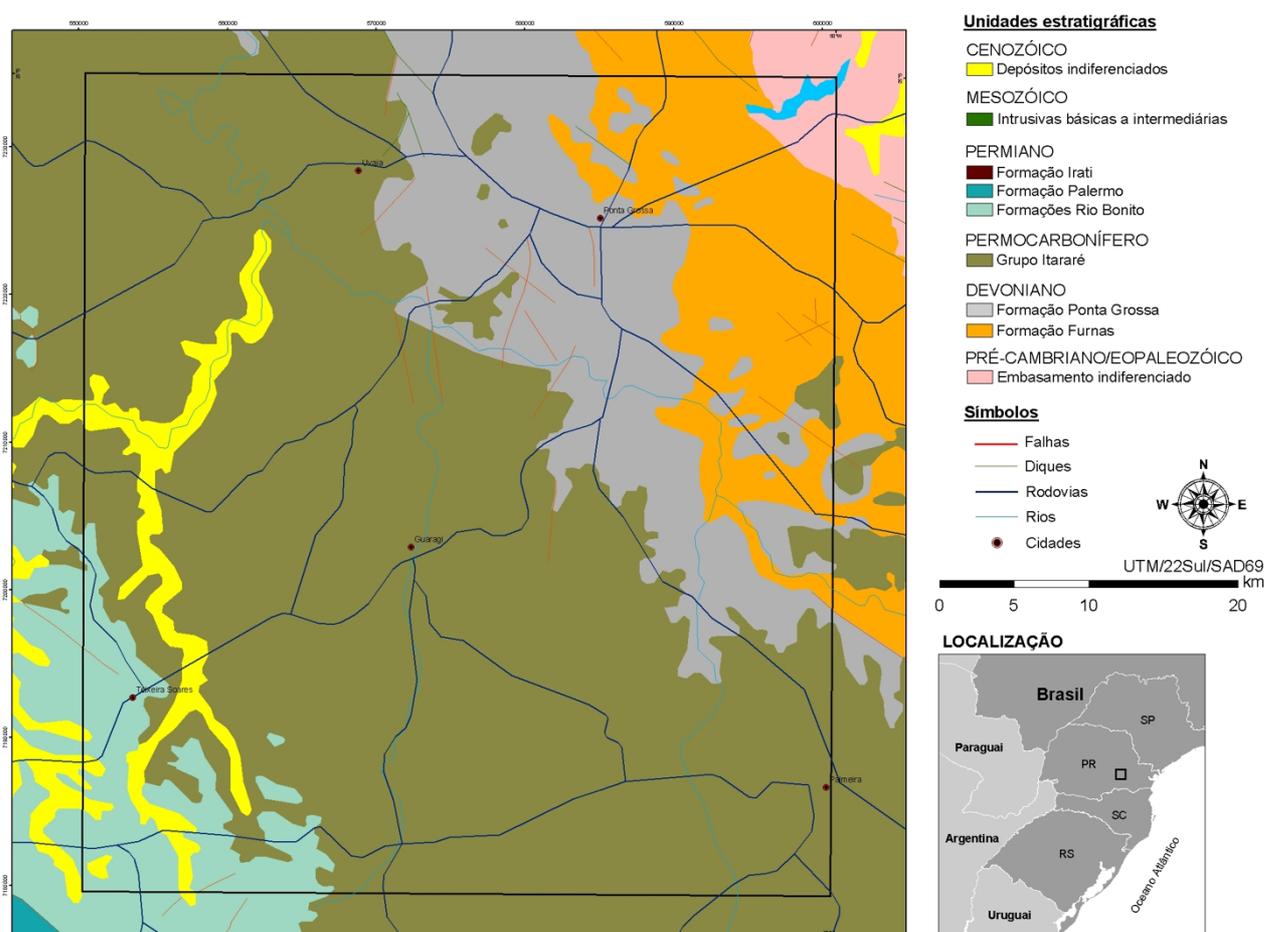


Figura 1.6 – Mapa geológico simplificado da área englobada pela folha de Ponta Grossa (Mineropar, 1989).

A base do empilhamento é constituída por rochas cristalinas do embasamento da bacia, pertencentes ao complexo granítico Cunhaporanga (Mineropar, 1989). O intervalo sedimentar clástico da Bacia do Paraná, que assenta em discordância erosiva sobre os granitos, é representado por três seqüências de 2ª ordem limitadas por desconformidades regionais – Ordovício-Silurina, Siluro-Devoniana e Permocarbonífera. A Seqüência Ordovício-Siluriana é representada por arenitos, conglomerados, folhelhos e diamictitos do Grupo Rio Ivaí (Assine, 1996), considerado a

unidade basal da Bacia do Paraná. A Seqüência Siluro-Devoniana ou Superseqüência Paraná (Milani, 1997) é constituída na base por arenitos e conglomerados da Formação Furnas, seguidos em contato concordante por folhelhos, arenitos e siltitos da Formação Ponta Grossa. Disposta em discordância erosiva e angular sobre a Formação Ponta Grossa, está a Seqüência Permocarbonífera ou Superseqüência Gondwana I de Milani (1997), que na folha mapeada compreende estratos do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, representando apenas o segmento transgressivo (2ª ordem) da superseqüência.

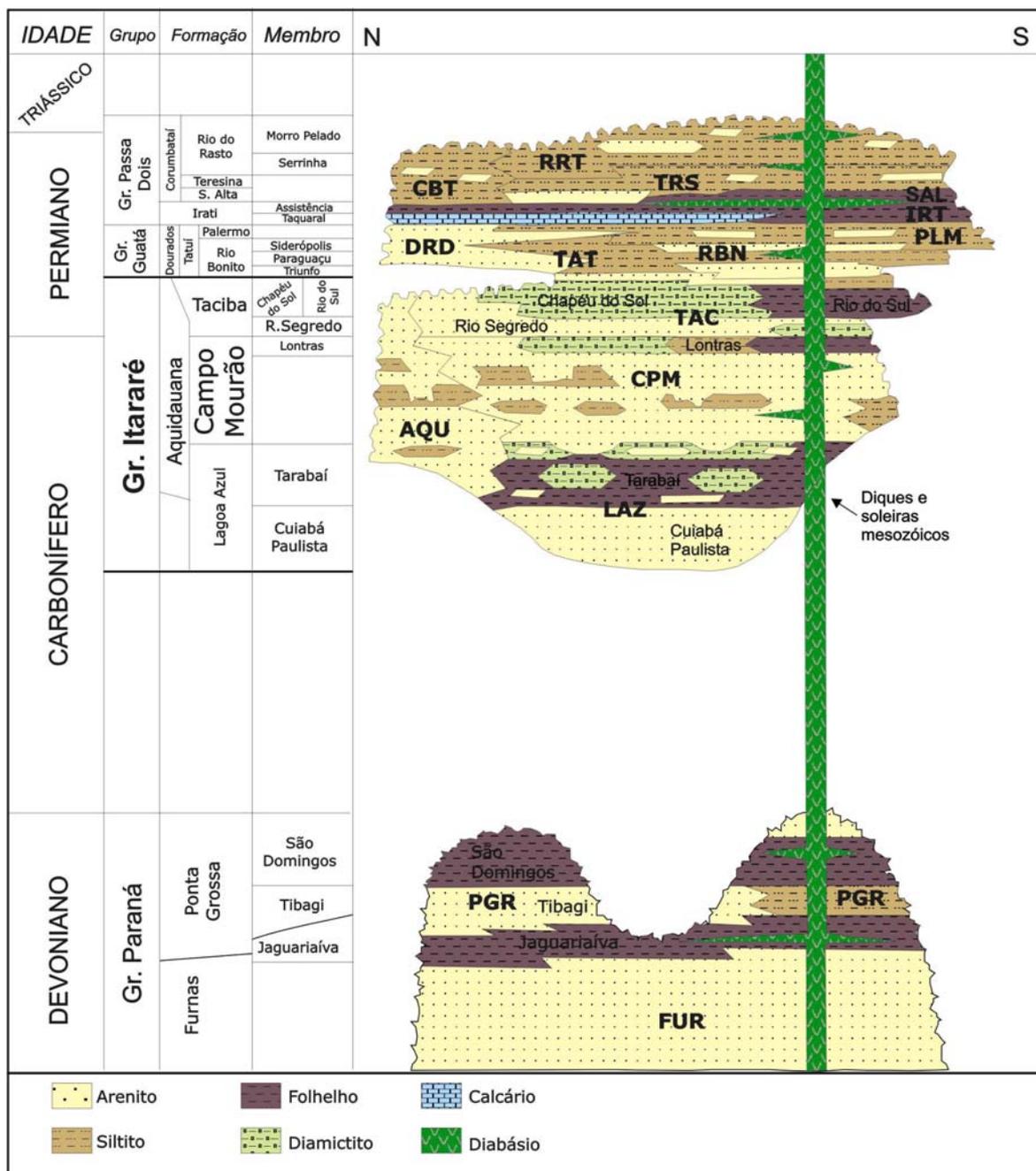


Figura 1.7 – Carta estratigráfica das seqüências siluro-devoniana e permocarbonífera da Bacia do Paraná (modificado de Milani, 1994).

Em termos de cartografia, o conhecimento geológico da Folha de Ponta Grossa deve-se ao mapeamento na escala 1:100.000 executado pela Petrobrás na década de 1970 (Andrade & Soares, 1971), que alguns anos mais tarde foi compilado e atualizado pela CPRM no âmbito do projeto Borda Leste da Bacia do Paraná (Aboarrage & Lopes, 1986). Para o extremo sudeste da área, conta-se com o mapeamento 1:10.000 executado pela Mineropar em parceria com a Nuclebras, cujo objetivo foi o detalhamento da Formação Rio Bonito com vistas à prospecção de carvão e urânio (Cava, 1983) (Figura 1.8).

Conforme previsto no planejamento de atividades, um dos objetivos centrais do presente projeto é avaliar a possibilidade de subdivisão do Grupo Itararé e contribuir para o avanço no entendimento dessa unidade em termos do seu arcabouço estratigráfico em superfície. Justifica-se o maior detalhamento do Grupo Itararé devido aos seguintes aspectos: 1. importância volumétrica, já que a unidade ocupa cerca de 65% da área estudada; 2. caráter de ineditismo, devido ao fato da unidade ser considerada indivisa em quase toda a faixa aflorante Bacia do Paraná; 3. melhor direcionamento da atividade mineral na folha mapeada, com destaque para areia, argila, diamante e carvão; 4. importante contribuição para a integração geológica da bacia, sobretudo no que se refere à homogeneização da nomenclatura concebida para superfície e subsuperfície, com repercussão na exploração de gás.

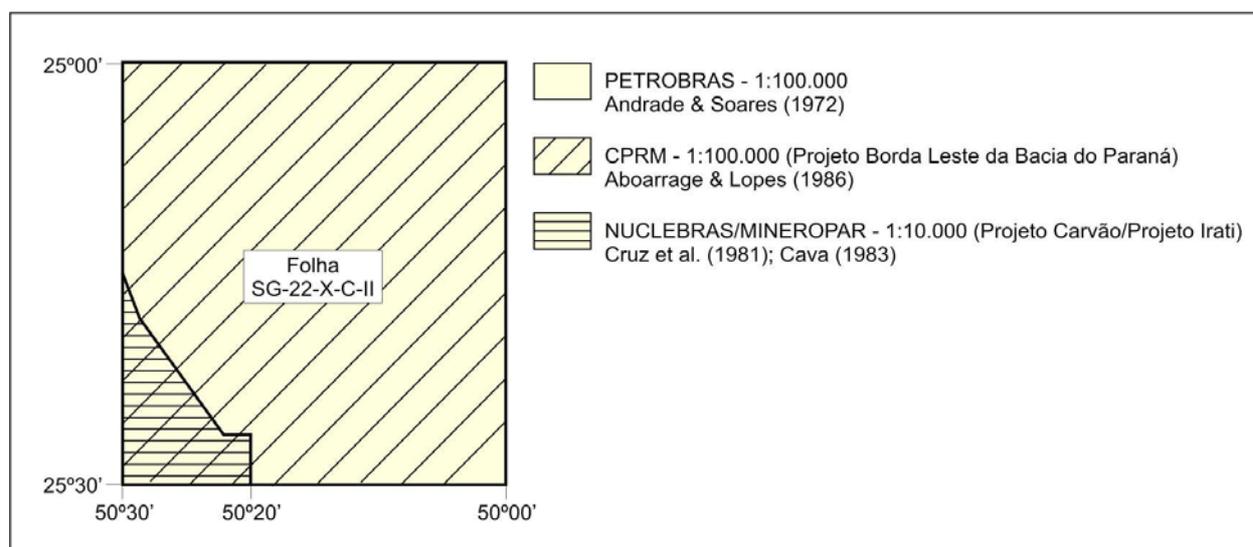


Figura 1.8 – Cobertura da Folha de Ponta Grossa por mapeamentos prévios.

## **Seqüência Ordovício-Siluriana**

Representa a seção mais antiga da Bacia do Paraná, assentando-se diretamente sobre o embasamento pré-cambriano/eopaleozóico. É litoestratigraficamente denominada de Grupo Rio Ivaí, que engloba, da base para o topo, as formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria (Assine, 1996). A Formação Alto Garças constitui-se de conglomerados e arenitos aluviais a marinhos e ocorre de forma mais expressiva nas bordas norte e noroeste da bacia e em alguns poços na porção central. A Formação Iapó constitui-se de diamictitos glaciais, arenitos e lamitos associados, sendo até o momento a única unidade do grupo verificada em afloramentos do flanco leste da bacia (e.g. Maack, 1950-51). A Formação Vila Maria, bem representada na parte norte da bacia, é composta por folhelhos marinhos avermelhados, com intercalações de bancos arenosos.

A presença do Grupo Rio Ivaí em afloramentos no Estado do Paraná restringe-se a ocorrências isoladas da Formação Iapó sotopostas ao arenito Furnas na Serra de São Joaquim, próximo a Piraí do Sul (Maack, 1950-51), e no cânion do rio São Jorge em Ponta Grossa (Borghi & Schubert, 1995). Os diamictitos da referida formação assentam em discordância erosiva sobre granitos do embasamento pré-cambriano ou sobre rochas vulcanogênicas do Grupo Castro.

Segundo o modelo evolutivo proposto por Assine (1996) e Assine *et al.* (1998), o desenvolvimento da sedimentação do Grupo Rio Ivaí foi controlado por um grande ciclo deposicional ligado à glaciação no limite Ordoviciano/Siluriano. Nesse quadro, deve-se aos arenitos da Formação Alto Garças o papel de sedimentos da fase pré-glacial, truncados no topo por superfície de erosão glacial. O pico da expansão das geleiras ficou registrado em tilitos e depósitos associados da Formação Iapó, que encontram correlatos em várias bacias gonduânicas. Com o recuo do gelo, as fácies glaciogênicas foram afogadas por um corpo d'água marinho, no qual depositaram-se os sedimentos transgressivo-regressivos pós-glaciais da Formação Vila Maria.

## **Seqüência Siluro-Devoniana**

A seção siluro-devoniana da Bacia do Paraná é representada pelas rochas siliciclásticas do Grupo Paraná, tradicionalmente subdividido nas formações Furnas e Ponta Grossa desde o trabalho de Petri (1948). A idade do início da sedimentação dessa seqüência é tema polêmico, já que a Formação Furnas é essencialmente arenosa e não apresenta fósseis com significativo valor cronoestratigráfico. Embora praticamente todo o Grupo Paraná seja posicionado no Devoniano pela maioria dos

autores (e.g. Daemon *et al.*, 1967; Assine, 1996), na concepção de outros pesquisadores, tais como Zalán *et al.* (1987) e Bergamaschi (1999), a deposição da Formação Furnas iniciou-se ainda no Siluriano (Pridoliano), estendendo-se até o Eodevoniano (Lochkoviano). Segundo o esquema bioestratigráfico apresentado por Daemon *et al.* (1967), a Formação Ponta Grossa apresenta idade emsiana-frasniana (Devoniano Inferior a Superior).

A Formação Furnas é uma unidade de geometria tabular, com espessuras na ordem de 250 a 300 m e constituída quase que exclusivamente por arenitos e subordinadamente conglomerados e fácies heterolíticas siltico-arenosas. O ambiente sedimentar da unidade é objeto de muita discussão e vários modelos já foram propostos, desde essencialmente fluviais (e.g. Zalán *et al.* 1987), fluviais a transicionais (e.g. Soares, 1991), transicionais a marinhos (e.g. Bergamaschi, 1999) e essencialmente marinhos (e.g. Assine, 1996). No âmbito da porção paranaense da faixa de afloramentos, os estudos mais recentes atribuem-se aos trabalhos desenvolvidos por Assine (1996) e Bergamaschi (1999), para o Grupo Paraná como um todo, e Assine (1999) para a Formação Furnas.

Na concepção de Assine (1999), a Formação Furnas pode ser subdividida em 3 unidades com associações de fácies e padrões de paleocorrentes distintos, denominadas inferior, média e superior (Figura 1.9). A identificação das unidades baseou-se em seções levantadas no cânion do rio Iapó em Tibagi-PR (Guartelá), onde os três intervalos podem ser diferenciados no perfil topográfico das escarpas de arenito. Assine (1999) sugere que as três unidades enquadram-se na categoria de membros na classificação litoestratigráfica, sendo reconhecidas em subsuperfície e mapeáveis em toda a faixa de afloramentos oriental da Formação Furnas.

O topo da Formação Furnas é marcado por um intervalo granodecrescente para cima, o qual foi denominado de Camadas de Transição por Petri (1948). O intervalo, caracterizado pela intercalação de arenitos finos com siltitos, apresenta fósseis com afinidades à Formação Ponta Grossa, o que segundo Assine (1996) comprova o contato concordante entre as duas unidades. No entanto, na opinião de Zalán *et al.* (1987), o contato Furnas/Ponta Grossa representa uma discordância relacionada a um hiato de aproximadamente 10 Ma.

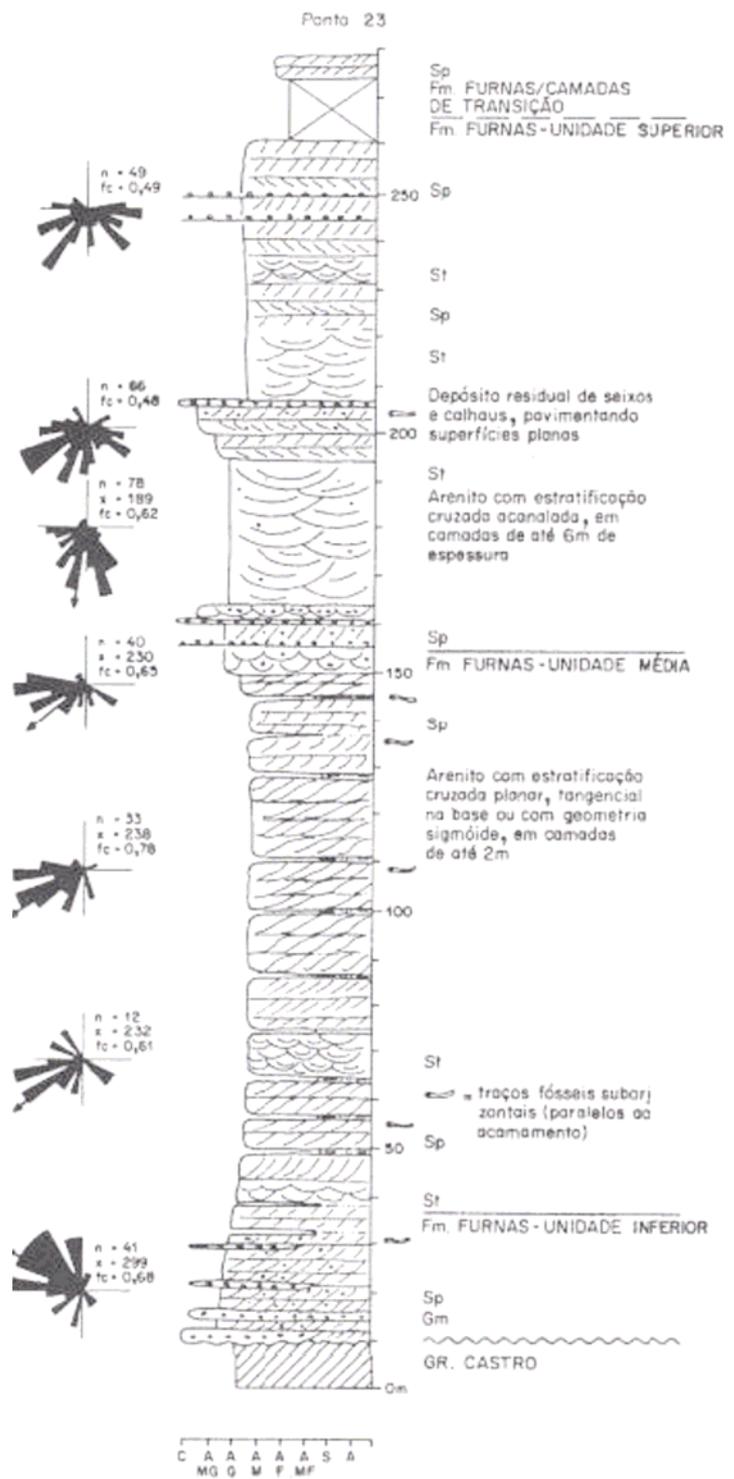


Figura 1.9 – Empilhamento estratigráfico da Formação Furnas no cânion do rio Lapó (Assine, 1999).

A Formação Ponta Grossa foi depositada do Praguiano ao Frasniano em um ambiente marinho plataformal, evidenciado pela abundância de macro e microfósseis. O perfil vertical da unidade evidencia uma sucessão essencialmente pelítica que atinge espessura máxima de 654 m no poço de Apucarana-PR (2-AP-1-PR). Espessuras típicas no leste do Paraná situam-se entre 0 e 350 m. No topo, a unidade é truncada em discordância angular pelos estratos neocarboníferos do Grupo Itararé, estando

ausente por erosão a partir da região de Vila Velha para sul, onde fácies basais do Grupo Itararé assentam diretamente sobre a Formação Furnas (Figura 1.10).

Lange & Petri (1967, *apud* Assine, 1996) propuseram a divisão tripartite da Formação Ponta Grossa nos membros Jaguariaíva (folhelhos e folhelhos silticos muito fossilíferos), Tibagi (arenitos muito finos a finos intercalados com siltitos bioturbados) e São Domingos (folhelhos com intercalações de arenitos finos), esse último menos fossilífero do que o Mb. Jaguariaíva. No perfil do poço 2-AP-1-PR, onde a Formação Ponta Grossa atinge o maior registro estratigráfico preservado da erosão pré-Itararé, aparece ainda uma seção arenosa acima do folhelho São Domingos, representando segmento regressivo de provável idade Famenniana.

Segundo o modelo seqüencial de Assine (1996), o empilhamento estratigráfico do Grupo Paraná comporta 3 seqüências de 3ª ordem relacionadas a 3 ciclos transgressivo-regressivos (Figura 1.11). Nesse modelo, o autor admite a existência de um limite de seqüência interno na Formação Furnas, limitando as unidades II e III, e indica a presença de 3 superfícies de inundação máxima rastreáveis em toda a bacia, posicionadas respectivamente na unidade II da Formação Furnas, no Membro Jaguariaíva e no Membro São Domingos.

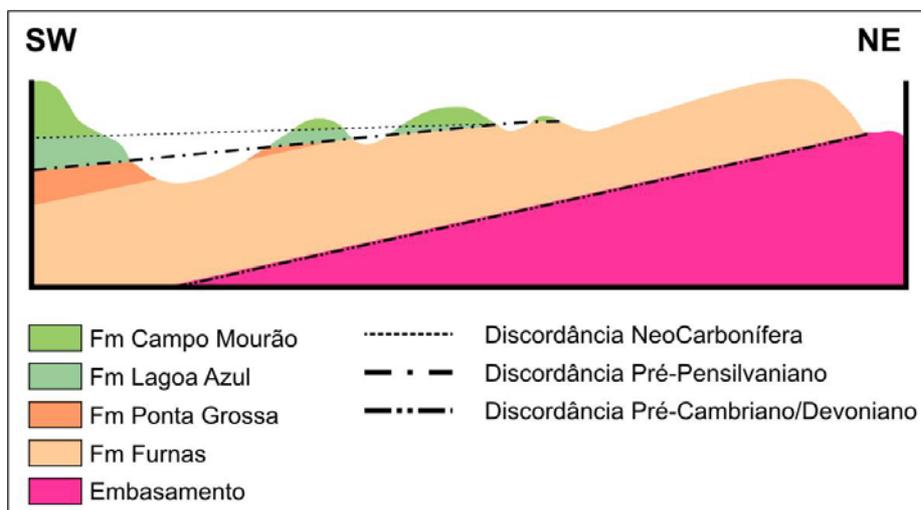


Figura 1.10 – Seção geológica transversal ilustrando a discordância angular entre os grupos Paraná e Itararé no flanco sul do Arco de Ponta Grossa (modificado de Assine, 1996). Notar o acunhamento das formações Lagoa Azul, Ponta Grossa e Furnas para sudeste, em direção à atual borda erosiva da bacia.

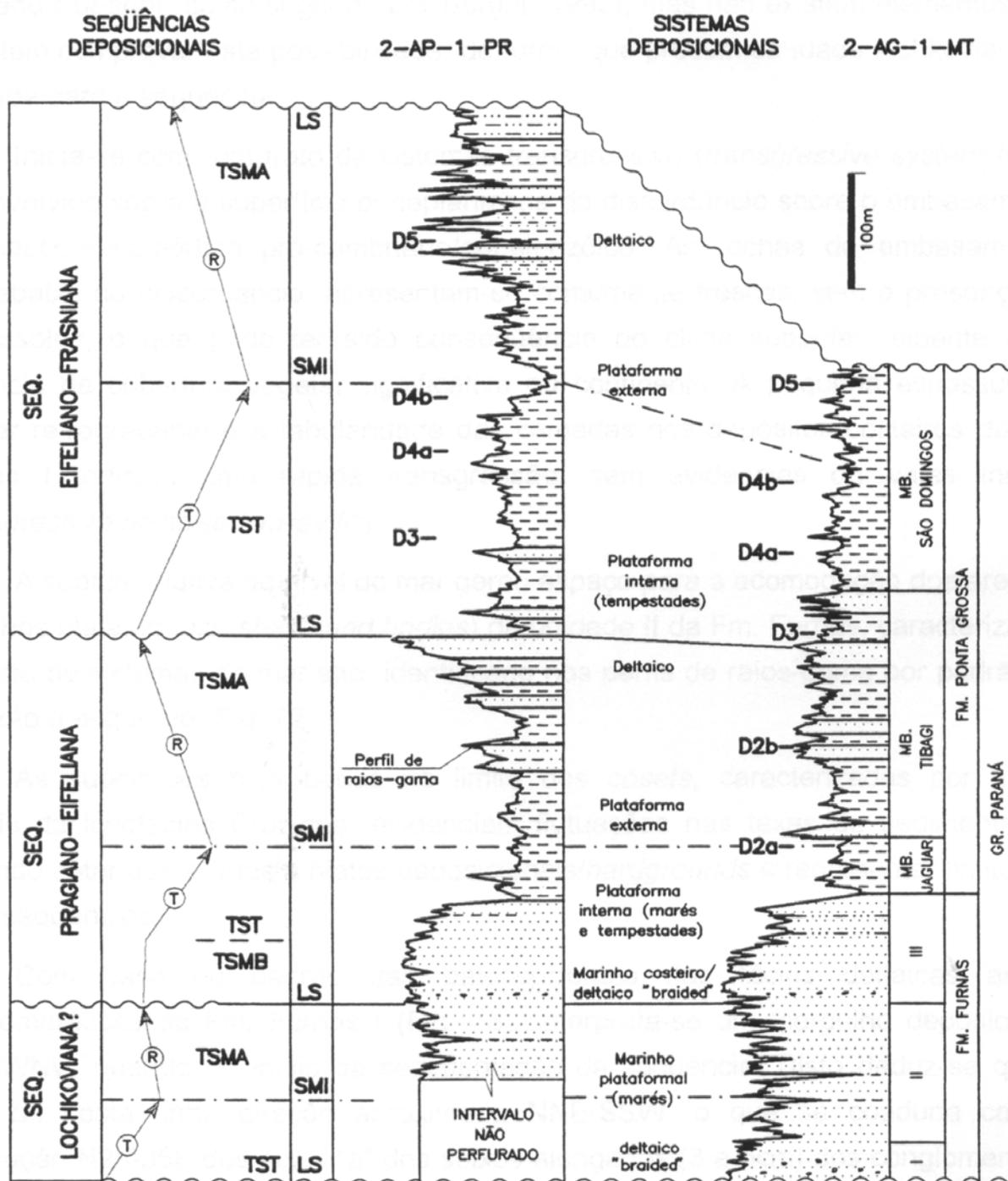


Figura 1.11 – Interpretação seqüencial para o Grupo Paraná com base em perfis de poços profundos (T = transgressão; R = regressão; LS = limite de seqüência; SMI = superfície de máxima inundaçãõ; TSMB = trato de sistemas de mar baixo; TST = trato de sistemas transgressivo; TSMA = trato de sistemas de mar alto; D = intervalos bioestratigráficos de Daemon *et al.* 1967). (Figura extraída de Assine (1996)).

## **Grupo Itararé e Formação Rio Bonito**

O intervalo estratigráfico carbonífero-permiano da Bacia do Paraná foi primeiramente classificado como Série Tubarão por White (1908), que incluía, na base, depósitos glaciais e no topo camadas “pós-glaciais” portadoras de carvão.

A definição do Grupo Itararé como unidade estratigráfica individualizada foi proposta inicialmente por Euzébio de Oliveira (Oliveira, 1916 e 1927), estudando a região entre os estados de São Paulo e Paraná. Antes disso, relatos sobre depósitos glaciais de idade permocarbonífera haviam sido feitos por Derby (1878) no Estado do Paraná e White (1908) em Santa Catarina. O último descreveu na região de Lauro Muller o “conglomerado” glacial Orleans como camada basal da Série Tubarão. Desde então até os dias atuais, várias propostas de classificação estratigráfica surgiram, conforme sintetizado na Figura 1.12.

A constatação de que a espessura dos depósitos glaciais e o número de camadas de “tilitos” eram maiores no sul do Estado de São Paulo fez com que Oliveira (1927) propusesse a distinção desses depósitos como Série Itararé, baseando-se em seções levantadas no vale do rio homônimo. Desse modo, o autor restringiu a denominação Tubarão para as camadas pós-glaciais, portadoras de plantas fósseis do gênero *Glossopteris* e leitos de carvão, de acordo com a descrição de White (1908).

No flanco oeste da Bacia do Paraná, próximo à região de Aquidauana – MS, camadas arenosas avermelhadas sotopostas à Formação Botucatu foram denominadas de Arenito Aquidauana por Lisboa (1909, *apud* Gesicki, 1996). Almeida (1945, *apud* Gesicki, 1996) descreveu com mais detalhe a sucessão, identificando depósitos glaciais e assumindo equivalência com os estratos da Série Tubarão. Trabalhos subsequentes mostraram que rochas com as mesmas características estendem-se até o norte da bacia, nos estados de Mato Grosso, Goiás e nordeste de São Paulo (e.g. Schneider *et al.*, 1974; Guirro, 1991). Posteriormente a unidade foi tratada como Formação Aquidauana e incluída dentro do Grupo Itararé (França & Potter, 1988).

Gordon (1947) foi o primeiro a elevar o Itararé tentativamente à categoria de Grupo, separando uma sucessão glacial na base (Formação Palmira) de uma marinha no topo (Formação Taió). Mais tarde, essas duas unidades seriam mapeadas em todo o Estado do Paraná por Maack (1953). No entanto, a subdivisão não repercutiu na comunidade geológica e o Grupo Itararé tornou a ser tratado como unidade indivisa.

A maior parte das tentativas de subdivisão do Grupo Itararé realizadas nas décadas de 1940 e 1950 eram de caráter local e as unidades definidas não podiam ser

correlacionadas a longas distâncias. A maior dificuldade estava em reconhecer conjuntos com identidade litológica própria, já que a recorrência vertical de fácies era uma característica marcante nas seções levantadas. Com isso, a maioria das propostas de subdivisão revestiam-se de premissas genéticas, restritas a determinados intervalos, tais como presença de fósseis marinhos, horizontes de carvão ou depósitos tipicamente glaciais.

<p><b>1</b></p> <p><b>White 1908</b></p> <p>Série Tubarão</p> <p>Fm. Rio Bonito</p> <p>Conglomerado glacial Orleans</p> <p>Arenitos e folhelhos</p>	<p><b>2</b></p> <p><b>Oliveira 1916</b></p> <p>Série Tubarão</p> <p>Série Itararé</p> <p>Depósitos glaciais</p>	<p><b>3</b></p> <p><b>Gordon 1947</b></p> <p>Série Tubarão</p> <p>Grupo Guatá</p> <p>Fm. Taió</p> <p>Fm. Palmira</p>	<p><b>4</b></p> <p><b>Barbosa &amp; Almeida 1948</b></p> <p>Série Tubarão</p> <p>Fm. Itapetininga</p> <p>Fm. Tietê</p> <p>Fm. Gramadinho</p> <p>Fm. Capivari</p> <p>Fm. Itu</p>
<p><b>5</b></p> <p><b>Lange 1954</b></p> <p>Série Tubarão</p> <p>Grupo Guatá</p> <p>Fm. Teixeira Soares</p> <p>Fm. Palmeira</p>	<p><b>6</b></p> <p><b>Barbosa e Gomes 1958</b></p> <p>Série Tubarão</p> <p>Fm. Itapetininga</p> <p>Fm. Tietê</p> <p>Fm. Gramadinho</p> <p>Fm. Capivari</p> <p>Fm. Elias Fausto</p> <p>Fm. Itu</p>	<p><b>7</b></p> <p><b>Rocha-Campos 1967</b></p> <p>Grupo Tubarão</p> <p>Subgrupo Guatá</p> <p>Subgrupo Itararé</p>	<p><b>8</b></p> <p><b>Schneider et al. 1974</b></p> <p>Supergrupo Tubarão</p> <p>Grupo Guatá</p> <p>Fm. Rio do Sul</p> <p>Fm. Mafra</p> <p>Fm. Campo do Tenente</p>
<p><b>9</b></p> <p><b>França &amp; Potter 1988</b></p> <p>Grupo Itararé</p> <p>Fm. Taciba</p> <p>Mb. Rio do Sul / Mb. Chapéu do Sol</p> <p>Mb. Rio Segredo</p> <p>Mb. Lontras</p> <p>Fm. Campo Mourão</p> <p>Mb. Tarabaí</p> <p>Mb. Cuiabá Paulista</p>	<p><b>10</b></p> <p><b>Milani et al. 1994</b></p> <p>Grupo Itararé</p> <p>Fm. Taciba</p> <p>Mb. Rio do Sul / Mb. Chapéu do Sol</p> <p>Mb. Rio Segredo</p> <p>Fm. Campo Mourão</p> <p>Mb. Tarabaí</p> <p>Mb. Cuiabá Paulista</p>	<p><b>11</b></p> <p><b>Vesely &amp; Assine 2004</b></p> <p>Grupo Itararé</p> <p>Fm. Taciba</p> <p>Mb. Rio do Sul / Mb. Chapéu do Sol</p> <p>Mb. Rio Segredo</p> <p>Mb. Lontras</p> <p>Mb. Tarabaí</p> <p>Mb. Cuiabá Paulista</p> <p>Seq. 5</p> <p>Seq. 4</p> <p>Seq. 3</p> <p>Seq. 2</p> <p>Seq. 1</p>	

Figura 1.12 – Síntese da evolução da nomenclatura estratigráfica do Grupo Itararé. Áreas de estudo: 1. vale do rio Tubarão - SC; 2. vale do rio Itararé - PR/SP; 3. região sul do Brasil; 4. sondagem de Araquá - SP- SP; 5. Estado do Paraná; 6. bacia do rio Corumbataí - SP; 7. toda a bacia; 8. Santa Catarina e sul do Paraná; 9. toda a bacia (subsuperfície); 10. toda a bacia (subsuperfície); 11. Centro-norte do Paraná (superfície e subsuperfície).

Barbosa & Almeida (1949) definiram 4 unidades no Estado de São Paulo com base em dados obtidos no poço de Araquá. Ao interpretar múltiplos horizontes de diamictitos como verdadeiros tilitos, os autores partiram da hipótese de que tais camadas deveriam constituir marcos estratigráficos, pois representavam avanços glaciais generalizados. O modelo foi logo adotado por Beurlen (1955), que correlacionou os “tilitos” paulistas com outros níveis glaciais no sul da bacia, como a camada Orleans, assumindo grande extensão horizontal.

Trabalhos posteriores mostraram que tal procedimento não era adequado, pois os tilitos não tinham continuidade lateral e muitos eram na verdade diamictitos depositados a partir do retrabalhamento de sedimentos glaciais em meio aquoso. Nessa linha, merecem destaque os trabalhos de Lange (1954) e Loczy (1964), que passaram a utilizar camadas marinhas fossilíferas como os folhelhos Passinho e Guaraúna para estabelecer correlações regionais (Figura 1.13). Lange (1954) apresentou ainda proposta de subdividir o Itararé em duas unidades, uma basal de origem glacial (Formação Palmeira) e uma superior de natureza marinha, denominada de Formação Teixeira Soares, onde estariam inseridas faunas de invertebrados como as de Rio d’Areia, Baitaca e do folhelho Passinho. Porém, a representação dessas unidades em mapa não foi consolidada.

A dificuldade de correlação e subdivisão do Itararé em conjuntos litológicos mapeáveis ocasionou divergências quanto à hierarquia litoestratigráfica da unidade. Rocha-Campos (1967) adotou a hierarquia de subgrupo, seguindo proposta de Petri (1964), já que não havia até então uma divisão formal e operacional. Desse modo, o Grupo Tubarão na opinião dos geólogos de São Paulo era composto pelo Subgrupo Itararé na base (glacial) e o Subgrupo Guatá no topo (pós-glacial). Essa nomenclatura é ainda hoje utilizada pela maioria dos pesquisadores da porção paulista da bacia.

A idéia de sedimentação “pós-glacial” para os estratos do Grupo Guatá baseava-se na interpretação de que o desaparecimento dos diamictitos concomitantemente ao surgimento de carvão e o advento da flora de glossopteris nesse nível estratigráfico significavam melhoria climática e dissipação das geleiras na bacia. Em termos litoestratigráficos, Northfleet *et al.* (1969) posicionaram o contato Itararé/Guatá na “base do primeiro arenito acima do último diamictito”, o que se mostrou operacional em trabalhos de subsuperfície. No entanto, alguns trabalhos demonstraram que condições glaciais ainda persistiram durante o início da deposição do Grupo Guatá e que contextos paleogeográficos ditos “pós-glaciais” ocorreram também durante a sedimentação do próprio Grupo Itararé (e.g. Teixeira & Dutra, 1934; Almeida, 1945,

Castro, 1991; Souza *et al.*, 1993). Pontos a favor dessa interpretação são diamictitos interdigitados com fácies costeiras semelhantes às da Formação Rio Bonito no topo do Grupo Itararé e horizontes de carvão sob espessas sucessões de diamictitos, como ocorre na área de Ribeirão Novo, norte do Paraná. Reforça o modelo o fato de que a passagem Itararé/Guatá insere-se em um mesmo intervalo palinobioestratigráfico (Souza *et al.*, 1999; Souza, 2000), não havendo indícios de significativas mudanças paleoecológicas. Isso mostra que a concepção genética glacial/pós-glacial não pode ser utilizada como sinônimo do limite litoestratigráfico proposto para separar os grupos Itararé e Guatá.

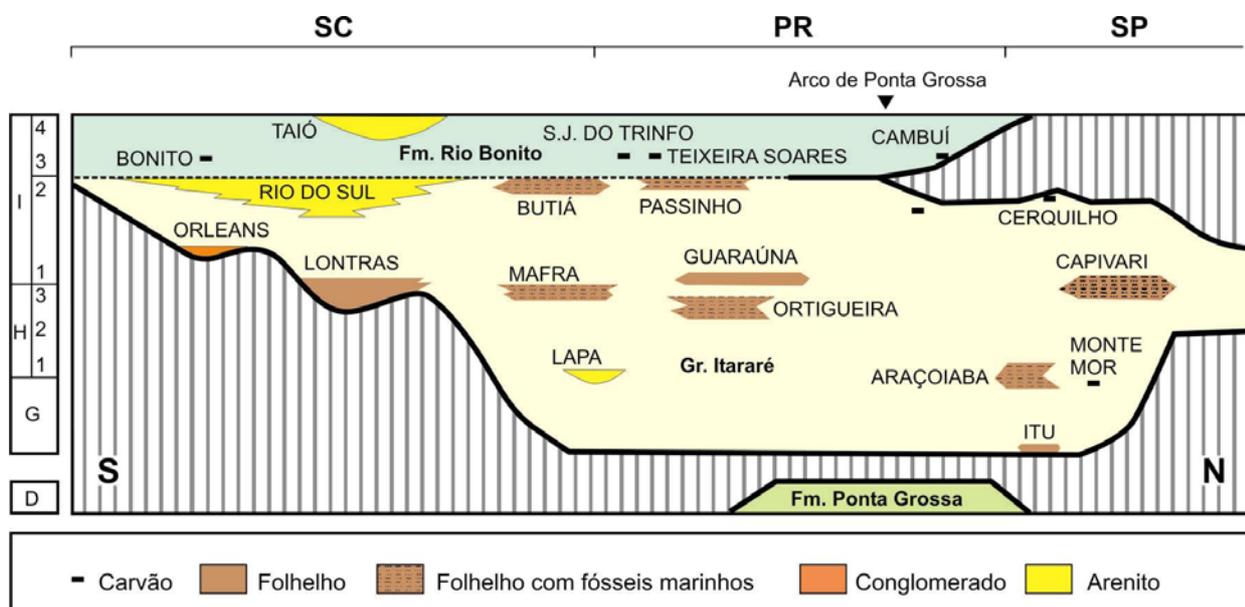


Figura 1.13 – Seção cronoestratigráfica sul-norte, onde são posicionados os principais horizontes marinhos fossilíferos e demais intervalos informais do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito. A coluna da esquerda refere-se aos intervalos bioestratigráficos de Daemson & Quadros (1970). Figura modificada de Rocha-Campos & Rösler (1978).

Um dos primeiros resultados bem sucedidos de mapeamento sistemático do Grupo Itararé foi obtido na década de 1960 pelos geólogos da Comissão da Carta Geológica do Estado do Paraná (e.g. Fuck, 1966). Na região compreendida entre Lapa e Palmeira, sudeste do Paraná, a porção inferior do Grupo Itararé foi subdividida em várias associações de litofácies mapeadas na escala 1:50.000, inclusive com denominações litoestratigráficas informais como o tilito Cancela. Os trabalhos de J.J. Bigarella e colaboradores também contribuíram para o acréscimo de conhecimento sobre a glaciação permocarbonífera no sul do Brasil, com a descoberta de inúmeros pavimentos glaciais estriados exemplificados pela famosa ocorrência de Witmarsum descrita em Bigarella *et al.* (1967).

Trabalhos de mapeamento geológico executados pela Petrobrás na década de 1970 acarretaram em grandes avanços no conhecimento estratigráfico da Bacia do Paraná, sobretudo para a sucessão permocarbonífera (e.g. Vieira, 1973; Medeiros & Thomaz Filho, 1973). Síntese dos resultados obtidos foi publicada por Schneider *et al.* (1974), que elevaram novamente o Itararé para a categoria de Grupo e apresentaram proposta de subdivisão da unidade nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (Figura 1.14). Essas três unidades foram mapeadas em escala 1:100.000 no Estado de Santa Catarina e extremo sul do Paraná e apresentam espessuras de 137 m, 360 m e 330 m respectivamente, conforme levantado nas seções tipo (Schneider *et al.*, 1974). As formações Campo do Tenente e Rio do Sul são essencialmente lamíticas, predominando diamictitos, folhelhos e ritmitos. Já a unidade intermediária – Formação Mafra – é caracterizada pela abundância de arenitos, desde finos a conglomeráticos, mas com intercalações de diamictitos e folhelhos.

Na base da Formação Rio do Sul foi destacado um pacote de folhelhos negros chamado de Folhelho Lontras, assim denominado devido ao nome da localidade-tipo no leste do Estado de Santa Catarina. Segundo Schneider *et al.* (1974), as formações Campo do Tenente e Mafra sofrem acunhamento para sul até desaparecerem por completo. A partir da altura do rio Itajaí-Açu em direção ao sul, o Grupo Itararé é todo representado pelos estratos lamíticos da Formação Rio do Sul, assentados diretamente sobre o embasamento pré-cambriano/eopaleozóico.

A divisão tripartite proposta por Schneider *et al.* (1974) teve razoável aceitação e foi adotada em trabalhos posteriores executados em Santa Catarina e no sul do Paraná (e.g. Canuto, 1985; Castro, 1991). No entanto, as unidades não foram reconhecidas nem mapeadas no restante da bacia, onde o Grupo Itararé continuou a ser tratado como unidade indivisa.

Outra contribuição importante do trabalho de Schneider *et al.* (1974) foi a subdivisão da Formação Rio Bonito em três membros com seções tipo em superfície, sendo um basal arenoso (Triunfo), um intermediário pelito-carbonático (Paraguaçu) e um superior lamítico-arenoso (Siderópolis). Mais tarde, esses membros seriam mapeados no centro e sul do Paraná no mapa geológico do estado na escala 1:650.000 (DNPM-Mineropar, 1989).

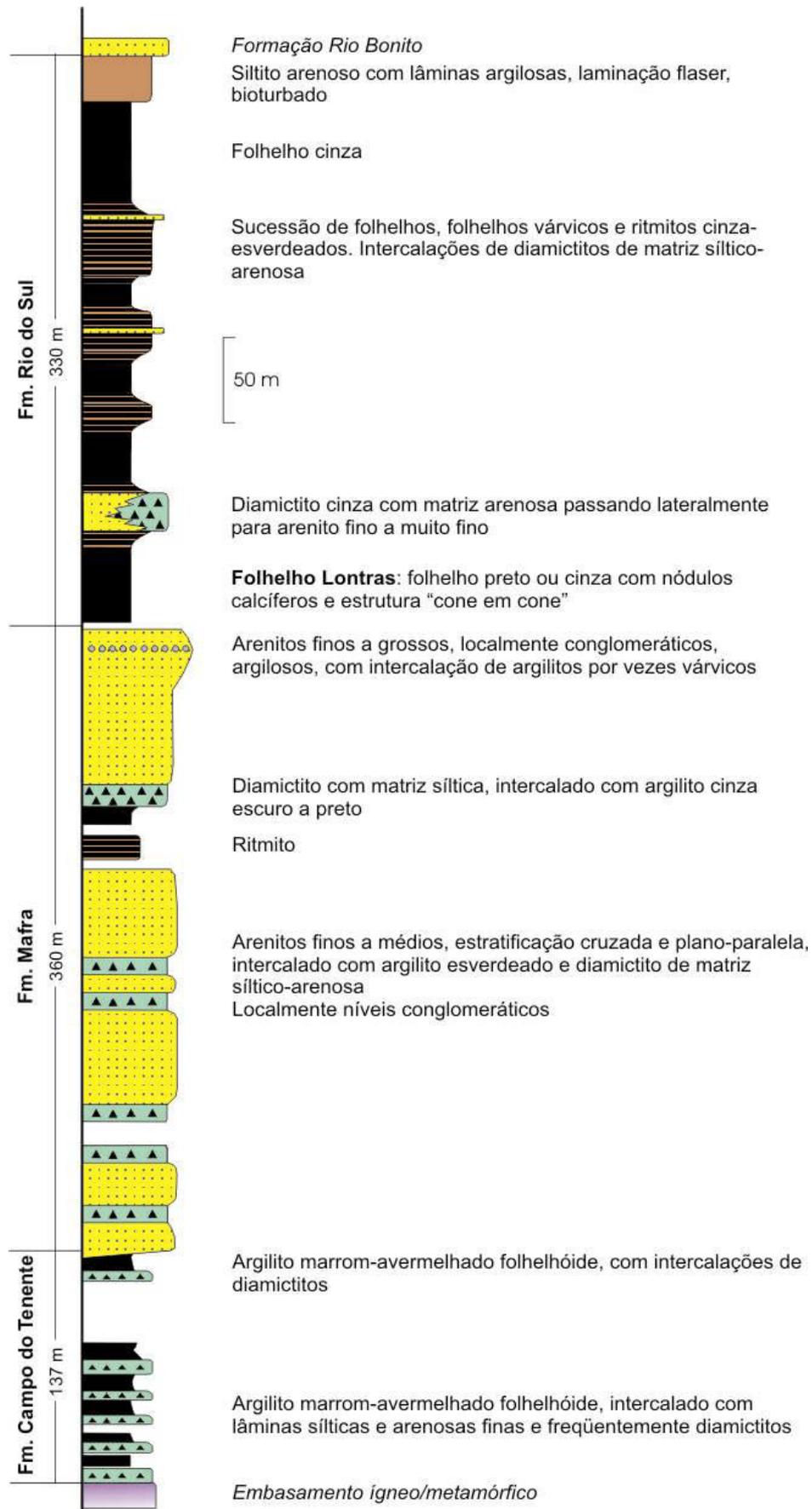


Figura 1.14 – Perfil composto ilustrando a subdivisão do Grupo Itararé nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (modificado de Schneider *et al.* 1974).

A primeira proposta de subdivisão estratigráfica do Grupo Itararé em toda a bacia foi apresentada por França & Potter (1988), porém exclusivamente com dados de subsuperfície. A partir da correlação entre perfis de poços profundos, os autores reconheceram e mapearam três unidades denominadas de formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba (Figura 1.15). Segundo a definição original, as três formações apresentam arranjo vertical de fácies semelhante, que compreende uma seção arenosa na base e uma seção pelítica no topo, compondo assim um ciclo de granodecrescência ascendente. Dessa forma, a Formação Lagoa Azul comporta da base para o topo os membros Cuiabá Paulista (arenitos) e Tarabaí (diamictitos, folhelhos e arenitos). A formação Taciba inclui os membros Rio Segredo (arenitos e conglomerados) e Chapéu do Sol (diamictitos), sendo que o último passa lateralmente em direção ao sul da bacia para folhelhos e ritmitos denominados de Membro Rio do Sul, herdando terminologia de Schneider *et al.* (1974).

Para a Formação Campo Mourão, unidade intermediária, não foi possível a divisão em membros rastreáveis lateralmente em virtude do maior número de intercalações arenosas. No entanto, França & Potter (1988) destacaram um membro argiloso constituído de folhelhos e diamictitos no topo da unidade em Santa Catarina, o qual correlacionaram ao folhelho Lontras de Schneider *et al.* (1974). Mais tarde, o Membro Lontras foi rastreado até o norte da bacia e considerado equivalente ao horizonte marinho de Capivari-SP (Soares, 1991; Castro, 1999).

O modelo de França & Potter (1988) trouxe grande contribuição para o conhecimento do Grupo Itararé em âmbito regional, mas não foi aplicado na faixa de afloramentos. Apesar da aparente inviabilidade de correlação em subsuperfície apontada por França & Potter (1988), admitiu-se que somente a porção superior do Grupo Itararé estaria preservada na faixa aflorante oriental, num contexto de borda de bacia. Mesmo raciocínio foi adotado por Eyles *et al.* (1993) e Milani *et al.* (1994). Essa idéia foi contestada por trabalhos subseqüentes que, a partir de dados palinológicos e de correlação estratigráfica, verificaram que mesmo a seção mais antiga do Grupo Itararé ocorre na faixa de afloramentos, pelo menos nos estados de São Paulo e Paraná (e.g. Soares, 1991; França *et al.*, 1996; Souza, 2000; Vesely, 2001).

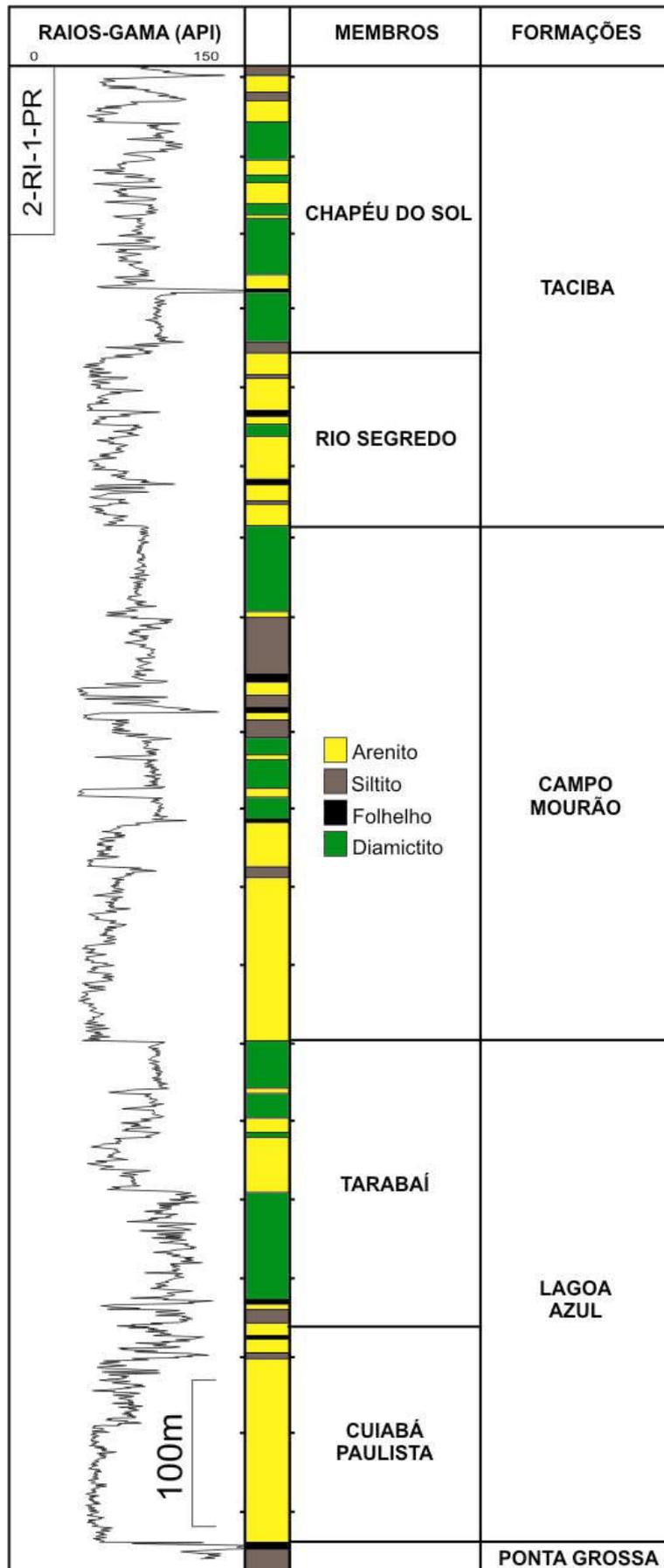


Figura 1.15 – Perfil do poço Rio Ivaí, situado no noroeste paranaense, representando a subdivisão do Grupo Itararé proposta por França & Potter (1988).

As formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba correspondem a unidades litoestratigráficas formais, pois apresentam seções-tipo em perfis de poços e são rastreáveis em subsuperfície. Porém, a base para sua individualização não foi a distinção por critérios litológicos mas o padrão vertical expresso nas assinaturas geofísicas dos poços. De acordo com a descrição de França & Potter (1988), as três unidades exibem padrões de perfil e conseqüentemente arranjos verticais de fácies semelhantes, caracterizando recorrência vertical e ciclicidade na sedimentação. Os ciclos são de característica essencialmente retrogradacional e foram interpretados por França & Potter (1988) como possíveis oscilações do nível do mar em resposta a três grandes ciclos glaciais ou glaciações.

Esse trabalho foi sem dúvida um marco da estratigrafia do Grupo Itararé, pois trouxe uma perspectiva em escala de bacia ainda não proporcionada em trabalhos anteriores. No entanto, a classificação litoestratigráfica se confunde com um arcabouço cronoestratigráfico, dada a equivalência entre ciclos (ou seqüências) e unidades formais. A continuidade das pesquisas tanto por parte da Petrobras quanto por pesquisadores de outras instituições, demonstrou a necessidade de ajustes na classificação estratigráfica para torná-la operacional em trabalhos de mapeamento. Com isso, Milani, França & Schneider (1994) deslocaram o membro arenoso Rio Segredo para a Formação Campo Mourão e restringiram a Formação Taciba à sua metade argilosa (membros Chapéu do Sol e Rio do Sul).

O desenvolvimento da idéia dos três ciclos paralelamente ao rápido avanço da moderna Estratigrafia de Seqüências trouxe a necessidade de se analisar o Grupo Itararé sob um enfoque mais cronoestratigráfico. Nessa linha merecem destaque os trabalhos de França *et al.* (1996); Castro (1999); d'Ávila (1999); Canuto *et al.* (2001) e Vesely & Assine (2004). É importante ressaltar que Medeiros (1971) já havia chamado a atenção para a existência de três ciclos estratigráficos no Grupo Itararé, identificados em afloramentos da seção Lapa – São Mateus do Sul (BR-476), no sul do Paraná.

Conforme discussão apresentada por d'Ávila (1999), os três ciclos maiores (ou formações) do Grupo Itararé corresponderiam a seqüências de 2ª ordem, com duração aproximada de 10 Ma. Estudando a mesma área analisada por Medeiros (1971), o autor admite ainda a presença de ciclos de maior freqüência (seqüências de 3ª ordem), com sucessões arenosas canalizadas na base passando para fácies lamítico-arenosas, em um típico padrão retrogradacional. Arcabouço bastante semelhante foi verificado no flanco nordeste do Paraná, onde o Grupo Itararé apresenta cerca de 800 m de espessura e pode ser dividido em 5 seqüências de 3ª ordem com padrão

retrogradacional-progradacional (Vesely, 2001). Na base dessas seqüências ocorrem pacotes arenosos com até 100 m de espessura, assentados sobre discordâncias erosivas.

Apenas na última década foram apresentadas propostas de interpretar a estratigrafia do Grupo Itararé segundo conceitos de análise de seqüências em bacias glaciadas, sobretudo inspirados na sedimentação cenozóica do Hemisfério Norte e Antártica. Ao contrário de trabalhos anteriores que restringiam as massas de gelo somente às margens da bacia, essas contribuições mais recentes admitiram o avanço das geleiras dentro da bacia, gerando discordâncias e exercendo controle significativo na sedimentação. França *et al.* (1996) e Canuto *et al.* (2001), por exemplo, consideraram os efeitos da glácio-isostasia como controle importante da arquitetura estratigráfica, tanto na geração de desconformidades quanto na deposição de sucessões regressivas. As influências da posição da margem da geleira no aporte de sedimentos e no espaço de acomodação, refletidas na natureza dos tratos deposicionais, foram avaliadas por d'Ávila (1999) e Vesely (2001).

Apesar da sua grande espessura (>1300 m) e persistência em toda a Bacia do Paraná, a hierarquia litoestratigráfica da unidade Itararé é ainda controversa, em virtude da ausência de uma subdivisão operacional mapeável em toda a bacia. Essa deficiência encontra-se atualmente superada pelo menos em subsuperfície, mas há ainda necessidade de melhor integração com a faixa de afloramentos. Trabalhos realizados até o momento nesse sentido demonstraram que, pelo menos nos estados sulinos, a correlação superfície/subsuperfície é viável, havendo grande expectativa de sucesso em futuras campanhas de mapeamento. Nessa linha de raciocínio, a Figura 1.16 ilustra proposta de correlação entre as classificações estratigráficas concebidas para superfície e subsuperfície, demonstrando equivalência estratigráfica entre perfis de poços profundos e a seção tipo proposta por Schneider *et al.* (1974) para a faixa aflorante.

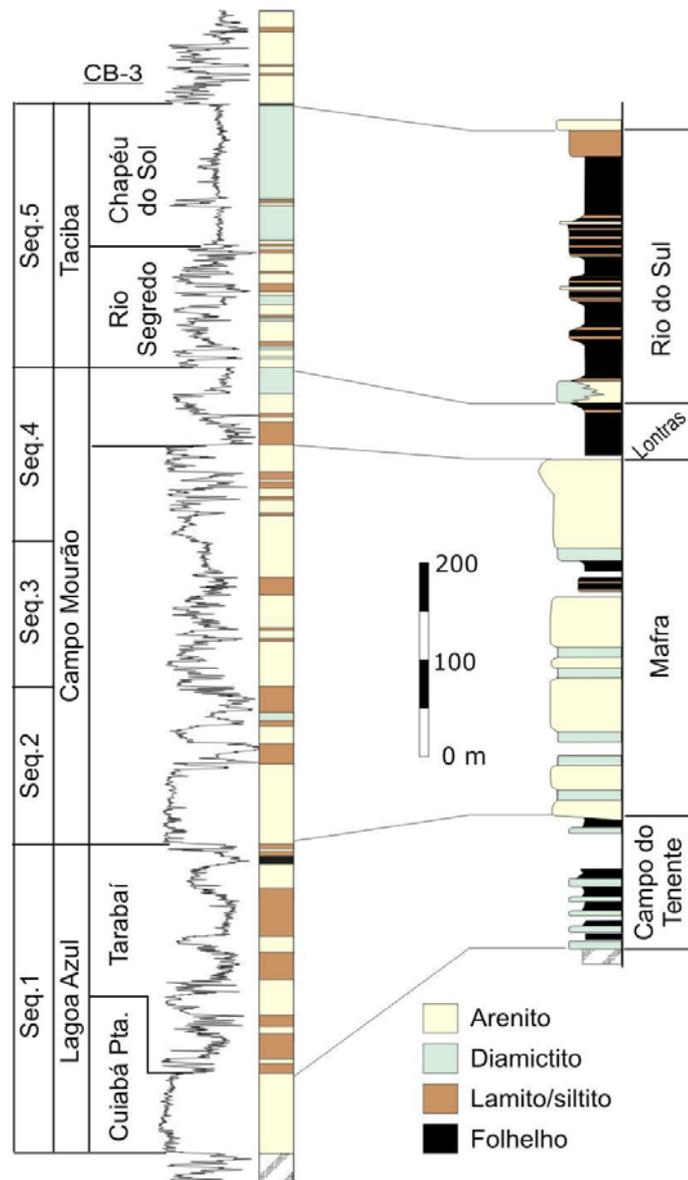


Figura 1.16 – Correlação entre as classificações litoestratigráficas em superfície e subsuperfície e a divisão do Grupo Itararé em cinco seqüências deposicionais de acordo com Vesely (2001). Figura modificada de Vesely (2005).

#### 1.4.2. Estágio Atual de Conhecimentos – Estrutural

A reconstrução do embasamento da Bacia do Paraná, executada a partir de dados gravimétricos (Quintas, 1995), indica que a área de estudo insere-se no bloco crustal denominado Cinturão Ribeira, limitado a sudeste da área com o Cráton Rio de La Plata pela Falha da Lancinha (de direção NW-SE - Figura 1.17-a). Conforme o modelo do embasamento proposto por Milani & Thomaz Filho (2000) também observa-se à sudeste da área a segmentação entre a Faixa Móvel Apiaí e o Maciço de Joinville através da Falha da Lancinha (Figura 1.17-b). Ainda na Figura 1.17-a pode-se observar, posicionado ao norte/nordeste da área estudada, o Arco de Ponta Grossa. É consenso

para diversos pesquisadores que o embasamento da bacia, composto por faixas móveis e núcleos cratônicos diversos compõe um mosaico de blocos. Todas estas feições de cunho regional desempenharam papel fundamental durante a evolução da bacia, afetando de maneira direta aspectos relacionados ao condicionamento de diversas características geométricas e cinemáticas, bem como a dinâmica de sedimentação da bacia. Além de promoverem significativas variações laterais nas espessuras dos diferentes pacotes sedimentares, promoveram posteriormente ajustes geométricos regionais e locais entre os diferentes blocos estruturais.

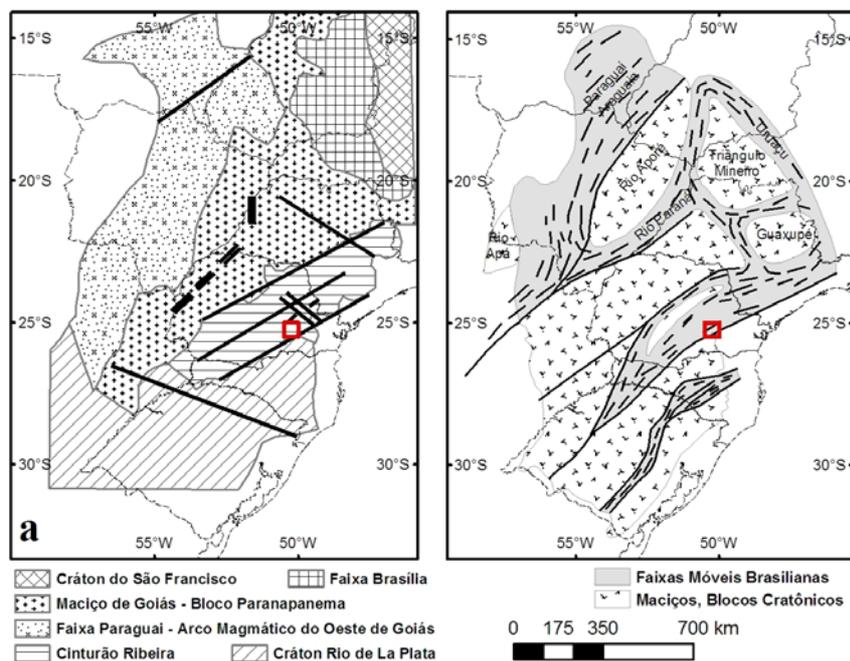


Figura 1.17 – Localização aproximada da área de estudo (em vermelho) em duas reconstruções do embasamento da bacia. a - Modificado de Quintas (1995); b- Modificado de Milani & Thomaz Filho (2000).

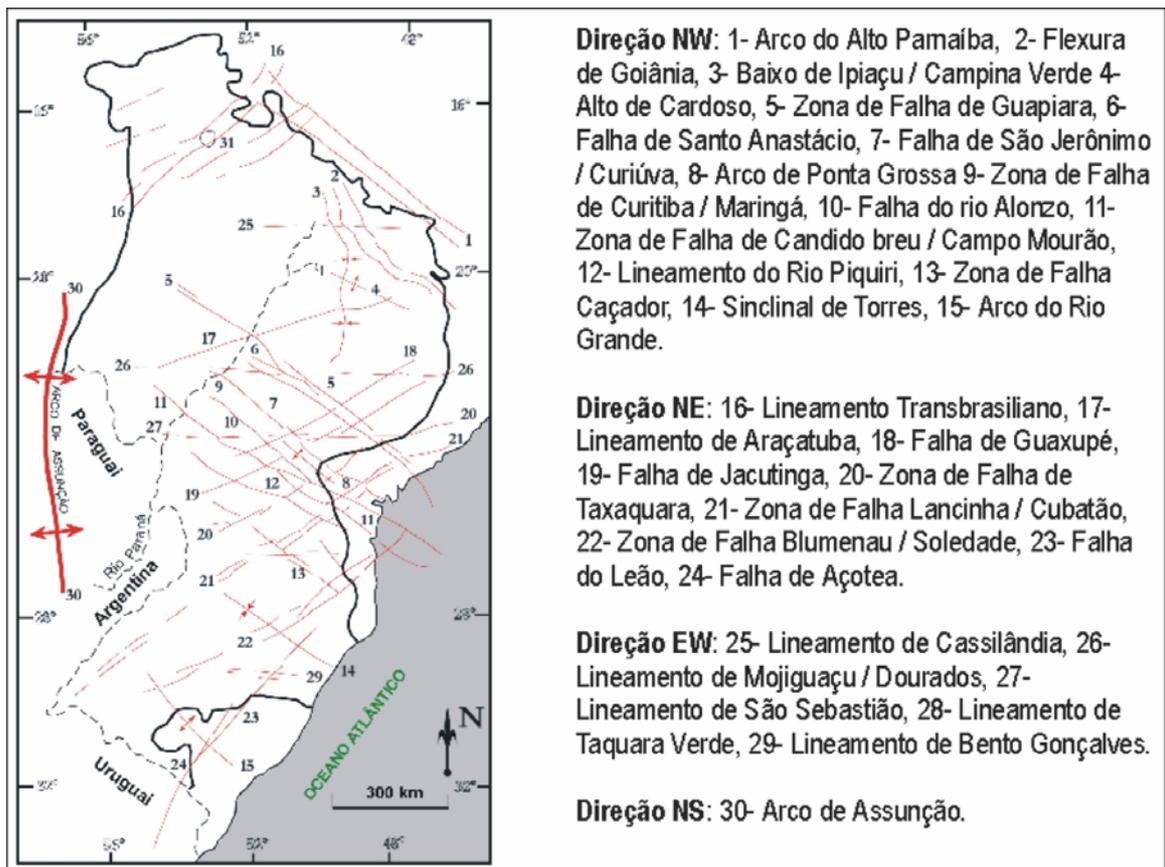
Os mecanismos de origem e evolução da bacia do Paraná são discutidos por diversos autores (Zalán *et al.*, 1990; Quintas, 1995; Milani & Thomaz Filho, 2000), sem um consenso final. Os modelos indicados como de “rifteamento central” e flexural-termal são propostos para a subsidência inicial da bacia. A consolidação final do embasamento da Bacia do Paraná ocorreu no Ciclo Tectono-magmático Brasileiro (entre o Pré-Cambriano Superior e o Eo-Paleozóico). Sua evolução subsequente ocorreu por fases de subsidência e soerguimento com erosão associada, no transcorrer das quais a sedimentação se processou em sub-bacias (Zalán *et al.*, 1990).

Diferentes métodos para interpretação de estruturas regionais vêm sendo executados na Bacia do Paraná ao longo do tempo. Entre os mais consagrados pode-se citar o mapeamento de superfície, métodos geofísicos magnetométricos e

gravimétricos, além de análises morfoestruturais em imagens de satélite e radar (Ferreira, 1982; Zalán *et al.*, 1987; Soares, 1982, 1991 e Artur, 1998). A maioria dos trabalhos concentra-se em aspectos puramente geométricos e tectônicos de estruturas, deixando de lado a relação existente entre estas feições e seus reflexos nas características locais das rochas, por exemplo. Nos trabalhos de Zalán *et al.* (1987, 1990), através do uso de dados diversos, os autores definiram importantes zonas de estruturação subsuperficial para toda a bacia (Figura 1.18-A). Soares *et al.* (1982), através de interpretação de imagens Landsat e de radar, definiram 4 direções generalizadas de estruturas, estas detectadas por suas expressões superficiais, para a Bacia do Paraná (Figura 1.18-B). Em outro trabalho de análise regional de feições, Artur (1998) define paleoestruturas a partir de processamentos geoestatísticos com dados de levantamentos gravimétricos terrestres (Figura 1.18-C).

O arcabouço estrutural da bacia definido por Zalán *et al.* (1990), mostra que os elementos de direção NW-SE são caracterizados por zonas retílineas com concentração de falhas e localmente por diques, formando extensas zonas de falhas. A origem dessas estruturas, entretanto, ainda não está clara. Para estes autores existem evidências indicando que este *trend* de estruturas é, no mínimo, mais antigos que os lineamentos de direção NE-SW, estes últimos de idade Brasileira. A identificação das direções estruturais NW-SE no embasamento da bacia é um outro ponto controverso. Essas estruturas, predominantes na região do Arco de Ponta Grossa, ocorrem seccionando transversalmente a faixa móvel Ribeira, de direção NE-SW, que conjuga as rochas do embasamento dessa região.

Trabalhos relacionados a análises estruturais dinâmicas e cinemáticas na Bacia do Paraná são bastante restritos. A maioria dos estudos trata de feições bastante pontuais quando comparados à magnitude da bacia. Dois eventos deformacionais de idades eo-cretácea e neo-cretácea a terciária, definidos respectivamente como D1 e D2, foram observados por Strugale (2002), ao estudar o Grupo São Bento na região do Arco de Ponta Grossa. Este autor definiu para estes eventos tensões horizontais máximas (THM-sigma1) nas posições NNW-SSE (para D1) e E-W até ENE-WSW (para D2). Estudando uma área de maior amplitude geográfica, compreendendo os estados do Paraná e Santa Catarina, Freitas *et al.* (2006) também notaram estas tensões horizontais máximas (Figura 1.19). Entretanto observaram maior influência das duas fases na seção mesozóica, enquanto D1 foi observada apenas nas unidades paleozóicas estudadas. Ainda neste trabalho os autores observaram possível influência de uma tectônica cenozóica, com geração de feições regionais de direção N-S.



A

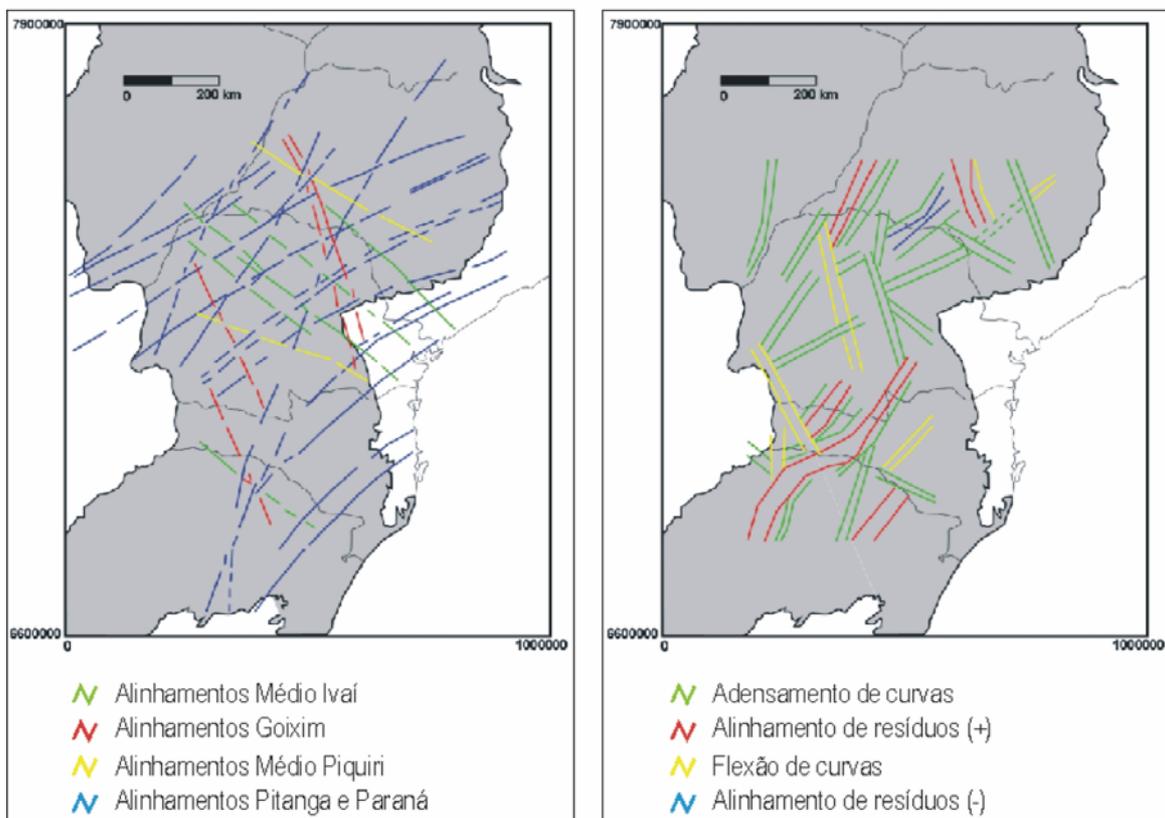


Figura 1.18 – Mapas regionais de lineamentos estruturais (adaptado de Zalán *et al.*, 1987; Soares *et al.*, 1982; e Artur, 1998). A – Lineamentos de Zalán *et al.* B – Lineamentos de Soares, *et al.*, baseados em imagens de radar e Landsat; C – Lineamentos de Artur, baseados em levantamentos gravimétricos.

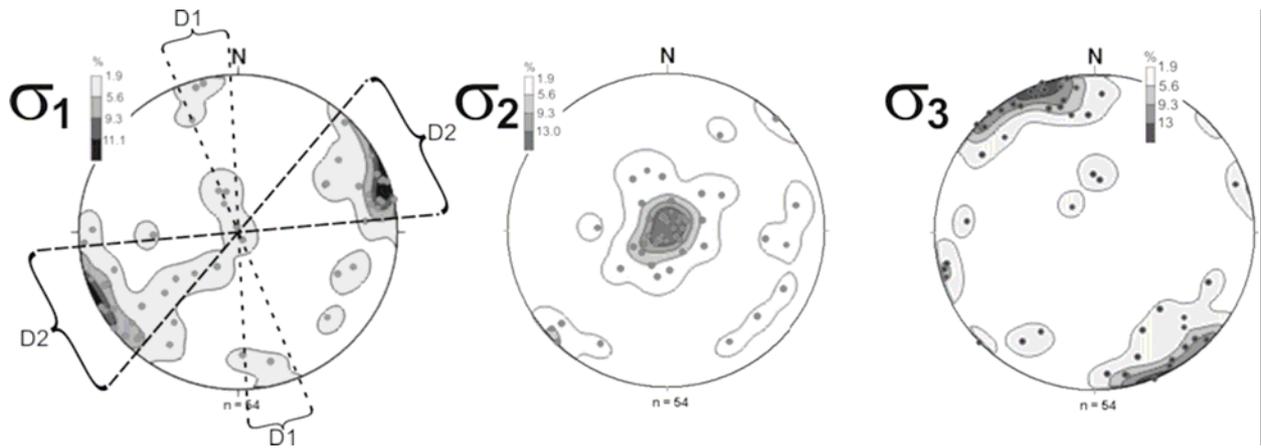


Figura 1.19 – Tensões  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$  calculadas e indicação de duas concentrações principais observadas. Associações com D1 e D2 de Strugale (2002) estão indicadas no primeiro diagrama.

Estas feições N-S, supracitadas, já haviam sido discutidas por Rostirolla *et al.* (2005). Os autores, além de indicar feições de direção N-S balizadas por domínios altimétricos regionais, discutem eventos tectônicos que influenciaram a evolução fanerozóica da Plataforma Sulamericana. Para o Paleozóico, estes autores indicam como principal momento de geração/reactivação de estruturas a propagação de tensões máximas de direção N-S associadas à Orogenia San Rafaelica. A este momento estaria associado um sistema conjugado, de direções N50E-N50W, que empregou descontinuidades litosféricas importantes (e.g. falhas da Lancinha, Jacutinga e Perimbó), gerando elementos cinemáticos sinistrais e dextrais, respectivamente. Ainda a este momento poderiam estar associados feixes de zonas de falha de direção NS, com caráter de movimentação normal ou normal-sinistral. Durante o Mesozóico a evolução do Oceano Atlântico Sul influenciaria especialmente nos megalineamentos de direção NW, entre eles o Arco de Ponta Grossa e o Lineamento de Guapiara. Estas seriam estruturas bastante proeminentes nos eventos mesozóicos, estando associadas a uma rotação horária da placa Sul-Americana no eo-Cretáceo.

## **2. ESTRATÉGIAS DE MAPEAMENTO**

### **2.1. ANÁLISE MULTI-ESCALA**

A Folha de Ponta Grossa situa-se no contexto da seção paleozóica da Bacia do Paraná e de seu embasamento granítico. O entendimento da geologia da área decorre de conceitos e modelos desenvolvidos em trabalhos anteriores, que envolvem desde a escala regional de observação, no âmbito do arcabouço da bacia e sua relação com a tectônica do continente sul-americano, até estudos estruturais e sedimentológicos de detalhe, que proporcionam a análise individualizada de certos compartimentos da bacia.

A análise desses fatores requer a reavaliação de modelos geológicos existentes atrelada a uma constante modificação na escala de observação dos objetos mapeados. No ramo da estratigrafia, o conceito da análise multi-escala é inerente à própria natureza do registro estratigráfico, haja vista a necessidade de hierarquização das unidades sedimentares e de seus atributos. O mesmo ocorre com a geologia estrutural, pois o arranjo geométrico e a cinemática das feições rúpteis são passíveis de observação desde em imagens de sensores remotos (Landsat, SRTM, aerogeofísica) até lâminas delgadas.

Tendo em vista os comentários acima, a abordagem multi-escala foi adotada como estratégia essencial de mapeamento tanto na revisão dos modelos geológicos quanto no emprego das ferramentas de análise. Dentre as informações e dados prévios, foram utilizados: 1. seções e mapas regionais do Paleozóico da Bacia do Paraná; 2. imagens de sensores remotos em escala regional (Landsat, SRTM); 3. mapas de áreas geologicamente similares; 4. base cartográfica da folha de Ponta Grossa (topografia e geologia); 5. fotografias aéreas 1: 70.000; 6. fotografias aéreas 1:25.000 em áreas de interesse geológico mais relevante.

### **2.2. PRINCÍPIOS DE ESTRATIGRAFIA MODERNA E SUA APLICAÇÃO NO MAPEAMENTO DE TERRENOS SEDIMENTARES**

Este tópico discute de forma sucinta aspectos sobre os temas análise de fácies e estratigrafia de seqüências, introduzindo conceitos básicos para abordagem metodológica de mapeamento em terrenos sedimentares. O emprego dos princípios de estratigrafia moderna em mapeamentos sistemáticos é ainda pouco difundido entre os geólogos brasileiros, que ainda utilizam, com poucas exceções, a litoestratigrafia como procedimento essencial mediante a definição de litologias ao invés de fácies e

formações ao invés de unidades limitadas por desconformidades ou seqüências. Conforme apontado por Miall (1999), a proliferação de nomes de formações caminha no sentido oposto ao do avanço da estratigrafia como ciência, além de dificultar a comunicação geológica.

Os projetos mais recentes de mapeamento geológico sistemático no flanco leste da Bacia do Paraná datam da década de 1980, resultantes de trabalhos da CPRM (Aboarrage & Lopes 1986), cuja base era composta por mapas confeccionados anteriormente pela Petrobras na década de 1970 (e.g. Andrade & Soares 1971). Em virtude da época em que foram produzidos, os resultados desses trabalhos não incorporaram satisfatoriamente os conceitos da recém-nascida estratigrafia de seqüências. Em virtude da rápida evolução da estratigrafia, mapas prévios necessitam de constante atualização de modo a incorporar novos dados e métodos.

Os princípios filosóficos da estratigrafia de seqüências vêm sendo empregados desde o século XVIII, mas foi a partir do advento da estratigrafia sísmica (sismo-estratigrafia) e dos trabalhos do grupo da Exxon, publicados na segunda metade da década de 1970, que o conjunto de procedimentos que compõem a análise de seqüências ganhou consistência e credibilidade no meio acadêmico e na indústria do petróleo. O surgimento desse novo paradigma causou uma revolução na geologia sedimentar, marcando o início do que vem sendo denominado de Estratigrafia Moderna (e.g. Della Favera, 2001). Devido ao caráter de predição, a aplicação dos conceitos da estratigrafia de seqüências faz-se fundamental no estudo de terrenos sedimentares, seja com o propósito de prospecção de bens minerais e energéticos, reconstrução paleogeográfica ou mapeamento básico.

### **2.2.1. Natureza e Hierarquias do Registro Estratigráfico**

O primeiro passo da análise estratigráfica é a subdivisão da sucessão sedimentar estudada em elementos que possam ser delimitados espacialmente (unidades estratais). A identificação dessas unidades prevê uma hierarquia de escalas na organização do registro estratigráfico (Tabela 2.1). Nas menores escalas de hierarquia, herdamos-se conceitos da sedimentologia, mediante o reconhecimento de lâminas, camadas e conjuntos de camadas. Numa escala espacial maior, as unidades são definidas conforme os princípios da estratigrafia de seqüências (parasseqüências, conjuntos de parasseqüências e seqüências). As escalas de unidades estratais associam-se a diferentes grandezas de ciclos e eventos sedimentares, cujos controles podem estar ligados a fenômenos autocíclicos (associados à própria dinâmica dos

sítios deposicionais) ou alocíclicos (ligados a processos externos, como tectônica, clima e fenômenos orbitais) (Tabela 2.2).

Apesar da incontestável presença de ciclicidade nos fenômenos naturais e no registro geológico, grandes discussões são travadas quanto à natureza essencialmente cíclica ou episódica da sedimentação (e.g. Dott, 1996), ou seja, se o registro sedimentar seria constituído mais por processos sedimentares graduais (ciclos) ou pontuais (eventos). Nesse sentido, Della Fávera (1984) destaca a importância dos processos episódicos e raros para defender uma “estratigrafia de eventos”, baseado em exemplos de depósitos em diversas bacias brasileiras cuja gênese é vinculada a processos de curta duração (turbiditos, tempestitos, inunditos e sismitos). De acordo com Dott (1996), há uma forte tendência atual de se interpretar as sucessões sedimentares com o modelo dos ciclos, o que em parte é atribuído ao advento da estratigrafia de seqüências como ferramenta de predição da arquitetura estratigráfica (e.g. Vail *et al.* 1977). A maneira na qual os eventos episódicos se organizam dentro desses ciclos é uma questão que permanece ainda sem solução definitiva.

### **2.2.2. Análise de Fácies**

#### **Definição de fácies**

O termo fácies em geologia sedimentar não apresenta uma definição rigorosa e vem sendo utilizado com diversas conotações. Um dos primeiros usos do termo, em meados do século XIX, foi no sentido de definir “a soma total dos aspectos litológicos e paleontológicos de uma unidade estratigráfica” (Gressly, 1838, *apud* Walker, 1992a). Desde então, o significado de fácies foi adaptado e modificado, o que segundo Walker (1992a) envolveu debates sobre as seguintes questões: 1. quando o termo implica em um conjunto abstrato de características em oposição ao corpo de rocha propriamente dito; 2. quando o termo deve se referir a porções restritas da unidade estratigráfica ou a corpos de rocha desconfinados; 3. quando o termo possui caráter estritamente descritivo (p.ex. fácies de arenito) ou assume postura genética (p.ex. fácies fluvial).

Miall (1999) conceitua fácies como uma “unidade de rocha definida com base em suas características litológicas distintivas”, representando um evento de deposição individual ou um processo sedimentar. As características distintivas podem incluir composição mineralógica, granulometria, geometria e estruturas sedimentares. Cabe ressaltar que nessa definição o autor refere-se à fácies sob o ponto de vista litológico, ou seja, como litofácies. Se analisado segundo outros atributos, o mesmo corpo de rocha pode ser definido como biofácies, sismofácies, eletrofácies, icnofácies,

organofácies, etc. Walker (1990) adota uma postura mais flexível quanto à conceituação, na qual uma fácies pode ser definida como uma parte ou uma “peça” do registro estratigráfico. Em termos práticos, cada uma dessas partes é limitada por contatos bruscos ou gradativos e apresenta características distintas das que ocorrem imediatamente abaixo e acima.

<b>Unidades estratais</b>	<b>Definição</b>	<b>Espessura comum</b>	<b>Extensão lateral</b>	<b>Tempo de formação</b>
Seqüência	Sucessão de estratos geneticamente relacionados, limitada no topo e na base por desconformidades ou suas conformidades correlatas	20 a 500 m	2.000 a 20.000 km <sup>2</sup>	106 a 105 anos
Conjunto de parasseqüências	Sucessão de parasseqüências geneticamente relacionadas definindo padrão de empilhamento típico	10 a 100 m	50 a 1.000 km <sup>2</sup>	105 a 104 anos
Parasseqüência	Sucessão de estratos geneticamente relacionados, limitada por superfícies de inundação marinha ou suas superfícies correlatas	3 a 30 m	50 a 1.000 km <sup>2</sup>	104 a 102 anos
Conjunto de camadas	Sucessão de camadas geneticamente relacionadas, limitada por superfícies de erosão, não deposição ou superfícies correlatas	50 cm a 10 m	2 a 500 km <sup>2</sup>	103 a 1 anos
Camada	Sucessão de lâminas ou conjuntos de lâminas geneticamente relacionados, limitada por superfícies de erosão, não deposição ou superfícies correlatas	10 cm a 5 m	2 a 500 km <sup>2</sup>	102 anos a dias
Conjunto de lâminas	Sucessão de lâminas geneticamente relacionadas, limitada por superfícies de erosão, não deposição ou superfícies correlatas	5 cm a 1 m	2 a 20 km <sup>2</sup>	1 ano a horas
Lâmina	Menor unidade reconhecida macroscopicamente	< 5 cm	100 m <sup>2</sup> a 5 km <sup>2</sup>	Meses a segundos

Tabela 2.1 – Hierarquias de unidades estratais segundo Van Wagoner *et al.* (1990).

<b>Hierarquia</b>	<b>Periodicidade (Ma)</b>	<b>Seqüências (denominações mais comuns)</b>
1ª ordem	> 108	
2ª ordem	107 - 108	Seqüência estratigráfica; superciclo; superseqüência; seqüência tectono-sedimentar
3ª ordem	106 – 107	Seqüência deposicional; seqüência genética
4ª a 6ª ordem	< 106	Parasseqüência; ciclotema; punctuated aggradational cycle (PAC)

Tabela 2.2 – Hierarquias de ciclos e denominações estratigráficas mais utilizadas (modificado de Assine, 2001).

Recentemente, Swift *et al.* (2003) incorporou conotação hierárquica na definição de litofácies, considerando esta se tratar de uma unidade de rocha na escala intermediária entre camada e seqüência. Deste modo, litofácies seria a unidade fundamental para a análise estratigráfica em meso-escala, principalmente com base em dados de campo. Na caracterização da arquitetura de unidades sedimentares (*sensu* Galloway & Hobday 1996), principalmente em vistas da geologia de reservatórios/aquíferos, fácies situam-se na escala macroscópica de heterogeneidade, constituindo unidades tridimensionais caracterizadas por padrões específicos de permoporosidade (unidades de fluxo).

A característica mais importante e consensual de uma fácies sedimentar é o caráter de desconfinamento estratigráfico, ou seja, a qualificação de um corpo de rocha como uma determinada fácies A ou B independe da sua posição estratigráfica. Isso significa que, em uma seção vertical levantada, litotipos com as mesmas características distintivas e recorrentes na vertical devem ser classificados como uma mesma fácies, preservando o nível de detalhe adotado na classificação (Figura 2.1). Como fácies são representações físicas ou materializações de um processo sedimentar pretérito, a recorrência de fácies na vertical sugere que processos sedimentares semelhantes se repetiram de forma cíclica ao longo do tempo geológico e geraram produtos com características comuns.

A avaliação das fácies constituintes de uma unidade estratigráfica pode ser feita de diversas formas e em diferentes níveis de detalhe, dependendo do objetivo a ser alcançado, se interpretação sedimentológica, correlação estratigráfica, mapeamento, reconstrução paleogeográfica, etc. No caso de mapeamento geológico em áreas sedimentares, a análise de fácies deve ser empregada de forma sistemática de acordo com a escala de representação, permitindo a classificação dos litotipos identificados segundo atributos distintivos. A abordagem deve ser operacional em escala de afloramento, ou seja, com ênfase na textura, mineralogia (mesoscópica), geometria, estruturas sedimentares e conteúdo paleontológico, e sempre procurando estabelecer o empilhamento das fácies. O produto resultante apresentará a descrição das unidades mapeadas não só conforme a constituição litológica, mas atentando para características de cunho genético que serão base para a definição de associações de fácies e reconstrução da história geológica da área. Além disso, unidades sedimentares distintas deverão apresentar típicas sucessões verticais de fácies ou padrões de empilhamento (*stacking patterns*), o que irá atribuir uma “identidade estratigráfica” para cada intervalo mapeado.



Figura 2.1 – Perfil vertical hipotético ilustrando caráter de desconfinamento da definição de fácies e exemplo de sucessão de fácies com argilosidade crescente para cima.

### Sucessões de fácies

Sucessão de fácies (*fácies succession*) pode ser definida como um conjunto de fácies empilhadas progressivamente segundo seqüência vertical lógica, na qual uma ou mais propriedades mudam sistematicamente da base para o topo. O termo seqüência de fácies (*fácies sequence*) é um sinônimo que caiu em desuso devido ao novo significado atribuído à palavra “seqüência” no sentido estratigráfico e em maior escala. As propriedades variáveis numa sucessão de fácies podem ser granulométricas (e.g. argilosidade), químicas (e.g. teor de carbono orgânico), paleontológicas (e.g. diversidade de organismos marinhos) ou litológicas (e.g. razão arenito/folhelho). Na Figura 2.1 é exemplificada sucessão de fácies com acréscimo de argilosidade em direção ao topo, marcada pela progressiva diminuição da razão arenito/pelito.

Os contatos entre as fácies de uma sucessão podem ser gradativos ou abruptos, representando variabilidade no grau de vínculo genético entre uma fácies e a outra e/ou nível energético no ambiente de deposição. Embora de Raaf (1965, *apud* Walker 1990) caracterize sucessão de fácies como um elemento apenas descritivo, alguns autores incorporam o caráter de “ciclicidade”, assumindo relação genética mútua entre as fácies presentes na sucessão (e.g. Busch, 1971, *apud* Walker 1990). Nesse sentido, deve-se admitir que uma sucessão gradativa de fácies certamente representa um conjunto de condições deposicionais no qual todas as fácies estão inseridas e geneticamente relacionadas.

Em trabalhos de campo, sucessões de fácies representam o produto essencial do levantamento de perfis estratigráficos verticais. Quando revestidas de conotação

genética, tais sucessões são utilizadas como base para a elaboração de modelos de fácies (*facies models*) a partir de modelos de perfis verticais (*vertical profile models*) e comparações com sistemas deposicionais atuais (mais detalhes no item 2.3.6).

### **Associações de fácies e elementos arquitetônicos**

Associações de fácies constituem assembléias de fácies geneticamente relacionadas e que apresentam algum significado ambiental (Collinson, 1969, *apud* Walker, 1990). O agrupamento de fácies individuais em associações muitas vezes facilita a interpretação e evita complexidades proporcionadas, por exemplo, por pequenas variações na granulação ou no porte e estilo das estratificações, comumente irrelevantes para a reconstrução dos sistemas deposicionais. Nesse caso, uma fácies contribui para a interpretação da outra (Walker, 1990).

O fator escala não está implícito no conceito de associação de fácies, de modo que dependendo do detalhe a ser alcançado, as associações reconhecidas podem representar partes do sistema deposicional (e.g. associação de canal), o sistema como um todo (e.g. associação lagunar) ou ainda, em levantamentos regionais, um conjunto ou trato de sistemas deposicionais congêneres (e.g. associação não-marinha).

Os atributos faciológicos das associações de fácies somados de sua geometria externa e orientação no espaço compõem o que foi denominado de elementos arquitetônicos (*architectural elements*) por Allen 1983 (*apud* Miall, 1999). Segundo a definição, esses elementos representariam os tijolos (*building blocks*) que compõem o registro estratigráfico dos sistemas deposicionais.

O estudo de elementos arquitetônicos possui conotação genética e está atrelado a modelos desenvolvidos para sistemas deposicionais específicos, nos quais a geometria das associações de fácies é equiparada à geometria das partes correspondentes dos sistemas deposicionais onde as mesmas foram depositadas. Dentre os modelos mais conhecidos destacam-se o de Miall (1985) para sistemas fluviais (Figura 2.2) e Mutti e Normark (1987) para leques submarinos. Paralelamente à definição de elementos arquitetônicos fluviais, Miall (1985) caracterizou várias ordens de hierarquia de superfícies limítrofes (*bounding surfaces*) nesses depósitos.

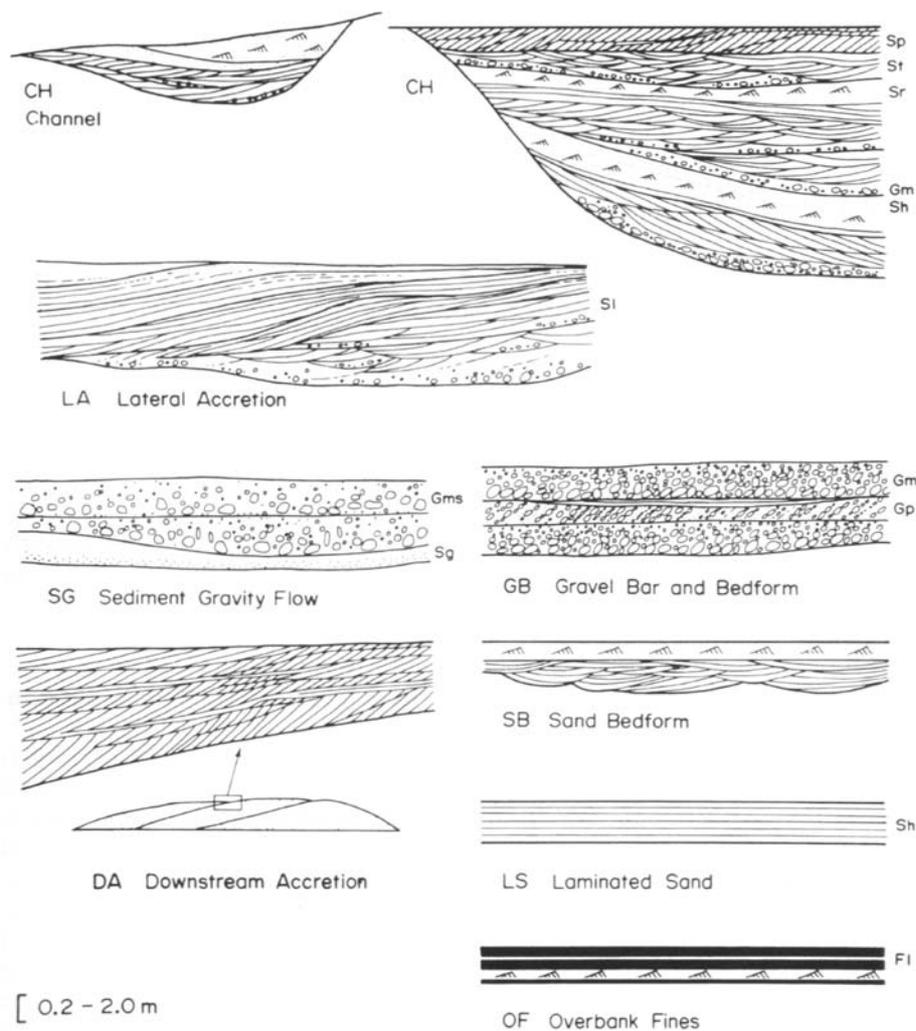


Figura 2.2 – Elementos arquitetônicos essenciais de sistemas deposicionais fluviais segundo a classificação de Miall (1985).

### Classificação de fácies

Além da descrição minuciosa e documentação de cada fácies encontrada em campo, uma bem sucedida análise de fácies requer o emprego de um esquema classificatório que possibilite a discriminação das características observadas de forma sucinta e oriente a definição de associações de fácies. Modelos de classificação/codificação de fácies disponíveis na bibliografia foram desenvolvidos para ambientes e sistemas deposicionais específicos, tais como turbidíticos (Mutti & Ricci-Lucchi, 1972; Pickering et al., 1989; Mutti, 1992), fluviais (Miall, 1978) e glaciais (Eyles *et al.*, 1983). Todos esses modelos citados vêm sendo sistematicamente utilizados em diversos trabalhos, muitas vezes necessitando de adaptações ou modificações. Numa outra vertente, Walker (1990) defende que esquemas locais sejam desenvolvidos considerando as características geológicas particulares de cada unidade estudada. Segundo o autor, modelos “universais” oferecem o risco de “ajustes forçados” de um caso particular a um determinado esquema.

Na concepção de Miall (1999), esquemas classificatórios simples devem ser utilizados no sentido de “dar ordem ao caos” e “compreender a gênese”. Classificações evitam a complexidade dos detalhes descritivos, homogeneizam o conhecimento e facilitam a comunicação geológica. O modelo de fácies de Miall (1978), para depósitos fluviais, foi desenvolvido a partir do acúmulo de conhecimento gerado com o intenso estudo prático de “casos reais” desses depósitos. Sua aplicação estará obviamente sujeita a adaptações em virtude das particularidades de cada caso analisado.

O esquema classificatório de fácies fluviais é amplamente utilizado e baseia-se na definição de siglas ou códigos de letras que exprimem características essenciais de cada fácies, basicamente textura e estruturas sedimentares. A primeira letra do código representa a classe granulométrica ou composicional, sendo utilizadas letras em maiúsculo – “G” para conglomerados (*gravel*), “S” para arenitos (*sand*) e “F” para pelitos (*fines*). A segunda letra do código, em minúsculo, indica gradação ou estrutura sedimentar. Desse modo, a fácies arenito com estratificação cruzada planar é expressa pela sigla Sp e a fácies finos laminados é representada como fácies Fl. Considerando, por exemplo, que a fácies Sp pode estar presente em vários contextos deposicionais além do fluvial, pois reflete o simples processo de migração de formas de leito (dunas), a codificação torna-se útil para a análise em diferentes unidades estratigráficas.

Inspirando-se no esquema de Miall (1978) e estudando sucessões glaciais, Eyles *et al.* (1983) expandiram o código acrescentando a classe “D” para descrever ruditos de baixa seleção granulométrica (diamictitos). Nessa nova proposta também foi adicionada ao código uma terceira letra para referir-se a atributos genéticos relevantes em algumas fácies. Exemplo são os finos laminados com clastos caídos de gelo flutuante (*dropstones*), representados como fácies Fld (Eyles *et al.*, 1983).

Como destacado em Miller (1996), algumas características observadas em campo não estão satisfatoriamente expressas no código de fácies de Eyles *et al.*, (1983), como por exemplo, geometria dos corpos, paleocorrentes, espessura, porcentagem de clastos nos diamictitos e relações de contato. Isso mostra que dependendo do nível de detalhe a ser atingido e do tipo de depósito sedimentar analisado, atributos adicionais devem ser acrescentados ao código, porém mantendo sua estrutura básica a fim de permitir a rápida compreensão.

Estudos realizados em unidades siliciclásticas no Paleozóico da Bacia do Paraná comprovaram a operacionalidade do código de fácies para a descrição de afloramentos e testemunhos de poços (e.g. Gama *et al.*, 1992; Eyles *et al.*, 1993; Assine, 1996; França *et al.*, 1996; Vesely, 2001). Na tabela 2.3 é ilustrado esquema classificatório

com as principais fácies encontradas em unidades siliciclásticas, baseado principalmente na experiência adquirida com o estudo de seções aflorantes da Bacia do Paraná. Esse código, de caráter essencialmente descritivo, deve ser visto como ponto de partida para a sistematização de trabalhos de mapeamento ou análise estratigráfica em terrenos sedimentares.

<b>Fácies</b>	<b>Litologia</b>	<b>Atributos descritivos e genéticos</b>
Gc	Conglomerado (Gravel)	aspecto caótico (clasto-suportado ou matriz-suportado)
Gm	Conglomerado (Gravel)	maciço
Gg	Conglomerado (Gravel)	gradação normal
Gi	Conglomerado (Gravel)	gradação inversa
Gh	Conglomerado (Gravel)	estratificação plano-paralela (horizontal bedding)
Gp	Conglomerado (Gravel)	estratificação cruzada planar
Gt	Conglomerado (Gravel)	estratificação cruzada acanalada (trough crossbedding)
Sm	Arenito (Sandstone)	maciço
Sg	Arenito (Sandstone)	gradação normal
Si	Arenito (Sandstone)	gradação inversa
Sh	Arenito (Sandstone)	estratificação plano-paralela (horizontal bedding)
Sp	Arenito (Sandstone)	estratificação cruzada planar
St	Arenito (Sandstone)	estratificação cruzada acanalada (trough crossbedding)
Sl	Arenito (Sandstone)	estratificação cruzada de baixo ângulo (low-angle crossbedding)
Ss	Arenito (Sandstone)	estratificação cruzada sigmóide
Shc	Arenito (Sandstone)	estratificação/laminação cruzada hummocky
Sr	Arenito (Sandstone)	ondulações assimétricas (current ripples)
Sw	Arenito (Sandstone)	ondulações simétricas (wave ripples)
Fm	Folhelho/lamito/siltito (Fines)	maciço
Fl	Folhelho/lamito/siltito (Fines)	laminação plano-paralela
Fl-d	Folhelho/lamito/siltito (Fines)	laminação plano-paralela; clastos caídos (dropstones)
Dm	Diamictito	maciço
Dm-s	Diamictito	maciço; superfícies de cisalhamento (shear)
Dg	Diamictito	gradação normal
Di	Diamictito	gradação inversa
Ds	Diamictito	estratificado (stratified)
Ds-r	Diamictito	estratificado (stratified); estruturas de ressedimentação
Ds-c	Diamictito	estratificado (stratified); estruturas de corrente
C	Carvão	-
L	Calcário (Limestone)	-
Rg	Ritmito (lama/areia)	pares com gradação normal
Rg-d	Ritmito (lama/areia)	pares com gradação normal; clastos caídos (dropstones)
Rg-c	Ritmito (lama/areia)	pares com gradação normal; laminação convoluta
Hr	Fácies Heterolítica (lama/areia)	ondulações assimétricas (current ripples)
Hr-d	Fácies Heterolítica (lama/areia)	ondulações assimétricas (current ripples); clastos caídos (dropstones)

Tabela 2.3 – Código para classificação de fácies em unidades siliciclásticas (baseado em Miall 1978 e Eyles *et al.* 1983).

## **Modelos de fácies e sistemas deposicionais**

Segundo Walker (1990), o termo modelo de fácies (*facies model*) é utilizado de duas formas na literatura, seja para: 1. sintetizar uma situação local ou 2. fazer generalizações baseadas em características oriundas de situações locais. No segundo caso, trata-se de um conjunto de características gerais de um determinado sistema deposicional, que pode ser empregado como: a) norma para propósitos de comparação, b) arcabouço predefinido para ser utilizado em trabalhos subseqüentes, c) modelo preditivo para situações geológicas diversas ou d) base para a interpretação do sistema que ele representa (Walker, 1992a). Modelos de fácies, baseados no estudo de sistemas deposicionais no recente ou no registro geológico, foram publicados em duas coletâneas de textos redigidos por diversos autores: *Facies Models* de Walker & James (1992) e *Sedimentary Environments and Facies* de Reading (1996).

Para os exploracionistas, o conceito de sistema deposicional como um conjunto tridimensional de fácies, geneticamente relacionadas entre si (Brown & Fisher, 1977), remonta ao registro estratigráfico e se confunde com a definição de associação de fácies (Walker, 1990). Sistemas deposicionais ativos são arranjos de processos e unidades geomórficas que interagem dinamicamente (Chorley *et al.*, 1984, *apud* Galloway & Hobday, 1996), de forma a promover a dispersão de sedimentos. Ocorrem na forma de elementos essenciais da fisiografia, tais como rios, campos de dunas, estuários, leques submarinos, etc. De acordo com a situação geográfica ou paleogeografia, os sistemas deposicionais são classificados em continentais, transicionais (costeiros) e marinhos. Quanto à composição química dos sedimentos, podem ser siliciclásticos, carbonáticos, evaporíticos e mistos. O termo ambiente de sedimentação é comumente utilizado num espectro mais amplo para definir, incorporando características climáticas e de relevo, o macro-ambiente que engloba diversos sistemas deposicionais contemporâneos (p.ex. ambiente marinho, ambiente desértico, ambiente glacial, etc.).

A maioria dos modelos de fácies para sistemas continentais e costeiros baseia-se na comparação com processos recentes que ocorrem na superfície (modelos atualísticos). Dentre esses modelos, pode-se citar a classificação tripartite de deltas (Galloway, 1975) e o modelo de fácies estuarinas de Dalrymple *et al.* (1992). Modelos de leques submarinos (e.g. Walker, 1992b), por outro lado, baseiam-se essencialmente na análise do registro estratigráfico e secundariamente em imagens indiretas dos assoalhos oceânicos atuais, partindo do princípio que fácies pretéritas podem fornecer informações para a compreensão de processos submarinos mais recentes.

Muitos modelos de fácies são expressos como perfis verticais (*vertical profile models*), ou seja, sucessões de fácies típicas produzidas em determinados contextos deposicionais (Figura 2.3 e Figura 2.4). Apesar das imprevisíveis variações locais, modelos de perfis verticais apresentam caráter de predição e fornecem informações para a comparação entre áreas distintas. Pode-se prever com considerável segurança, por exemplo, que o recuo de uma margem glacial sobre plataforma marinha interna irá produzir uma sucessão caracterizada por tilitos na base, sucedidos por areias e cascalhos de outwash subaquoso e ritmitos marinhos (turbiditos), o que será expresso como um típico perfil de granodecrescência ascendente (Figura 2.4).

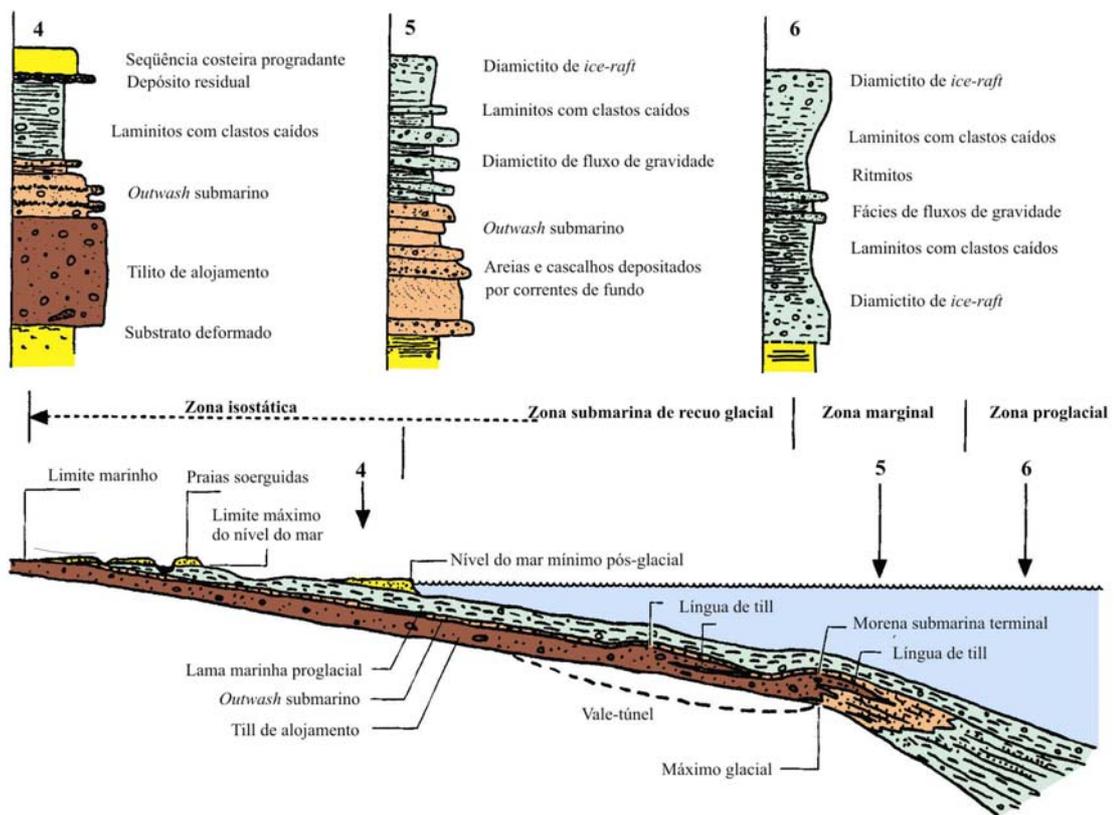


Figura 2.3 – Modelos de perfis verticais de fácies depositadas em diferentes domínios de um ambiente glaciomarinho (modificado de Miller, 1996).

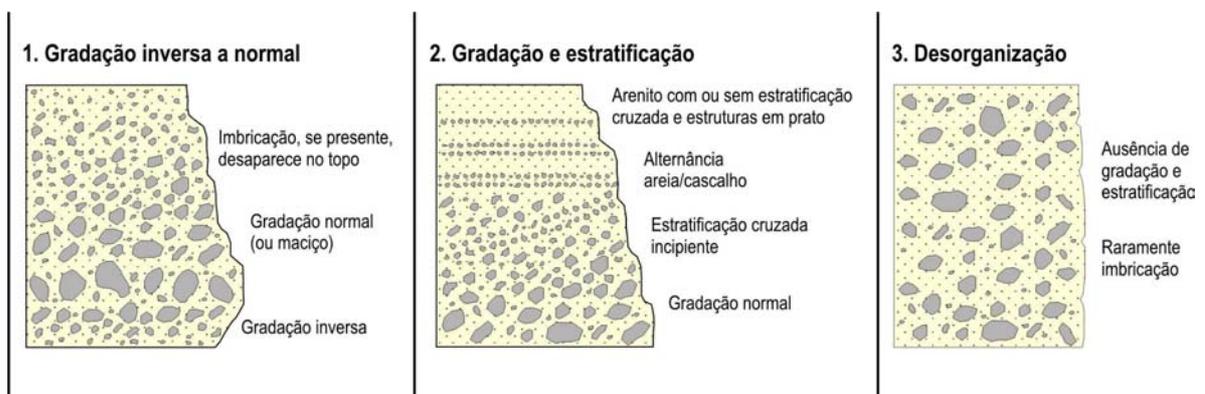


Figura 2.4 – Modelo de fácies conglomeráticas com filiação turbidítica (Walker, 1975).

### 2.2.3. Estratigrafia de Seqüências

Na concepção de Carter (1998), o nascimento da disciplina estratigrafia de seqüências (*sensu* Vail *et al.*, 1977) resultou no surgimento de dois paradigmas ou modelos conceituais: o modelo do nível do mar global – *global sea-level model (GSM)* e o modelo de seqüências – *sequence model (SM)*. O GSM propõe uma curva de variação global do nível do mar para o Fanerozóico, baseada nos padrões de *onlap* observados nas seqüências ao redor do mundo. O SM compreende a predição da arquitetura estratigráfica produzida durante um ciclo de variação do nível do mar. Na discussão aqui apresentada, os conceitos serão discutidos sempre com ênfase no SM, devido ao seu caráter de ferramenta interpretativa aplicável em diferentes bacias.

Em termos práticos, o modelo de seqüências propõe a subdivisão do registro sedimentar em unidades estratais (seqüências) limitadas por desconformidades (limites de seqüências). Essa abordagem atribui caráter genético ao levantamento estratigráfico, pois proporciona a qualificação de superfícies físicas como superfícies teóricas ou “linhas de tempo”, criando bases para determinar a história sedimentar de uma bacia mediante o reconhecimento de ciclos deposicionais (parasseqüências) e conjuntos de sistemas deposicionais contemporâneos (tratos de sistemas deposicionais).

Os conceitos essenciais da estratigrafia de seqüências segundo a escola da Exxon podem ser encontrados em Mitchum *et al.* (1994), Vail *et al.* (1977), Haq *et al.* (1988), Posamentier *et al.* (1988), Van Wagoner *et al.* (1990), Posamentier *et al.* (1992), Posamentier & Allen (1993) e Van Wagoner & Bertram (1995). Outras importantes fontes de informação sobre o tema, incluindo análises críticas sobre o modelo Exxon, constam em Galloway (1989), Hunt & Tucker (1992), Emery & Myers (1997), Church & Gawthorpe (1997), Miall (1997). Textos didáticos sobre estratigrafia de seqüências publicados no Brasil são ainda escassos, destacando-se os livros recentemente publicados por Della Fávera (2001) e Ribeiro (2001). Outras fontes de consulta podem ser encontradas em artigos e trabalhos acadêmicos sobre a aplicação da análise de seqüências em diversas unidades estratigráficas das bacias brasileiras.

A aplicação da estratigrafia de seqüências como ferramenta para a análise de seções aflorantes foi discutida em Van Wagoner *et al.* (1990) e Van Wagoner & Bertram (1995). A maior unidade estratal contemplada numa única seção aflorante é usualmente de poucas dezenas de metros, o que corresponde à hierarquia de parasseqüência (Tabela 2.1). Estudos de caso desenvolvidos em unidades siliciclásticas notavelmente expostas demonstraram a aplicabilidade dos conceitos de

superfícies-chave e padrões de empilhamento, permitindo análises de alta resolução acopladas ao reconhecimento de fácies, associações de fácies e elementos arquitetônicos (Van Wagoner & Bertram, 1995; Yoshida, 2000; Miall & Arush, 2001).

### Variáveis e conceitos fundamentais

O padrão de distribuição e empilhamento de fácies em uma bacia sedimentar é controlado por três fatores essenciais: fisiografia da bacia, espaço de acomodação e suprimento sedimentar. Como ilustrado na Figura 2.5, o perfil longitudinal de margens continentais pode apresentar os elementos planície aluvial, planície costeira, plataforma continental, talude e planície abissal ou apresentar configuração do tipo rampa, sem distinção entre plataforma e talude. As bacias de margem passiva, como as da margem atlântica brasileira, incluem-se na categoria de bacias do tipo plataforma/talude. Ambientes marinhos que se estendem ao interior dos continentes estão associados a bacias do tipo rampa, como é o caso das bacias intracratônicas (p.ex. Bacia do Paraná).

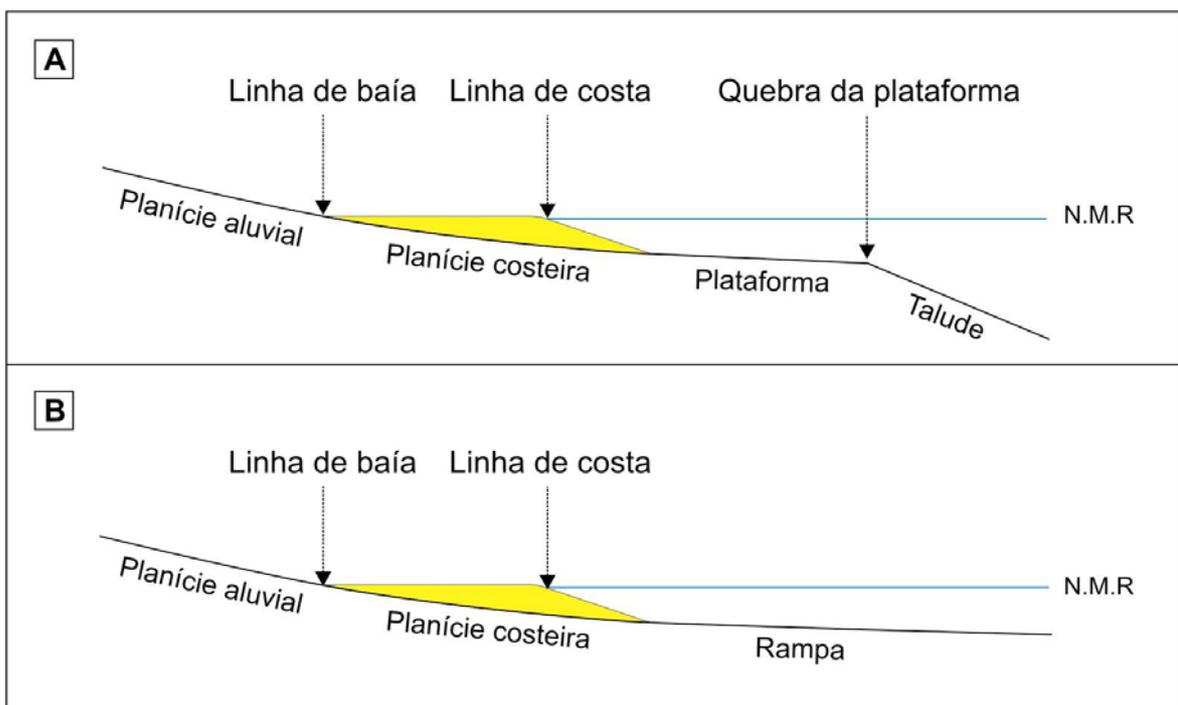


Figura 2.5 – Fisiografia de margens continentais com plataforma e talude (A) e em rampa (B).

O espaço de acomodação corresponde ao espaço disponível para ser preenchido por sedimentos. No ambiente marinho o volume desse espaço é controlado pelo nível do mar relativo, que é dependente da interação entre oscilações no nível do mar eustático e movimentações positivas ou negativas da superfície do embasamento da

bacia (subsidência e soerguimento). O nível do mar relativo é definido como a distância entre a superfície da água e o embasamento da bacia (Figura 2.6). A espessura da coluna de água contida acima do leito marinho é denominada de lâmina d'água. Nas regiões costeiras, a superfície da lâmina d'água se comporta como o nível de base (*base level*), determinando o limite acima do qual predomina erosão e abaixo deposição. O nível do mar eustático (ou eustasia) é o nível absoluto do oceano medido em relação ao centro da terra (Figura 2.6). Mudanças no nível eustático são causadas por variações no volume das bacias oceânicas (tectono-eustasia) e por variações no próprio volume de água que preenche essas bacias como reflexo de glaciações e deglaciações (glácio-eustasia).

O suprimento sedimentar representa o volume de sedimentos que se desloca do continente em direção a bacia e preenche o espaço de acomodação. As taxas de suprimento dependem basicamente dos efeitos do clima e da tectônica na área-fonte, que deverão controlar o tipo de intemperismo (químico, físico ou biológico), grau de denudação e gradiente da planície aluvial.

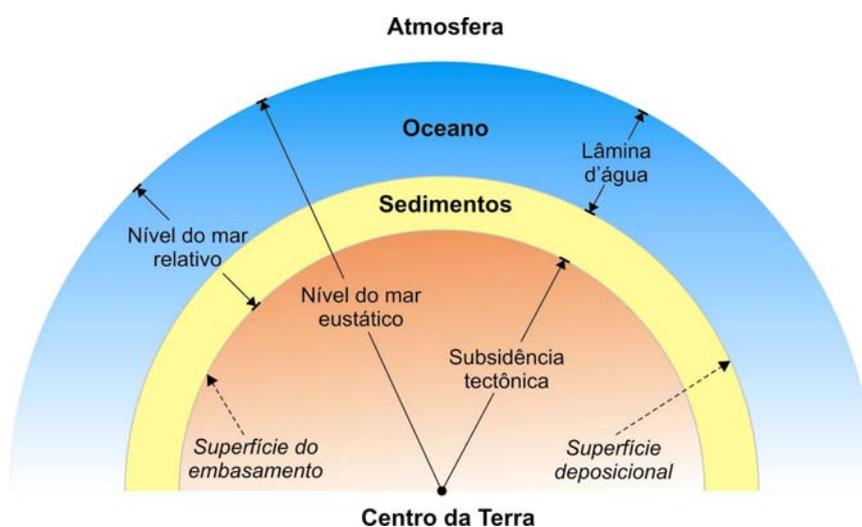


Figura 2.6 – Diagrama esquemático ilustrando a distinção entre nível do mar eustático, nível relativo e lâmina d'água.

O balanço entre suprimento sedimentar e espaço de acomodação determina o comportamento da linha de costa ao longo do tempo e o padrão de empilhamento adquirido pelos depósitos acumulados. Se uma determinada linha de costa avança em direção ao mar (regressão marinha), significa que a taxa de suprimento sedimentar superou a taxa de geração de espaço para acomodação, resultando numa progradação (Figura 2.7), ou seja, uma sucessão caracterizada por termos cada vez mais proximais em direção ao topo. No caso inverso, quando a geração de espaço é maior do que a taxa de suprimento, tem-se o recuo da linha de costa em direção ao continente

(transgressão marinha) e o empilhamento resultante adquire característica de retrogradação, ou seja, fácies proximais sendo progressivamente recobertas por fácies distais. Numa terceira situação, com equilíbrio entre geração de espaço e suprimento, a linha de costa permanecerá estável ou estacionária e o padrão de empilhamento caracterizará uma agradação.

A geometria estratal de uma cunha progradante é fortemente influenciada pelo comportamento do nível do mar durante a migração da linha de costa. Se a progradação ocorre concomitante a subida do nível ou com nível constante, tem-se uma regressão normal e ocorre agradação da planície aluvial e na planície costeira. Se a progradação acompanha queda do nível do mar, há erosão do prisma costeiro e rápido deslocamento da linha de costa em direção à bacia, caracterizando regressão forçada (*forced regression*). Na Figura 2.8 são ilustrados casos de progradação com regressão normal e forçada como resposta a diferentes comportamentos do nível do mar. O empilhamento resultante de uma progradação com regressão forçada é comumente caracterizado por fácies litorâneas superpostas em discordância sobre fácies marinhas de costa afora (Posamentier *et al.*, 1992; Hunt & Tucker, 1992). Essa desconformidade é denominada de superfície basal de regressão forçada.

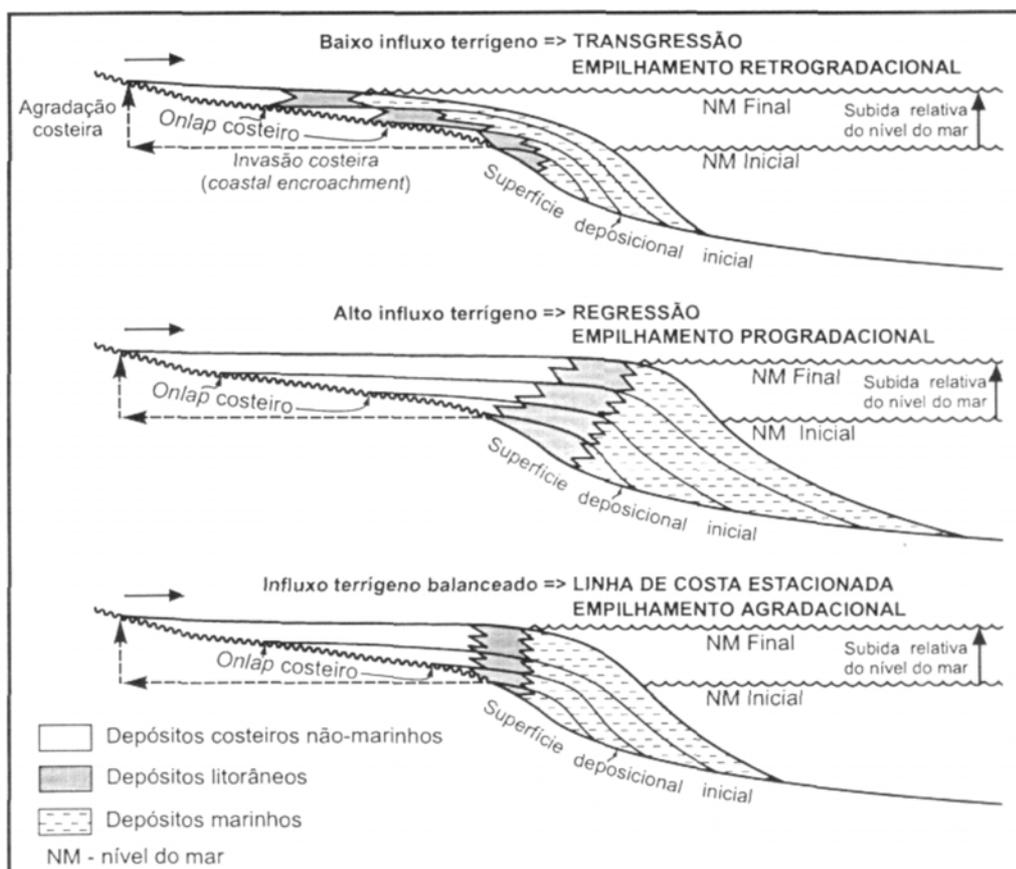


Figura 2.7 – Deslocamentos da linha de costa e padrões de empilhamento em função do suprimento sedimentar (influxo terrígeno) e espaço de acomodação (Fonte: Ribeiro, 2001).

O onlap costeiro, obtido a partir de padrões de terminação de refletores sísmicos, indica variações no empilhamento (progradação vs. retrogradação) e foi utilizado por Vail *et al.*, (1977) para inferir variações relativas no nível do mar mediante a confecção da curva do onlap costeiro. De início, considerava-se que as oscilações eustáticas eram o principal controle sobre a arquitetura estratigráfica e a curva do onlap costeiro foi utilizada como carta global de ciclos eustáticos (Vail *et al.*, 1977). Trabalhos subseqüentes destacaram o controle da subsidência da bacia e do influxo de sedimentos, demonstrando que a curva de Vail representava na verdade deslocamentos do onlap costeiro em função do balanço entre espaço de acomodação e suprimento sedimentar.

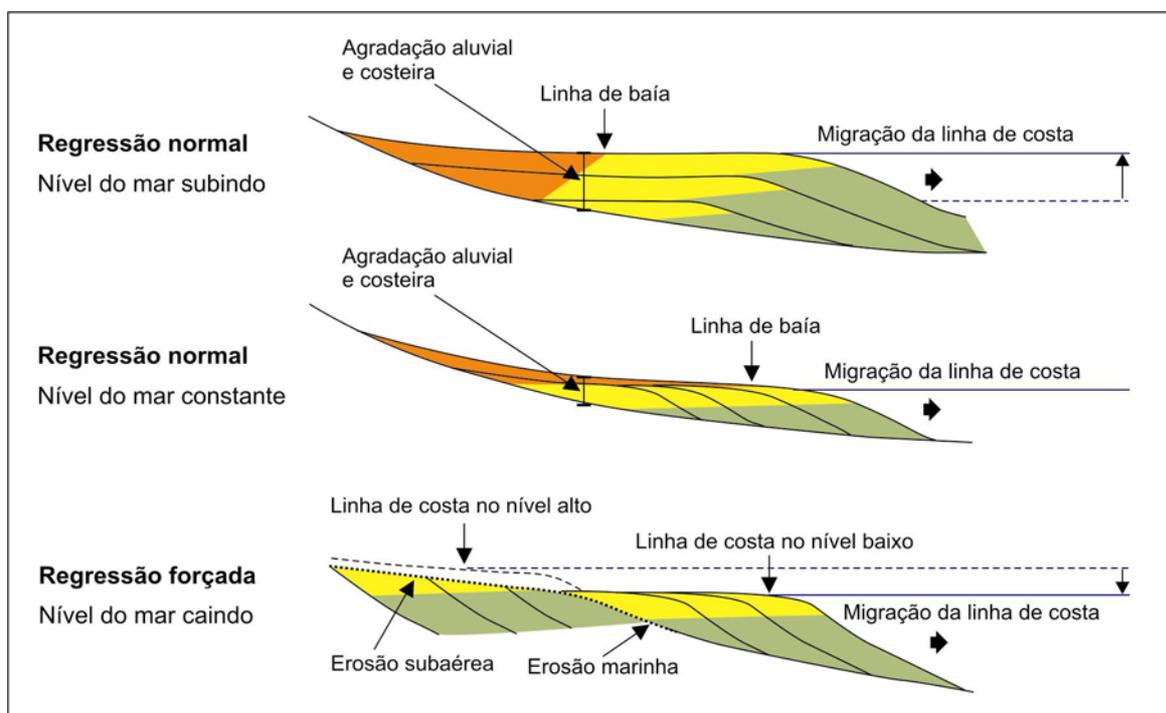


Figura 2.8 – Progradação com regressão normal (nível do mar subindo ou constante) e com regressão forçada (nível do mar caindo). Modificado de Posamentier *et al.* (1992).

### Superfícies-chave

A arquitetura sedimentar é composta por superfícies físicas de diferentes hierarquias, origens e significados temporais. O procedimento inicial da análise de seqüências consiste na identificação de tais superfícies e na interpretação do seu valor cronoestratigráfico. Segundo a sistemática da Exxon, uma seqüência deposicional é composta por três superfícies-chave essenciais: 1. limite de seqüência (*sequence boundary*), 2. superfície de inundação máxima (*maximum flooding surface*) e 3.

superfície transgressiva ou superfície de ravinamento por ondas (*transgressive/ravinement surface*).

O limite de seqüência (LS) é uma desconformidade (*unconformity*) ou conformidade correlata que separa estratos mais antigos de estratos mais jovens (Van Wagoner *et al.*, 1990). Onde ocorre a desconformidade, o LS é expresso como uma superfície de exposição aérea e erosão, exibindo evidências de truncamento entre os estratos acima e abaixo. A conformidade correlata consiste no prolongamento da desconformidade para regiões mais distais da bacia onde não há evidência de exposição aérea. Essa conformidade se expressa como uma mudança abrupta de fácies, de mais distais abaixo para mais proximais acima devido ao deslocamento das fácies no sentido da bacia, (*basinward shift in facies*). Representa o processo de regressão marinha associada à geração da desconformidade na parte emersa da bacia. O LS desenvolve-se durante o período compreendido entre a máxima taxa de queda relativa do nível do mar (*sea level fall*) e o nível mais baixo atingido (*lowstand*) e pode se manifestar, por exemplo, como uma incisão fluvial sobre depósitos marinhos plataformais.

Segundo Van Wagoner *et al.* (1990), as desconformidades podem ser subdivididas em dois tipos principais. A desconformidade do tipo I caracteriza-se por erosão subaérea associada ao rejuvenescimento da drenagem e ocorre quando a taxa de queda eustática é maior do que a taxa de subsidência no limite deposicional da linha de costa (limite superior da antepraia). A desconformidade do tipo II ocorre quando a taxa de queda eustática é menor do que a taxa de subsidência no limite deposicional da linha de costa. É marcada por exposição aérea e deslocamento do onlap costeiro gradiente abaixo, porém sem atingir o limite deposicional da linha de costa. A desconformidade do tipo II não evidencia incisão fluvial, pois se caracteriza por queda gradual do nível do mar e lenta erosão da planície costeira.

A superfície de inundação máxima (SIM) representa a superfície deposicional no momento máximo da transgressão marinha e registra máxima expansão de fácies marinhas no sentido do continente. No interior da bacia, a SIM situa-se no intervalo denominado de seção de condensação (*condensed section*), no qual as baixíssimas taxas de sedimentação promovem a preservação de períodos de tempo relativamente longos na forma de horizontes sedimentares delgados. Em seções sísmicas, a SIM é identificada como a superfície de downlap, pois baliza as terminações basais dos refletores marcados pelas clinofórmulas prográdantes. Em perfis de poços e seções aflorantes, essa superfície posiciona-se comumente no ponto de máxima argilosidade

contido em intervalos de folhelhos marinhos, melhor visualizado como pico radioativo em curvas de raios-gama. Devido ao seu valor cronoestratigráfico como “linha de tempo” a SIM é uma das superfícies físicas mais utilizadas como datum para a correlação estratigráfica entre áreas geograficamente distintas.

As superfícies transgressivas (ST) ou superfícies de ravinamento consistem numa série de superfícies de afogamento (*flooding surfaces*) e erosão marinha que se desenvolvem durante período de tendência transgressiva (Swift, 1968 *apud* Assine & Perinotto, 2001). Com a subida relativa do nível do mar, há erosão por ação de ondas, principalmente durante tempestades, e deposição de depósitos residuais transgressivos (*transgressive lags*), resultando em superfícies planas de ravinamento sobre as quais assentam delgados horizontes de sedimentos relativamente mais grossos (areia ou cascalho). O processo de mobilização dos sedimentos do fundo, com concentração dos grossos e redeposição dos finos costa afora, é denominado de joeiramento (*winning*). Sobre a superfície de ravinamento pode haver a deposição de horizontes pelíticos devido ao incremento na profundidade da lâmina d’água. O avanço do mar em direção à planície aluvial promove a inundação dos vales fluviais incisos, modificando significativamente a fisiografia e originando estuários.

### **Parasseqüências e padrões de empilhamento**

Segundo a definição de Van Wagoner *et al.* (1990), parasseqüência consiste numa sucessão de estratos geneticamente relacionados limitados por superfícies de afogamento ou suas superfícies correlatas. Adiciona-se a essa definição o fato de que parasseqüências em unidades siliciclásticas apresentam-se como ciclos de arrasamento ascendente (*shallowing upward*), pois constituem eventos individuais de progradação de fácies. As superfícies limítrofes formam-se devido ao rápido incremento da lâmina d’água, causando afogamento da cunha progradante e deposição de fácies distais abruptamente sobre as proximais. Em alguns casos, tais superfícies de afogamento são equivalentes às superfícies transgressivas.

A hierarquia estratigráfica admitida para as parasseqüências relaciona-se a ciclos com periodicidade inferior a 1 Ma, enquadrando-se entre as ordens grandeza 4 e 6 (Tabela 2.2). Parasseqüências são unidades estratais com espessura de metros a poucas dezenas de metros, não sendo adequadamente perceptíveis com a resolução sísmica convencional. Representam, portanto, unidades essenciais para uma análise estratigráfica de alta resolução mediante o emprego de perfis de poços, afloramentos e métodos geofísicos de detalhe.

O vínculo genético entre as fácies numa parasseqüência significa que as mesmas foram depositadas num arranjo longitudinal contínuo bacia adentro, o que faz do empilhamento algo com caráter de predição. Parasseqüências são de fácil identificação na escala de afloramentos e de perfis de poços, principalmente em depósitos siliciclásticos costeiros e marinhos rasos. Podem ocorrer na forma de ciclos com granocrescência ou granodecrescência ascendente dependendo da fisiografia costeira em que foram depositadas (Figura 2.9).

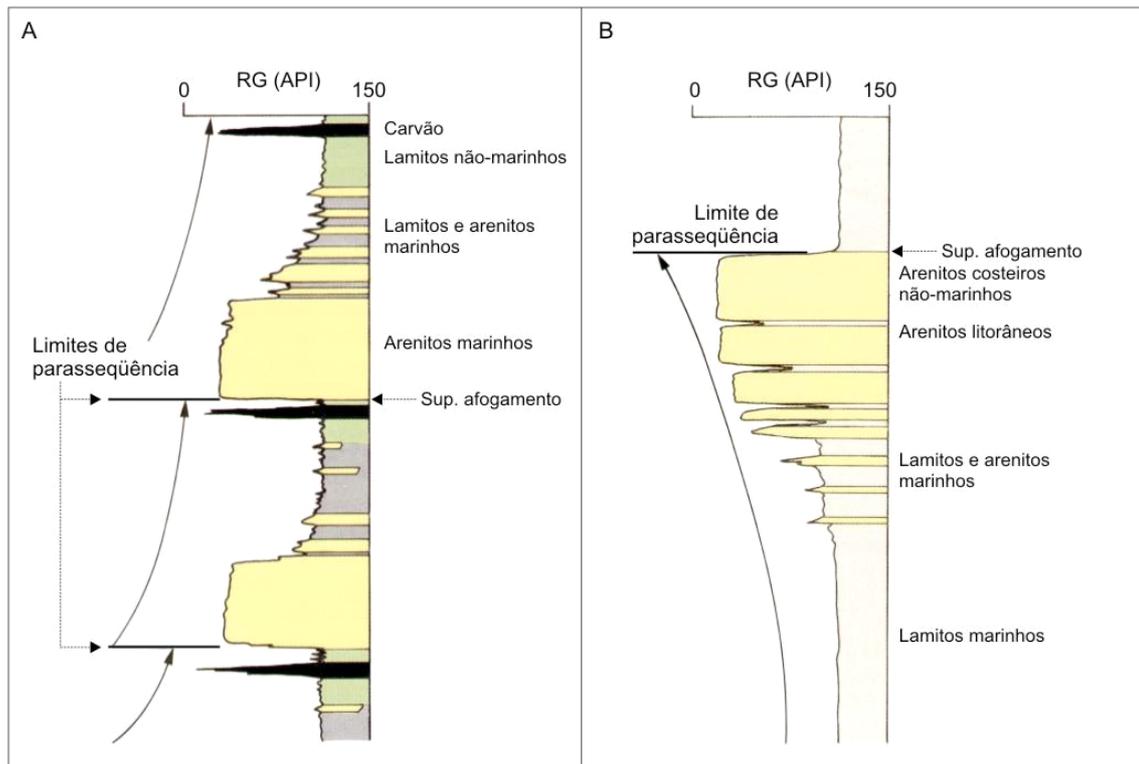


Figura 2.9 – Perfis típicos de parasseqüências depositadas num ambiente costeiro lamítico dominado por marés (A) e numa costa arenosa dominada por ondas e rios (B)

A sucessão de várias parasseqüências geneticamente relacionadas num arranjo vertical lógico compõe unidades estratais de maior hierarquia, denominadas de conjuntos de parasseqüências (*parasequence sets*). Esses conjuntos são classificados de acordo com o seu padrão de empilhamento (*stacking pattern*), se progradante, retrogradante ou agradante (Figura 2.10). De acordo com Van Wagoner *et al.* (1990), as relações verticais de fácies num conjunto de parasseqüências depositado em um ambiente costeiro arenoso dominado por ondas ou rios podem ser expressas da seguinte forma: 1. num conjunto retrogradante de parasseqüências (CRP), parasseqüências sucessivamente mais jovens contêm maior proporção de folhelhos marinhos e de fácies depositadas em condições mais profundas do que as parasseqüências mais antigas. As parasseqüências mais jovens são menos espessas

do que as mais antigas devido ao decréscimo relativo da taxa de suprimento sedimentar em direção ao topo. 2. Num conjunto progradante de parasseqüências (CPP), parasseqüências sucessivamente mais jovens apresentam maior proporção de arenitos depositados em ambiente raso do que as mais antigas. As parasseqüências mais jovens são mais espessas e podem ser constituídas inteiramente por arenitos costeiros. No conjunto agradante de parasseqüências (CAP), as fácies, espessura e razão arenito/pelito verificados em cada parasseqüência não variam significativamente.

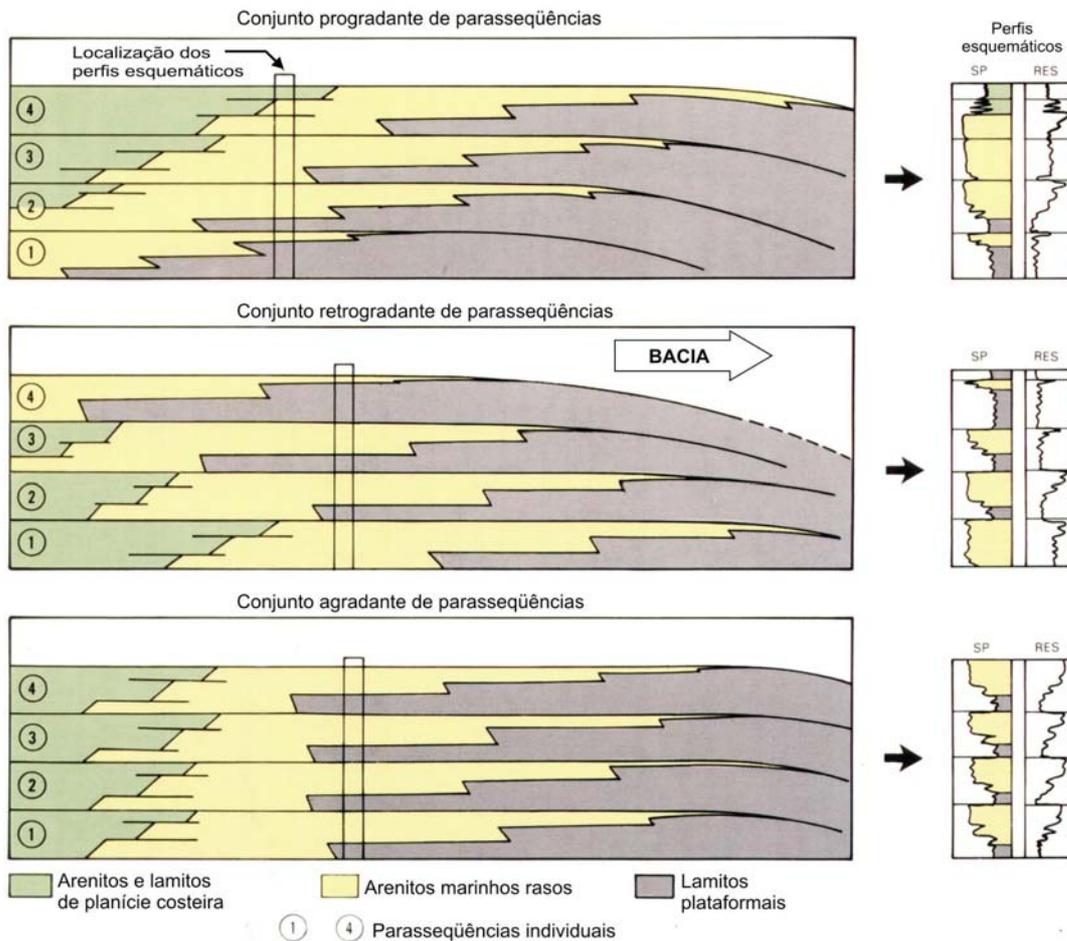


Figura 2.10 – Padrões de empilhamento e relações laterais de fácies em conjuntos de parasseqüências (Fonte: Van Wagoner *et al.*, 1990).

A última superfície de afogamento do CRP coincide com a superfície de inundação máxima e marca o início de um conjunto com característica progradante ou agradante. CPPs e CAPs ocorrem com frequência limitados por desconformidades (limites de seqüência). O limite entre um CPP e um CRP define o ponto em que a linha de costa mais avançou em direção a bacia, com ou sem o desenvolvimento de desconformidade, e em perfis verticais pode ser chamado de superfície de progradação máxima, conforme Emery & Myers (1997).

## Seqüências e tratos de sistemas deposicionais

Sloss (1963) definiu seqüência estratigráfica como uma unidade estratigráfica limitada por desconformidades, identificando seis dessas unidades no Fanerozóico das bacias interiores norte-americanas. O conceito de seqüência de Sloss foi aplicado às bacias intracratônicas brasileiras por Soares *et al.* (1978), que reconheceram sete unidades de mesma hierarquia denominadas como seqüências tectono-sedimentares. Na proposta mais recente de divisão estratigráfica da Bacia do Paraná (Milani, 2004), foram caracterizadas seis seqüências de 2ª ordem ou superseqüências, em ordem de grandeza equivalente às seqüências de Sloss (1963) e Soares *et al.* (1978).

As superseqüências constituem unidades limitadas por desconformidades regionais, que representam épocas de subsidência e sedimentação alternadas com longos períodos de soerguimento e erosão ou não-deposição, refletindo fenômenos ligados à dinâmica tectônica em escala continental. Os ciclos de 2ª ordem registrados nas superseqüências são formados por vários ciclos menores de 3ª ordem, cujos registros constituem as seqüências deposicionais segundo a conceituação de Vail *et al.* (1977). Uma seqüência deposicional é definida como uma sucessão de estratos geneticamente relacionados limitados por desconformidades ou por suas conformidades correlatas (limite de seqüência). Se a seqüência é limitada na base por uma desconformidade do tipo 1, essa é classificada como seqüência deposicional do tipo 1. Seqüências do tipo 2 são limitadas na base por desconformidades do tipo 2 (Van Wagoner *et al.*, 1990).

A arquitetura interna de uma seqüência deposicional compreende conjuntos de parasseqüências que caracterizam diferentes estágios de sedimentação ao longo de um ciclo completo de subida e descida do nível do mar de 3ª ordem. O registro estratigráfico dessas diferentes fases na curva de variação do nível do mar é caracterizado por conjuntos de sistemas deposicionais contemporâneos e geograficamente interligados, denominados de tratos de sistemas deposicionais (*depositional systems tracts*). Desse modo, pode-se que dizer que diferentes tratos de sistemas deposicionais exibem conjuntos de parasseqüências característicos e distintivos. De acordo com o modelo da Exxon (Posamentier *et al.*, 1988), numa seqüência reconhecem-se os seguintes tratos em ordem estratigráfica: 1. trato de mar baixo (*lowstand*; base da seqüência do tipo 1), 2. trato de margem de plataforma (*shelf-edge*; base da seqüência do tipo 2), 3. trato transgressivo e 4. trato de mar alto (Figura 2.11).

O trato de mar baixo dispõe-se diretamente sobre o limite de seqüência do tipo 1 e caracteriza-se por conjunto progradante de parasseqüências. Esse trato instala-se ainda durante queda relativa do nível do mar, quando há incisão de vales sobre o prisma costeiro e deslocamento da linha de costa no sentido da bacia independentemente do suprimento sedimentar (regressão marinha). A sedimentação do trato de mar baixo pode ser subdividida em dois estágios. No estágio inicial, predomina sedimentação gravitacional na parte profunda da bacia devido a ressedimentação de material trazido até a parte superior do talude através dos vales incisos na plataforma. Nesse estágio desenvolvem-se os leques de assoalho de bacia, caracterizados por sedimentação turbidítica no sopé do talude. Em bacias do tipo rampa, não há o desenvolvimento dos leques de assoalho devido à ausência de uma quebra plataforma/talude bem desenvolvida (Figura 2.11B). Nessas rampas, o gradiente diminui da antepraia para a bacia, o que aumenta o potencial de preservação das cunhas costeiras de regressão forçada durante o trato de mar baixo inicial (Posamentier & Allen, 1992; Assine & Perinotto, 2001).

No trato de mar baixo final, o nível do mar desacelera, atinge sua posição mínima e inicia a tendência de subida. Nesse intervalo de tempo, os vales incisos cessam o aprofundamento e concomitantemente inicia-se importante sedimentação gravitacional no talude, gerando padrão de onlap marinho (Assine & Perinotto 2001). Com o início da subida do nível do mar, os vales incisos começam a sofrer agradação fluvial e deltas de mar baixo desenvolvem-se na desembocadura dos principais rios proporcionando progradação da linha de costa. Se a taxa de suprimento é elevada, o avanço dos deltas formam taludes deposicionais íngremes susceptíveis a escorregamentos de massa e geração de turbiditos de frente deltáica. Para definir o conjunto de depósitos gerados no trato de mar baixo final, utiliza-se a denominação cunha de mar baixo (Van Wagoner *et al.*, 1990).

Numa seqüência do tipo 2, a cunha clástica que se deposita sobre o limite de seqüência constitui o trato de margem de plataforma (*shelf-edge systems tract*). Esse trato caracteriza-se por empilhamento progradante passando a agradante, sendo de difícil distinção do trato de mar alto sotoposto. No topo é limitado pela superfície transgressiva. Devido ao tipo de desconformidade, não há o desenvolvimento de vales incisos e sistemas de leques de assoalho, predominando depósitos costeiros e marinhos rasos.

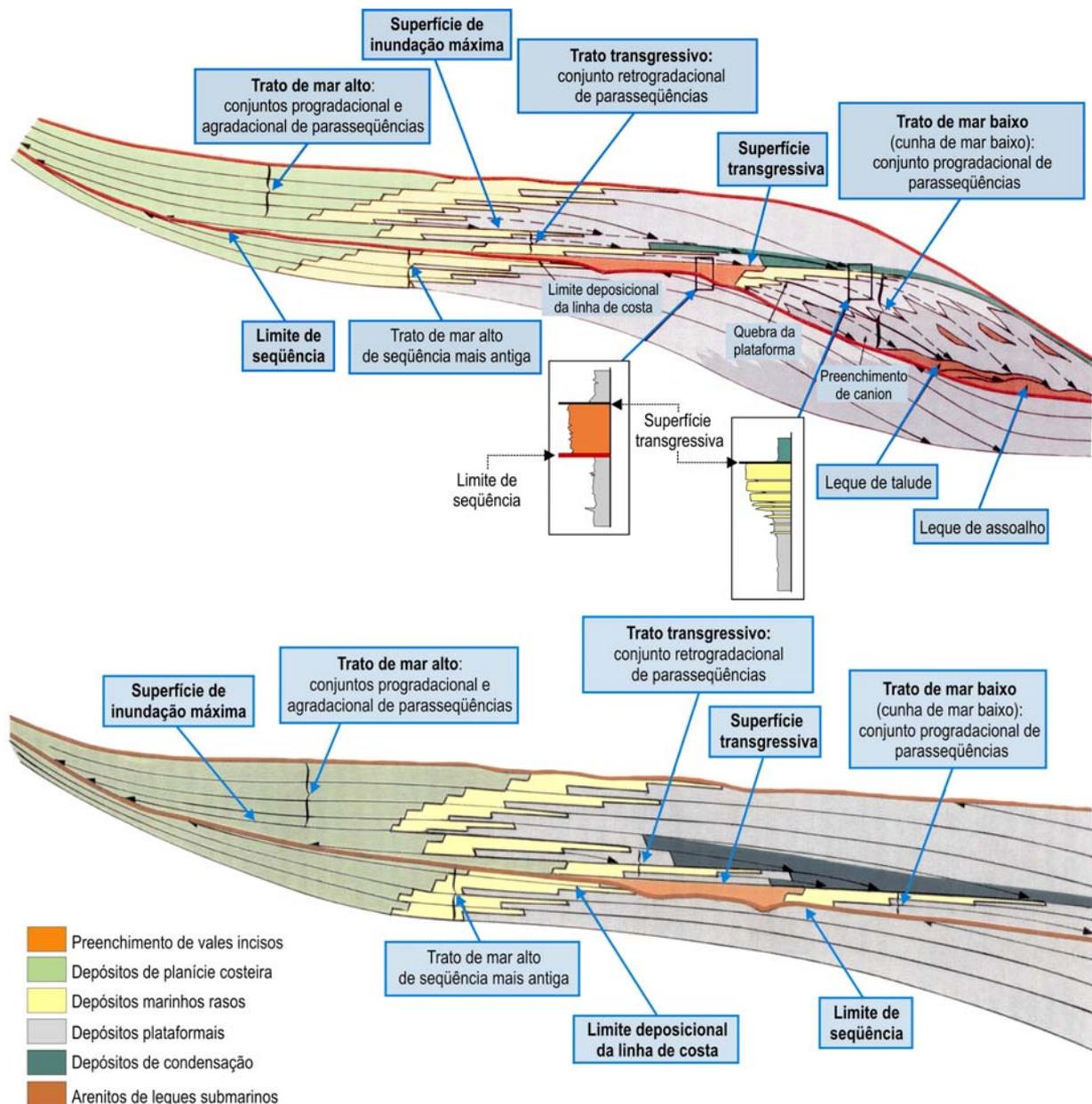


Figura 2.11 – Arquitetura estratigráfica de uma seqüência do tipo 1 desenvolvida numa margem com plataforma e talude (A) e em rampa (B). Compilado de Van Wagoner et al. (1990).

O trato transgressivo desenvolve-se durante elevação relativa do nível do mar e recuo da linha de costa no sentido do continente. Se expressa como conjunto retrogradante de parasseqüências com perfil granodecrescente, pois a geração de espaço é maior do que o aporte disponível para preenchê-lo. O limite basal é dado pela superfície transgressiva e superior pela superfície de inundação máxima. Com o deslocamento da linha de costa, depósitos costeiros e aluviais do trato de mar baixo são cobertos por depósitos marinhos plataformais e erodidos por ondas, gerando superfícies de ravinamento. Os vales fluviais incisos são inundados e transformam-se em sistemas estuarinos influenciados por ondas, marés e processos fluviais.

O afogamento dos vales fluviais durante a transgressão marinha promove drástica diminuição no suprimento terrígeno. Como grande parte dos sedimentos fica aprisionada nos estuários, a plataforma continental torna-se relativamente faminta (*starved shelf*). Uma fração de sedimentos arenosos é redistribuída ao longo da linha de costa e pouco material alcança a plataforma externa. Como consequência, as parasequências do trato transgressivo são constituídas por intervalos pouco espessos de arenitos litorâneos e níveis delgados de fácies plataformais. O conjunto de parasequências como um todo é geralmente menos espesso do que nos outros tratos de sistemas.

Depois de atingido o clímax da transgressão marinha (superfície de inundação máxima), o nível do mar ainda permanece em ligeira ascensão, porém numa tendência de desaceleração até estabilizar-se no patamar máximo (*highstand*). A taxa de geração de espaço torna-se menor do que a taxa de suprimento, promovendo progradação com regressão normal. Os sistemas deposicionais desenvolvidos nesse estágio caracterizam o trato de mar alto (*highstand systems tract*), que é limitado no topo pelo novo limite de seqüência. Devido à migração do perfil de equilíbrio dos rios concomitante ao avanço da linha de costa, gera-se espaço para acomodação na planície aluvial. Com isso, há retenção dos sedimentos mais grossos em sistemas fluviais meandrantos, fazendo com que os deltas de mar alto sejam de granulação mais fina do que os de mar baixo na mesma região (Assine & Perinotto, 2001).

Na concepção de Hunt & Tucker (1992), um quarto trato de sistemas deve ser incluído entre o trato de mar alto e o limite de seqüência, denominado de trato de cunha de regressão forçada (*forced regressive wedge systems tract*). Esse trato é limitado abaixo pela superfície basal de regressão forçada e acima pelo limite de seqüência, registrando a fase de queda relativa do nível do mar que antecede a deposição do trato de mar baixo da seqüência seguinte. Os depósitos contidos nesse trato compõem parasequências limitadas por superfícies erosivas de regressão forçada (*stranded parasequences*). Mais tarde, esse conjunto de depósitos foi denominado de trato de queda (*falling-stage systems tract*) por Plint & Nummedal (2000).

## 2.3. ANÁLISE ESTRUTURAL E ANÁLISE DE IMAGENS – OBTENÇÃO DE FEIÇÕES ESTRUTURAIS A PARTIR DE SENSORES REMOTOS

### 2.3.1. Procedimentos para Obtenção de Elementos Estruturais com o Modelo SRTM90 (Shuttle Radar Topography Mission – SRTM - Elevation Dataset)

O conjunto de dados obtidos (no sítio <http://seamless.usgs.gov>) abrange as coordenadas Oeste: -51,0; Leste: -49,5; Norte:-24,5; Sul:-26,0, desta forma ultrapassando as coordenadas limites da Folha Ponta Grossa em 30' nas suas dimensões N-S e E-W. Este procedimento foi executado visando uma compreensão em escala regional dos aspectos estruturais futuramente abordados.

As características principais do levantamento original encontram-se indicadas na tabela abaixo (cabe, entretanto, ressaltar que o conjunto SRTM90 apresenta resolução horizontal restrita a 90 metros - mais informações estão disponíveis em <http://seamless.usgs.gov>):

Resolução Horizontal	1 arco segundo (aprox. 25 metros)
Variação Mínima Vertical	1 metro
Datum (horizontal e vertical)	WGS 84
Formato dos Dados	inteiro de 16 bits
Acurácia Horizontal (absoluta)	± 20m
Acurácia Horizontal (relativa)	±15m
Acurácia Vertical (absoluta)	±16m
Acurácia Vertical (relativa)	±6m

Tabela 2.4 – Algumas especificações dos dados SRTM (Fonte: Seamless – USGS, *apud* De Freitas, 2005).

Após a obtenção dos dados em formato apropriado (\*.adf) para utilização no aplicativo ArcMap 8.3, os dados foram convertidos de sua projeção original (Datum WGS 1984 – elipsóide WGS 1984 – em graus decimais) para a projeção UTM, fuso 22 sul e datum SAD69. Assim suas componentes nos eixos X,Y e Z apresentam-se homogeneizadas para a unidade métrica, facilitando os processamentos, posteriormente executados, e também ficam enquadradas no sistema de projeção e de coordenadas utilizadas no banco de dados do projeto.

Os procedimentos de interpretação de lineamentos foram executados em sobreposições por transparência, de imagens pseudo-sombreadas (*hillshade*) à imagem da hipsometria, esta última em escala de cor ajustada por equalização de

histogramas. As imagens pseudo-sombreadas foram geradas com iluminações N, W, NW e NE (Figura 2.12), visando destacar os diferentes conjuntos de elementos estruturais, positivos e negativos. A hipsometria auxilia na detecção dos diferentes domínios altimétricos adjacentes (Figura 2.13).

Foram também elaboradas imagens estereoscópicas a partir do modelo SRTM por meio da construção de anaglifos Ciano/Vermeho. Este método é demonstrado detalhadamente em Freitas (2005), e o aspecto do modelo gerado pode ser observado na Figura 2.14.

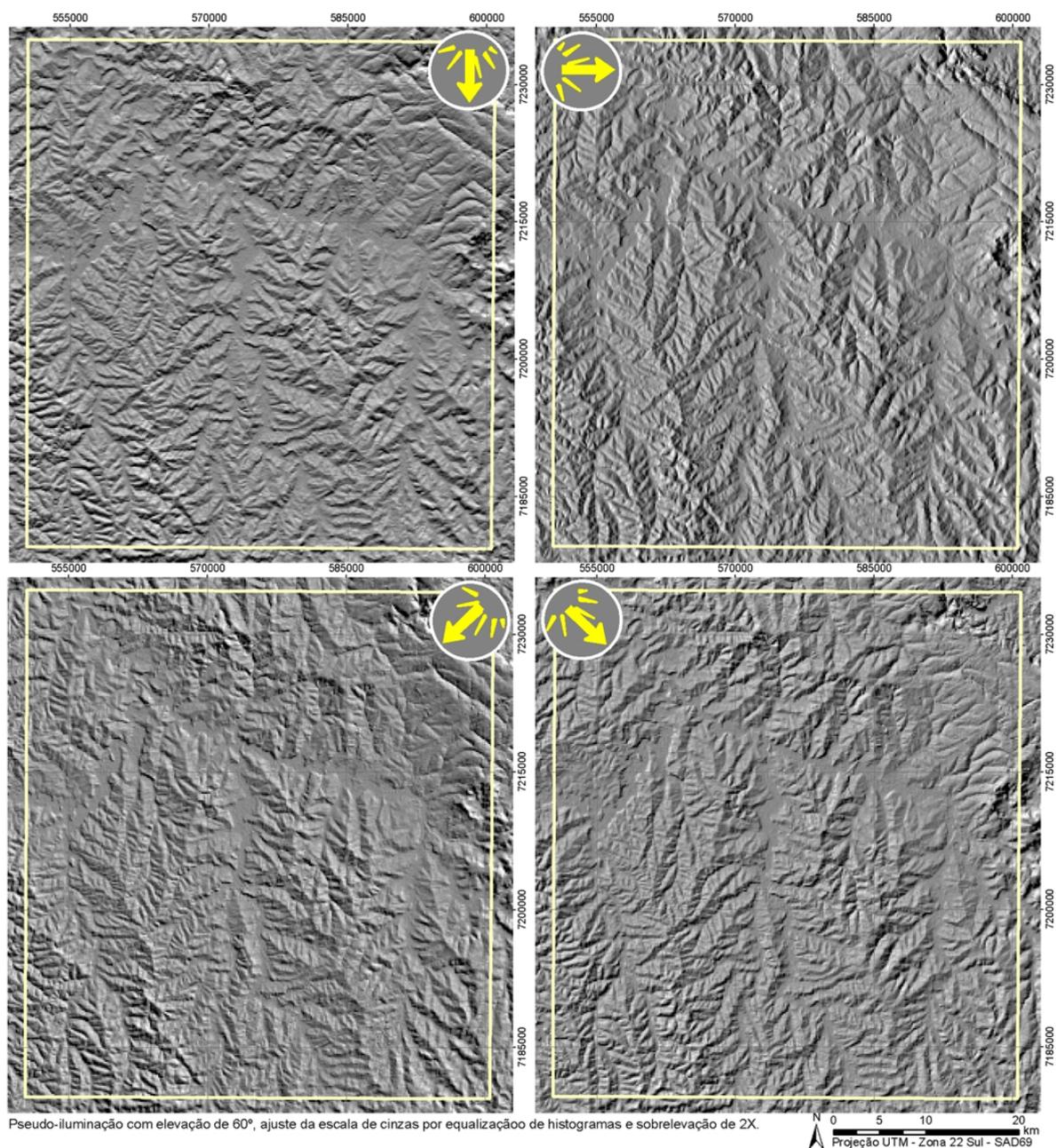


Figura 2.12 – Pseudo-iluminações elaboradas para o modelo SRTM. Linha amarela marca o limite da Folha Ponta Grossa. Direções das iluminações indicadas.

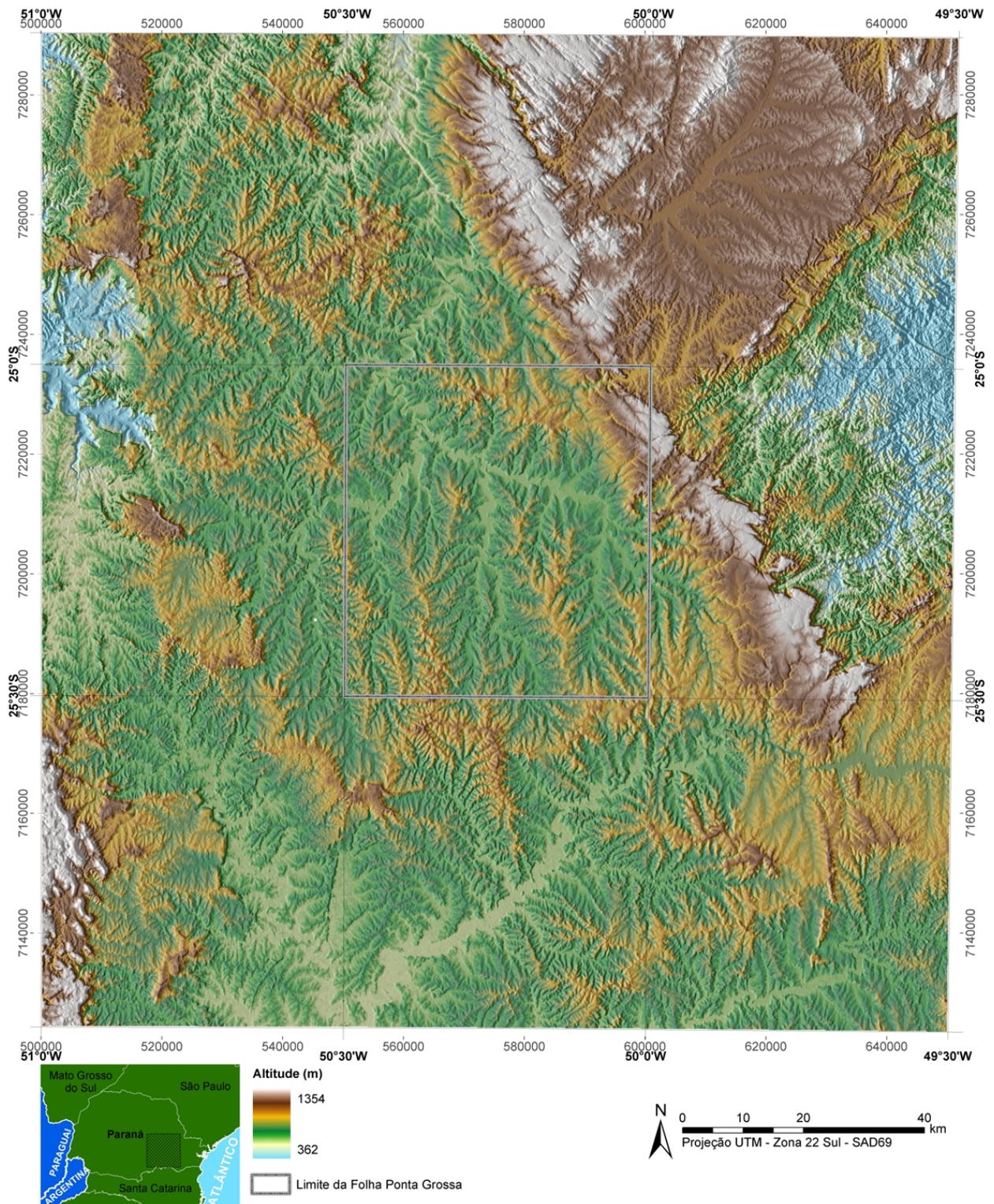


Figura 2.13 – Hipsometria sobreposta ao modelo pseudo-iluminado para o MDE SRTM90. Pseudo-iluminação a partir de oeste.

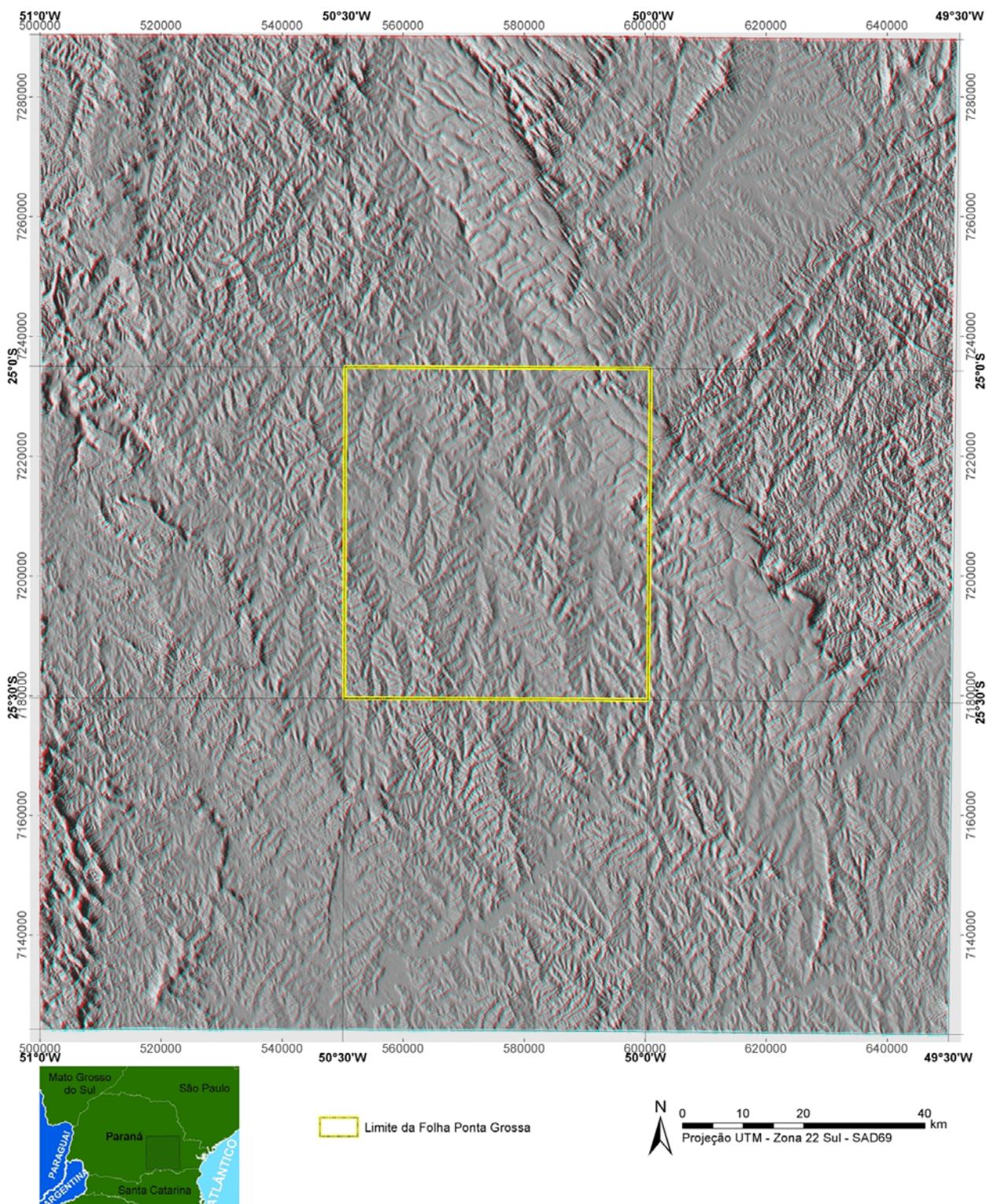


Figura 2.14 – Anaglifo Ciano/Vermelho executado com o modelo SRTM. Pseudo-iluminação a partir de oeste. Limite da Folha Ponta Grossa indicado.

A partir das imagens geradas foram obtidos elementos lineares, aqui chamados de lineamentos, conforme a definição de original de Hobbs (1904, *apud* O’Leary *et al.*, 1976): “... feições mapeáveis, simples ou compostas, onde as partes estão alinhadas em uma relação retilínea ou levemente curva, e que diferem das estruturas adjacentes, provavelmente refletindo um fenômeno de subsuperfície”.

Em uma primeira etapa foram traçadas feições retilíneas individuais, positivas e negativas na área da Folha Ponta Grossa. O traçado destas foi executado com as quatro direções de pseudo-iluminação geradas, indicadas na Figura 2.12. Foram considerados os lineamentos repetidos em pelo menos três das quatro direções de sombreamento. O mapa com os lineamentos obtidos a partir do conjunto de dados SRTM90 está representado na Figura 2.15a.

Posteriormente, tendo como base os elementos indicados na figura anterior, foram observadas zonas de grande continuidade e/ou densidade de feições lineares individuais, tendo sido elaborado um mapa indicando grandes lineamentos (Figura 2.15b). A região central deste mapa, referente à folha Ponta Grossa, apresenta um maior detalhamento. Para as regiões adjacentes à Folha Ponta Grossa, além dos modelos pseudo-sombreados, utilizaram-se nas interpretações os anaglifos para auxílio à observação das estruturas de maior continuidade. O traçado de lineamentos nas áreas adjacentes foi executado com o intuito de auxiliar na compreensão do comportamento dos *trends* estruturais regionais.

### 2.3.2. Procedimentos para Obtenção de Elementos Estruturais com Imagens Landsat7 ETM+

O sensor orbital LANDSAT7 ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) obtém cenas com cerca de 185 km por 185km de imagens multi-espectrais, divididas em um total de 9 bandas, sendo duas destas termais. As bandas do espectro visível e do infravermelho (bandas 1 a 5 e banda 7), apresentam resolução espacial de 30 metros. As bandas do infravermelho termal (6h e 6l – alto e baixo ganho) têm resolução de 60 metros, enquanto a banda pancromática (banda 8) apresenta 15 metros de resolução espacial. Imagens Landsat7 possuem uma variada gama de utilizações e escalas de uso, sendo comumente empregadas em trabalhos de morfologia com escalas de até 1:40.000. Na Tabela 2.5 podem ser observados os valores dos comprimentos de ondas para cada banda do sensor (Williams, 2004).

Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
0.45 - 0.52	0.53 - 0.61	0.63 - 0.69	0.78 - 0.90	1.55 - 1.75	10.4 - 12.5	2.09 - 2.35	0.52 - 0.90

Tabela 2.5 – Valores dos comprimentos de ondas para cada banda do sensor LANDSAT7 ETM+ (valores em micrômetros).

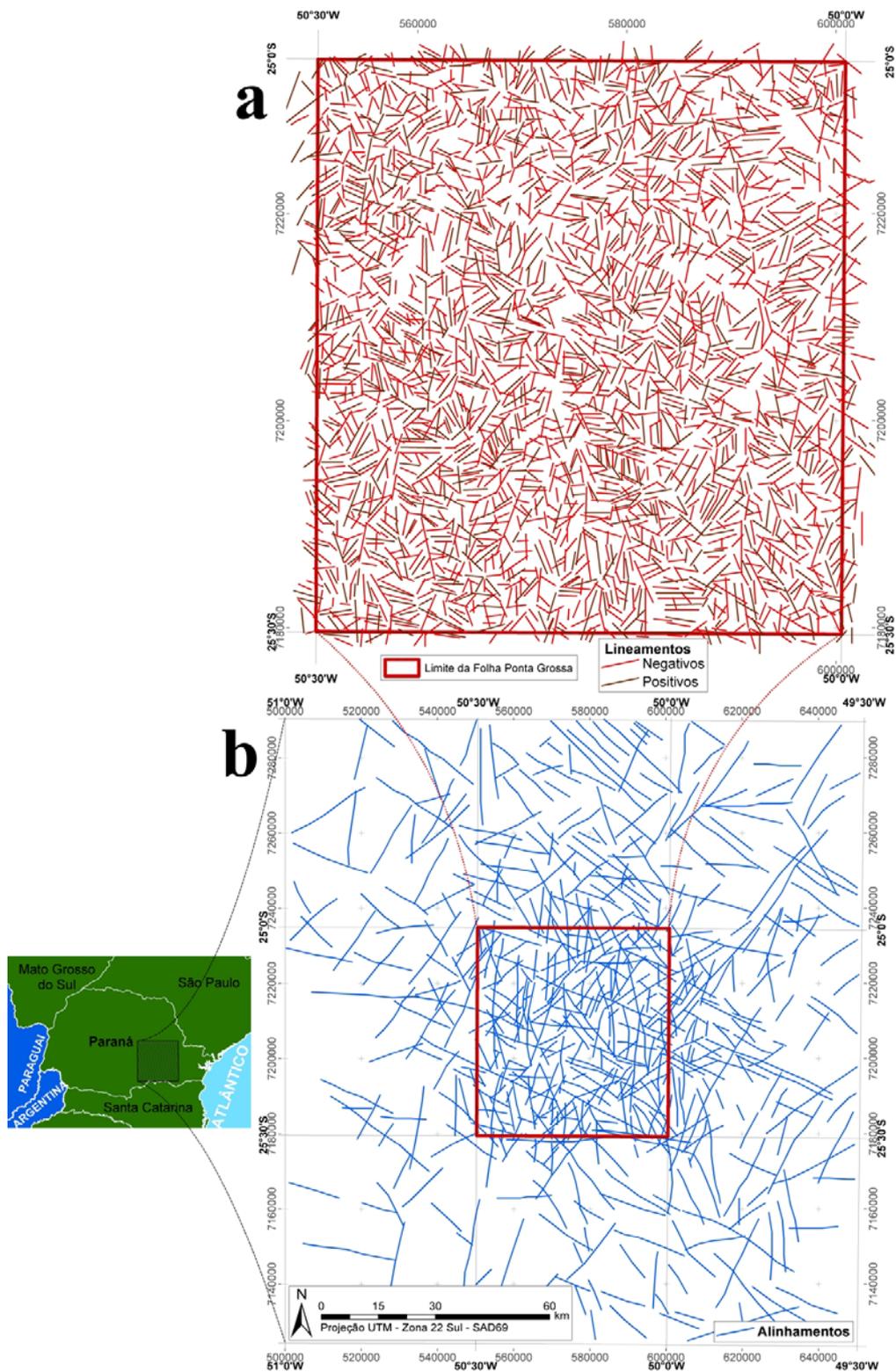


Figura 2.15 – Lineamentos obtidos a partir dos dados SRTM90.

Para a área estudada foram utilizadas, parcialmente, 2 cenas distintas deste sensor, a saber 221/077 e 221/078. A configuração relativa destas cenas e o posicionamento da Folha Ponta Grossa nas mesmas podem ser observados na Figura 2.16.

Visando a homogeneização das cenas para análise dos elementos estruturais, adiante discutidos, foi gerado um mosaico através da utilização do pacote OrthoEngine (PCI-GeomaticaTM - PCI, 2003). O procedimento para elaboração deste mosaico segue a rotina de:

Indicar projeção, elipsóide de referência e espaçamento de entrada e saída de *pixels*;

- Carregar as imagens no pacote;
- Definição da área do mosaico;
- Selecionar áreas para balanço de cor;
- Indicar valor de fusão de cores.

Após os procedimentos acima indicados obteve-se uma imagem homogênea para toda a folha, extrapolando seus limites em aproximadamente 6000 metros nas dimensões E-W e N-S. Optou-se por trabalhar com esta área reduzida devido à maior agilidade para carregamento da imagem, desta forma otimizando os processamentos e análises executados com o mosaico. O aspecto final do mosaico gerado pode ser observado na Figura 2.17.

Os traçados de lineamentos nas imagens Landsat foram executados utilizando-se principalmente composições RGB envolvendo as bandas 4 e 5, as quais apresentam maior sensibilidade para distinção de geformas. As composições R5/G4/B3 e R8/G5/B4, ilustradas na Figura 2.17, foram as mais utilizadas. Os ajustes de cores utilizados foram por equalização de histogramas e desvios padrões. Foi também utilizada para as interpretações a banda pancromática (banda 9), com melhor resolução espacial (15 metros/pixel). Para esta banda a visualização é executada em tons de cinza (Figura 2.16).

A interpretação de feições estruturais a partir das cenas Landsat foi executada nos locais onde estruturas regionais foram previamente balizadas com imagens geradas pelo modelo SRTM90. Desta feita os traçados de lineamentos obtidos com o MDE (Figura 2.15b) foram detalhados e posicionados de maneira mais precisa com o auxílio da imagem Landsat7.

Foram também observadas estruturas de menores ordens de grandeza com as imagens Landsat7. Feições lineares importantes, não observadas com o uso das imagens geradas com o MDE SRTM90, puderam ser detectadas com o auxílio do sensor Landsat7. Os lineamentos interpretados com o sensor Landsat podem ser observados na Figura 2.18, bem como a correlação dessas feições com aquelas obtidas a partir do MDE SRTM90.

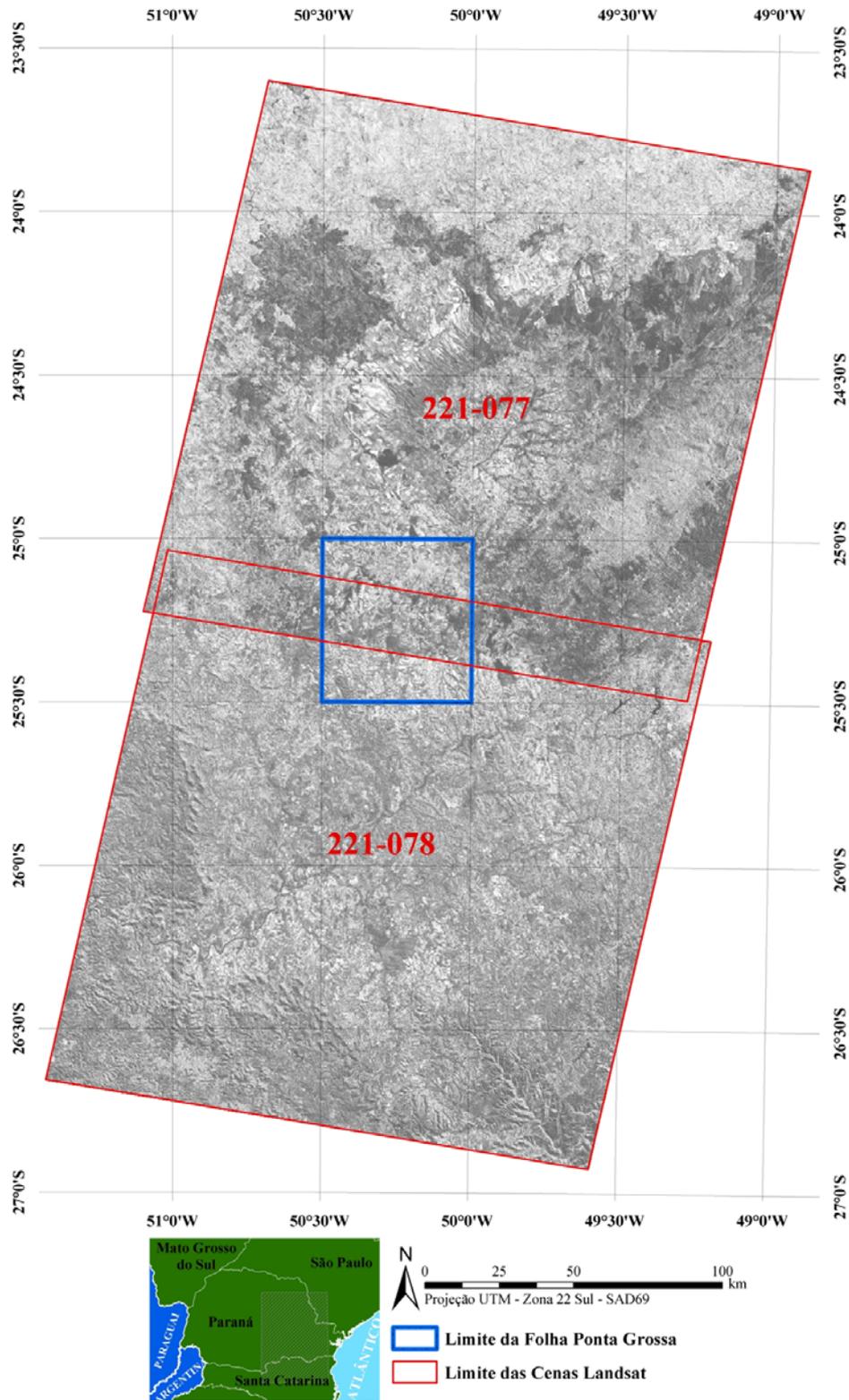


Figura 2.16 – Localização das cenas Landsat7 utilizadas e posição da Folha Ponta Grossa (banda 9).

Em síntese, considera-se que as feições lineares traçadas sobre o MDE SRTM90 correspondem a mega-falhas (ou zonas de falhas) com expressões topográficas, cujo posicionamento apresenta erros devido à baixa resolução deste sensor. Partindo deste raciocínio, é essencial o refinamento por meio de análise de imagens com resolução

mais detalhada, neste caso as imagens Landsat7, onde as mega-falhas podem ser re-traçadas (re-posicionadas) com maior semelhança a seu real posicionamento no terreno, e cujos segmentos componentes (falhas de 2º e 3º ordens de grandeza e sistemas de juntas) podem ser representados cartograficamente. O arcabouço estrutural resultante é tomado, então, como base para os trabalhos em fotos aéreas e campo.

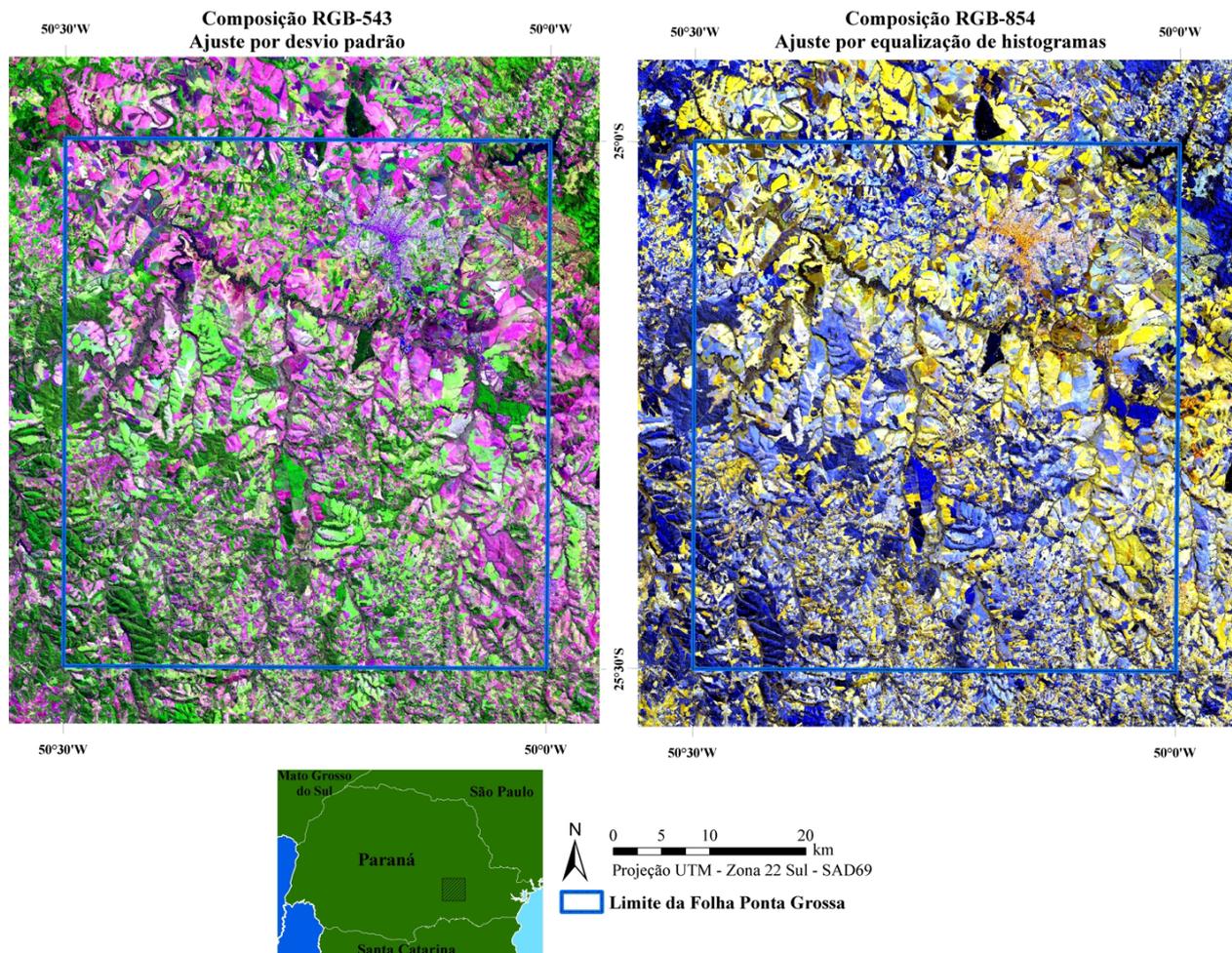


Figura 2.17 – Duas composições RGB para o mosaico gerado. O limite da Folha Ponta Grossa encontra-se indicado.

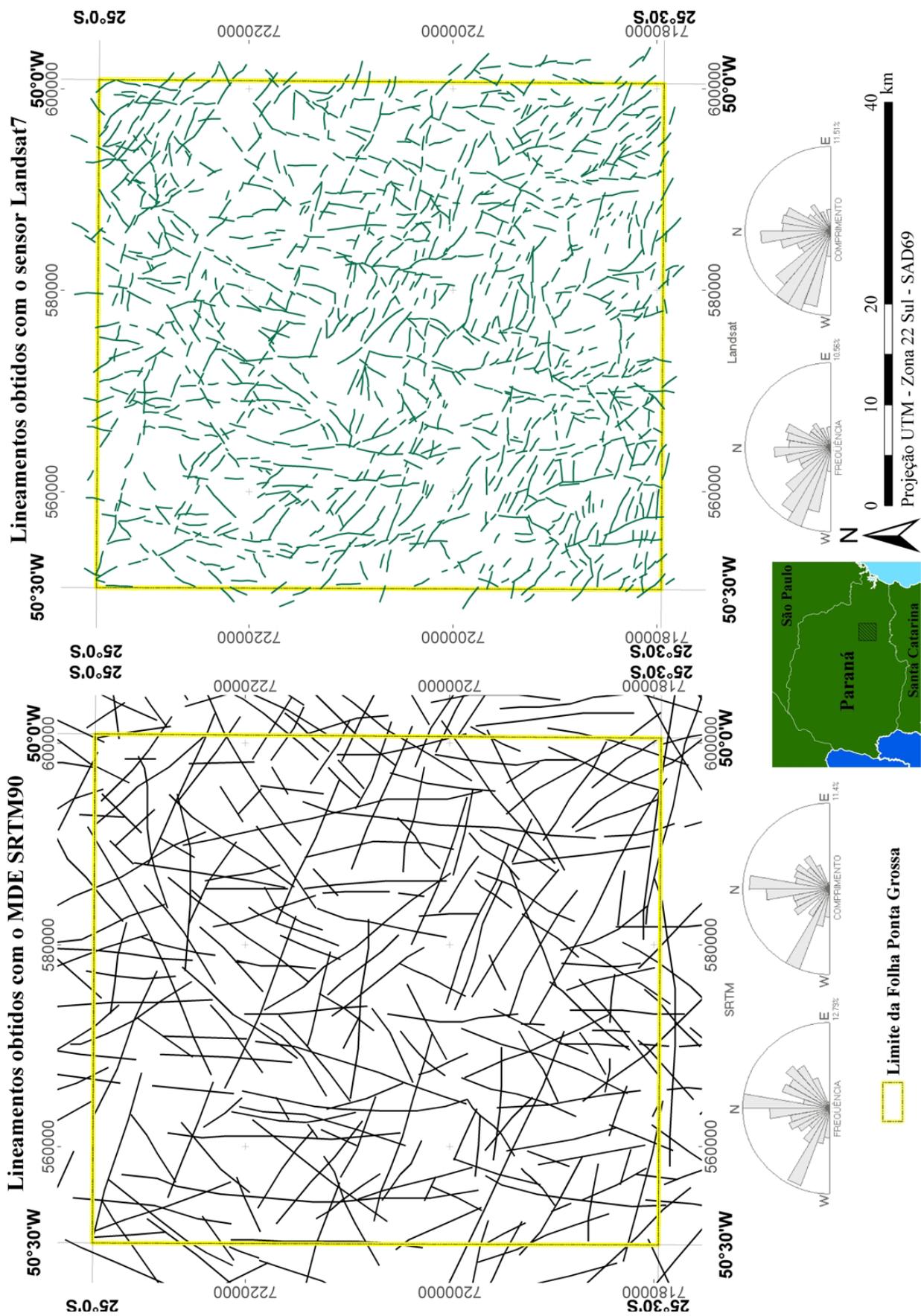


Figura 2.18 – Feições lineares obtidas com o MDE SRTM90 e com o sensor multi-espectral Landsat7.

### 3. ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS

As informações contidas no banco de dados são de dois tipos; informações de dados não georreferenciados e georreferenciados. Um disco (DVD) contendo todos os arquivos do banco de dados encontra-se em anexo ao relatório (Anexo 02).

O banco de dados tem como raiz uma pasta denominada “PontaGrossa”, a qual contém outras quatro pastas principais (Figura 3.1): 1) Arquivo Principal do Mapa Geológico Final 1:100.000; 2) Banco de Dados de Imagens; 3) Mapas Temáticos; e 4) Arquivos de Texto.

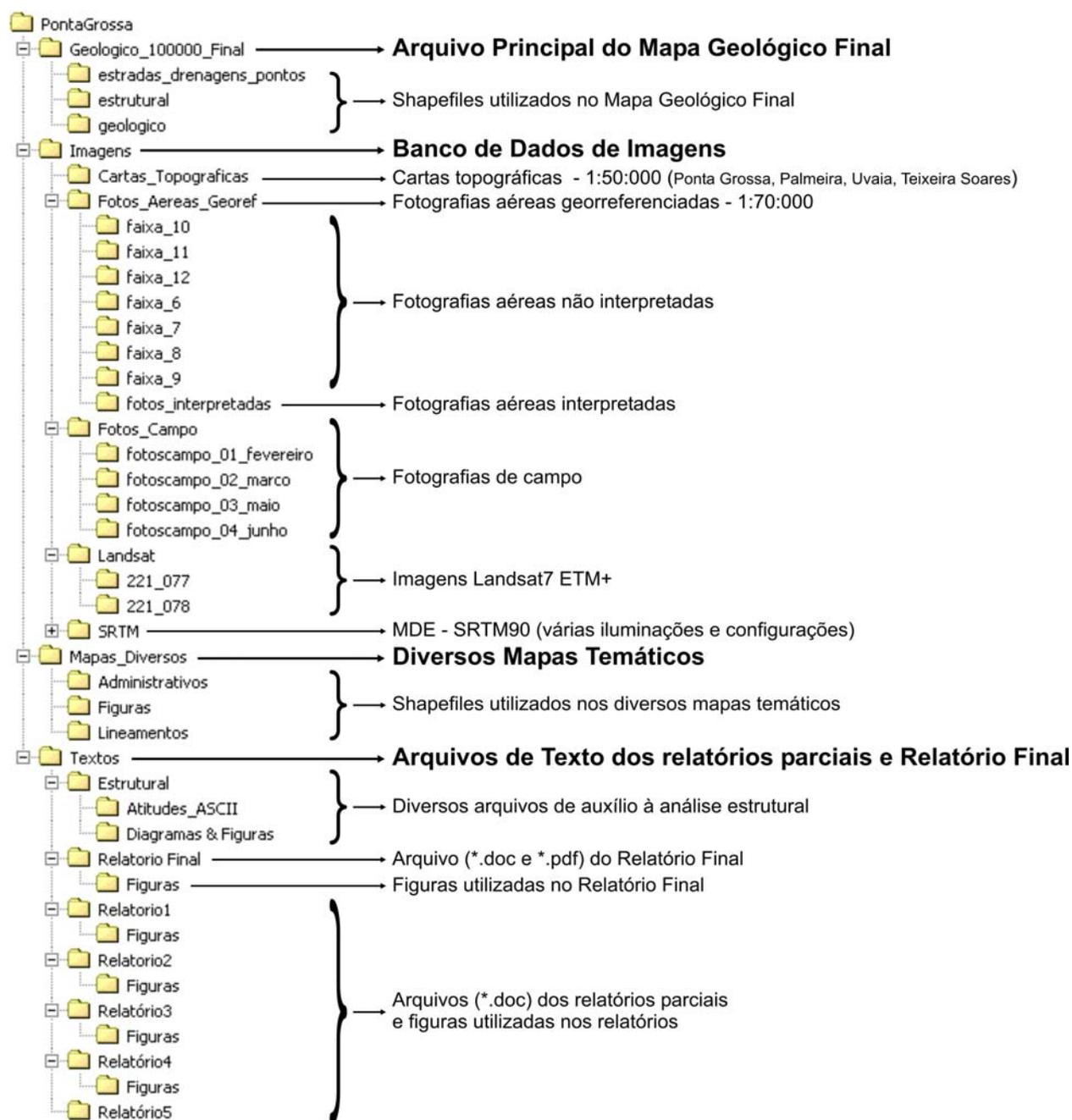


Figura 3.1 – Configuração do banco de dados.

### 3.1. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS NÃO GEORREFERENCIADOS

O banco de dados não georreferenciados contém figuras e textos utilizados principalmente para elaboração de relatórios e análises associadas a interpretações geológicas. Predominam arquivos em formatos reconhecidos pelos *softwares* Microsoft Word, Microsoft Excel e CorelDRAW (*\*.doc, \*.cdr, \*.xls \*.txt e \*.jpg*). Todos os arquivos não georreferenciados podem ser acessados a partir da pasta **Textos**, contida no bando de dados (Figura 3.1).

Os principais produtos da base de dados não georreferenciados são:

- Fotografias de campo;
- Tabelas de pontos de afloramentos descritos;
- Figuras utilizadas em relatórios;
- Textos de relatórios parciais e Relatório Final.

### 3.2. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EM AMBIENTE SIG

O banco de dados em formato SIG foi elaborado visando à utilização com o *software* ArcMap 8.3 e ArcView 3.

A organização de dados cartografados foi iniciada com a “rasterização”, georreferenciamento, digitalização e homogeneização de formatos de dados para inserção no pacote ArcMap. Desta forma as imagens originalmente obtidas em papel foram convertidas para formato digital por meio de captura com *scanner*. O procedimento posterior consistiu no posicionamento dentro do sistema de projeção e *datum* selecionados, estes respectivamente UTM (Zona 22 Sul) e SAD 69. Finalmente os dados foram arquivados em formatos específicos. De maneira geral as informações estão divididas em dados vetoriais no formato *shapefile* (*\*.shp*) e dados matriciais (ou *raster*) no formato *TIFF bitmap* (*\*.tif*). Posteriormente, os dados foram padronizados (i.e. em aspectos de espessuras, cores, padrões) dentro do ambiente SIG conforme convenção adotada pelo projeto.

Com relação aos dados arquivados, encontram-se disponíveis os seguintes produtos georreferenciados:

- Imagens Landsat7 ETM+ (Cenas 221-077 e 221-078);
- Mosaico Landsat7 para a área da Folha Ponta Grossa;

- MDE SRTM90 e diversos produtos processados (i.e. anaglifos, mapas de declividade);
- Fotos aéreas em escala 1:70.000;
- Cartas topográficas em escala 1:50.000 (Uvaia, Ponta Grossa, Teixeira Soares e Palmeira);
- Arquivo vetorial de mapas administrativos (limites internacionais e interestaduais);
- Arquivo vetorial das estradas e ferrovias;
- Arquivo vetorial das principais drenagens;
- Arquivo vetorial das principais zonas urbanas;
- Arquivo vetorial com a localização e descrição dos afloramentos descritos;
- Lineamentos estruturais obtidos a partir da análise de sensores remotos;
- Mapa Estrutural em escala 1:100.000;
- Mapa Litoestratigráfico em escala 1:100.000;
- Mapa Geológico Final da Folha de Ponta Grossa em escala 1:100.000.

Todos os mapas disponíveis em arquivos *\*.mxd*, encontram-se configurados com indicação relativa para os caminhos dos arquivos raster e vetoriais vinculados (*File → Map Properties... → Data Source Options... → (x) Store relative path names*). Desta forma os mapas puderam ser salvos em DVD's, juntamente com os dados vetoriais e raster, posteriormente podendo ser gravados e abertos em outros computadores. O caminho utilizado para posterior inserção do banco de dados em outro disco rígido é a pasta raiz de nome PontaGrossa.

Os principais arquivos *\*.shp* tiveram suas legendas salvas no formato *Layer (\*.lyr)*. Este formato permite que um arquivo *\*.shp* inserido em qualquer novo projeto *\*.mxd* do *ArcMap 8.3* tenha sua legenda com cores e símbolos originais automaticamente reaproveitada, sem necessidade de uma nova edição.

A pasta **Geológico 100000 Final** contém o produto final do presente mapeamento que pode ser acessado pelos *softwares* ArcMap 8.3 e ArcView 3, a partir dos arquivos "Mapa\_Final.mxd" e "Mapa\_Final.apr" respectivamente.

Estão contidos todos os arquivos *shapefile (\*.shp)* de cidades, estradas, drenagens, estruturas geológicas, unidades litoestratigráficas e pontos descritos. Além dos arquivos georreferenciados, existem alguns arquivos no formato *\*.jpg* e *\*.tif* que são utilizados na legenda do mapa.

As estradas e ferrovias (estradas.shp), principais drenagens (drenagem\_simpes.shp e drenagem\_dupla.shp) e localidades urbanizadas (localidades\_urbanizadas.shp) foram vetorizados no *software* ArcMap, com auxílio da ferramenta que cria novas feições em formato \*.shp (*Enhanced Create Shapefile*), tendo por base as cartas topográficas acima citadas.

Para a inserção dos pontos de afloramentos descritos primeiramente foi feito um arquivo \*.txt no “bloco de notas” do pacote *Microsoft Windows* contendo as coordenadas XY e o número dos pontos. Já no *software* ArcMap 8.3, com o auxílio da ferramenta “*Add XY Data*”, foi possível importar o arquivo \*.txt e transformá-lo em \*.shp, e assim editá-lo no próprio ArcMap 8.3. Neste arquivo chamado “pontos\_pg.shp” estão contidos as coordenadas XY, os números dos pontos, a unidade e breve descrição estrutural e estratigráfica do ponto. Para melhorar e acelerar a identificação dos pontos descritos no mapa geológico, cada litotipo e unidade é representado por um símbolo específico, conforme a figura abaixo:



Figura 3.2 – Simbologia de pontos descritos

O Mapa Estrutural em escala 1:100.000 representa as falhas que oferecem relevância para o atual mapeamento (tópico 4.3.1. - Fotointerpretação - Estrutural). Este arquivo foi salvo com o nome “Falhas\_Final.shp” e nele está contido traçado e a especificação cinemática de cada falha. Associado a este arquivo, existe um segundo arquivo chamado “Simbol\_Falhas\_Final.shp”, o qual, nada mais é que a representação gráfica dos indicadores cinemáticos das falhas, como blocos altos/baixos e transcorrências, além de informação da direção e ângulo de mergulho das camadas de rochas.

O Mapa Litoestratigráfico Final em escala 1:100.000 foi salvo com o nome de Geologico\_PontaGrossa\_100000.shp e contém as unidades litoestratigráficas

mapeadas, suas idades e descrição litológica sucinta. Seu processo de elaboração está descrito no tópico 4.1.1. - Vetorização dos elementos foto-interpretados.

A pasta **Imagens** contém os arquivos do tipo raster (principalmente \*.tif) que foram utilizados no processo de interpretação geológica, tanto estrutural como estratigráfica.

As cartas topográficas em escala 1:50.000 são as de Ponta Grossa, Uvaia, Teixeira Soares e Palmeira. Tais cartas encontravam-se originalmente em papel e portanto precisaram ser escanerizadas e georreferenciadas de modo que pudessem ser inseridas no banco de dados em ambiente SIG. Utilizando a ferramenta “*Georeferencing*” do *software* ArcMap 8.3, é possível inserir coordenadas X e Y de um ponto conhecido na base topográfica, como o cruzamento de duas linhas de coordenadas UTM, e assim, distribuindo pontos homogeneamente por toda a carta topográfica, tem-se seu georreferenciamento.

As 60 fotografias aéreas em escala 1:70.000 que recobrem a área da Folha Ponta Grossa (6 faixas com 10 fotografias cada) foram digitalizadas das em resolução de 600 pixel e salvas em formato *TIFF bitmap* (\*.tif). Cada fotografia foi posteriormente georreferenciada com aproximadamente 40 pontos comuns às cartas topográficas, fazendo uso do mesmo procedimento empregado no georreferenciamento das cartas topográficas. No tópico 4.1.1. – Vetorização dos elementos foto-interpretados deste relatório, tal procedimento é explicado detalhadamente, porém para fotografias aéreas que contém os traçados manuais de fotointerpretação, as quais também estão contidas no banco de dados (Figura 3.1).

As cenas de satélite do sensor Landsat7, utilizadas principalmente nas análises estruturais, encontra-se em formato *geotif*, onde as nove bandas estão integradas em um arquivo único. Esta integração foi executada a partir da ferramenta *Transfer Layer* do *software* PCI Geomatica, possibilitando desta forma uma maior agilidade nas visualizações quando utilizando composições de bandas. Metade da área mapeada encontra-se inserida na cena 221-077 e metade na cena 221-078 (Figura 2.16 e Figura 2.17), então para facilitar a visualização, optou-se por fazer a junção destas cenas com auxílio do *software* PCI Geomatica e assim obteve-se o Mosaico Landsat7 da área (mosaico\_pg\_clip.tif).

O modelo SRTM90 foi dividido em dois arquivos; o arquivo *srtm\_utm* recobre uma grande área do Estado do Paraná (24000 Km<sup>2</sup>) e foi utilizado para análise regional; o arquivo *srtm\_clip* recobre apenas a área em estudo (~3000 Km<sup>2</sup>) (Figura 3.3). A

utilização de arquivos de diferentes tamanhos visou à otimização (maior velocidade) do processamento dos micro-computadores no momento das interpretações geológicas.

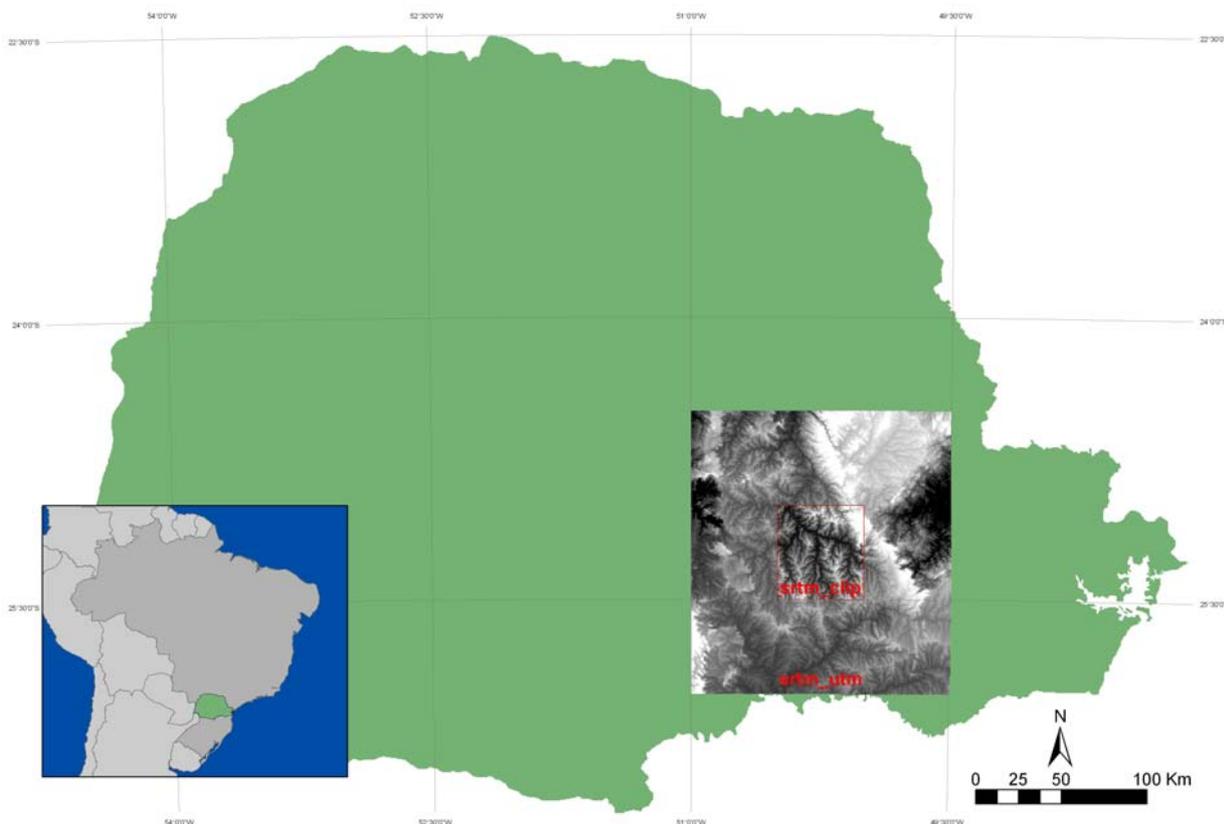


Figura 3.3 – Localização das imagens SRTM utilizadas.

Na pasta **Mapas Diversos** encontram-se vários projetos do tipo *\*.mxd*, os quais são referentes a mapas temáticos (principalmente de assuntos relacionados a geologia estrutural), como mapas de declividade, anaglifos, mosaicos Landsat7 e SRTM90 com diversas direções de iluminação e ainda interpretações estruturais feitas tendo por base cada sensor remoto.

Nesta pasta também são encontrados alguns arquivos do tipo *shapefile (\*.shp)* utilizados nos mapas temáticos, tais como mapas administrativos e mapas de lineamentos e feições estruturais.

Os mapas administrativos (limites internacionais e interestaduais) utilizados nas confecções de mapas e figuras durante o projeto foram obtidos a partir do banco de dados da ESRI, disponível gratuitamente via ftp.

Os arquivos referentes aos lineamentos estruturais obtidos a partir da análise de sensores remotos como SRTM90 e Landsat 7.

## **4. ANÁLISE DA ÁREA**

### **4.1. ESTRATIGRAFIA**

#### **4.1.1. Procedimentos em Análise Estratigráfica**

Como já citado no tópico 2.2 deste relatório, com o surgimento dos métodos de análise de bacias à luz da Estratigrafia de Seqüências e tendo o modelo de fácies como essência, o mapeamento tradicional de terrenos sedimentares tornou-se obsoleto, pois enfoca somente a descrição de afloramentos pontuais onde são construídas colunas estratigráficas locais, catalogados nomes das principais unidades estratigráficas e coletadas amostras de rochas e seu conteúdo fossilífero. Os conceitos de Estratigrafia Moderna estabelecem que o mapeamento sedimentar deve ser feito de forma descritiva, baseando-se no entendimento dos processos sedimentares e tectônicos atuantes em escala local e regional. A titulação do nome da unidade deve ser deixada como consequência final do trabalho, evitando também terminologias locais.

#### **Análise estratigráfica regional em subsuperfície**

O primeiro passo pode ser o estabelecimento do arcabouço estratigráfico regional, tanto em superfície quanto em subsuperfície, buscando identificar principalmente as seqüências de maior escala de grandeza. Para a análise de subsuperfície, seções sísmicas demonstram-se muito úteis, porém na Bacia do Paraná os únicos registros de sua porção profunda são os perfis geofísicos de poços perfurados pela Petrobras e Paulipetro, os quais quando analisados em conjunto podem fornecer subsídios para o entendimento da distribuição vertical e horizontal das seqüências.

A Figura 4.1 ilustra a correlação de perfis de poços profundos na Bacia do Paraná no intervalo entre o Ordoviciano Médio e o Devoniano Superior. A partir da interpretação das quebras, padrões e tendências dos picos das curvas de raios-gama é possível identificar superfícies e conjuntos equivalentes, tais como desconformidades, superfícies de afogamento e inundação máxima e ciclos de mesmo empilhamento sedimentar. A partir destes elementos pode-se inferir limites para as seqüências e unidades estratigráficas, e desta forma compreender sua distribuição em subsuperfície.

O segundo passo consiste na interpretação de cada seqüência em termos dos conjuntos de parasseqüências e tratos de sistemas deposicionais que a compõem, utilizando dados sedimentológicos e princípios de análise de fácies. Dentro de cada

trato ou seqüência, pode-se reconhecer unidades da hierarquia formação, porém, como citado anteriormente, este reconhecimento é de baixa prioridade. Deve-se usar as seqüências como base para a documentação, subdivisão e nomeação de sucessões estratigráficas (Miall, 2000).

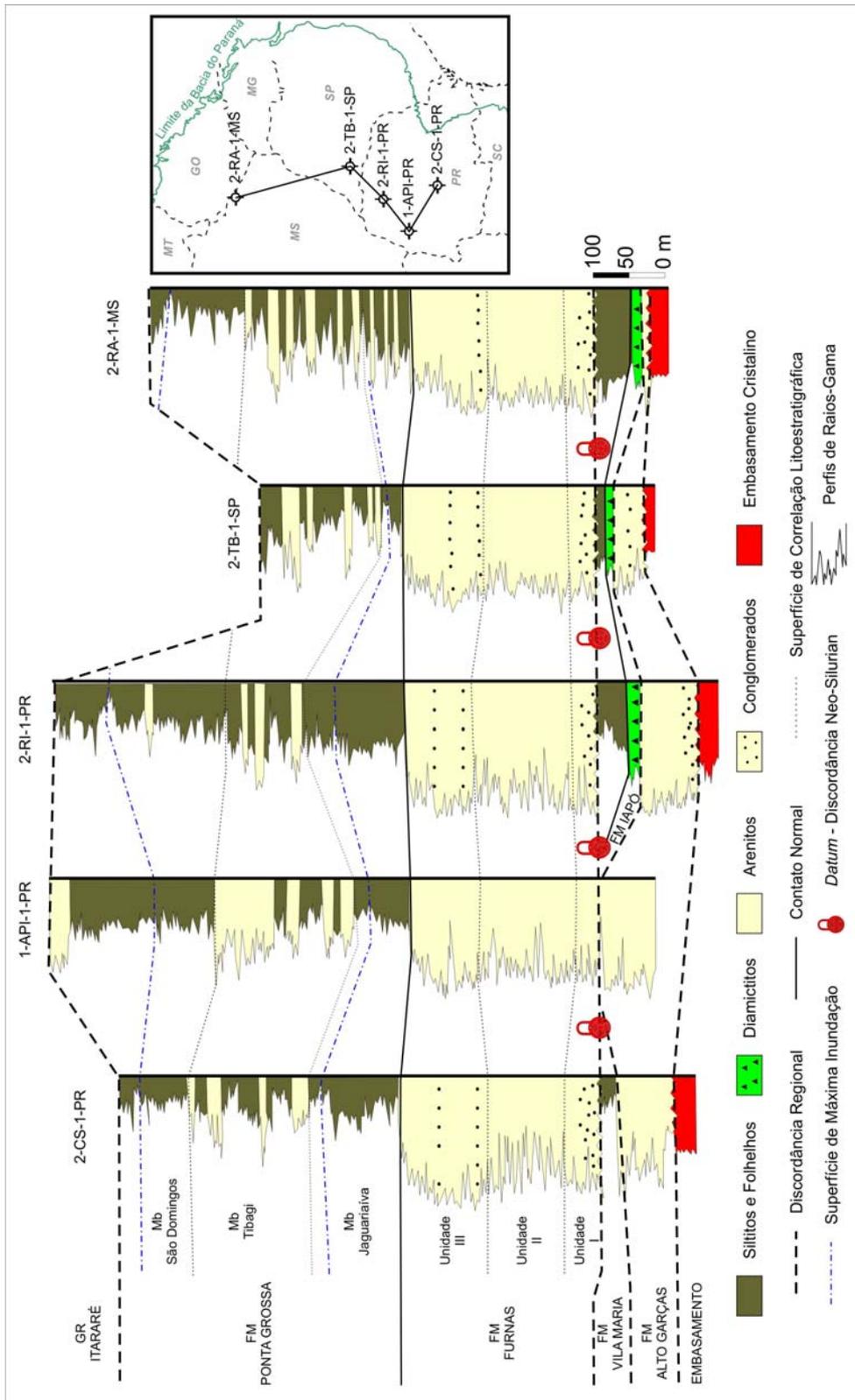


Figura 4.1 – Correlação de perfis de poços profundos na Bacia do Paraná (Fonte: Assine, 1996).

## **Análise estratigráfica em superfície**

A base de toda análise de bacias em superfície consiste na compilação cuidadosa de seções estratigráficas verticais, as quais devem ser locadas em posição perpendicular ao mergulho das camadas, em regiões com pouca deformação estrutural e próximo a rodovias e ferrovias de fácil acesso que possuam abundância de bons afloramentos.

Apesar da análise regional de subsuperfície servir como base para o entendimento regional do arcabouço estratigráfico, ela nunca suplantará a análise de superfície, uma vez que a observação em escala de afloramento, por intermédio de construção de seções laterais e verticais, fornece informações de feições sedimentares de pequena, média e grande escala, como estratificações e elementos arquiteturais e texturais, contribuindo com interpretações de tamanho, geometria, orientação de elementos deposicionais, bem como o empilhamento vertical das fácies. Na Figura 4.2 é apresentado fluxograma sintético para análise de seqüências a partir de dados de campo.

Uma importante ferramenta para o reconhecimento das feições arquiteturais é o simples traçado das geometrias que são vistas no afloramento ou em fotomosaicos (Figura 4.3). Esta prática permite, mediante a utilização do conceito de fácies, a visualização de características arquitetônicas não perceptíveis em descrições pontuais ou no método de descrição puramente litológico.

Outro instrumento essencial é o levantamento de seções deve ser feito preferencialmente de forma a subir na topografia e na estratigrafia. Levantamentos de breve reconhecimento são muito comuns, e podem ser feitos com auxílio de altímetro de mão, com o qual mede-se a altitude de cada litotipo e com isso pode-se fazer o empilhamento das unidades e estimar sua espessura aparente, caso as camadas apresentem algum grau de inclinação. A correção da espessura aparente para a espessura real pode ser feita a partir da medida do mergulho das camadas e de simples cálculo trigonométrico (Figura 4.4).

Conforme citado no tópico 2.2.2, a abordagem em seções verticais deve ser feita com ênfase na textura, mineralogia (mesoscópica), geometria, estruturas sedimentares e conteúdo paleontológico, e sempre procurando estabelecer o empilhamento das fácies (Figura 4.7 – seção de superfície). O produto resultante apresentará a descrição das unidades mapeadas não só conforme a constituição litológica, mas atentando para características de cunho genético que serão base para a definição de associações de fácies e reconstrução da história geológica da área.

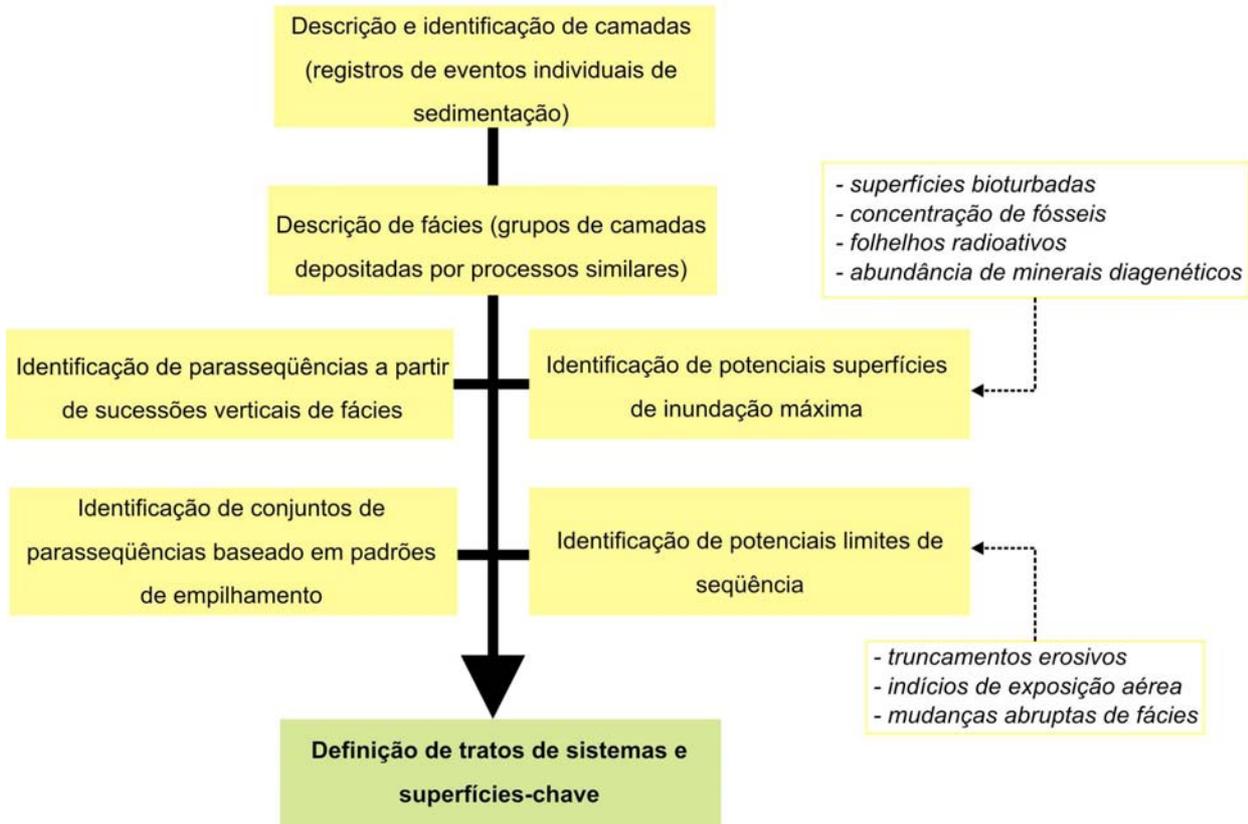


Figura 4.2 – Fluxograma sintético para análise de seqüências a partir de dados de campo.

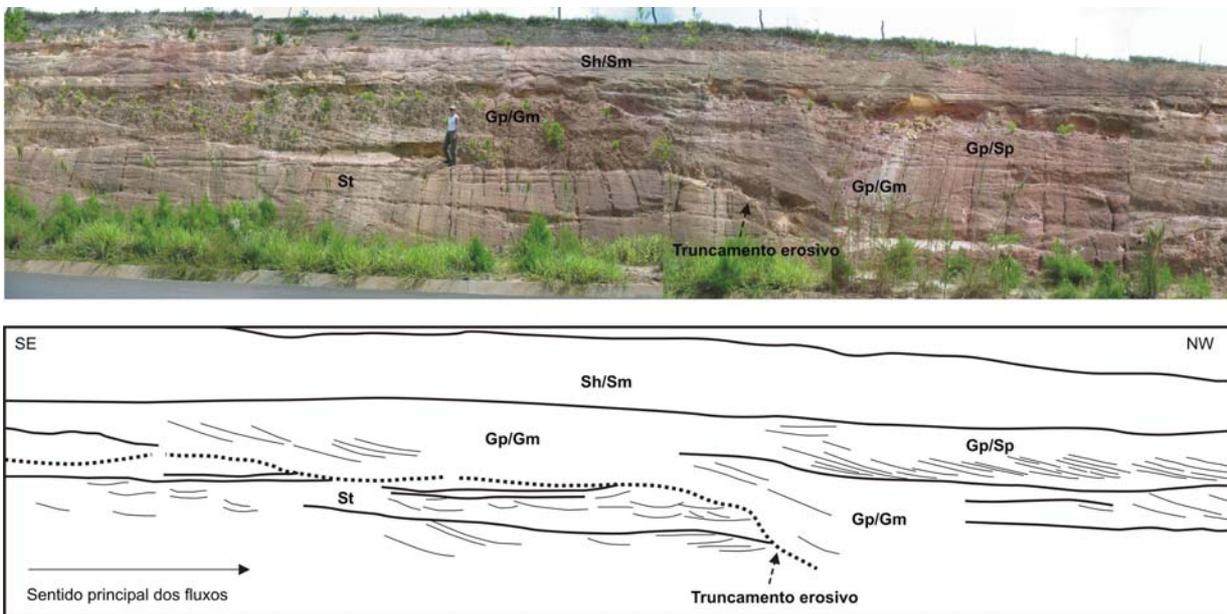


Figura 4.3 – Seção de feições arquiteturas em escala de afloramento (Fonte: Vesely, 2005).

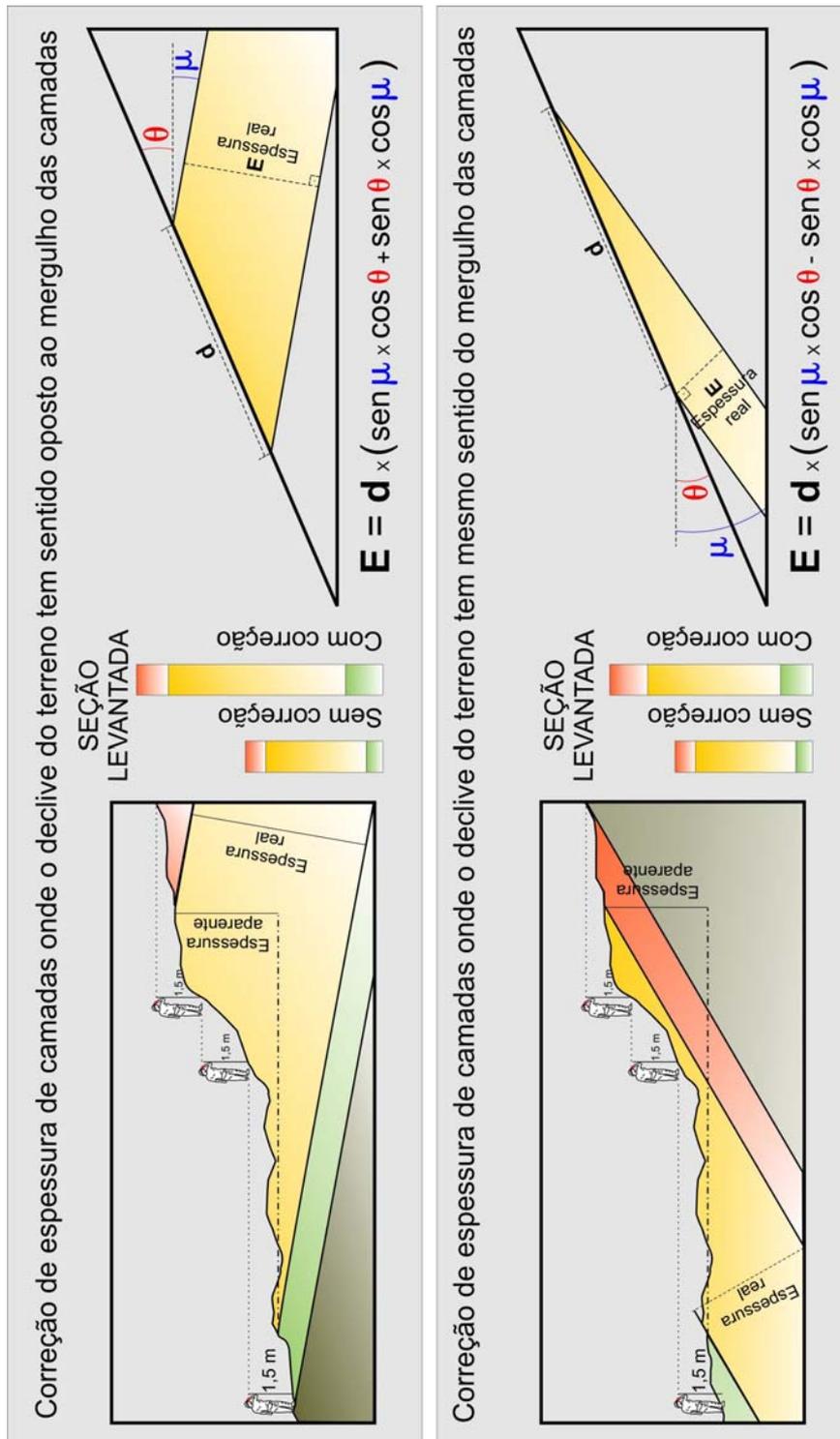


Figura 4.4 – Exemplo de levantamento de seção vertical em campo e as correções de espessura das camadas.

Outra forma de fazer levantamento de seções é através de visadas utilizando o clinômetro de bússola. Neste caso é preciso conhecer a altura dos olhos do observador que fará a visada. Com o clinômetro nivelado em  $0^\circ$ , o geólogo mira um ponto à frente e a espessura aparente da seção medida em cada visada será equivalente à altura dos seus olhos. Então ele caminha até o ponto mirado medindo a distância percorrida em planta, e a partir deste ponto repete-se o procedimento (Figura 4.4).

Um cuidado que deve ser tomado ao fazer o levantamento das seções verticais é a possível ocorrência de falhas que podem provocar a repetição de intervalos. A Figura 4.5 ilustra uma seção onde uma falha corta a sucessão de estratos, fazendo com que unidades sejam repetidas. Caso esta falha não seja levada em consideração ou não seja constatada devido à ausência de exposição, o perfil apresentará uma espessura maior que a real e ainda ocorrerá um erro na interpretação das seqüências deposicionais deste intervalo.

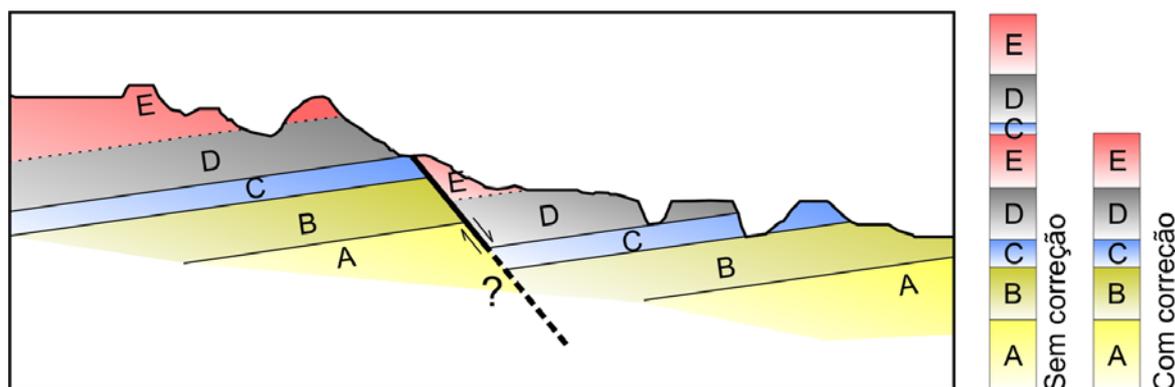


Figura 4.5 – Exemplo de seção vertical com repetição de unidades devido à ocorrência de falha com rejeito vertical. Os perfis verticais à direita ilustram os empilhamentos resultantes sem e com a correção do rejeito.

As melhores seções são aquelas que incluem todos os intervalos estratigráficos a que se deseja estudar. Contudo é raro encontrar esta condição, sendo assim, várias seções pequenas e parciais podem prover dados importantes, porém só poderão ser amarradas precisamente umas as outras se forem reconhecidos marcos estratigráficos locais ou regionais.

### Marcos estratigráficos

Muitas sucessões estratigráficas contêm camadas-guia ou superfícies de descontinuidade que são conhecidas por terem significado cronoestratigráfico, as quais podem ser de distribuição local, regional ou global (Miall, 2000).

Apesar de existirem ressalvas devido a um certo grau de diacronismo e variações nos indicadores de tempo, várias litofácies podem ser utilizadas como marcadores cronoestratigráficos, como por exemplo; camadas de cinzas vulcânicas, camadas de restos ósseos, deslocamentos abruptos em litofácies em resposta a variações no nível do mar (superfícies de afogamento) ou mudanças ambientais, aparecimento de diferentes tipos de ciclos de deposição, depósitos de fluxos gravitacionais instantâneos e eventos de sedimentação episódica como sismitos, tsunamitos, inunditos e tempestitos.

Superfícies de não deposição, de lenta sedimentação ou de erosão podem ser indicadores de mudança global no nível do mar e no geral apresentam extensão de dezenas a centenas de quilômetros. Camadas de folhelho de grande extensão lateral, desenvolvidas comumente nos períodos de nível do mar elevado (Superfícies de Inundação Máxima), são excelentes marcos estratigráficos para mapeamento e correlação em superfície e subsuperfície.

A partir do reconhecimento destas superfícies é possível calibrar o posicionamento dos perfis fragmentados dentro do contexto da seção sedimentar em estudo. A Figura 4.6 ilustra uma série de perfis levantados em campo e que podem ser posicionados lado-a-lado graças ao reconhecimento de uma superfície guia. Trata-se da superfície erosiva da base da Formação Escarpment, Permocarbonífero da Bacia Tarija (Argentina e Bolívia), cujo reconhecimento é possível em todos os perfis.

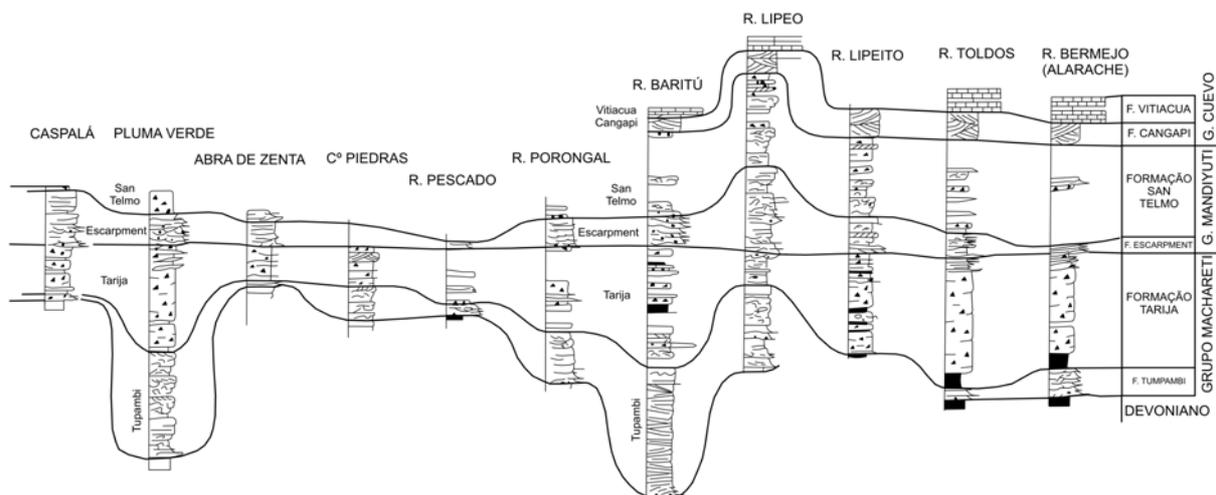


Figura 4.6 – Exemplo de seção de correlação ilustrando a distribuição estratigráfica das unidades dentro de cada perfil (Fonte: Azcuo & di Pascuo, 1999).

Da mesma forma, perfis de poços profundos podem ser correlacionados a perfis de superfície, conforme ilustrado no exemplo da Figura 4.7, relativo à porção média/inferior do Grupo Itararé no Paraná (Vesely, 2005). Neste caso, a correlação foi feita com base na distribuição dos corpos arenosos, pelíticos e diamictíticos, com horizonte de referência (*datum*) representado por superfície de inundação máxima na porção média da Formação Lagoa Azul.

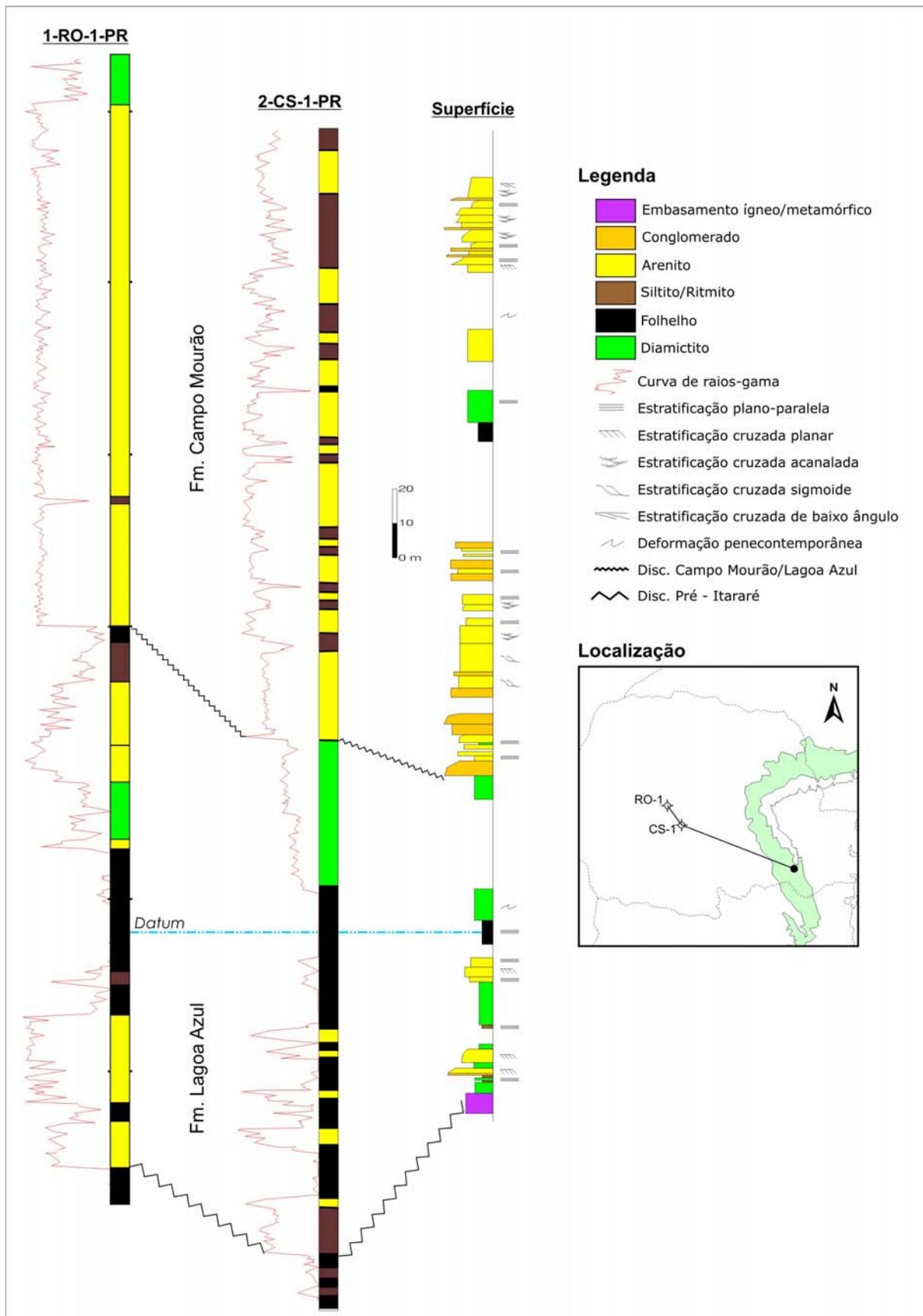


Figura 4.7 – Correlação de perfis de poços profundos e de seção levantada em superfície na Bacia do Paraná (modificado de Vesely, 2005).

## **Fotointerpretação aplicada à análise estratigráfica**

A fotointerpretação consiste no traçado de quebras marcadas no relevo ou no reconhecimento de texturas peculiares no terreno as quais podem representar conjuntos litológicos específicos, contatos entre unidades geológicas e feições estruturais que serão a base para a confecção do mapa foto-geológico.

Trabalhos de fotointerpretação aplicados à estratigrafia de seqüências, como o de Zerfass *et al.* (2004), vem sendo recentemente desenvolvidos com o objetivo de reconhecer superfícies de significado estratigráfico a partir sensores remotos. Em áreas com pouca cobertura vegetal, foto-horizontes podem ser interpretados como superfícies de conotação genética, a partir da observação da geometria das superfícies e truncamentos associados. Nesta perspectiva, uma superfície foto-interpretada que seria tomada apenas como um contraste entre litologias distintas passa a ter significado estratigráfico como uma superfície de ravinamento ou uma discordância erosiva. Também uma camada de rocha pouco resistente ao intemperismo que seria mapeada como um simples horizonte de folhelho pode representar uma superfície de máxima inundação.

Dessa forma estabelecem-se critérios fotogeológicos para reconhecimento de tratos de sistemas a partir do traçado das respectivas superfícies-chave, constituindo conjunto de procedimentos denominado de foto-estratigrafia. Um exemplo é o mapeamento de uma determinada unidade arenosa cuja base seja marcada por superfície erosiva (limite de seqüência). Essa associação pode ser interpretada como o preenchimento de vale inciso (tratos de mar baixo a transgressivo), como é o caso dos vales mapeados na Formação Rio Bonito por Soares & Cava (1982) no norte do Paraná.

## **Vetorização dos elementos foto-interpretados**

Ao término do trabalho de fotointerpretação, é feita a transposição dos elementos interpretados analogicamente nas fotografias aéreas para o formato digital, e com isso conforma-se o mapa geológico final digital. Este processo pode ser realizado com auxílio de qualquer *software* que trabalhe em ambiente SIG, o exemplo a seguir mostra como fazer este processo utilizando o *software ArcMap 8.3*, o qual foi utilizado no presente mapeamento.

O primeiro passo consiste em escanear as fotografias aéreas sobrepostas pelos papéis *overlay*, nos quais foi feita a fotointerpretação (Figura 4.8). Os papéis *overlay* devem ser fixados firmemente evitando que haja qualquer deslocamento de sua

posição original ao fazer a escanerização. Após este processo de digitalização, as fotografias interpretadas são inseridas no software *ArcMap 8.3*, onde são georreferenciadas com auxílio da ferramenta “*Georeferencing*” (Figura 4.9). A referência espacial utilizada neste mapeamento foram bases topográficas 1:50.000 das folhas Uvaia, Ponta Grossa, Teixeira Soares e Palmeira. Neste processo a fotografia é georreferenciada automaticamente, tendo por base pontos em comum à fotografia aérea e ao mapa topográfico, tais como encontro de rios, cruzamentos de estradas, etc. Para haver o georreferenciamento basta dois pontos comuns, porém para maior precisão de posicionamento deve ser utilizado o maior número de pontos e com a melhor distribuição possível. No presente mapeamento foram utilizados em média 25 pontos por fotografia aérea.

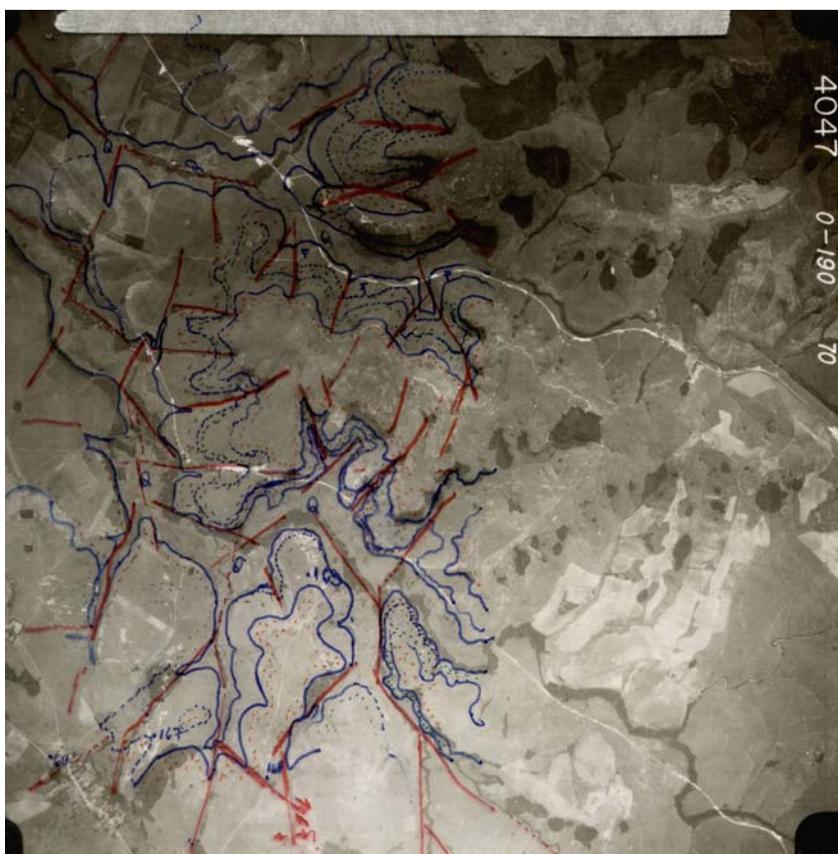


Figura 4.8 – Fotografia aérea interpretada e escanerizada para ser georreferenciada.

O segundo passo consiste na criação dos polígonos e linhas referentes a cada elemento mapeado, que é feito através da ferramenta de edição e criação de feições (Figura 4.10). Esta etapa demanda um longo período de trabalho, porém não apresenta maiores complicações.

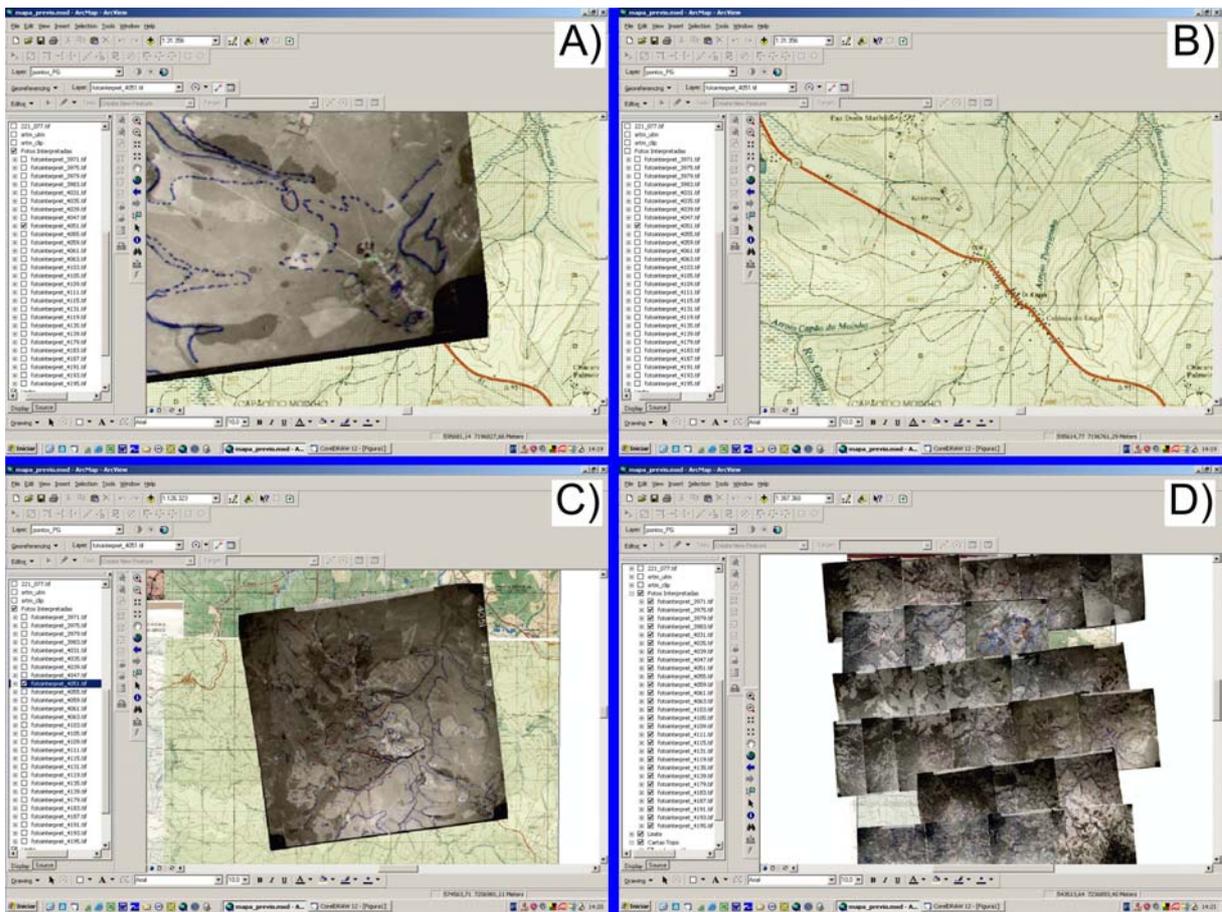


Figura 4.9 – Processo de georreferenciamento de fotografias aéreas. A) clic no ponto desejado da fotografia aérea. B) clic no ponto equivalente na folha topográfica 1:50.000. C) Fotografia aérea georreferenciada com aproximadamente 20 pontos de referência. D) Mosaico de fotografias aéreas georreferenciadas.

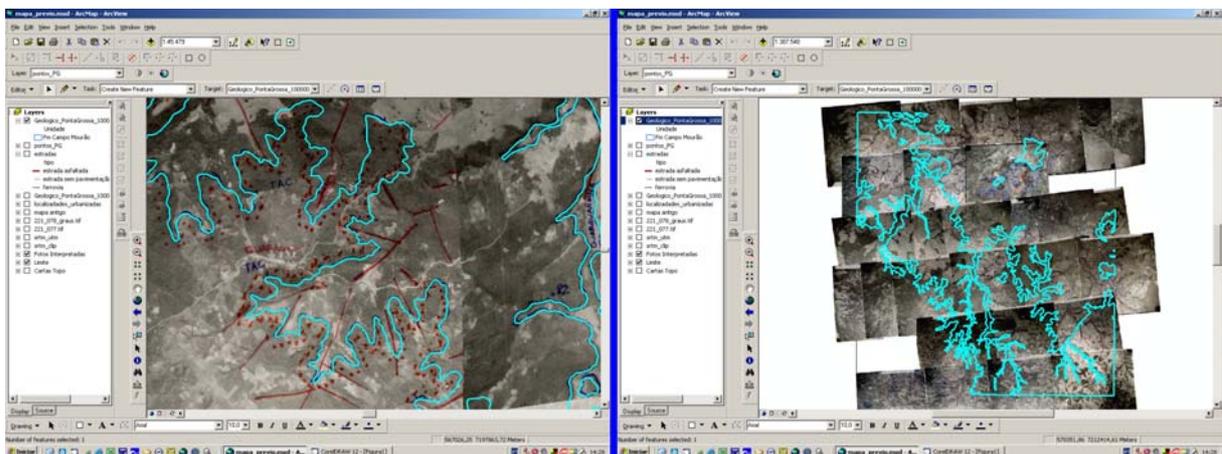


Figura 4.10 – Processo de vetorização das feições litológicas e transformação destas em polígonos.

O processo final de criação do mapa consiste na inserção de detalhes como legendas, cores para os elementos, localização dos pontos descritos, estradas, drenagens, símbolos de falhas e direção de mergulho camadas bem como na criação de atributos para cada elemento, como tipo de estrutura, composição, idade, descrição, etc. Estes atributos são inseridos em uma tabela no formato \*.dbf reconhecido pelo

software *ArcMap 8.3*, com o qual, ao clicar sobre algum elemento é possível obter as informações a ele referentes, a partir de uma janela que se abre automaticamente (Figura 4.11). Também é possível ter *links* com outros arquivos que fazem parte do banco de dados do mapeamento.

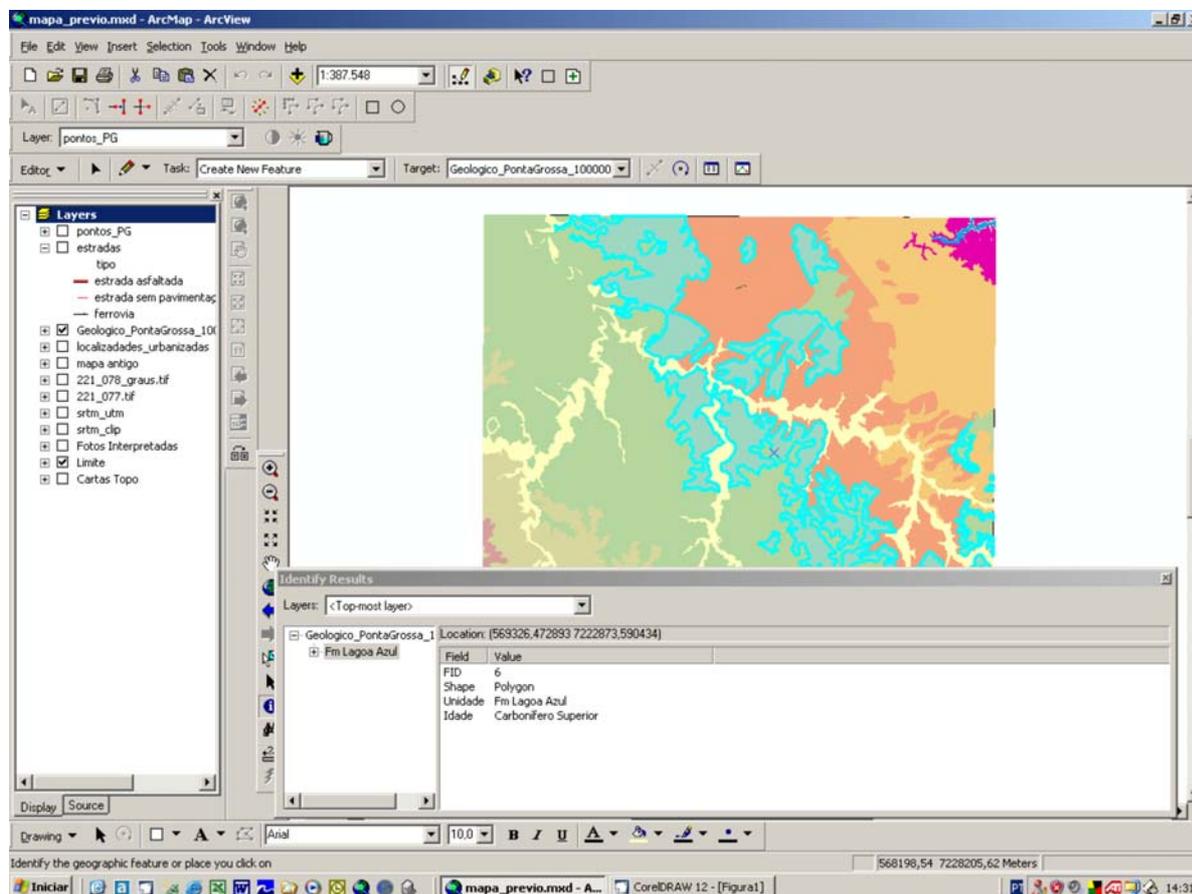


Figura 4.11 – Ferramenta de informação sobre atributos de cada elemento do mapa. Janela de informação aberta ao clicar sobre um elemento.

#### 4.1.2. Resultados da análise estratigráfica

##### Embasamento pré-cambriano

Na área mapeada, o embasamento da Bacia do Paraná é constituído por rochas graníticas da idade pré-cambriana. As rochas afloram no extremo nordeste da área e pertencem ao complexo Cunhaporanga (Mineropar, 1989). Ocorrem hornblenda biotita monzogranitos a granodioritos porfíricos pertencentes à “Unidade Arrieiros” de Prazeres Filho (2000). Os afloramentos encontram-se em geral com alto grau de alteração intempérica, como é o caso dos pontos 182 e 184b, situados na estrada de acesso à Represa dos Alagados.

## **Seqüência Ordovício-Siluriana**

Os depósitos de idade ordovício-siluriana da Bacia do Paraná assentam em discordância sobre as rochas graníticas do embasamento, sendo que na área mapeada, restringem-se a fácies da **Formação lapó**, unidade intermediária do Grupo Rio Ivaí. A Formação lapó foi encontrada em dois afloramentos, incluindo a já conhecida ocorrência do cânion do rio São Jorge (ponto 185a) (Figura 4.34) e uma nova ocorrência no ponto 183 (Figura 4.12).



Figura 4.12 – Afloramento da Fm lapó no ponto 183.

Composta basicamente por argilitos e diamictitos, Assine *et al.* (1998) consideram que se trata de depósitos glaciais de idade neordoviciana. A Formação lapó é comumente encontrada em lapas abaixo da Formação Furnas (Figura 4.34), configurando depósitos irregulares de menos de 3 metros de espessura. Devido ao caráter pontual das localidades, não foi possível mapeá-la na escala 1:100.000.

A presença da Formação lapó na área mapeada testemunha o registro aflorante mais setentrional da glaciação neo-ordoviciana conhecido na bacia. A unidade é descontínua lateralmente, o que se deve ao seu confinamento em paleodepressões do substrato (Milani, 1997) e à erosão diferencial pré-Furnas, relacionada ao desenvolvimento da desconformidade pré-Eossiluriano.

## **Seqüência Siluro-Devoniana**

### **Formação Furnas**

Após hiato no Siluriano Inferior a Médio, a sedimentação é retomada no final do Siluriano, com a deposição das fácies basais da Formação Furnas. A Formação Furnas é uma unidade com corpos de geometria tabular (Figura 4.13), com espessuras na ordem de 250 metros.

Na concepção de Assine (1999), a Formação Furnas pode ser subdividida em 3 unidades com associações de fácies e padrões de paleocorrentes distintos, denominadas inferior, média e superior. A unidade inferior possui menos de 50 m de espessura e é composta por arenitos conglomeráticos e níveis de conglomerados como aqueles descritos nos pontos 184b e 185c. As unidades média e superior são difíceis de serem distintas pois ambas são compostas por arenitos com estratificação cruzada de médio porte (Figura 4.14) e fácies heterolíticas siltico-arenosas.



Figura 4.13 – Vista panorâmica da Fm Furnas mostrando o padrão tabular das camadas (ponto 181).



Figura 4.14 – Aspecto típico das unidades média e superior da Fm Furnas (ponto 181) .

O topo da Formação Furnas é marcado por um intervalo granodecrescente para cima, denominado de Camadas de Transição por Petri (1948). O intervalo, caracterizado pela intercalação de arenitos finos com siltitos, apresenta fósseis com afinidades à Formação Ponta Grossa, o que comprova a contato concordante entre as duas unidades. Não foi encontrado nenhum ponto de afloramento deste nível.

A deposição da Formação Furnas é considerada marinha costeira, com construção de barras arenosas de grande porte principalmente nos seus níveis intermediários. Para o topo passa para marinho mais profundo, culminando nas Camadas de Transição para os folhelhos marinhos da Formação Ponta Grossa. Influência de rios do tipo entrelaçado não é uma hipótese completamente descartada, principalmente para os termos conglomeráticos basais.

## Formação Ponta Grossa

Na área mapeada, afloramentos da Formação Ponta Grossa foram descritos a oeste da cidade homônima e na região do vale do rio Tibagi, onde foram identificados apenas os membros Jaguariaíva (folhelhos basais) e Tibagi (arenitos intermediários). No entanto essas unidades não foram individualizadas em mapa, sendo necessário para isso o adensamento dos dados de campo e possivelmente fotointerpretação em maior escala. No caso particular do Membro Tibagi, prevê-se melhores condições de mapeabilidade em trabalhos futuros, já que a unidade caracteriza intervalo arenoso com aproximadamente 25 metros de espessura e razoável continuidade lateral.

A Formação Ponta Grossa sofre evidente acunhamento na direção SE da área mapeada, sendo que na porção NW da cidade de Ponta Grossa esta unidade possui aproximadamente 120 metros de espessura, representada pelos membros Jaguariaíva e Tibagi. Já na região do Parque Estadual de Vila Velha e da Fazenda Rivadávia (cercania dos pontos 208, 210 e 214) a Formação Ponta Grossa limita-se a menos de 15 metros de folhelhos do Membro Jaguariaíva, enquanto na região da Fazenda Santa Luzia e Fortaleza (cercania dos pontos 206 e 212) esta unidade desaparece completamente. Esse acunhamento deve-se à erosão no topo e à angularidade da discordância pré-Pensilvaniano (Figura 1.10).

O Membro Jaguariaíva foi descrito em diversos pontos (e.g. 01 02, 39, 61a, 63, 130, 132, 154, 192, 197, 214), sendo composto basicamente folhelhos acinzentados com laminação plano-paralela, com raras intercalações e lentes centimétricas de composição siltico/arenosas (Figura 4.15–A). Nos níveis siltico/arenosos é possível identificar estratificação cruzada cavalgante (*climbing ripples*) de pequeno porte e *micro-hummocky*. Esta unidade é marcada pela grande ocorrência de fósseis e icnofósseis. De acordo Petri (1948) os principais grupos fósseis contidos nesta unidade são: Conulariida, Brachiopoda, Ostracoda, Trilobita, Crinoidea, Bivalvia, Gastropoda e Tentaculitoidea. Destes, apenas Brachiopodas, Bivalvias, Gastropodas e Tentaculitoideas foram encontrados nos afloramentos descritos no presente mapeamento (e.g. pontos 179 e 188b).

A origem marinha do Membro Jaguariaíva é inferida pelo conteúdo fóssil e litológico. Os folhelhos laminados são sugestivos de deposição em ambiente marinho raso de plataforma, com influência da ação de ondas de tempestades responsáveis pelo lançamento de material arenoso litorâneo para costa-afora, depositando assim os níveis siltico/arenosos.

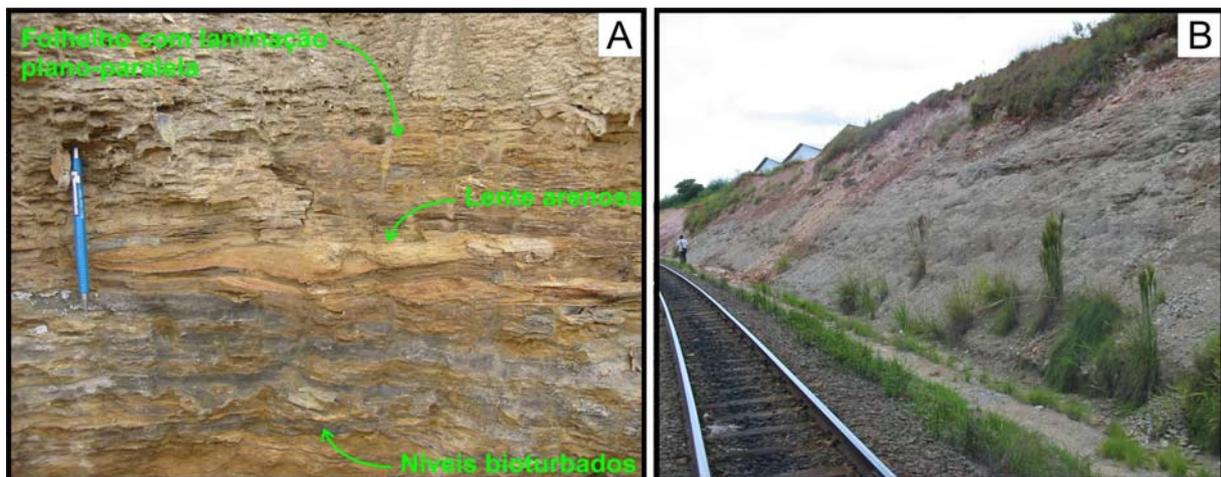


Figura 4.15 – A) Folhelho com laminação plano-paralela, bioturbações e lentes síltico/arenosas (ponto 63); B) Aspecto típico dos folhelhos do Mb Jaguaiaíva – Fm Ponta Grossa (ponto 01)

Arenitos do Membro Tibagi foram descritos nos pontos 19, 27, 32, 142, 174 e 175. A unidade caracteriza-se por arenitos muito finos a médios, bem selecionados, por vezes micáceos, dispostos em bancos tabulares a lenticulares com espessura variando de 20 cm a 2 m, intercalados com pelitos maciços ou laminados (Figura 4.16). As estruturas sedimentares mais comuns são estratificação plano-paralela ( fácies Sh), estratificação *hummocky* de pequeno a grande a pequeno porte ( fácies Shc), cruzada planar/acanalada ( fácies Sp/St) e ondulações indistintas ( fácies Sr) (Figura 4.17 - A, B, C). As referidas ondulações assemelham-se a *ripples* de fluxo combinado (*combined-flow ripples*), que se desenvolvem devido à ação conjunta de corrente oscilatória (ondas) e fluxo unidirecional. O arranjo vertical de fácies observado define padrão de granocrescência e espessamento de camadas de areia em direção ao topo (*coarsening/thickening upward*).

Existe controvérsia a respeito do ambiente deposicional do Membro Tibagi. Assine (1996) propõe deposição a partir de um sistema deltáico progradante. Sua teoria é amparada no fato do Membro Tibagi apresentar, em perfis de raios-gama de poços um padrão típico de diminuição de argilosidade em direção ao topo de suas seqüências, e ainda no flanco norte da Bacia do Paraná corpos arenosos mais possantes e características deltaicas típicas. Para este autor, a unidade representaria uma progradação deltáica que avançaria de norte para o sul da Bacia do Paraná. Contudo Bergamaschi (1998) propõe deposição provocada por um processo de regressão forçada sem haver qualquer tipo de influência deltáica. Segundo este autor uma pequena e súbita queda do nível do mar foi responsável pelo lançamento de material arenoso para porções anteriormente profundas da bacia, fazendo com que corpos arenosos fossem depositados em meio aos folhelhos distais.

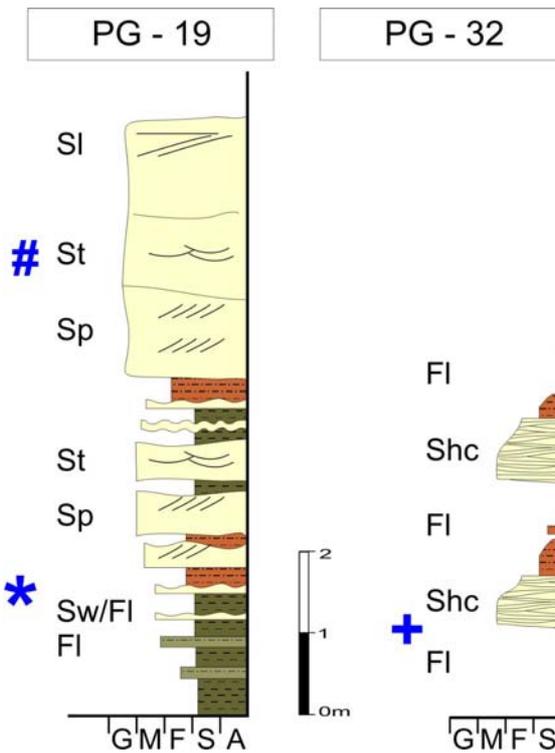


Figura 4.16 – Perfis verticais do Membro Tibagi (pontos 19 e 32). Os símbolos (#, \* e + são correspondentes aos intervalos da Figura 4.17).

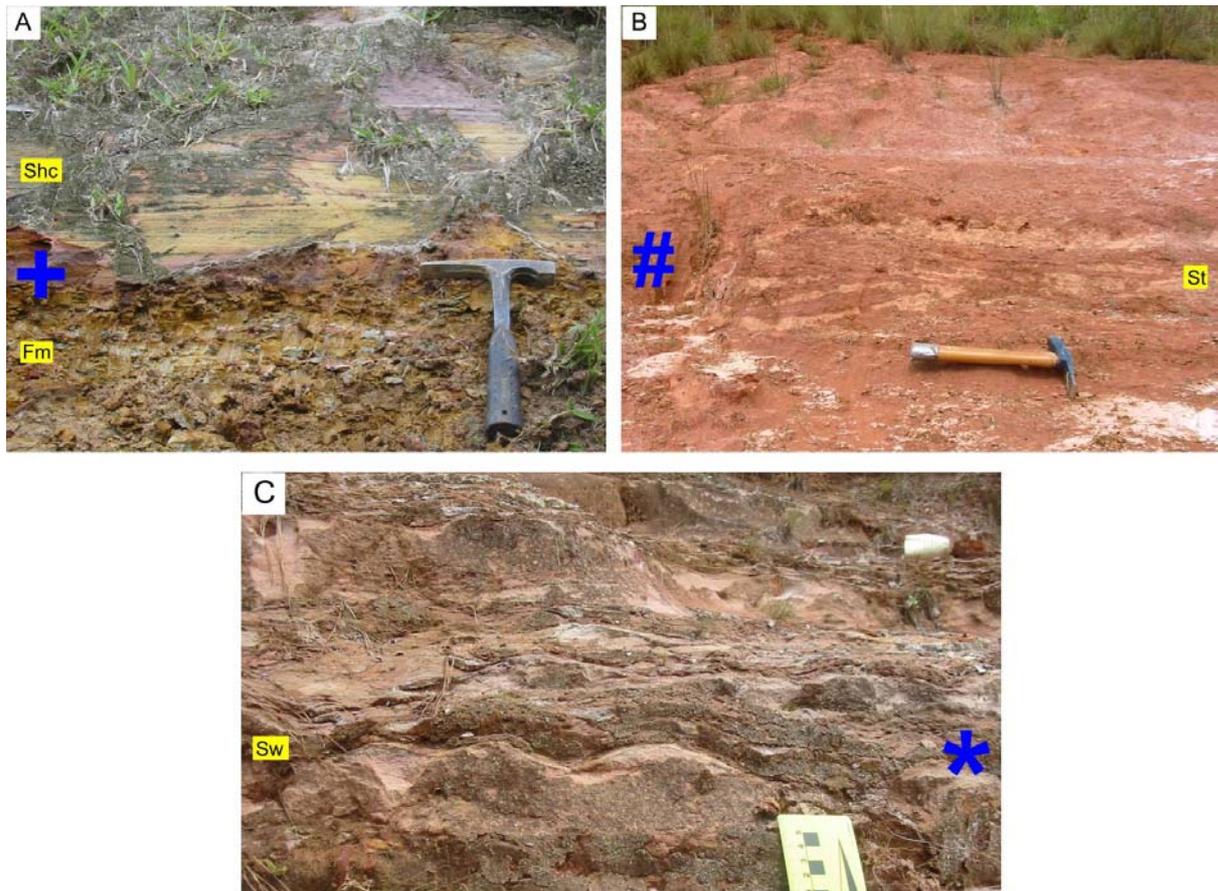


Figura 4.17 – Fácies do Mb Tibagi: A) Arenito com estratificação *hummocky* (Shc) superposto abruptamente a pelito maciço (Fm) (ponto 32). B) Arenito médio com estratificação cruzada acanalada (ponto 19). C) Arenito fino com ondulações simétricas. Os símbolos (#, \* e + são correspondentes aos intervalos da Figura 4.16).

O Membro São Domingos não foi encontrado na área mapeada. Apesar de haver dúvidas na distinção entre os folhelhos dos membros Jaguariaíva e São Domingos, considerando que nos locais onde foi descrito o Membro Tibagi, o mesmo situa-se logo abaixo do contato discordante com o Grupo Itararé, é possível que o folhelho São Domingos tenha sido totalmente removido por erosão. Com isso, aventa-se a hipótese de que todas as litofácies pelíticas identificadas pertençam ao Membro Jaguariaíva, até mesmos aquelas do ponto 01, onde, segundo a classificação bioestratigráfica de Daemon & Quadros (1967), os fósseis contidos pertencem ao Membro São Domingos.

### **Seqüência Permocarbonífera**

A seqüência permocarbonífera da Bacia do Paraná está representada na área mapeada pelo Grupo Itararé e parte inferior da Formação Rio Bonito. No que se refere ao Grupo Itararé, o qual abrange cerca de 70 % da área mapeada, foi possível pela primeira vez num projeto sistemático de mapeamento, a individualização das três unidades que constituem seu arcabouço de subsuperfície – Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba (França & Potter, 1988). Para que esse procedimento fosse possível, foi necessária a reavaliação prévia da estratigrafia de unidade em âmbito regional, com ênfase para propostas de correlação superfície-subsuperfície no flanco leste da bacia (França et al. 1996; Vesely & Assine, 2004; Vesely, 2006).

### **Formação Lagoa Azul**

A unidade representa intervalo predominantemente argiloso, com cerca de 60 m de espessura, compreendido na base do Grupo Itararé. A porção basal da unidade é representada por uma sucessão arenosa, de no máximo 10 metros de espessura, que marca o contato dessa formação com a Formação Ponta Grossa, conforme constatado no ponto 61 (Figura 4.18). Nesse local, conglomerados ricos em clastos de argilito assentam em contato erosivo sobre folhelhos amarelados. Também na unidade basal ocorrem arenitos de granulação média a grossa, brancos, sílticos com estratificações cruzadas acanaladas de grande porte (St), que representam fácies de canal formando barras com acreção lateral (ponto 177 - Figura 4.19).

Acima dos arenitos basais, a Formação Lagoa Azul caracteriza-se por folhelhos rítmicos, por vezes com clastos caídos, e diamictitos síltico-argilosos, sendo freqüentes intercalações de arenitos e conglomerados lenticulares como aqueles observados no ponto 08 (Figura 4.20). No ponto 68 foi descrita uma sucessão de aproximadamente 30

metros de espessura, composta por associação entre diamictitos ressedimentados e arenitos médios a grossos, maciços, laminados ou com estratificação cruzada (Figura 4.21). Feições de sobrecarga e injeção de lama ocorrem no contato entre diamictitos e arenitos, sugerindo participação de fluxos de densidade subaquosos, incluindo fluxo de detritos, fluxos hiperconcentrados e correntes de turbidez. Por outro lado, a ocorrência de estratificação cruzada bem desenvolvida em alguns níveis é indicativa de correntes de fundo com migração de formas de leito.

O topo desta unidade é definido por uma superfície de afogamento marcada pela presença de um delgado horizonte de folhelhos denominados informalmente “Folhelho Chocolate”, o qual foi registrado apenas na região sudeste da área mapeada, nas redondezas da cidade de Palmeira e nos pontos 69 e 70.



Figura 4.18 – Contato discordante entre folhelhos amarelados da Formação Ponta Grossa e arenitos conglomeráticos avermelhados do Grupo Itararé (ponto 61). No detalhe, clastos argilosos tabulares provavelmente erodidos da Formação Ponta Grossa (indicados com setas).

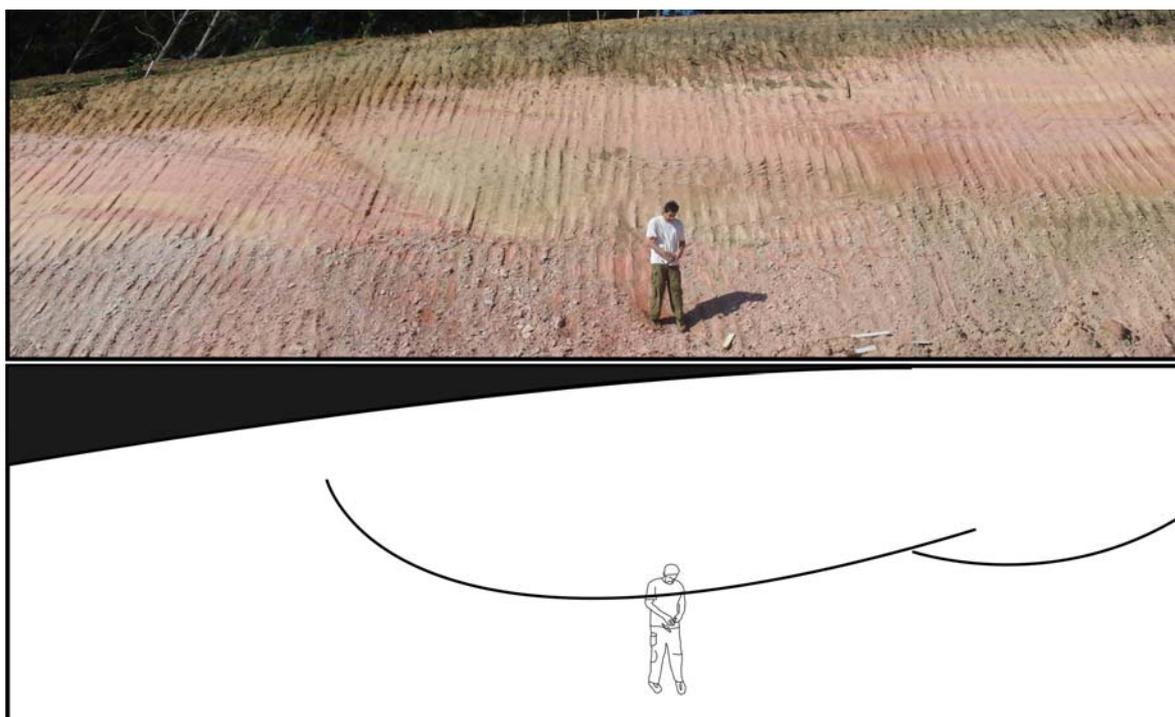


Figura 4.19 – Aspecto geral dos arenitos basais da Fm Lagoa Azul (ponto 177). Notar as estratificações cruzadas acanaladas de grande porte na figura esquemática inferior.

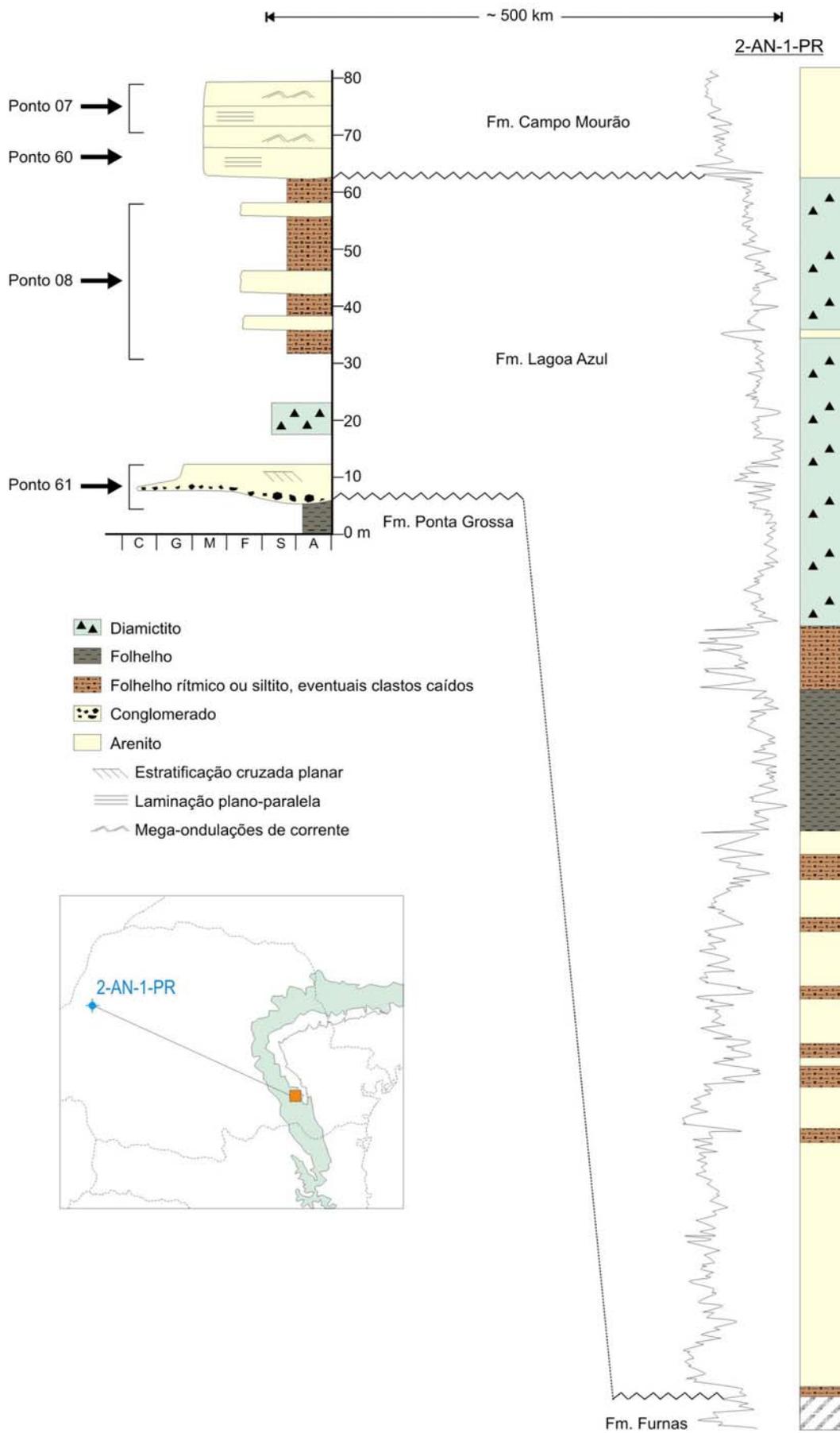


Figura 4.20 – Perfil estratigráfico composto levantado na PR-151 e correlação do intervalo basal do Grupo Itararé com a Formação Lagoa Azul no poço 2-AN-1-PR.

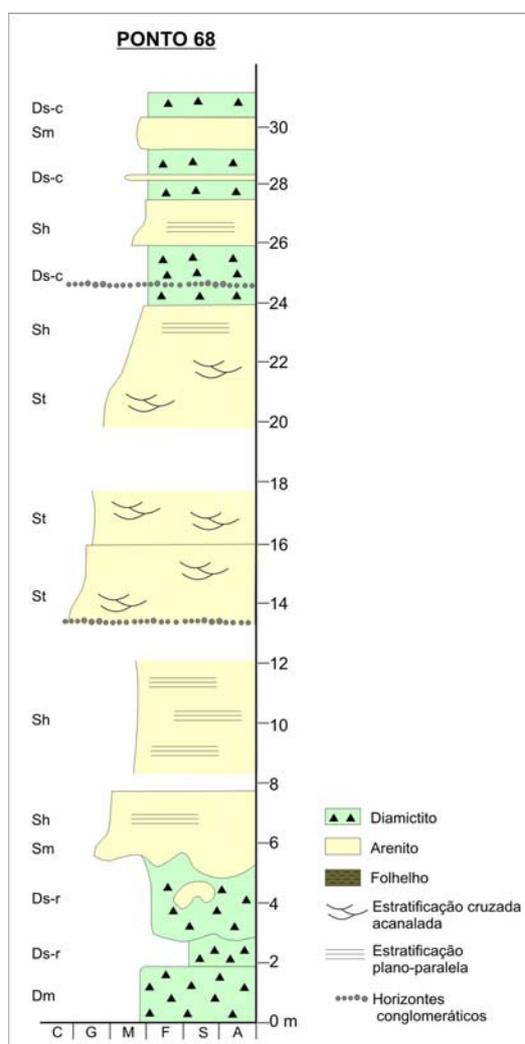


Figura 4.21 – Perfil estratigráfico vertical levantado no ponto 68.

### Formação Campo Mourão

O contato basal da Formação Campo Mourão é uma superfície erosiva de perfil irregular escavada sobre as fácies da Formação Lagoa Azul (desconformidade neocarbonífera). A identificação e rastreamento dessa superfície são na maioria das vezes fáceis, pois a mesma representa o limite inferior de um espesso corpo arenoso, que marca a base da Formação Campo Mourão na área mapeada. Afloramentos desses “arenitos basais” foram verificados em várias localidades, sendo a ocorrência mais clássica o arenito Vila Velha (Figura 4.22). Por serem mais resistentes à erosão, configuram escarpas, muitas vezes pronunciadas, que se destacam na topografia. Exposições naturais de arenitos ocorrem freqüentemente na forma de feições arredondadas do tipo “casco de tartaruga” (Figura 4.23), nas quais as estruturas sedimentares e tectônicas presentes podem estar mascaradas devido ao intemperismo. Por isso, muitas vezes tem-se a impressão de que são rochas maciças (Figura 4.24-B).



Figura 4.22 – Visão panorâmica dos arenitos de Vila Velha (Fm Campo Mourão) a partir do ponto 211.



Figura 4.23 – Aspecto típico de afloramento dos arenitos basais da Fm Campo Mourão (ponto 74).

A espessura estimada dessa sucessão arenosa é de aproximadamente 150 m, porém podendo variar significativamente devido à presença de seções canalizadas na base. Os arenitos são faciologicamente variáveis, desde finos a grossos, maciços, gradados, com estratificação plano-paralela, cruzadas planares ou acanaladas, laminação cruzada cavalgante e eventualmente feições de deformação hidroplástica (Figura 4.24). Ocorrem na forma de corpos amalgamados de geometria tabular/lenticular ou como ciclos de base erosiva com horizontes conglomeráticos basais e granodecrescência ascendente. A associação de fácies sugere deposição subaquosa por correntes de água de degelo e fluxos turbidíticos rasos associados a desembocaduras fluviais. Em direção ao topo, verifica-se granodecrescência e aumento de seleção, podendo aparecer, nas partes mais altas da seção, camadas de arenitos finos e bem selecionados.

Acima dos arenitos, a Formação Campo Mourão exhibe seção heterogênea, marcada por intercalações entre diamictitos, ritmitos, folhelhos e arenitos, esses últimos no geral finos e não-estratificados. Essa seção ocorre muitas vezes na forma de dois ou mais ciclos de granodecrescência ascendente recorrentes na vertical. Neste intervalo ocorrem níveis turbidíticos, como aqueles descritos nos pontos 109 e 149 (Figura 4.24-G e H).

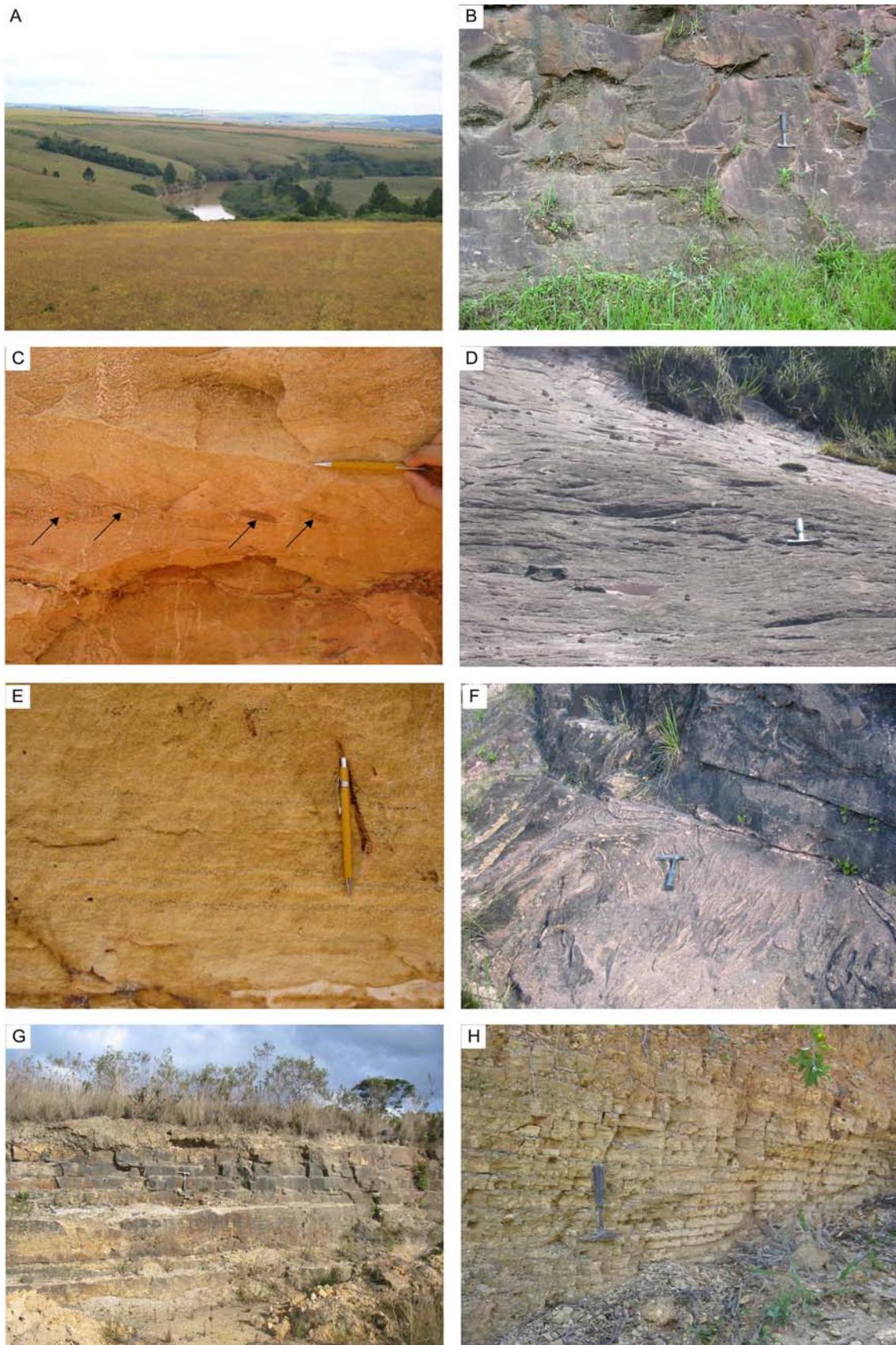


Figura 4.24 – Fácies da parte inferior da Formação Campo Mourão: A) Afloramentos de arenito no Rio Tibagi próximo a Uvaia (vista para norte a partir do ponto 28). B) Alternância entre arenitos maciços e com estratificação plano-paralela (ponto 28). C) Arenito com estratificação cruzada planar com destaque para clastos de argila tabulares (indicados com setas) alinhados conforme os planos de estratificação (ponto 20). D) Estratificação cavalgante de grande porte (*megaclimbing*) em arenito fino (ponto 7). E) Horizontes com gradação inversa, possivelmente representando carpetes de tração (ponto 20). F) Feições de deformação penecontemporânea (ponto 7). G e H) Depósitos turbidílicos (ponto 149 e 109).

O topo da Formação Campo Mourão é representado por uma sucessão pelítica, na qual destaca-se um intervalo de folhelhos acinzentados com cerca de 32 metros de espessura descrito no ponto 83 (Figura 4.25 e Figura 4.26), denominados informalmente de folhelho Guaraúna (e.g. Schneider *et al.*, 1974). Associados ao folhelho ocorrem outras fácies, tais como ritmitos silte/argila (folhelhos rítmicos), diamictitos maciços e corpos centimétricos de arenito fino a muito fino. Clastos caídos de gelo flutuante são comuns nos ritmitos. O folhelho Guaraúna é um importante intervalo estratigráfico na área de estudo, pois representa evento de transgressão marinha generalizada e serve de horizonte de referência para correlações locais e regionais. Considerando dados de poços perfurados a oeste da área mapeada, a espessura estimada para a Formação Campo Mourão é de 300 a 400 m.

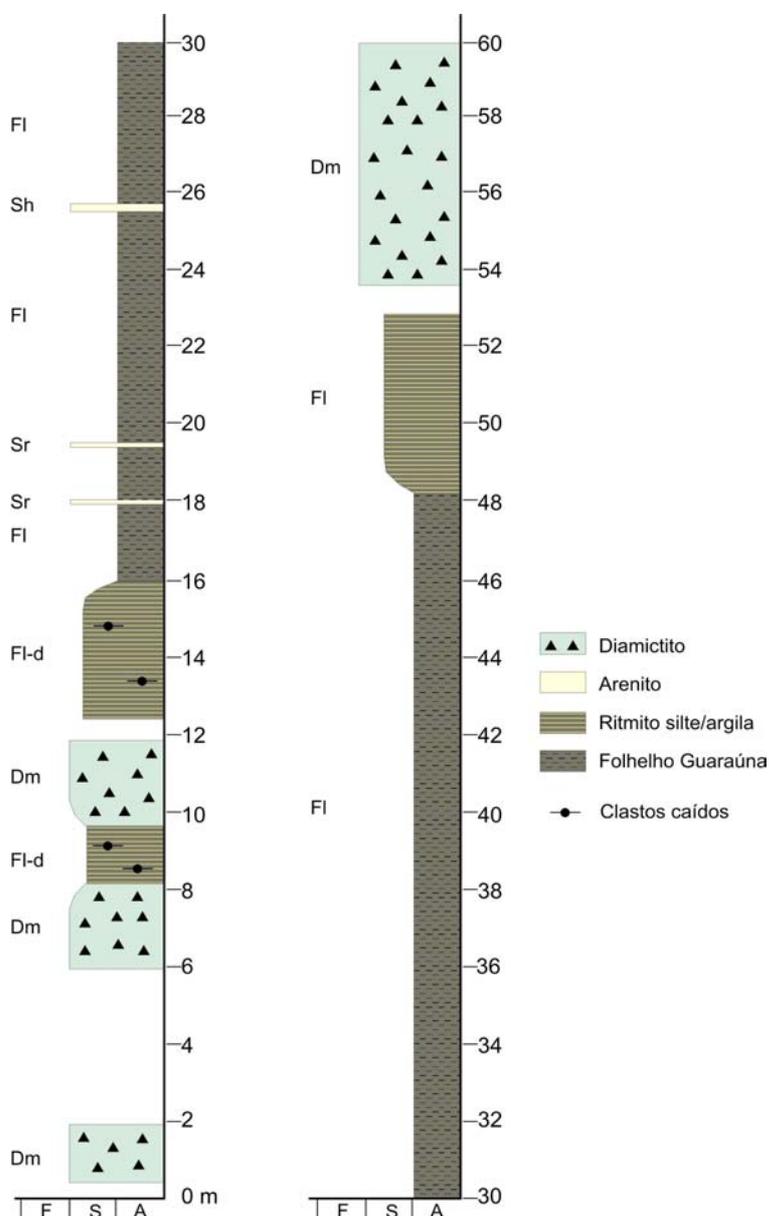


Figura 4.25 – Perfil estratigráfico vertical levantado no ponto 83.



Figura 4.26 – Afloramento do folhelho Guaraúna no vale do rio homônimo (ponto 83).

### **Formação Taciba**

Na concepção de França & Potter (1988), a Formação Taciba compreende um membro arenoso basal (Rio Segredo) e um lamítico superior (Chapéu do Sol), no qual predominam diamictitos. Na área mapeada, o Membro Rio Segredo é ausente e a Formação Taciba é representada por espessa sucessão diamictítica com intercalação de arenitos e folhelhos, atribuível ao Membro Chapéu do Sol.

Devido à ausência dos arenitos basais, a desconformidade eopermiana pré-Taciba é menos evidente, pois ocorre no contato entre os diamictitos e o folhelho Guaraúna. Um bom afloramento dessa desconformidade foi descrito na margem direita do Rio Guarauninha (ponto 87c), onde espesso pacote de diamictitos maciços superpõe abruptamente folhelhos acinzentados tipo Guaraúna (Figura 4.27). Situação semelhante foi constatada em afloramento na BR-277 (ponto 112). Devido a falta de evidências de erosão pronunciada na base da Formação Taciba, é possível que nessa área o referido contato represente um limite de seqüência representado por conformidade cronocorrelata à desconformidade presente em outras áreas da bacia (*sensu* Van Wagoner et al. 1990).

Diamictitos e fácies associadas do Membro Chapéu do Sol foram descritos em diversos pontos (e.g. pontos 13, 41, 43, 47, 49, 51, 52, 53, 56, 87 e 161). Os diamictitos são maciços ou estratificados, de cor cinza ou amarelada, com variadas proporções de grânulos a matacões polimíticos, comumente com inclusões de arenitos e conglomerados deformados e feições de ressedimentação por gravidade (Figura 4.28).



Figura 4.27 – Contato entre as formações Campo Mourão e Taciba no ponto 87c.

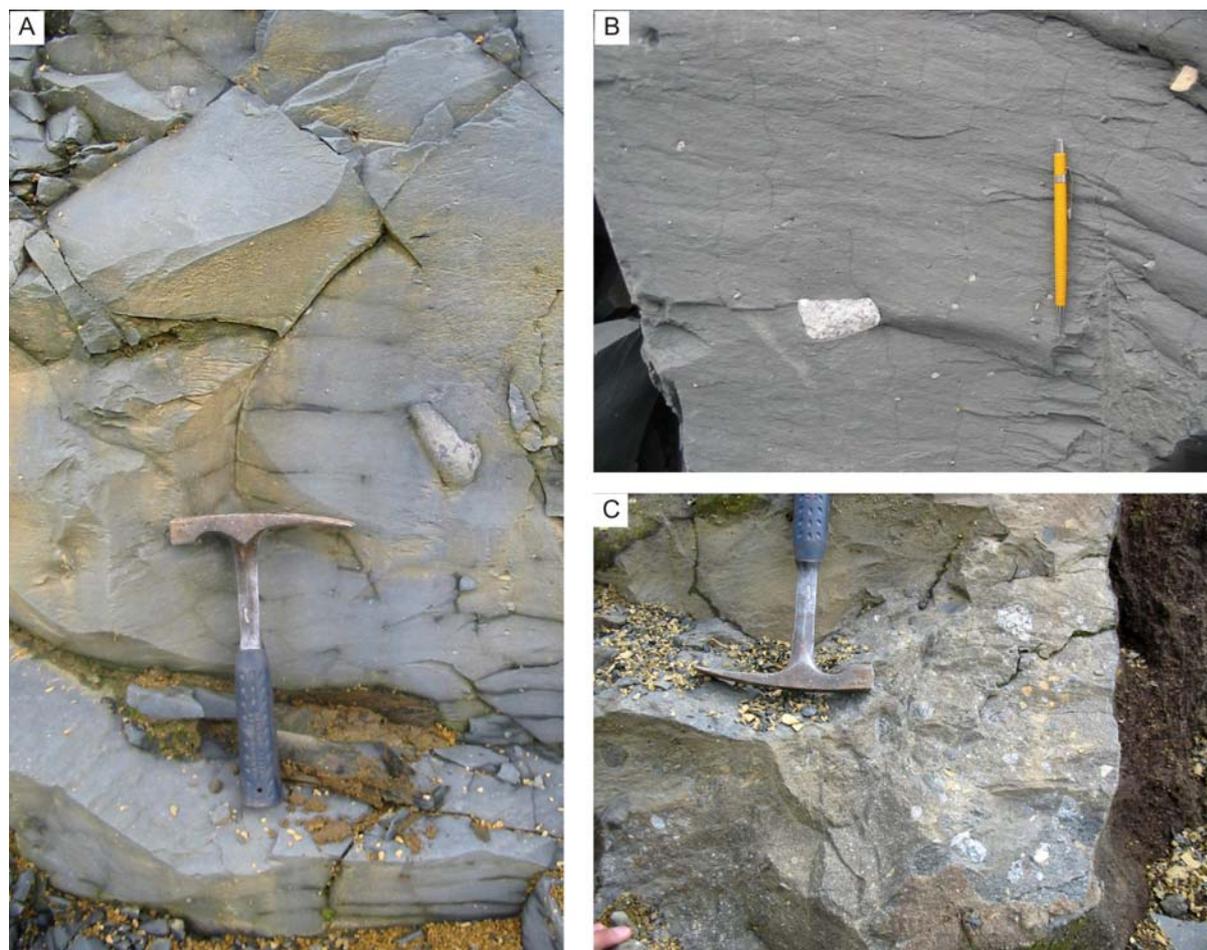
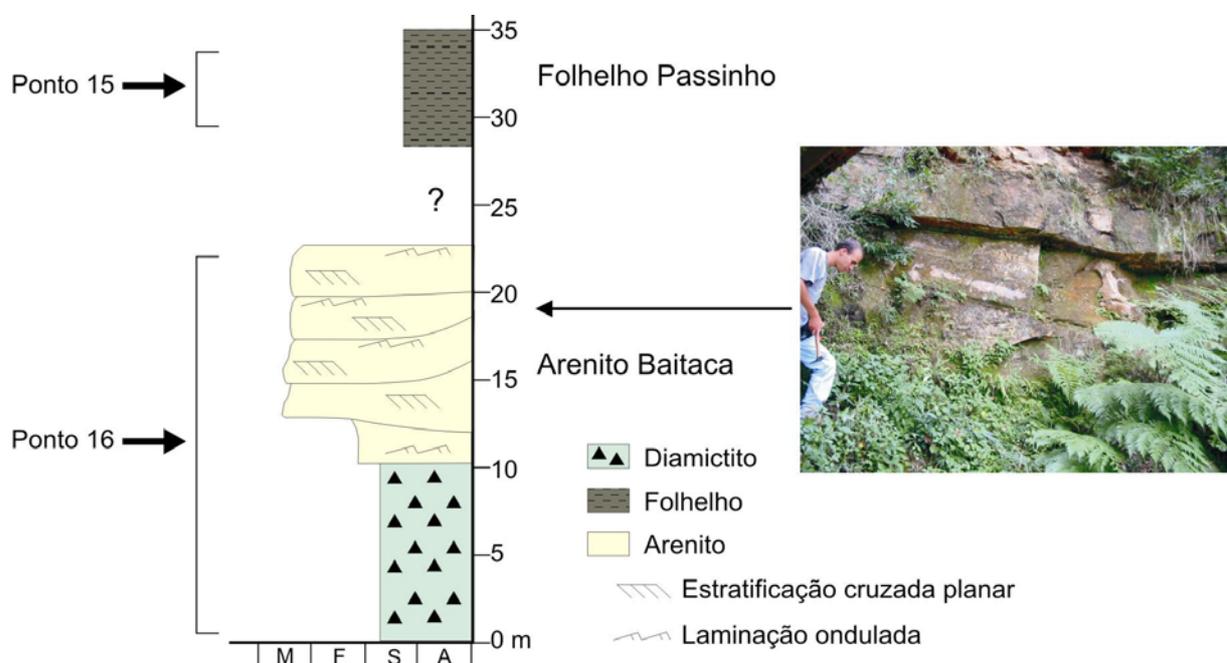


Figura 4.28 – Diamictitos da Formação Taciba no ponto 13: A) Aspecto geral do diamictito maciço, com destaque para a baixa proporção de clastos. B) Seixo facetado de rocha-granítica. C) Detalhe de corpo conglomerático incluído no diamictito, provavelmente incorporado durante ressedimentação.

Na parte superior da Formação Taciba, acima dos diamictitos, ocorre um intervalo com características distintas situado logo abaixo do contato com a Formação Rio Bonito. Esse intervalo é composto por uma unidade arenosa (arenito Baitaca) e uma pelítica (folhelho Passinho) e compreende ocorrências clássicas de fósseis marinhos permocarboníferos (Lange, 1954). Ao conjunto constituído pelo arenito Baitaca e o folhelho Passinho, Lange (1954) e Sanford & Lange (1960) conferiram o nome Formação Teixeira Soares. Adotando o esquema de França & Potter (1988), a unidade Teixeira Soares estaria contida dentro da Formação Taciba, sugerindo que seja reavaliada sua hierarquia litoestratigráfica em função do arcabouço regional.

Arenito Baitaca e o folhelho Passinho juntos têm espessura máxima de 50 metros, conforme descrito nos pontos 15 e 16 (Figura 4.29). A base da seção compreende arenito bem selecionado, de granulação fina a média, exibindo estratificação cruzada planar e ondulações simétricas a assimétricas no topo dos sets. Horizontes com laminação *flaser* ocorrem intercalados, sugerindo influência de marés (Figura 4.30). Os arenitos compõem estratos sigmóides, o que sugere deposição subaquosa na forma de barras de desembocadura ou de maré. O contato com o folhelho Passinho é gradativo, configurando ciclo de granodecrescência ascendente desenvolvido pelo progressivo afogamento das fácies costeiras.



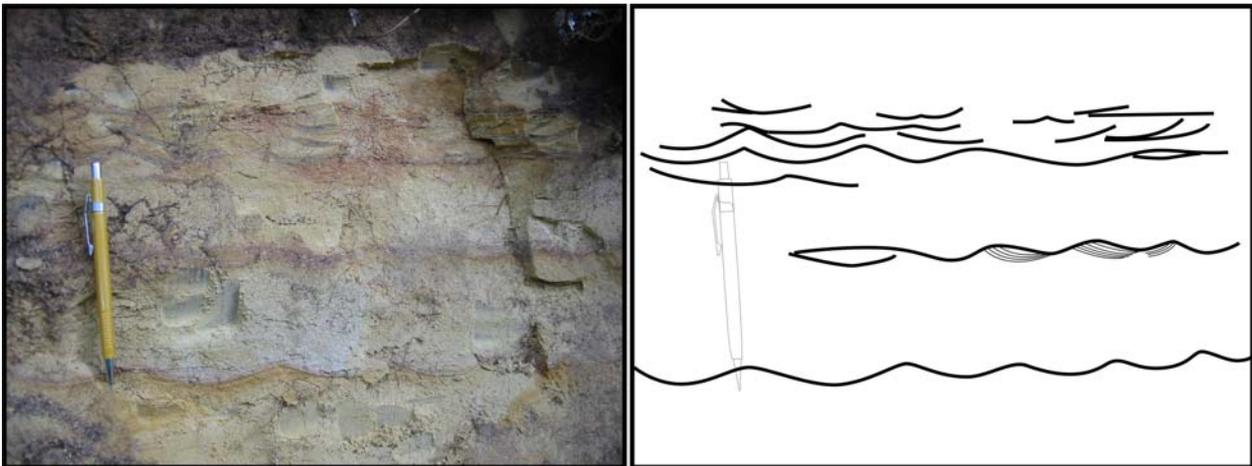


Figura 4.30 – Fotografia mostrando o Arenito Baitaca contendo ondulações simétricas a assimétricas com laminação *flaser* (ponto 16).

Devido à proximidade vertical entre o arenito Baitaca e os arenitos da Formação Rio Bonito, ambos podem ser confundidos. Afloramentos descritos na encosta leste do Rio da Areia (pontos 45 e 46), revelam o mesmo arenito, com relações estratigráficas idênticas às observadas no perfil da Figura 4.29. Aboarrage & Lopes (1986) mapearam equivocadamente essa ocorrência como pertencente à Formação Rio Bonito.

Apesar de relatos feitos por Almeida (1945) de depósitos de “*drift*” glacial acima do arenito Baitaca, indícios de sedimentação sob influência de geleiras não foram verificados nos afloramentos descritos no presente trabalho. Cabe mencionar que algumas ocorrências do arenito Baitaca foram incluídas dentro da Formação Rio Bonito por Aboarrage & Lopes (1986). Com auxílio da fotointerpretação, foi possível reavaliar tais ocorrências e fazer a distinção entre os dois arenitos. Para tal, é de suma importância a identificação do folhelho Passinho como camada de referência.

### **Correlação estratigráfica no Grupo Itararé**

Com a integração dos perfis estratigráficos levantados em campo, principalmente na seção Ponta Grossa – Teixeira Soares, pôde ser confeccionado um perfil composto esquemático que representa o empilhamento estratigráfico do Grupo Itararé, o qual possui espessura total estimada de aproximadamente 650 m. Visando avaliar a aplicabilidade das propostas de subdivisão adotadas para o Grupo Itararé na área mapeada, esse perfil foi tentativamente correlacionado com o perfil do poço 2-AN-1-PR, ilustrativo da subdivisão de França & Potter (1988), bem como com as seções-tipo das três formações definidas por Schneider *et al.* (1974) no norte catarinense, agrupadas como perfil vertical composto (Figura 4.31).

Conforme ilustrado na Figura 4.31, o empilhamento estratigráfico do Grupo Itararé obtido na folha de Ponta Grossa apresenta boa correlação com o perfil do poço de Altônia (2-AN-1-PR), situado no extremo oeste do Paraná. A Formação Lagoa Azul está representada na faixa de afloramentos estudada apenas pelo seu segmento superior, denominado de Membro Tarabaí (França & Potter, 1988), que apresenta equivalência com a Formação Campo do Tenente de Schneider *et al.* (1974). Por correlação, o intervalo arenoso imediatamente superposto é equivalente às formações Campo Mourão e Mafra (Figura 4.31). A base desse intervalo na área mapeada é bem representada pelo arenito Vila Velha. Mais de um ciclo arenoso semelhante ao basal pode ser identificado na Formação Campo Mourão, conforme verificado no perfil de raios-gama no poço Altônia. Segundo Vesely & Assine (2004) tais ciclos representam seqüências deposicionais de 3ª ordem limitadas por discordâncias erosivas ou superfícies correlatas.

Devido a diferenças no critério de delimitação das unidades, as formações Campo Mourão e Mafra não são equivalentes na sua totalidade, pois folhelhos presentes acima da seção predominantemente arenosa (folhelho Lontras) foram incluídos na Formação Rio do Sul de Schneider *et al.* (1974). Já França & Potter (1988) posicionaram tais folhelhos no topo argiloso da Formação Campo Mourão, compondo assim um grande ciclo de granodecrescência ascendente. Na área mapeada, o folhelho Lontras é conhecido como folhelho Guaraúna.

Acima do horizonte argiloso Guaraúna-Lontras situa-se a unidade denominada de Formação Taciba (França & Potter, 1988), que possui equivalência com a Formação Rio do Sul (Schneider *et al.*, 1974) se excluído o folhelho Lontras. Em termos de composição litológica, o intervalo pós-Guaraúna conforme descrito na área mapeada possui maiores similaridades com a Formação Taciba, principalmente devido à abundância de diamictitos. A classificação formal de subsuperfície prevê a presença de unidade arenosa na base da Formação Taciba (Membro Rio Segredo), sotoposta ao restante da unidade com predomínio de diamictitos (Membro Chapéu do Sol). Esses arenitos não foram verificados da área mapeada, sugerindo que a Formação Taciba seja inteiramente constituída pelo Membro Chapéu do Sol. O arenito Baitaca e o folhelho Passinho são unidades informais situadas no topo da Formação Taciba. Como possuem identidade litológica típica e distinta do restante dessa formação, deveriam ser tratadas como unidades litoestratigráficas independentes do Membro Chapéu do Sol.

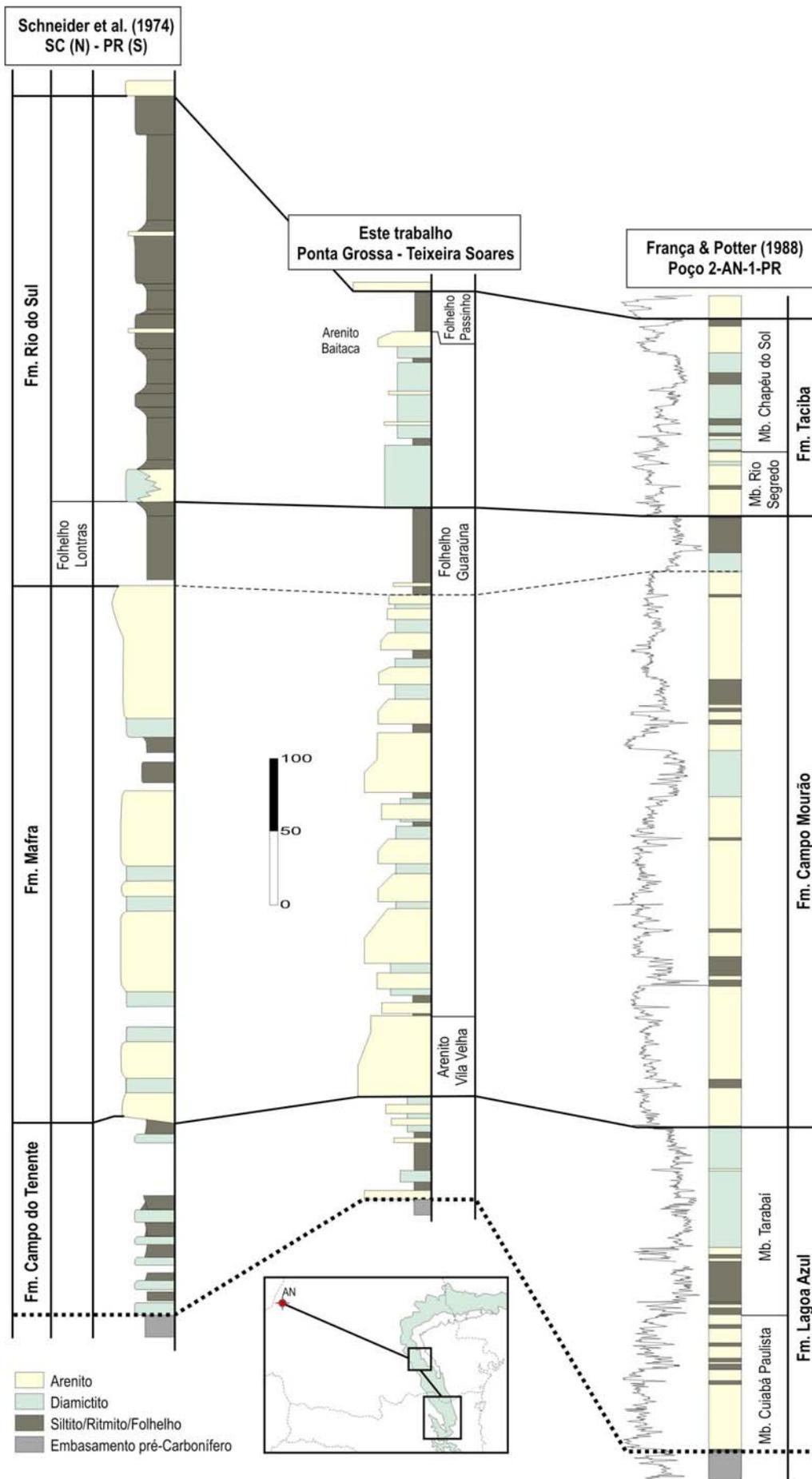


Figura 4.31 – Correlação entre a coluna estratigráfica da área mapeada e classificações litoestratigráficas do Grupo Itararé.

## Formação Rio Bonito

A Formação Rio Bonito aflora no extremo sudoeste do território mapeado, numa região elevada sobre a qual situa-se a cidade de Teixeira Soares. Nesta região possui menos de 50 m de espessura, aflorando basicamente seu membro basal (Mb Triunfo), composto por arenitos grossos, imaturos textural e granulometricamente, dispostos em bancos tabulares e com ocorrência de delgados níveis siltsos ricos em carvão. Uma boa descrição desta unidade foi feita no ponto 54 (Figura 4.32-B), onde afloraram arenitos grossos, com estratificação cruzada acanalada, *tidal bundles* (Figura 4.32-B), com clastos de argila associados e um nível de carvão (Figura 4.32-A) com espessura de 10 cm dispostos discordantemente (desconformidade eopermiana pré-Guatá) sobre o folhelho do topo da Formação Taciba (Folhelho Passinho) (Figura 4.32-C).

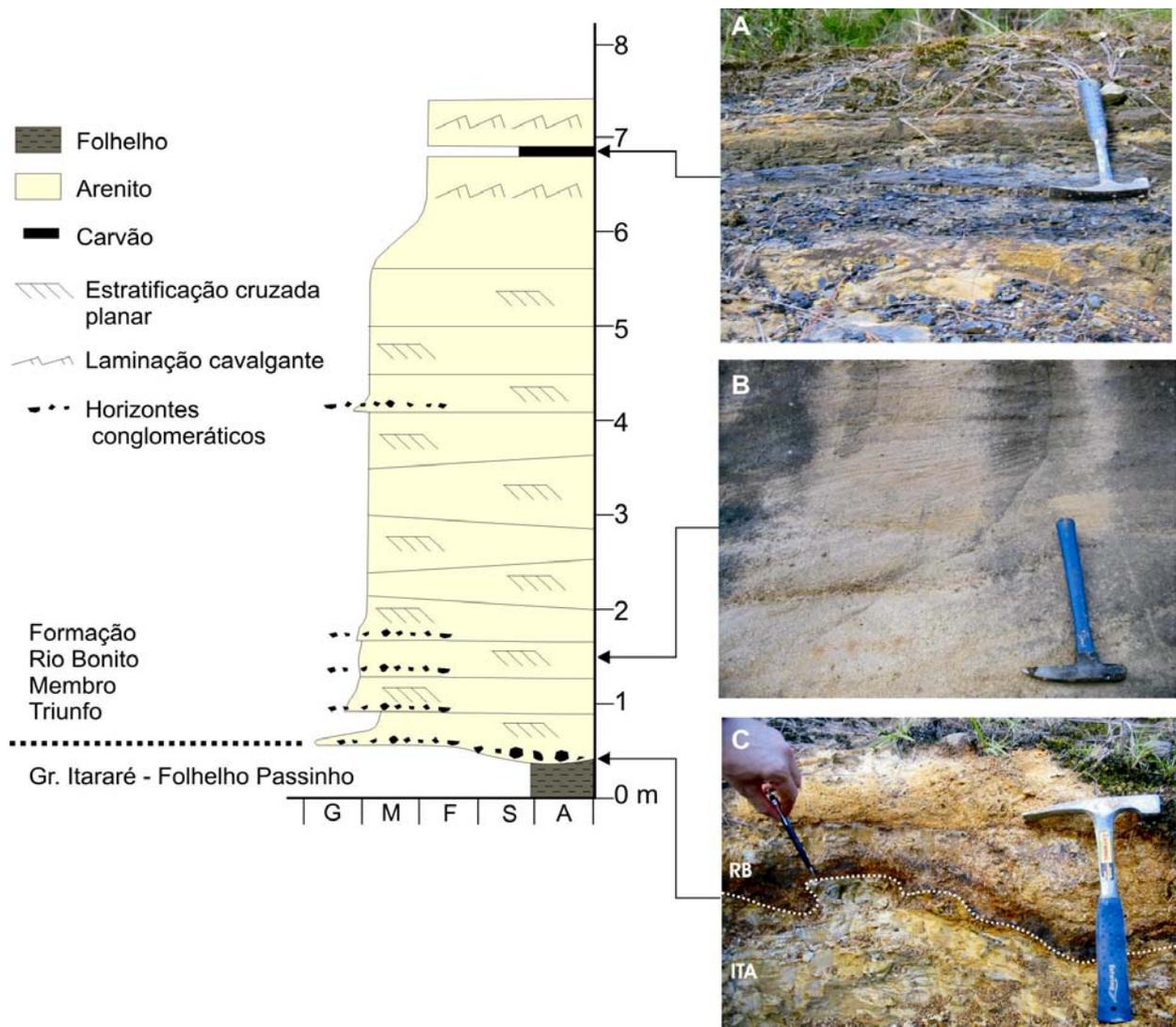


Figura 4.32 – Arenitos basais da Formação Rio Bonito em contato com o Grupo Itararé. A) Horizonte de carvão no topo da sucessão arenosa. B) Arenito com estratificação cruzada. C) Superfície de contato, exibindo erosão e feições de sobrecarga.

A presença de arenitos dispostos em bancos tabulares, contendo estratificações cruzadas acanaladas com filmes (*drapes*) de argila sobre seus *foresets*, *tidal bundles* e horizontes ricos em carvão, deixa claro que a deposição do Membro Triunfo se deu em ambiente deltáico, com forte influência de correntes de maré e proliferação de vegetação nas margens dos canais distributários do delta. Os principais fósseis contidos nesta unidade representantes das floras *Glossopteris* e *Gangamopteris*.

### **Formação Serra Geral**

A Formação Serra Geral foi descrita apenas macroscopicamente sendo identificadas rochas com cristais de plagioclásio, piroxênio e minerais opacos, podendo conter traços de feldspato alcalino e quartzo. A textura é fanerítica equigranular fina ou afanítica. Tais rochas foram denominadas genericamente de diabásio, uma vez que não foi possível fazer qualquer diferenciação composicional macroscopicamente.

Nos pontos 30, 93, 115 e 166 foram descritos diabásios dispostos de forma intrusiva discordante (diques) às camadas sedimentares. Em todos os pontos os diques possuem direção NW-SE, coincidente com a direção do enxame de diques do Arco de Ponta Grossa. Com exceção do dique do ponto 30, todos os outros puderam ser identificados em fotografias aéreas e foram inseridos no mapa geológico. Nos pontos 129 e 131b foi descrito um dique de diabásio com apófise lateral intrudida paralela mente às camadas sedimentares, configurando uma soleira (*sill*).

No ponto 204b foi descrita uma soleira de diabásio que havia sido mapeada anteriormente (Mapa Geológico da Folha de Ponta Grossa 1:250.000) como um grande corpo, mas que na fotointerpretação do presente mapeamento não pode ser identificada, ficando registrada apenas a ocorrência. Já a nordeste do ponto 128 foi mapeada uma soleira de diabásio que não foi registrada no presente mapeamento por problemas de permissão de entrada no local (mas que já havia sido visitada por F.F. Vesely em trabalhos anteriores) e que é muito bem identificada na fotointerpretação.

A Formação Serra Geral é conseqüência do intenso magmatismo de fissura, correspondente ao encerramento da evolução gondwânica da Bacia do Paraná. Os diques do Arco de Ponta Grossa representaram os principais condutos para a extrusão dos derrames e soleiras da unidade. As soleiras são escapes laterais da intrusão dos diques e ocorrem preferencialmente em rochas moles (principalmente folhelhos), como o caso da Formação Ponta Grossa.

## Depósitos Aluvionares

Os depósitos aluvionares são compostos por areia, silte, argila e cascalho, depositados em canais, barras e planícies de inundação de rios.

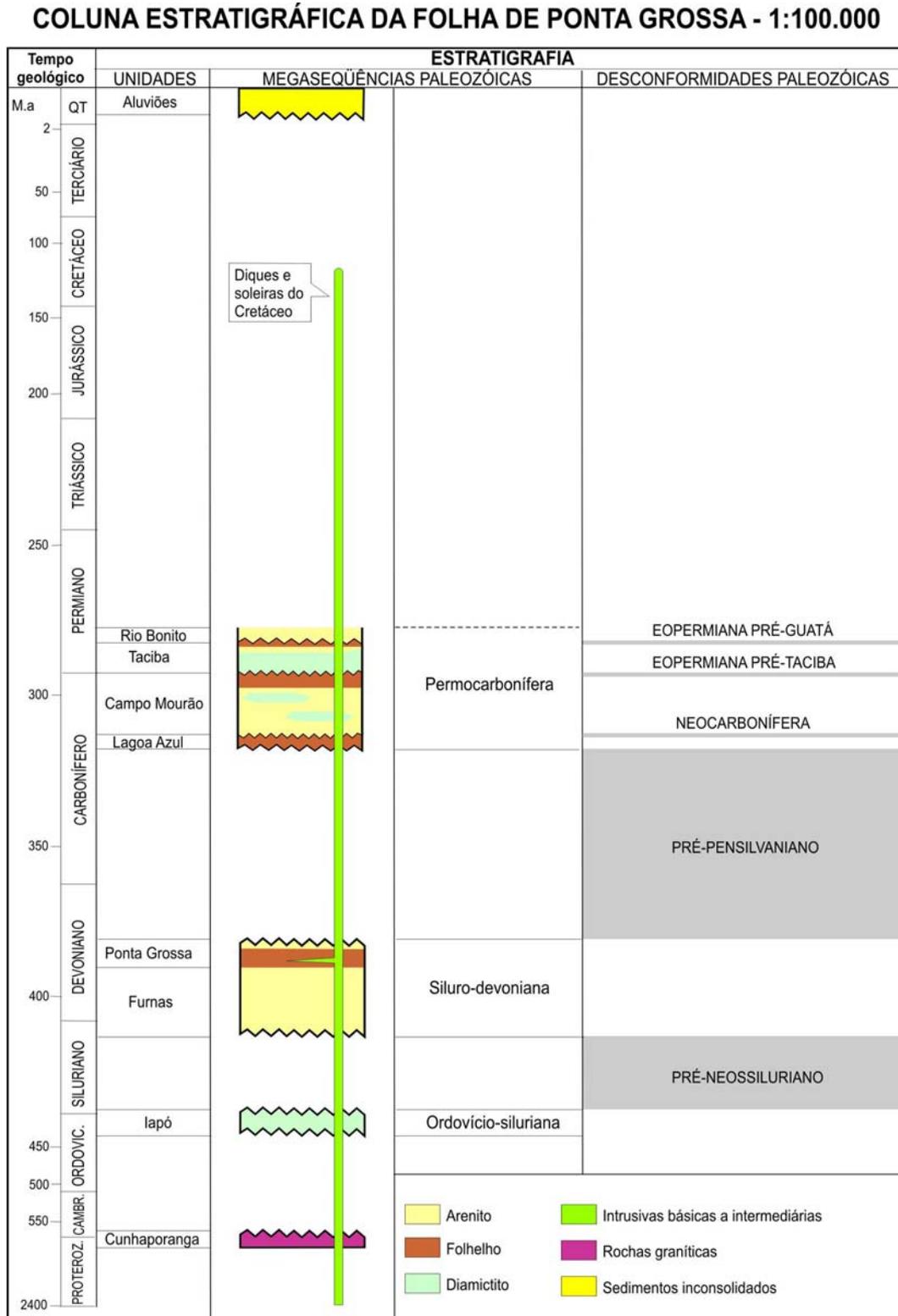


Figura 4.33 – Carta estratigráfica da Folha de Ponta Grossa – 1:100.000

### 4.1.3. Fotointerpretação - Estratigrafia

#### Relações de Contato

Foram descritos dois afloramentos da Formação lapó (pontos 183 e 185c), contudo a tentativa de mapear esta unidade foi inválida, pois é representada apenas por duas ocorrências isoladas. No ponto 183 aflora um argilito (Figura 4.12) de menos de 3 m de espessura tão pouco resistente à erosão que não deixa indícios topográficos nem quando observado com fotografia aérea em escala 1:25.000. No ponto 185c esta unidade encontra-se sob uma lapa negativa dos arenitos da Formação Furnas (Figura 4.34) e portanto não incumbi na projeção em planta deste mapeamento geológico.



Figura 4.34 – Afloramento do Granito Cunhaporanga, Fm lapó e Fm Furnas no ponto 185.

O contato entre a Formação Furnas e o embasamento Pré-Cambriano representado pelo Complexo Granítico Cunhaporanga, é muito bem delineado na “escarpa devoniana”, quebra de relevo que marca a mudança do Primeiro para o Segundo Planalto Paranaense. É válido ressaltar a ocorrência de granitos, não mapeados anteriormente, na porção ocidental da escarpa, nos vales dos rios São Jorge e Pitangui, ponto 185b.

O contato entre as formações Ponta Grossa e Furnas é de fácil observação em campo, porém de difícil observação em fotografias aéreas, fazendo deste contato um dos mais difíceis de ser traçado. Isto acontece por dois motivos; pelo fato dos folhelhos da Formação Ponta Grossa serem pouco resistentes ao intemperismo e por isso não formam quebra de relevo sobre os arenitos e por apresentarem aspecto de relevo muito semelhante ao do solo que ocorre sobre a Formação Furnas; e ainda pelo fato do

contato entre estas unidades acontecer de forma transicional, onde os arenitos da Formação Furnas sofrem um incremento gradual de argila até passarem para os folhelhos da Formação Ponta Grossa. Este intervalo denominado “Camadas de Transição” por Petri (1948), possui de 10 a 20 m de espessura e anula qualquer possibilidade de gerar uma mudança abrupta no relevo neste contato.

O contato entre as formações Lagoa Azul e Ponta Grossa (Figura 4.35) é bem visível em todas as fotografias aéreas da área mapeada. A única dificuldade encontrada foi na região da cidade de Ponta Grossa, onde falhas colocam a Formação Lagoa Azul lado a lado, e em momentos em cotas altimétricas inferiores a afloramentos da Formação Ponta Grossa, como nos pontos 26, 173, 147, 176, 177 e 179. Neste caso foi preciso entender o arranjo estrutural local para explicar a situação de cada afloramento e além disso, ter em mente que o processo erosivo ocorrido no topo de ambas formações durante o Carbonífero (Figura 1.10), promoveu o adelgaçamento e desaparecimento destas justamente nesta região de elevada complexidade estrutural.



Figura 4.35 – Contato erosivo entre as formações Lagoa Azul e Ponta Grossa no ponto 61c.

O contato entre as formações Campo Mourão e Lagoa Azul é de fácil identificação pois representa o limite erosivo entre um espesso corpo arenoso (base da Formação Campo Mourão), que por ser mais resistente à erosão configura escarpas que se destacam na topografia, sobre folhelhos e diamictitos do topo da Formação Lagoa Azul (Figura 4.36).

Apenas 2 fatores dificultam o delineamento deste contato, ambos relacionados à erosão que existiu entre a base da Formação Campo Mourão e o topo da Formação Lagoa Azul durante o Carbonífero.

O primeiro e menos complicado, é devido à chamada “discordância de borda de bacia”, na qual a Formação Lagoa Azul sofre acunhamento na direção NE (Figura 1.10),

por isso, como observado na região da cidade de Ponta Grossa e do Parque Estadual de Vila Velha, esta unidade torna-se cada vez mais delgada até deixar de existir e então a Formação Campo Mourão repousa-se diretamente sobre os folhelhos da Formação Ponta Grossa e até mesmo sobre os arenitos da Formação Furnas, como no ponto 188a e 188b. O segundo caso é devido aos vales incisos (paleocanais glaciais) formados durante o mesmo período erosivo. Com isso o traçado das quebras de relevo não acompanha uma cota altimétrica definida, podendo subir ou descer encostas. Este fator gera certo desconforto ao foto-interpretador que julga estar variando demasiadamente a cota altimétrica do contato, contrapondo o conceito de continuidade altimétrica das camadas, classicamente admitido para a Bacia do Paraná. Pequenas dificuldades devido a falhas também foram encontradas na região a norte da localidade de Uvaia, na região metropolitana de Ponta Grossa e na região da localidade de Colônia do Lago.



Figura 4.36 – Fotografia panorâmica mostrando a expressão geomorfológica do contato entre as formações Campo Mourão e Lagoa Azul (visão do ponto 215).

Já o contato entre as formações Taciba e Campo Mourão é um dos mais difíceis de ser observado tanto em campo quanto em fotografias aéreas. A partir das observações de campo nesta interface, foi confirmada a hipótese de que ao contrário do modelo de França & Potter (1988), na região mapeada a base da Formação Taciba não possui um membro arenoso (Rio Segredo) assentado abruptamente sobre os pelitos do topo da Formação Campo Mourão, mas sim um diamictito (Membro Chapéu do Sol). Por isso a feição de relevo que marca o contato entre aquelas formações não é sempre nítida, salvo por uma suave quebra de relevo entre os diamictitos levemente arenosos da base da Formação Taciba (Membro Chapéu do Sol) e os folhelhos extremamente argilosos do topo da Formação Campo Mourão (Folhelho Guaraúna), o que permitiu o delineamento completo deste contato litológico (Figura 4.37 e Figura 4.38).

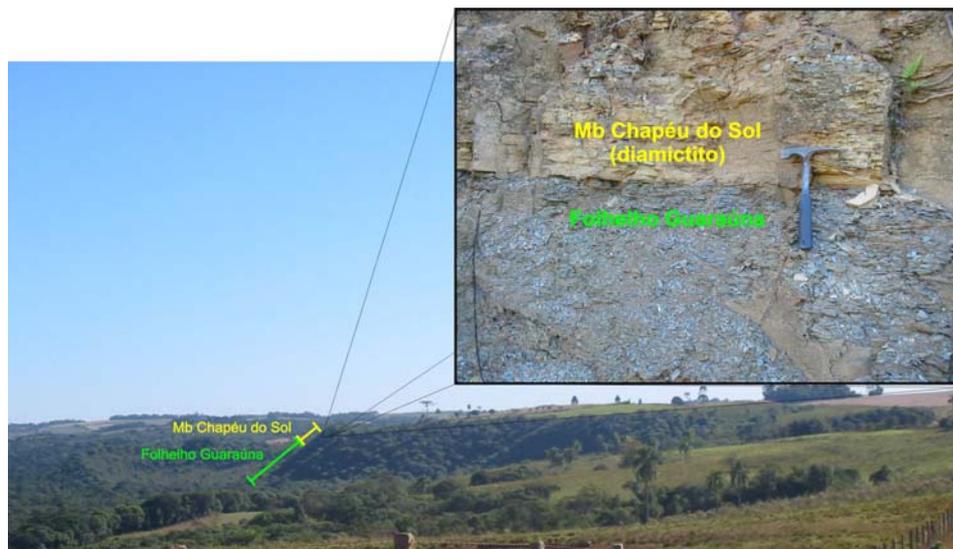


Figura 4.37 – Fotografia panorâmica mostrando escarpa presente no contato entre as formações Taciba e Campo Mourão no ponto 83.

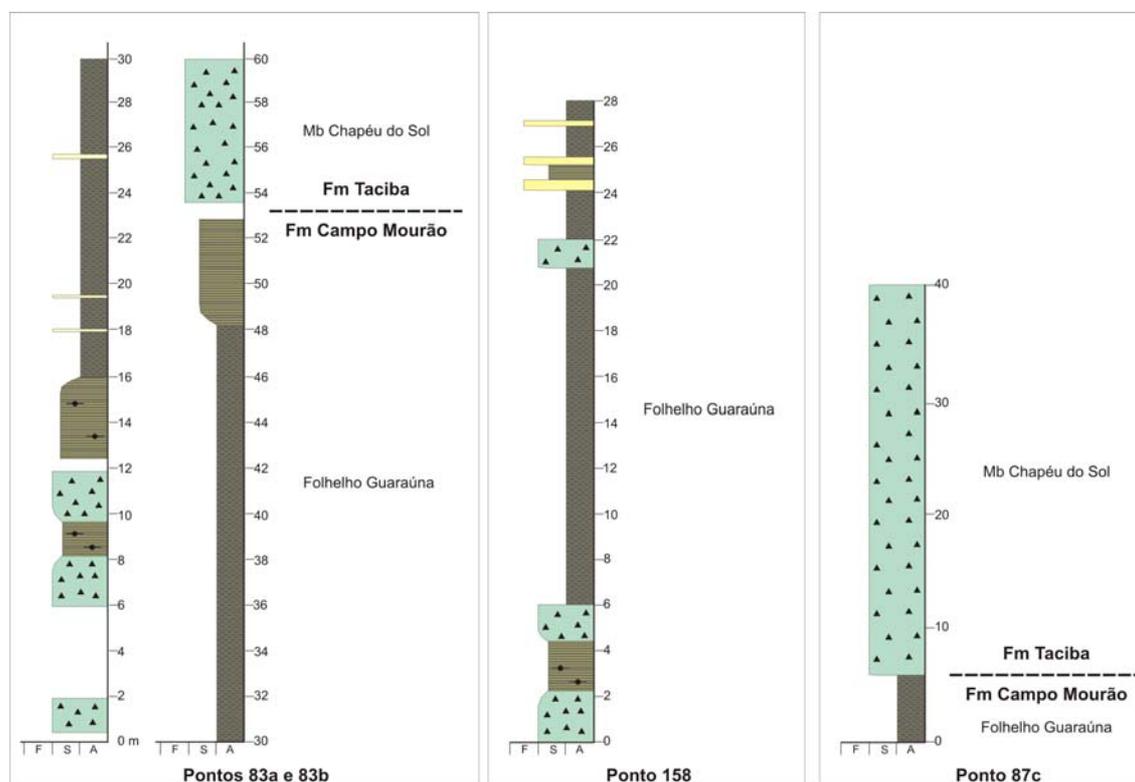


Figura 4.38 – Perfis ilustrando o contato entre as formações Taciba e Campo Mourão em regiões distintas. Comprovação da continuidade lateral do Folhelho Guaraúna e sua funcionalidade como camada-guia.

Um exemplo claro da importância do reconhecimento de superfícies-guia como o Folhelho Guaraúna foi o ocorrido na região à oeste da localidade de Uvaia. Lá não foi registrado nenhum ponto de descrição da Formação Taciba, porém a constatação do Folhelho Guaraúna nos pontos 157 e 158 serviu como guia para a identificação de uma quebra de relevo logo a cima destes pontos e que representa o diamictito da base da Formação Taciba.

O contato entre as formações Rio Bonito e Taciba é um dos mais fáceis de ser identificado em fotografias aéreas, isto porque existe uma quebra de relevo pronunciada devido à diferença de resistência ao intemperismo entre os arenitos grossos da base da Formação Rio Bonito (Membro Triunfo) e os folhelhos e siltitos argilosos do topo da Formação Taciba (Folhelho Passinho) (Figura 4.39). Além disso o Folhelho Passinho representa uma Superfície de Inundação Máxima e por isso ocorre com grande continuidade lateral podendo ser rastreado em toda extensão do contato entre aquelas unidades.

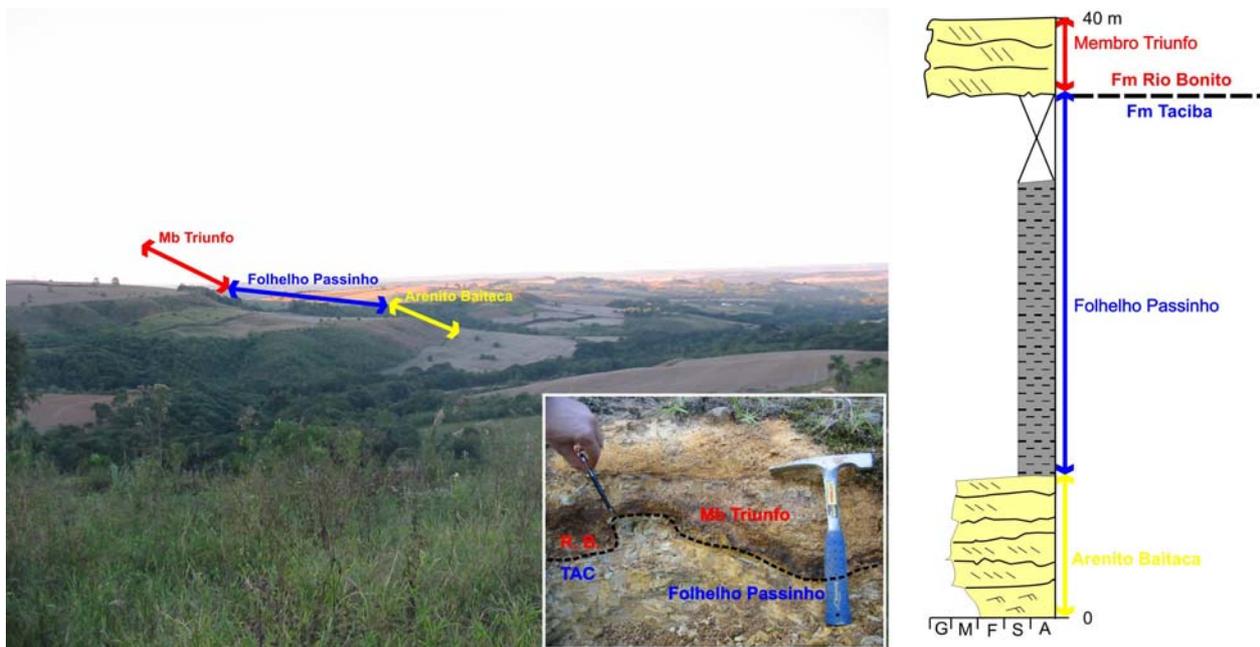


Figura 4.39 – Perfis ilustrando o contato entre as formações Rio Bonito e Taciba em regiões distintas. Comprovação da continuidade lateral do Folhelho Passinho e sua funcionalidade como camada-guia. Na fotografia inferior é possível observar a expressão geomorfológica deste contato a partir do ponto 91.

## **4.2. ESTRUTURAL**

### **4.2.1. Procedimento para análise estrutural**

#### **Indicadores de Deformação Rúptil em Bacias Sedimentares**

A importância da observação de estruturas em bacias intracratônicas reside em características tanto associadas à compreensão de sua evolução estratigráfica como na posterior deformação e configuração de seu preenchimento vulcano-sedimentar. Os trabalhos de mapeamento sistemático anteriormente realizados na Bacia do Paraná, em sua maioria, não apresentam análises de aspectos estruturais de maneira mais minuciosa, concentrando-se no escopo litoestratigráfico da bacia em questão.

No caso específico da Bacia do Paraná, onde episódios distintos e recorrentes de deformação tomaram lugar a partir de sua instalação, análises detalhadas de padrões cinemáticos têm valor preponderante no entendimento da geração e desenvolvimento de estruturas ao longo do tempo. Torna-se então necessária uma identificação dos diferentes registros cinemáticos, gerados em diferentes momentos. No método aplicado, a partir dos dados observados em campo calcula-se, para cada indicador cinemático descrito, o campo de tensão que o gerou. Posteriormente uma análise crítica é executada, de modo a compatibilizar estes campos de tensões computados a prováveis eventos tectônicos. Finalmente, balizando-se agora no critério temporal, podem ser elaboradas correlações regionais dos diversos elementos cinemáticos às estruturas mapeadas, relacionando os diversos conjuntos de estruturas gerados e/ou reativados em cada fase deformacional.

Com descrições detalhadas de campo podem-se, então, obter os diagnósticos necessários para uma correta análise dinâmica, fundamental nas posteriores apreciações tectono-estratigráficas conduzidas. Alguns trabalhos com este enfoque já vêm sendo conduzidos pelo grupo de pesquisa em análise de bacias da UFPR na bacia em questão. Desta forma uma gama apreciável de experiência previamente adquirida em outros projetos pôde ser aplicada neste tipo de tarefa.

#### **Possíveis Tipos de Indicadores Cinemáticos Observáveis e suas Aplicações**

As estruturas aqui indicadas serão tratadas conforme o critério de Riedel, ou seja considerando-se geradas a partir de uma deformação por cisalhamento simples. A caracterização é baseada, então, no tradicional diagrama de Riedel (Woodcock e Schubert, 1994), ilustrado na Figura 4.40, e associado ao sistema triaxial de esforços (máximo, intermediário e mínimo, respectivamente  $\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3$  ).

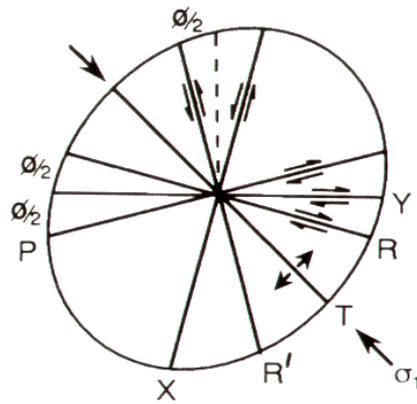


Figura 4.40 – Fraturas geradas durante cisalhamento simples (Woodcock e Schubert, 1994).

### Estrias e degraus (steps)

Estruturas comumente observadas em planos de falhas associadas a regimes rúpteis. Normalmente associadas ao crescimento de cristais no plano de falha durante a fase de desenvolvimento da mesma (Figura 4.41-A), podem também estar associadas a películas de óxidos. Apresentam relação direta com a cinemática local, podendo auxiliar no posicionamento dos tensores responsáveis pela deformação (Figura 4.41-B). Normalmente associadas às fraturas R e P do diagrama da Figura 4.40, caso sintéticas ou às fraturas R' e X caso antitéticas.

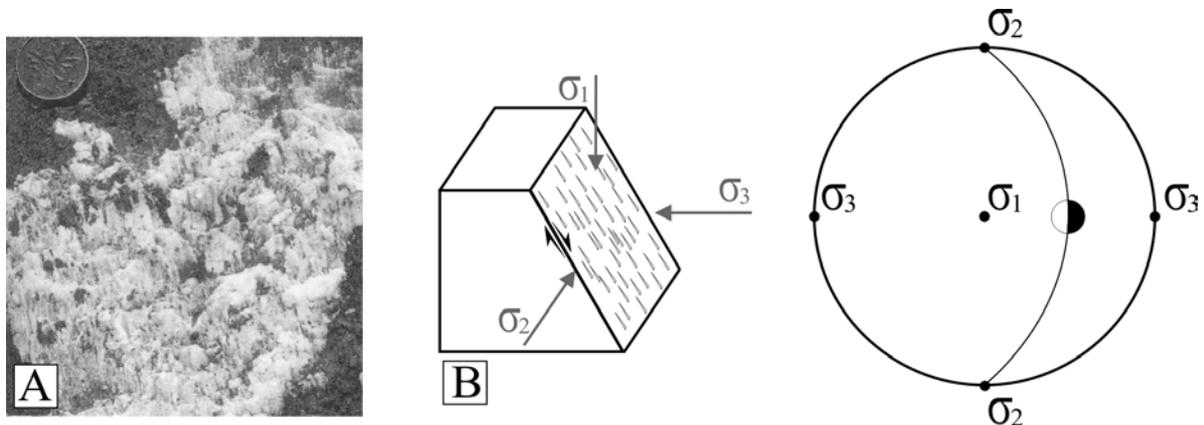


Figura 4.41 – (A) Estrias e degraus associados a quartzo fibroso em planos de falhas. (B) Relação das estruturas com o ternário de esforços, também observados à direita no diagrama ciclográfico. Modificado de McClay (1991).

### Juntas Dilatacionais e Plumosas

Caracterizam-se como estruturas geradas em ambiente distensivo (pelo menos localmente), desta forma posicionando-se perpendicularmente ao eixo  $\sigma_3$ . São referidas no diagrama de Riedel como fraturas do tipo T (Figura 4.42).

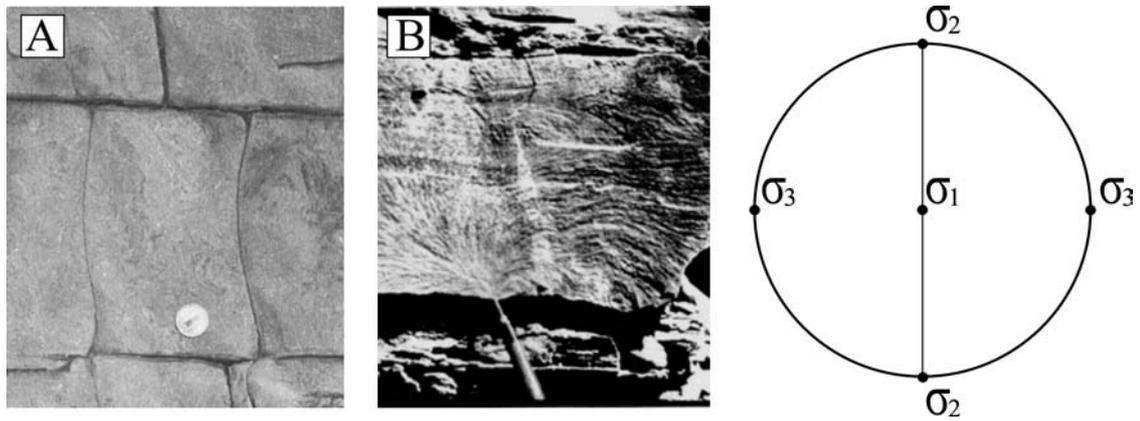


Figura 4.42 – (A) Juntas dilatacionais e (B) junta plumosa. À direita indicação do ternário de esforços. (A) Modificado de McClay (1991) e (B) de Zhong (2006).

### Pares Conjugados

Dois planos de fratura gerados durante um mesmo evento deformacional. Apresentam ângulo ( $\sigma$ ) ideal entre os planos de  $60^\circ$ , porém com possíveis variações. Uma ilustração deste tipo de estrutura pode ser observada na Figura 4.43-A. O eixo  $\sigma_3$ , indicando o maior esforço, posiciona-se na bissetriz do menor ângulo entre os planos de fratura (Figura 4.43-B). Podem ser caracterizadas com as fraturas R e R' (Riedel e Anti-Riedel) no diagrama da Figura 4.40.

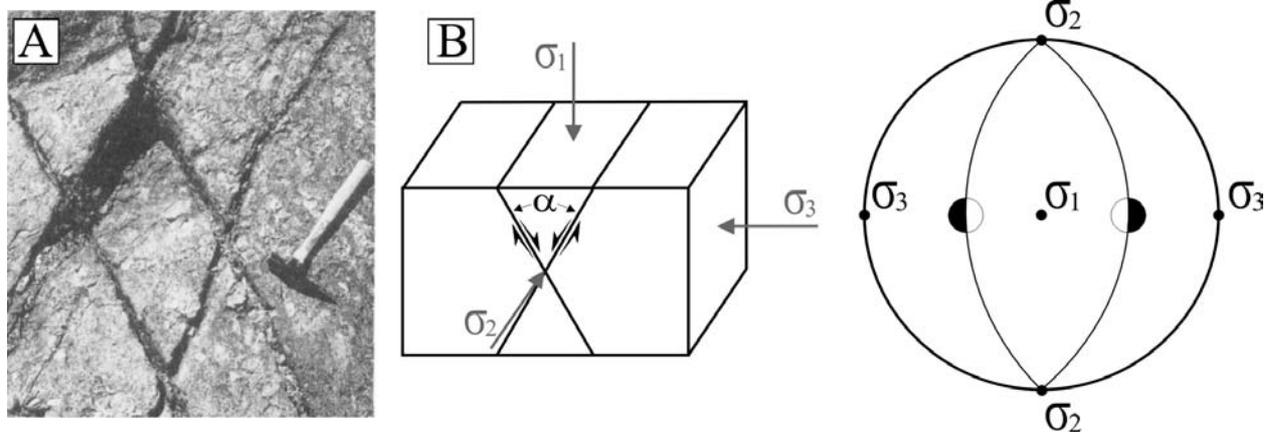


Figura 4.43 – Fraturas (ou pares) conjugados. (A) Aspecto de fraturas conjugadas. (B) Bloco diagrama indicando o posicionamento dos esforços com relação às fraturas. À direita indicação do ternário de esforços em diagrama ciclográfico. Modificado de McClay (1991).

### Fraturas Escalonadas

Estruturas relacionadas, normalmente, à interseção das fraturas R e R' com o plano Y no diagrama de Riedel (Figura 4.40). O escalonamento indica a direção da cinemática atuante durante a formação deste tipo de estrutura. Um exemplo deste tipo de feição pode ser observado nas ilustrações da Figura 4.44.

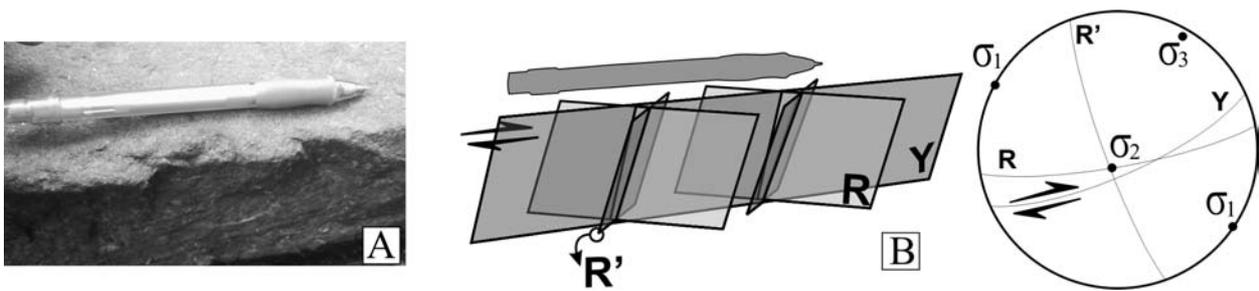


Figura 4.44 – (A) Aspecto de fratura escalonada observada em siltito e (B) elementos interpretados. À direita relação das estruturas observadas e ternário de tensões. Modificado de De Freitas (2005).

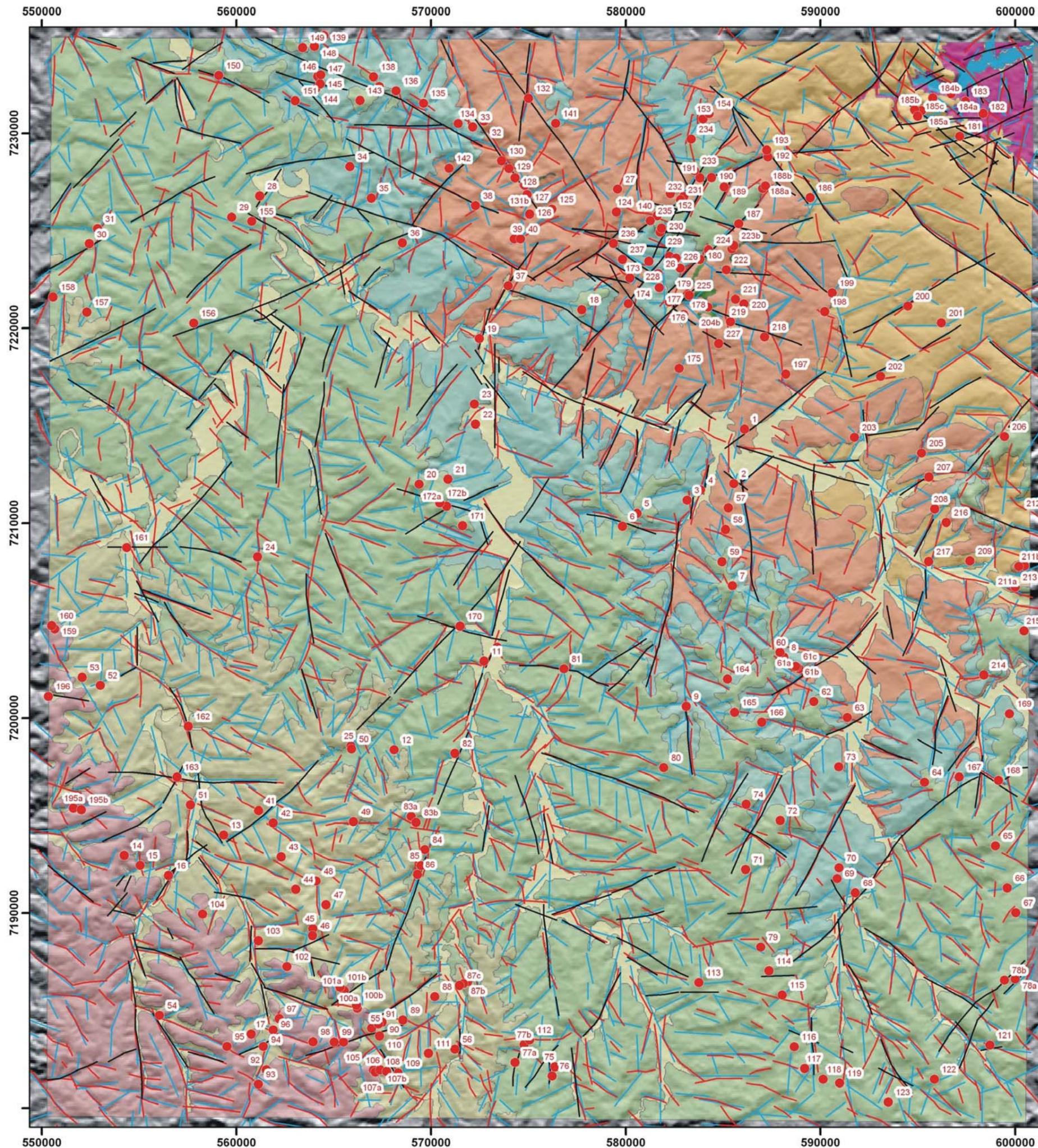
#### 4.2.2. Descrição do Registro Estrutural nos Pontos de Afloramentos

##### Ponto 68

Regionalmente o ponto encontra-se próximo ao Rio Guaraúna de direção principal N-S. Elementos estruturais de direção NE-SW e N-S são os mais característicos à região, e podem ser observados com diferentes sensores (SRTM, Landsat7 e fotografias aéreas – Figura 4.45).

É difícil notar um padrão preferencial de estruturas no afloramento, entretanto fraturas de direção WNW-ESE até E-W são as mais freqüentes (Figura 4.46). Estas direções, porém, não apresentam uma repetição clara, normalmente têm planos curvilíneos e também não demonstram penetratividade por todo o afloramento. Por vezes os planos de direção E-W tangenciam-se com fraturas de direção até N75E. Um dique clástico de direção NE-SW, com cerca de 10 cm de espessura, foi observado neste afloramento.

Fraturas conjugadas e prováveis feições sigmoidais rúpteis, tipo S-C (*S-C type cataclasisite* – Passchier & Trouw (1995); Cladouhos (1999)) foram observadas no afloramento, indicando tensão horizontal máxima (THM) em NW-SE (Figura 4.47).



**Legenda**

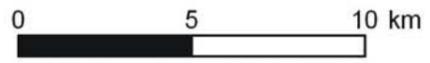
**Unidades Estratigráficas**

- Corpo D'água
- Depósitos Aluvionares
- Fm Serra Geral
- Fm Rio Bonito
- Fm Taciba
- Fm Campo Mourão
- Fm Lagoa Azul
- Fm Ponta Grossa
- Fm Furnas
- Granito Cunhaporanga

**Feições Estruturais e Gráficas**

- Estruturas foto-interpretadas (1:70.000)
- Estruturas interpretadas com Landsat7
- Estruturas interpretadas com SRTM90
- Afloramentos

*(pseudo-iluminação do SRTM90 a partir de N)*



Projeção UTM - Zona 22 Sul - SAD69

**Localização da Folha de Ponta Grossa 1:100.000**



Figura 4.45 - Elementos estruturais interpretados, sobrepostos à geologia e ao MDE SRTM90.

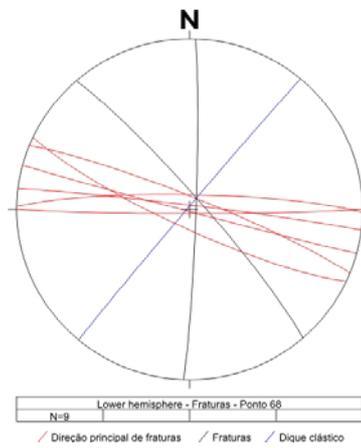


Figura 4.46 – Estruturas observadas (Ponto 68)

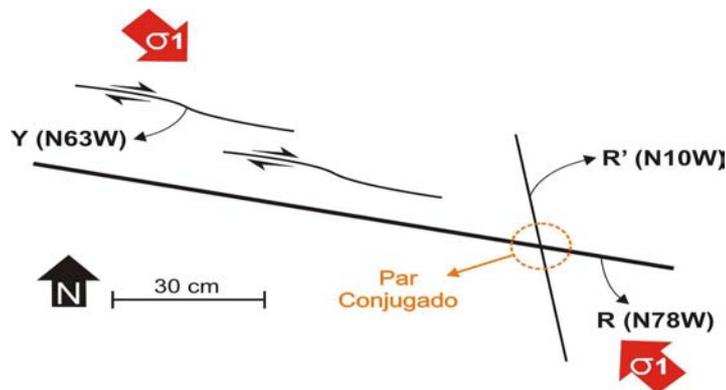


Figura 4.47 - Elementos cinemáticos observados e THM interpretada

### Ponto 69

O afloramento associa-se a dois grandes lineamentos observados com o MDE SRTM90. Um positivo, de direção aproximada N40E, e outro de direção NNE-SSW associado ao Rio Guaraúna. No afloramento observam-se duas direções principais de estruturas, uma em N60E e outra a N50W. Ambas as direções apresentam-se bastante retilíneas, porém não são muito penetrativas.

### Ponto 70

Observam-se três grandes feições lineares regionais (interpretadas com o MDE SRTM90) associadas ao ponto descrito, estas com direções médias N40E, N60W e N10E. Feições de menor magnitude, principalmente de direção NW-SE, também são observadas com imagens Landsat7 (Figura 4.45).

No afloramento observam-se fraturas de direção N45-60W (Figura 4.48 e Figura 4.49). Este afloramento pode ser caracterizado por duas litologias distintas e um contato abrupto. Na base é observado folhelho e no topo um ritmito argila/areia, caracterizando uma porção com intenso fraturamento e outra menos fraturada, respectivamente. Enquanto no folhelho o espaçamento entre fraturas é de aproximadamente 5 a 10 cm, no ritmito da porção superior este espaçamento é de cerca de 50 a 70 cm (Figura 4.49).

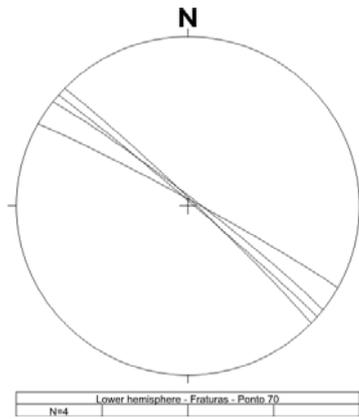


Figura 4.48 - Fraturas observadas no ponto 70

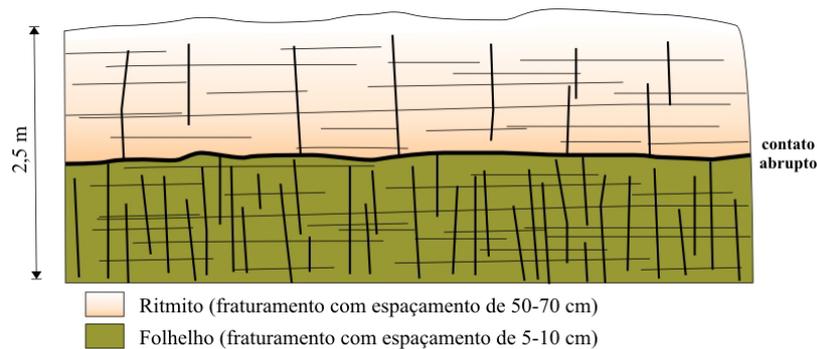


Figura 4.49 – Aspecto da distribuição de fraturas segundo a litologia (Ponto 70).

### Ponto 72

O ponto encontra-se associado a um *trend* de estruturas de direção aproximada N60-70W, composto por elementos de diferentes ordens de grandeza (observados com sensores diversos - Figura 4.45). Algumas feições N-S e um alinhamento positivo de direção N40E também estão presentes na região. Em afloramento a direção principal de estruturas observadas é N10-30E, por vezes indicando provável cinemática dextral, através de escalonamento de fraturas (Figura 4.50).

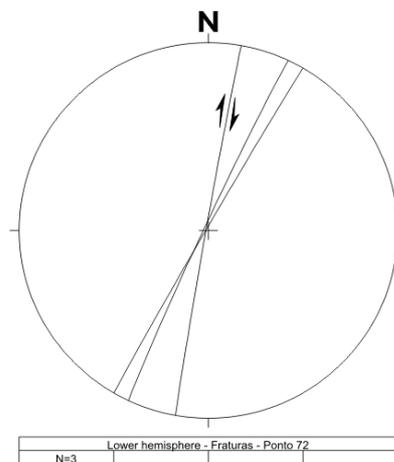


Figura 4.50 – Fraturas observadas e provável escalonamento indicando cinemática dextral (ponto 72)

### Ponto 75

O afloramento situa-se em uma região com presença marcante de estruturas de direção N20-30E e também NNW-SSE (Figura 4.45). Ocorrem duas direções principais de fraturas no afloramento, com destaque para aquelas de direção N70W, com maior frequência (Figura 4.51). O espaçamento é irregular e as estruturas não apresentam muita continuidade. Fraturamento escalonado indica movimentação normal para algumas feições de direção NNE-SSW, com provável bloco baixo a leste (Figura 4.51).

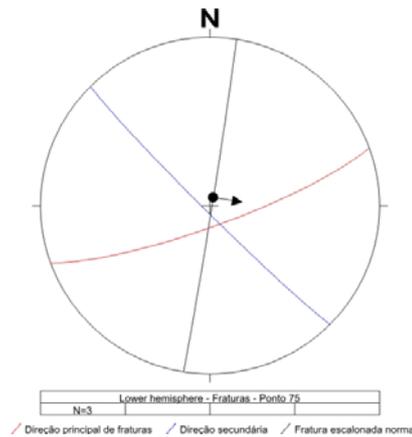


Figura 4.51 – Fraturas observadas e provável escalonamento indicando cinemática normal (ponto 75)

### Ponto 76

As características regionais são semelhantes às aquelas do ponto 75. No afloramento observam-se duas direções principais de fraturas, e caso geradas em um mesmo evento (par conjugado) indicam THM em direção aproximada N-S (Figura 4.52). As fraturas encontram-se preenchidas por sílica.

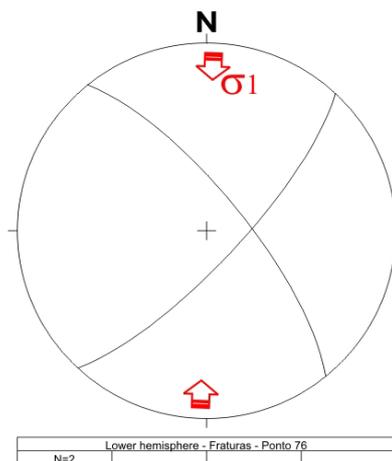


Figura 4.52 – Par conjugado de fraturas e THM indicada para o ponto 76.

### Ponto 77

Um lineamento de direção N-S observado com o MDE SRTM90 e feições de menor magnitude, com direção preferencial E-W, estão próximos ao afloramento descrito (Figura 4.45).

No afloramento a direção preferencial de fraturas é N40-50E, com planos de fraturas curvilíneos. Fraturas de direção N15W também foram observadas com certa frequência, estas por vezes, preenchidas por argilominerais (produtos de alteração). Uma zona de cisalhamento com sigmóides tipo S-C, de direção aproximada N-S, e indicação de movimentação normal, com bloco baixo a leste, também pôde ser observada (Figura 4.53).

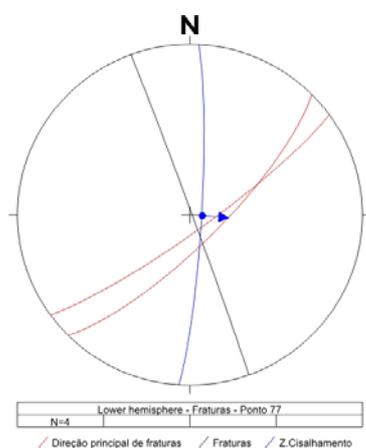


Figura 4.53 – Elementos estruturais observados (ponto 77).

No mesmo afloramento, porém em um nível estratigráfico mais alto e pouco mais a leste (cerca de 200 m), observa-se folhelho extremamente fraturado, com repetição de duas direções preferenciais, aproximadamente perpendiculares, com espaçamento centimétrico (Figura 4.54).



Figura 4.54 – Folhelho com fraturas perpendiculares bastante penetrativas (ponto 77)

### Ponto 78

Afloramento localiza-se próximo a feições estruturais com direções preferenciais NE-SW e NNE-SSW, de diversas ordens de grandeza (Figura 4.45).

Os padrões preferenciais de fraturas observados em afloramento são de direção N05-30E e 60-70W. As fraturas NW-SE apresentam mergulhos subverticais, enquanto as de direção NNE-SSW, por vezes apresentam mergulhos de até 50° (Figura 4.55).

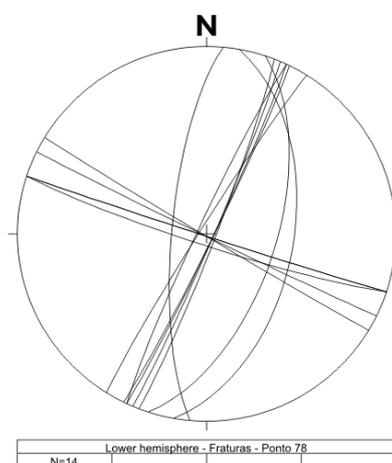


Figura 4.55 – Fraturas observadas no ponto 78

Fraturas escalonadas, indicando cinemática transcorrente sinistral para feições de direção NNE-SSW apontam THM em posições NNW-SSE (Figura 4.56-A). Feições associadas a movimentos normais, em fraturas de direção semelhante, também ocorrem na forma de pequenos grabens, indicados por contato abrupto entre diferentes litologias (Figura 4.56-B).

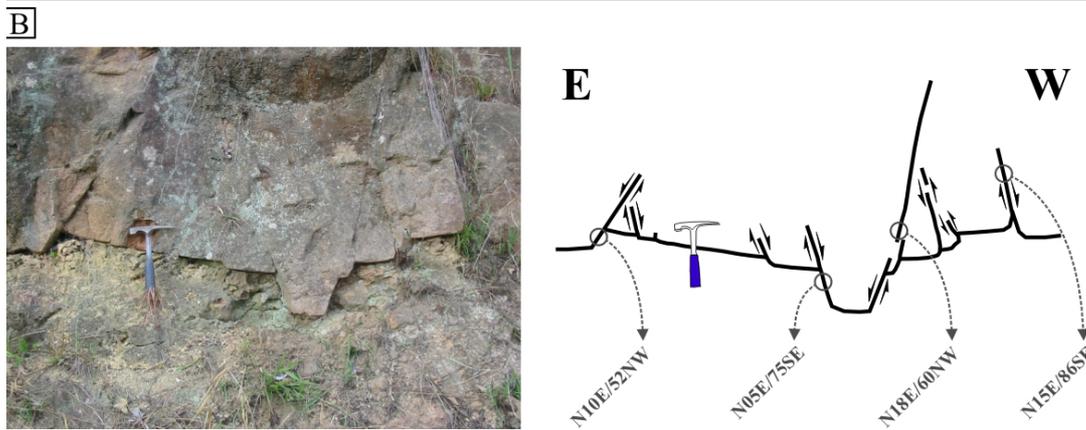
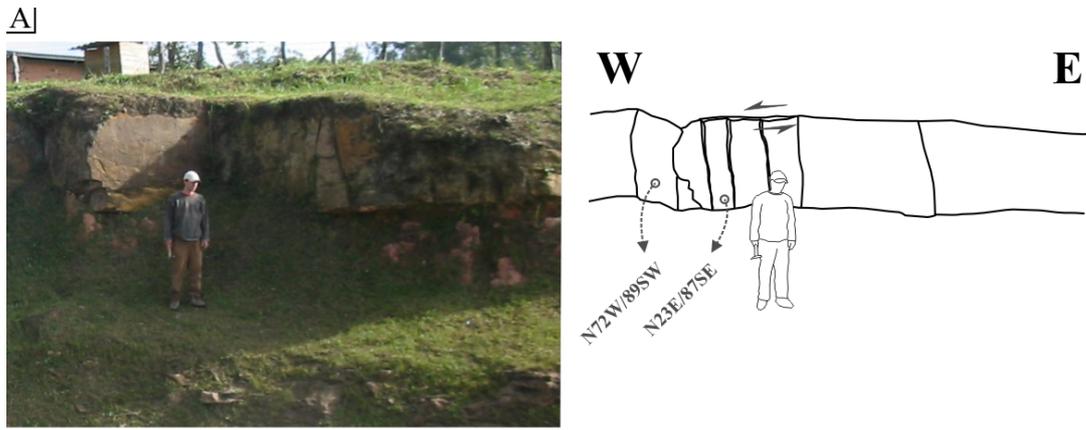


Figura 4.56 – A) Fraturas escalonadas, subverticais, indicando cinemática sinistral associada. B) Pequenos grabens formados por falhas normais balizadas por contato abrupto entre diferentes litologias.

### Ponto 82

O ponto apresenta-se inserido em uma região dominada por estruturas de direção NNE-SSW até NNW-SSE (Figura 4.45), próximo à planície aluvial do Rio Guarauninha. Em afloramento a direção principal de fraturas varia de N-S a NNW-SSE, conforme observado na Figura 4.57. Um provável par conjugado de fraturas foi observado, indicando THM em posição aproximada N25W.

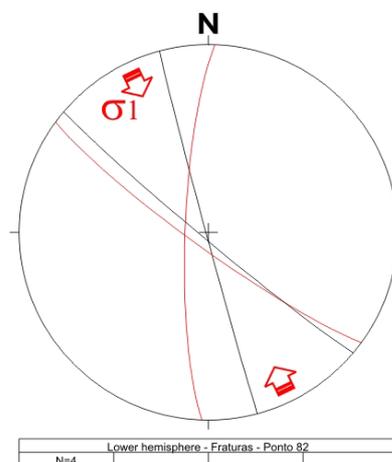


Figura 4.57 – Fraturas observadas no ponto 82 (provável par conjugado e THM indicados em vermelho)

### Ponto 83

Localiza-se em uma região afetada por lineamentos de diferentes regiões e ordens de grandeza. Estruturas de maior magnitude, observadas com o MDE SRTM ocorrem nas direções N15E, N20W e também em E-W. Feições menores, observadas com o sensor Landsat7 seguem as direções E-W até WNW-ESSE, e subordinadamente NNE-SSW (Figura 4.45).

No afloramento são bem marcadas duas direções de fraturas, estas com atitudes WNW-ESSE e N-S, ambas com dispersão direcional de aproximadamente 20° (Figura 4.58). Uma estrutura em flor positiva, com direção principal E-W, pôde ser observada, porém sem indicação da cinemática associada à transcorrência (Figura 4.59).

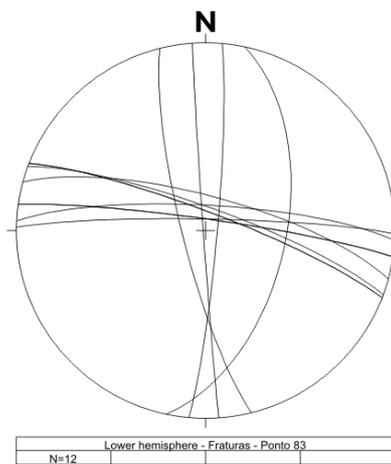


Figura 4.58 – Fraturas observadas no ponto 83.

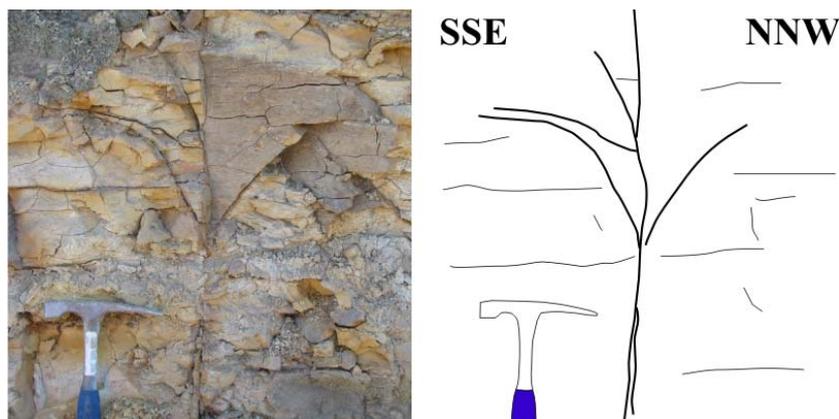


Figura 4.59 – Estrutura em flor positiva (Ponto 83).

No mesmo afloramento observa-se uma zona de cisalhamento, com cerca de 8 metros de espessura, formada por fraturas de direção WNW-ESSE, com espaçamento centimétrico a decimétrico (Figura 4.60). Este espaçamento é menor na região central da zona de cisalhamento (aproximadamente 5 cm) e cresce para as bordas da estrutura (20 a 30 cm).



Figura 4.60 – Zona de cisalhamento com cerca de 8 metros de largura (Ponto 83).

### Ponto 84

Encontra-se sobreposto a uma grande estrutura de direção NNE-SSW, observada com o MDE SRTM, e associada a feições de direção N-S interpretadas com o sensor Landsat7 (Figura 4.45). O contexto regional geral é semelhante àquele do ponto anteriormente descrito.

A direção mais freqüentemente observada para fraturas é N60W, com algumas ocorrências dispersas em direções N60E e, subordinadamente, a N35W (Figura 4.61).

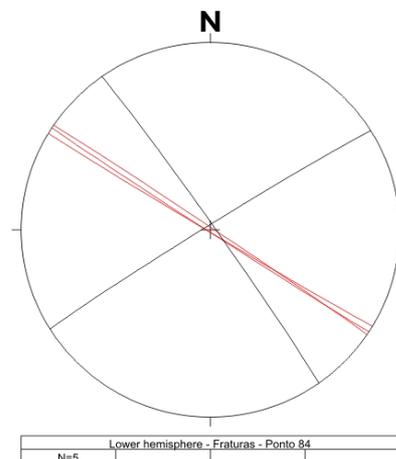


Figura 4.61 – Fraturas observadas no ponto 84. Em vermelho indicada a direção principal.

### Ponto 87

As características regionais são semelhantes à dos pontos 83 e 84, anteriormente descritas. No afloramento ocorrem, principalmente, fraturas com direções inseridas nos quadrantes NW-SE (Figura 4.62).

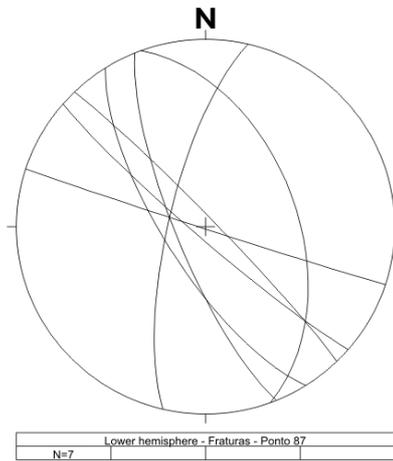


Figura 4.62 – Fraturas observadas no ponto 87.

Fraturas estriadas e escalonadas, associadas com cinemática sinistral, foram observadas no afloramento descrito. Estas feições têm direções NW-SE e apresentam THM principal próximos à posição E-W (Figura 4.63).

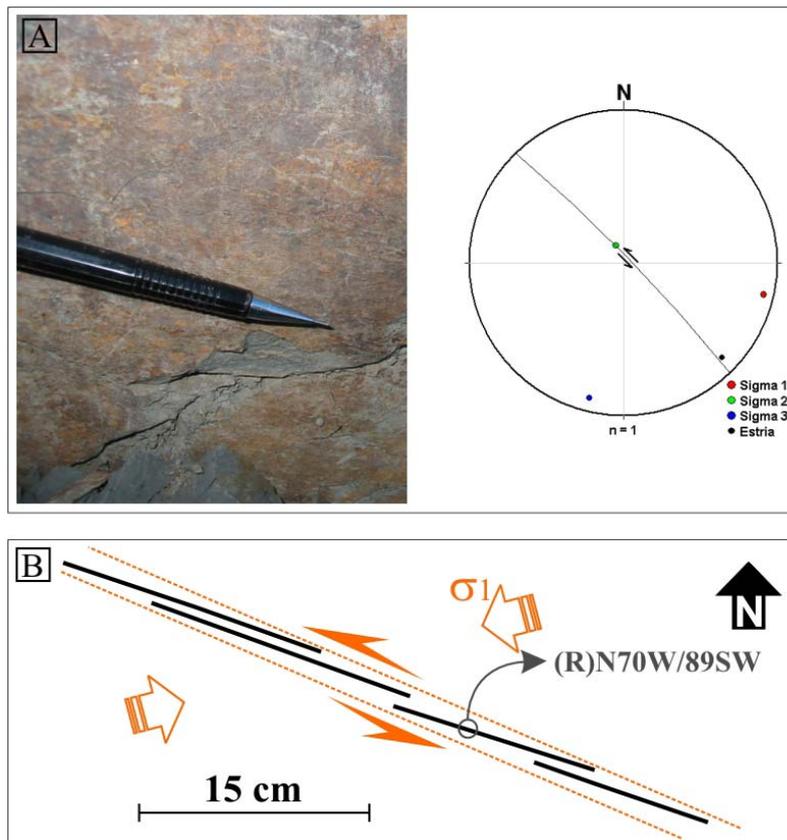


Figura 4.63 – Indicadores cinemáticos sinistrais observados no ponto 87. (A) Estrias e degraus em paredes de falha. O diagrama indica os componentes do campo de tensões calculados pelo método de Mohr-Coulomb. (B) Fraturas escalonadas, e THM indicado.

Aproximadamente a 200 metros da pedreira, próximo à estrada, uma zona de cisalhamento, com direção N20W e mergulho para SW, com feições anastomosadas associadas, indica provável cinemática transcorrente sinistral.

### Ponto 99

O afloramento encontra-se próximo à interseção de três lineamentos observados com o MDE SRTM, estes de direções N20E, N10W e N70W (Figura 4.45). Feições interpretadas com o sensor Landsat7 de direções semelhantes e também uma estrutura de direção N60E ocorrem próximas ao ponto descrito.

No afloramento a maior frequência de estruturas observadas direciona-se segundo N65W até E-W (Figura 4.64). A presença de feições escalonadas, determinadas a partir de fraturas do tipo R e Y de Riedel, seguindo cinemática dextral, aponta THM próximo à direção N55W (Figura 4.65). Ainda neste afloramento observa-se uma zona de cisalhamento, de direção aproximada N70W e subvertical, com feições sigmoidais. A cinemática associada a esta zona de cisalhamento não pôde, entretanto, ser inferida.

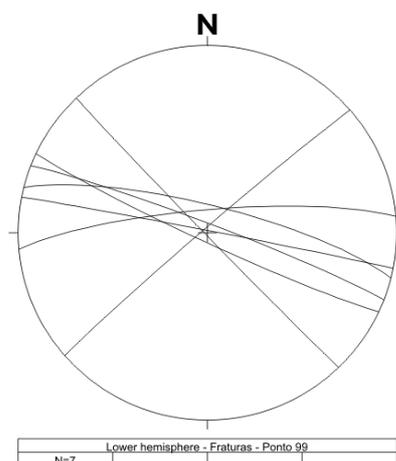


Figura 4.64 – Fraturas observadas no ponto 99.

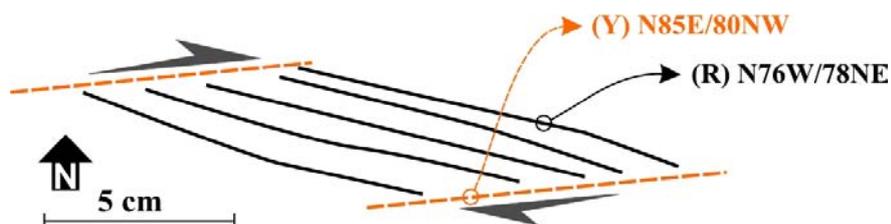


Figura 4.65 – Esquema de fraturas escalonadas dextrais observadas no ponto 99.

### Ponto 103

O afloramento fica próximo a um grande lineamento de direção NNW-SSE observada com diversos sensores (Figura 4.45). Os lineamentos observados associam-se à planície aluvial do Rio da Areia.

No afloramento a direção mais frequente de fraturas segue N50-60W, estas bastante curvas. Fraturas seguindo direção aproximada N30E também ocorrem com

freqüência relativamente alta. Uma estrutura escalonada, direcionada NNW-SSE, aponta cinemática sinistral e THM em direção próxima a N50W, caso defina-se como fratura do tipo R (Figura 4.66).

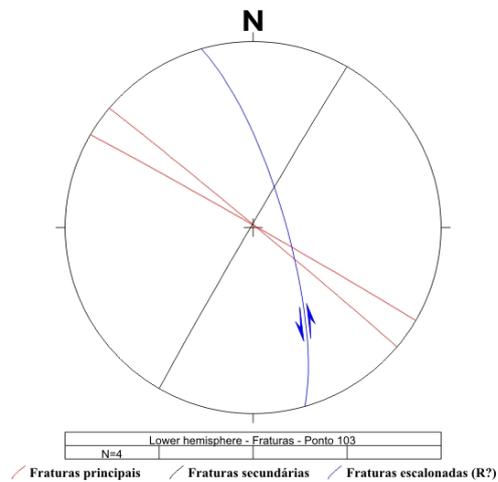


Figura 4.66 – Fraturas observadas no ponto 103.

### Ponto 105

O afloramento apresenta configuração regional semelhante àquela do ponto 99. A direção principal de fraturas observadas é E-W. Feições escalonadas, de direção N40E, apresentam configuração indicando cinemática dextral, e, portanto, THM em direção aproximada E-W (Figura 4.67).

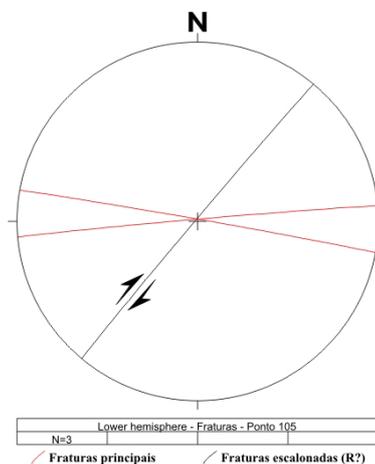


Figura 4.67 – Fraturas observadas no ponto 105.

### Ponto 108

Posiciona-se sobre um grande lineamento negativo, de direção N30W, observado com o MDE SRTM90. Feições interpretadas com o sensor Landsat7, de mesma direção, estão também presentes, além de lineamentos de direção NNE-SSW (estes últimos mais segmentados – Figura 4.45).

No afloramento ocorrem duas direções principais de fraturas. A primeira, com atitude N5W, apresenta-se por vezes associada a pequenas zonas de cisalhamento segmentadas, de até 3 cm de espessura, indicando cinemática dextral. A segunda direção, mais retilínea, apresenta atitude entre N35-40W (Figura 4.68).

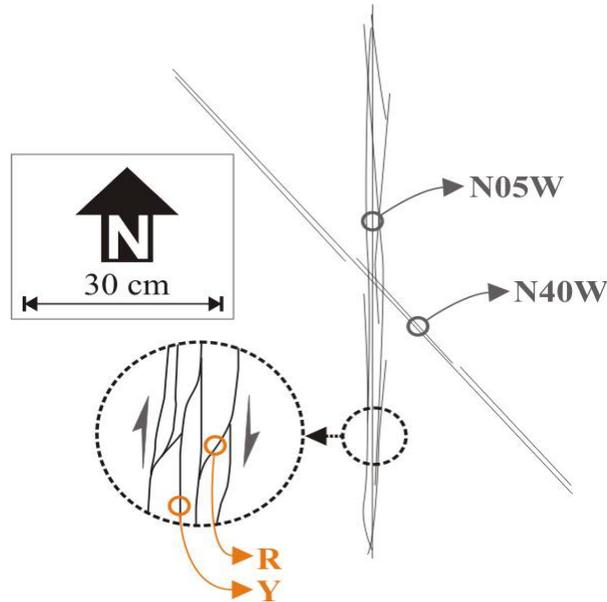


Figura 4.68 – Esquema com as duas direções de fraturas observadas e suas configurações (Ponto 108).

### Ponto 109

As características regionais são semelhantes à do ponto anterior (Ponto 108).

São observadas duas direções de fraturas, conforme diagrama da Figura 4.69, de direções N30-55E e N50-65W. O espaçamento de ambas as direções varia de centimétrico a decimétrico e apresentam geometria bastante retilínea.

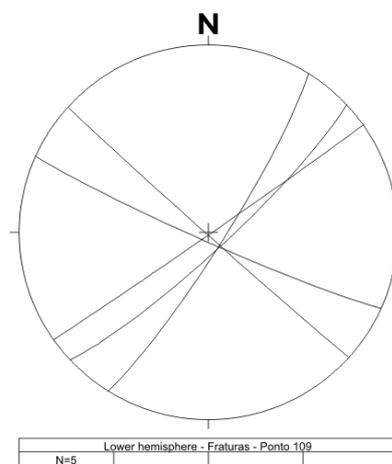


Figura 4.69 – Fraturas observadas no ponto 109.

### Ponto 113

As direções de lineamentos associados ao ponto são N60-70W, interpretados a partir das imagens Landsat7 (continuação de estruturas em feixe) e também do MDE SRTM90 (Figura 4.45). Na direção N60E observa-se uma estrutura indicada por mapeamento anterior.

As fraturas observadas apresentam-se agrupadas em duas direções principais, estas E-W e NNE-SSW (Figura 4.70). Feições escalonadas, de direção E-W, apontam cinemática dextral. Uma zona de cisalhamento, com cerca de 5 cm de espessura, ocorre também em direção E-W, porém a cinemática associada não pôde ser inferida.

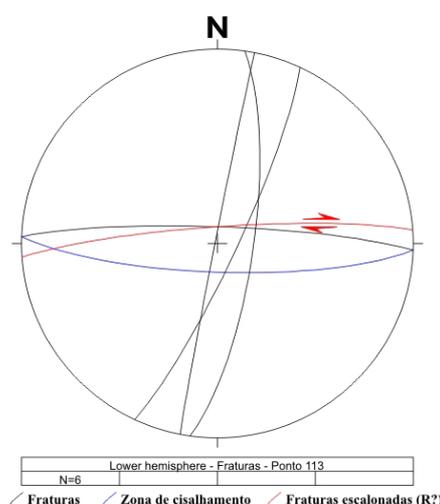


Figura 4.70 – Feições observadas no ponto 113.

### Ponto 114

Observam-se, regionalmente, feições de direção NW-SE, de diversas magnitudes próximas ao afloramento (Figura 4.45).

No afloramento ocorrem duas direções principais: N60-75W e N30-50E. As fraturas NW-SE se apresentam retilíneas, com espaçamentos de 5 cm a 30 cm e maior frequência de ocorrência que as estruturas de direção NE-SW. Apresentam-se, por vezes, escalonadas indicando cinemática sinistral associada, neste caso apontando THM em posições E-W a ENE-WSW. As fraturas NE-SW também se apresentam retilíneas e têm espaçamento de aproximadamente 10 cm (Figura 4.71).

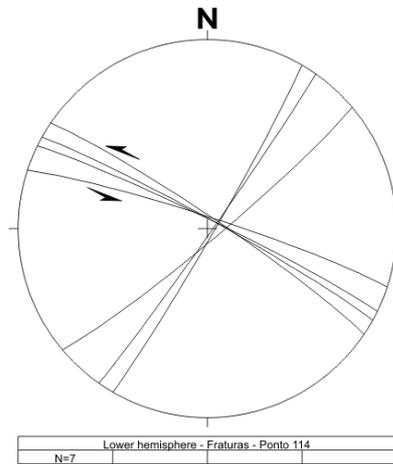


Figura 4.71 – Fraturas observadas no ponto 114. Cinemática sinistral apontada por escalonamento para feições NW-SE.

### Ponto 115

Apresenta feições N70W e N50E associadas, observadas principalmente com o sensor Landsat7 (Figura 4.45).

O afloramento associa-se a um dique orientado a NW-SE. Devido à intemperização e decomposição da rocha torna-se difícil a observação de estruturas. Uma pequena falha dextral, de direção aproximada N-S, com estrias e degraus indica THM na posição NNE-SSW e campo de tensões conforme indicado na Figura 4.72.

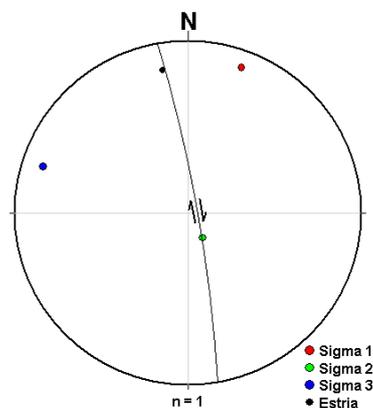


Figura 4.72 – Falha dextral observada e tensões calculadas pelo critério de Mohr-Coulomb (Ponto 115).

### Ponto 117

O ponto associa-se a uma grande estrutura de direção NNW-SSE, observada com o MDE SRTM90. Algumas feições de direção N70W também podem ser observadas próximas ao ponto descrito (Figura 4.45).

Em afloramento observam-se duas direções de fraturas, contidas nos quadrantes NW-SE. A direção mais freqüente ocorre conforme a direção N70W e a direção secundária em N40W (Figura 4.73). Ambas as direções ocorrem com planos bastante retilíneos e não apresentam espaçamento regular.

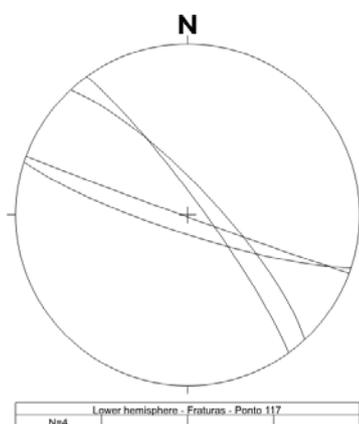


Figura 4.73 – Fraturas observadas no ponto 117.

### Ponto 140

Regionalmente o afloramento posiciona-se sobre uma zona bastante estruturada, com elementos de direção N30-50E, N60W e E-W, de diversas ordens de grandeza, observados com os sensores SRTM90, Landsat7 e fotografias aéreas (Figura 4.45).

Em campo as únicas estruturas encontradas com certa repetição têm direção média N30W. Por vezes assemelham-se a estruturas escalonadas, porém não têm repetição constante em todo o afloramento. Estas estruturas estariam indicando cinemática sinistral, assim apontando tensão horizontal máxima (THM), localmente, em posição NW-SE.

### Ponto 145

As estruturas de caráter regional e local apresentam direções preferenciais de ocorrência em NW-SE a WNW-ESE (Figura 4.45). Um vale bastante encaixado, com a última direção (aproximadamente N70W), pode ser observado com o MDE SRTM90 e também em fotografias aéreas. No afloramento são observadas principalmente estruturas de direção N-S e NNW-SSE. Estruturas irregulares, formadas por superfícies curvilíneas, de direção WNW-ESE ocorrem subordinadamente. Uma banda de deformação, bastante retilínea, preenchida por óxidos e com direção N80W também foi observada, além de uma zona de falha associada a arenito bastante silicificado, esta em direção N40W (Figura 4.74).

A ocorrência de rochas de um nível estratigráfico inferior (Fm. Ponta Grossa) no afloramento 144, pouco a sul e em cota mais alta, indica que o bloco do afloramento 145 baixou em relação àquele. O contato pode, então, ser dado por uma falha normal de direção similar à do vale (NNW-SSE) próximo ao afloramento.

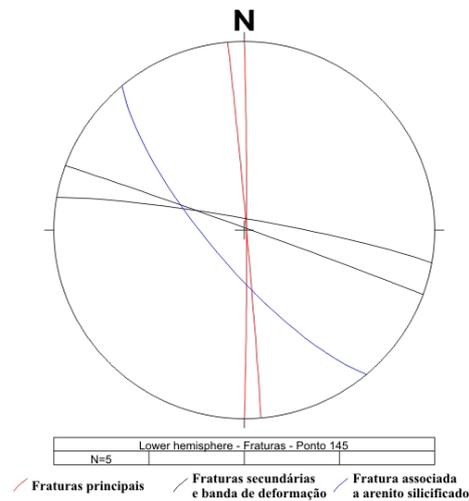


Figura 4.74 – Estruturas observadas no ponto 145

### Ponto 148

Regionalmente o ponto situa-se sobre uma grande feição regional de direção N65W, observada com os sensores Landsat7 e SRTM. Esta estrutura regional apresenta geometria sigmoidal quando observada com os sensores de maior resolução. Uma feição de menor magnitude, com direção N20W, também é observada com o MDE SRTM.

No afloramento observam-se três padrões distintos de fraturas. No arenito destacam-se as direções NW-SE e NE-SW, enquanto no diamictito a direção principal é ENE-WSW (Figura 4.75). Indicação de rotação dextral, associada à fraturamento escalonado em diamictito, foi observada em uma estrutura de direção N80E (Figura 4.75 e Figura 4.76).

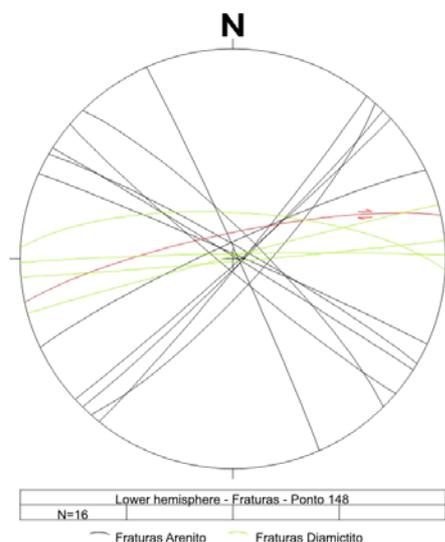


Figura 4.75 – Estruturas observadas no ponto 148.

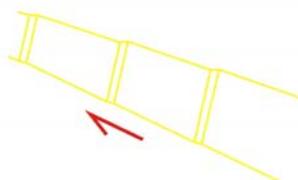


Figura 4.76 – Fratura escalonada dextral (Ponto 148).

### **Ponto 152**

O ponto localiza-se em uma região bastante estruturada, com feições predominantemente orientadas no quadrante NE (Figura 4.45). Algumas feições de menor magnitude, com direções N-S e NNE-SSW também estão associadas à região.

No afloramento destacam-se bandas de deformação, com direções N30E e N-S. As bandas de direção N30E têm repetição entre 20-30 cm, são bastante retilíneas, contínuas e apresentam preenchimento por óxidos escuros. As feições de direção N-S não apresentam intervalo constante e têm menor continuidade que aquelas de direção NE-SW. As duas direções descritas apresentam-se desde fraturas individuais até pequenas zonas de falhas com até 10 cm de espessura.

### **Ponto 156**

Inseri-se em uma região relativamente pouco estruturada, associada a uma direção regional de direção N20-30W, principalmente observada com o sensor Landsat. Uma grande falha de direção N60E foi interpretada a partir de fotografias aéreas 1:70.000.

Em campo as fraturas apresentam duas direções principais: N20E e N45W. O espaçamento é de 2 a 5 cm para as duas direções descritas. O aspecto desse intenso fraturamento pode ser observado na Figura 4.77.



Figura 4.77 – Aspecto do fraturamento intenso observado no ponto 156.

### Ponto 161

O ponto encontra-se próximo à planície aluvial do Rio Imbituva. Pelo menos três importantes direções regionais de estruturas são observadas, com destaque para a grande feição N-S, observada com sensores de diversas resoluções (Figura 4.45). Feições de escala regional apresentam geometria sigmóide quando observadas com os sensores de maior resolução.

Em afloramento as fraturas concentram-se na direção E-W, com poucas estruturas na direção NW-SE (Figura 4.78-A). Indicadores cinemáticos dextrais (planos estriados e fraturas escalonadas) foram observados também com direções próximas à E-W (ver Figura 4.78-A e Figura 4.78-B). A tensão horizontal máxima para estas estruturas fica na posição aproximada N30-45W.

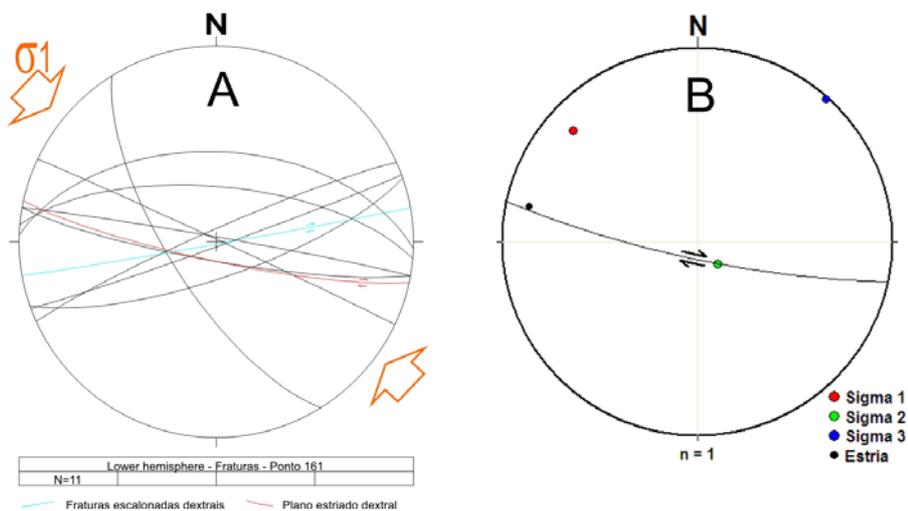


Figura 4.78 – A) Fraturas observadas no ponto 161, com indicadores cinemáticos e possível THM indicados. B) Tensores máximo, intermediário e mínimo calculados para plano de falha estriado pelo método de Mohr-Coulomb.

### Ponto 163

As duas estruturas regionais de maior destaque apresentam, respectivamente, direções NNE-SSW e E-W. Localmente, uma grande drenagem de direção principal N-S parece ser capturada por uma estrutura E-W de menor magnitude (Figura 4.45).

Em afloramento o padrão de distribuição de fraturas segue a configuração regional, com concentrações principais N-S e subordinadamente elementos E-W e NE-SW (Figura 4.79). Superfícies de fraturas planas e onduladas são observadas. O aspecto sigmoidal aparece podendo indicar movimentação relativa entre blocos limitados por fraturas de direção N-S, com o bloco baixo a oeste.

Uma estrutura em flor positiva, com direção principal N45E, pode ser observada no afloramento (Figura 4.80). Esta estrutura também aparece associada a bloco baixo na sua porção NW. A cinemática rotacional, entretanto, não pôde ser observada.

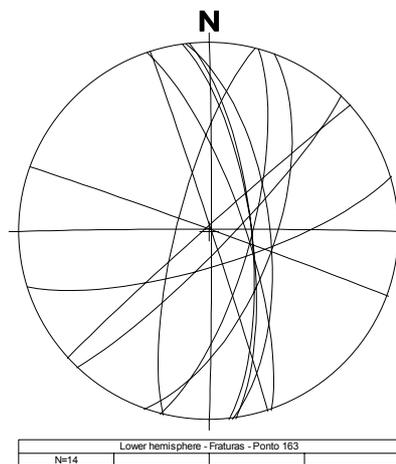


Figura 4.79 – Fraturas observadas no afloramento 163.

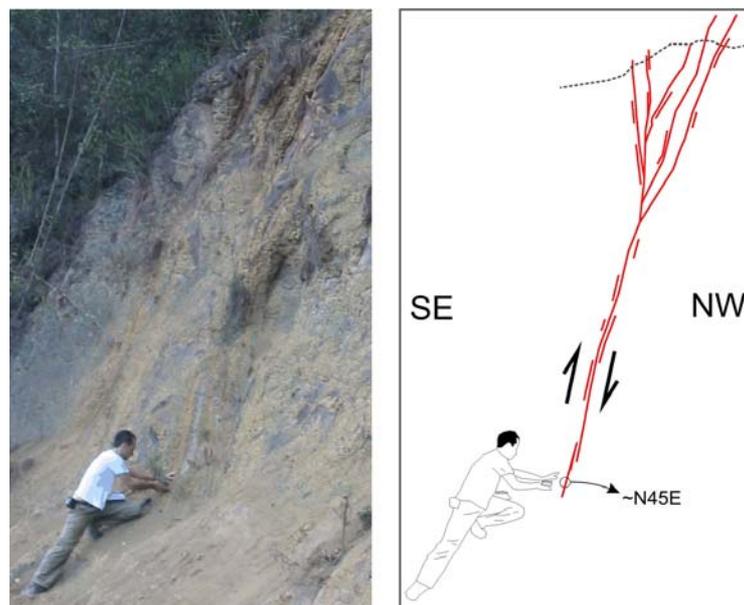


Figura 4.80 – Estrutura em flor observada no afloramento 163.



Duas direções principais de estruturas foram descritas no afloramento, estas N25W e N70W. Ambas as famílias apresentam pequenos ângulos de mergulho associados e superfícies onduladas. Escalonamento dextral foi observado em fraturas de direção N40W (Figura 4.82).

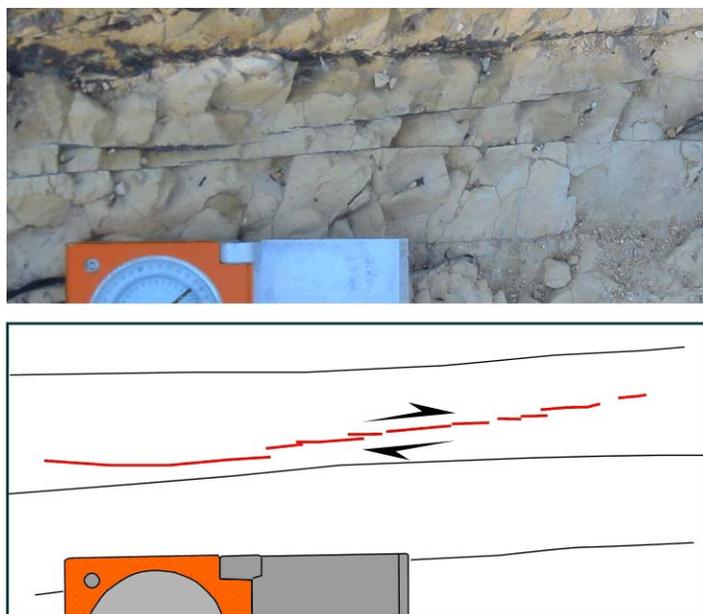


Figura 4.82 – Fraturas escalonadas indicando cinemática dextral.

#### **Ponto 174**

Regionalmente associado a estruturas de direção N30E e N50W, o ponto encontra-se em uma zona com configuração estrutural bastante complexa. Além das direções principais indicadas, feições de menor magnitude de direções NNE-SSW encontram-se presentes (Figura 4.45).

No afloramento ocorrem fraturas em direções principais NNE-SSW e E-W, ambas bastante retilíneas. Subordinadamente ocorrem fraturas de direção N60W, com geometria bastante irregular e pouca continuidade. A distribuição das estruturas observadas no ponto está indicada no diagrama da Figura 4.83.

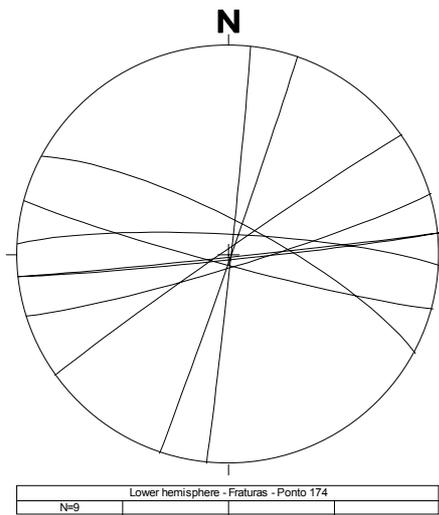


Figura 4.83 – Fraturas observadas no afloramento 174.

### Figura 177

Regionalmente o afloramento assemelha-se ao ponto 174 (Figura 4.45). São observadas, no afloramento, fraturas entre as direções NNW-SSE até aproximadamente N50W. Através de deslocamentos decimétricos no acamamento podem-se observar rejeitos dextrais normais nestas falhas (Figura 4.84).

As falhas observadas podem ser, em contexto regional, associadas a uma estrutura maior de direção NNE-SSW composta por vários segmentos menores de direção NNW-SSW, possivelmente escalonados e com blocos baixos nas posições mais a leste. Neste caso um contexto local de falhas dextrais-normais, com direções NNW-SSE, estariam em conjunto e por escalonamento nos blocos individuais, gerando configuração de maior magnitude com *trend* NNE-SSW e normal-sinistral (Figura 4.85).

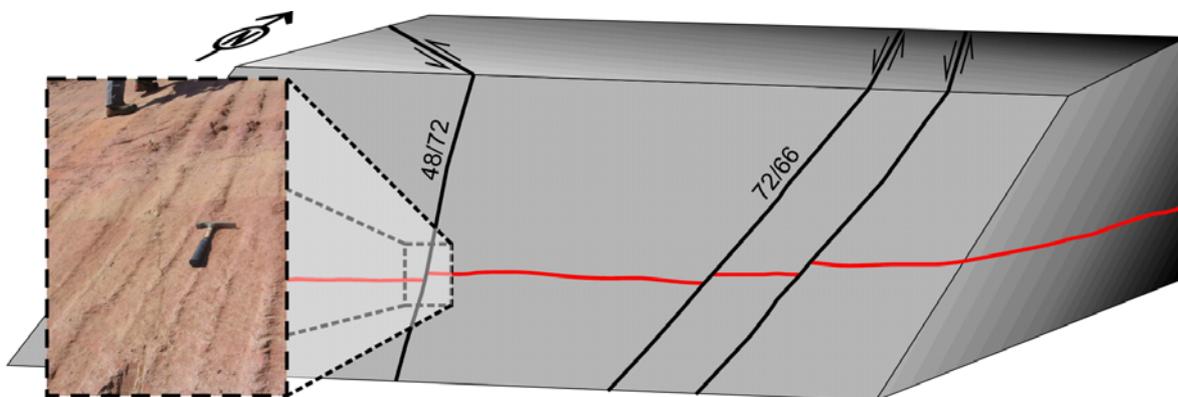


Figura 4.84 – Configuração espacial das falhas observadas no afloramento 177.

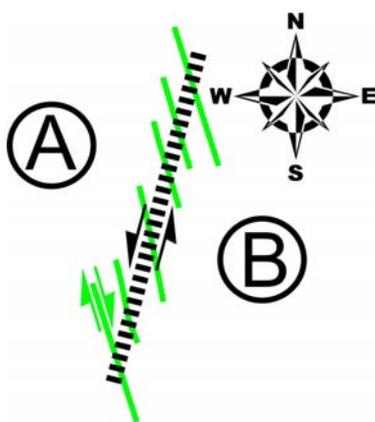


Figura 4.85 – Modelo de correlação entre estruturas de magnitudes locais (NNW-SSE/verde) e regionais (NNE-SSW/preto). A e B indicam blocos alto e baixo respectivamente.

### Ponto 181

Ponto localizado na escarpa que limita a bacia ao seu embasamento proterozóico, em região de grande densidade de estruturas. Grandes falhas com direção principal N30-50W são as principais estruturas, com grande recorrência e continuidade. Segmentos menores, também de direção NW-SE, ocorrem como estruturas em *relay* (Figura 4.45). Subordinadamente elementos N70E até E-W são observados, principalmente através de fotografias aéreas.

No afloramento as direções de maior ocorrência são N45W, N10W e E-W. O espaçamento é bastante variável, desde centimétrico até métrico para as diferentes famílias. Foram encontrados indicadores cinemáticos normais e dextrais para as observadas, com blocos baixos nas porções sul e sudoeste (Figura 4.86 e Figura 4.87).

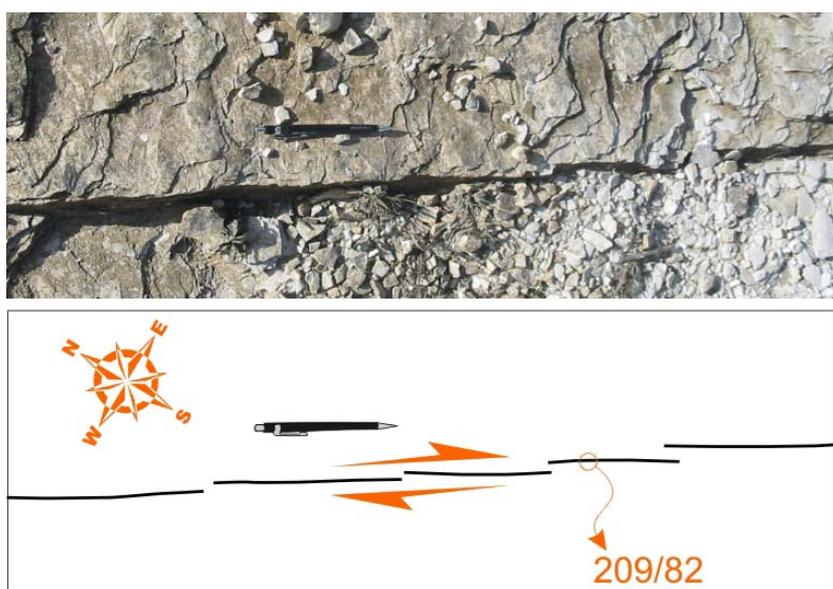


Figura 4.86 – Fraturas escalonadas (cinemática dextral) no ponto 181. Associadas a movimento normal com bloco baixo a SW.

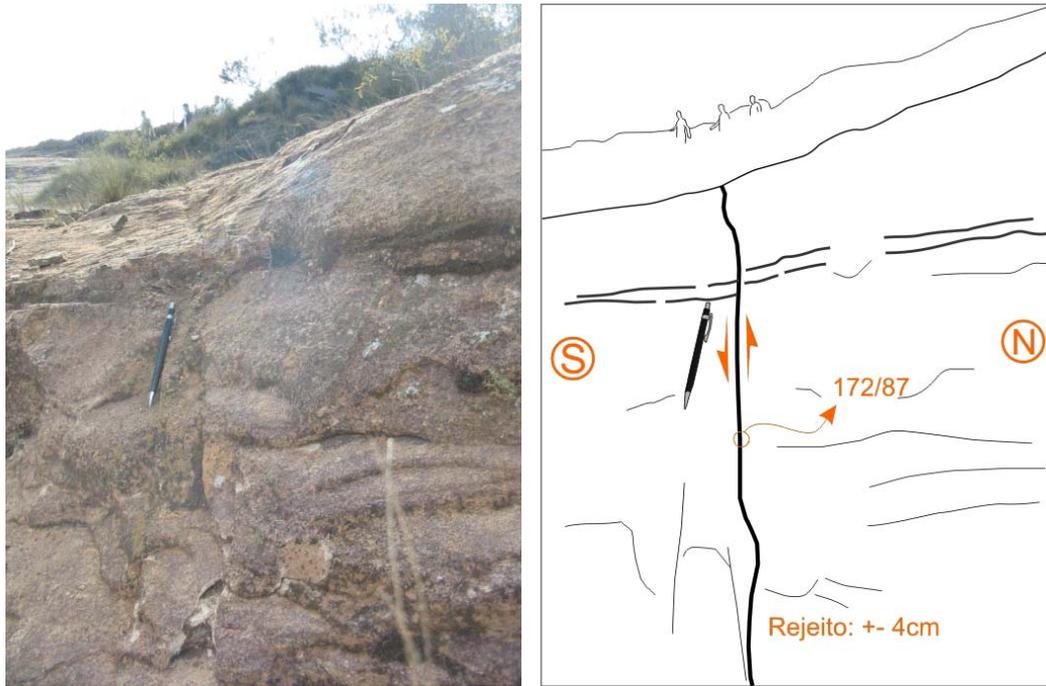


Figura 4.87 – Falha com rejeito normal e escalonamento dextral associado (não visível na imagem).

### Ponto 185

Regionalmente o ponto está associado a uma zona de pouca densidade de estruturas quando observada a partir dos sensores de menor resolução (Landsat e SRTM). Relaciona-se com um elemento de direção NNE-SSW, interpretado a partir do MDE SRTM.

No afloramento ocorre intenso fraturamento de direção E-W, por vezes associado a cinemática sinistral, observada através de escalonamento de fraturas (Figura 4.88). Provável movimentação com cinemática sinistral, para fraturas N-S, também pode ser observada a partir de escalonamento. Um possível par conjugado pode estar sendo indicado por fraturas nas direções E-W e N35E, neste caso com tensão horizontal máxima em NE-SW.



Figura 4.88 – Falha E-W com escalonamento sinistral associado no ponto 185.

As rochas da Fm. Iapó, sobpostas, apresentam fraturamento principal na direção N45W, e aparentemente não influenciam a configuração das estruturas presentes no Fm. Furnas.

### **Ponto 192**

O ponto está localizado em uma região de estruturas com direção principal N30E. Subordinadamente ocorrem elementos com direção N60-70E e NNW-SSE (Figura 4.45). As estruturas podem ser observadas com diferentes sensores e através daqueles de maior resolução nota-se padrão sigmóide em algumas fraturas.

No afloramento as direções N65-70E e E-W são as mais frequentes. A associação destas direções gera geometrias sigmoidais rúpteis (*S-C type cataclasite*), indicando cinemática dextral (Figura 4.89). Fraturas de direção N30W ocorrem com geometria bastante retilínea e boa continuidade.

Em uma zona de falha, de direção N40W, ocorrem brechas onde podem ser observados planos com estrias e degraus indicando movimentação principal vertical, com componente de rotação sinistral (Figura 4.90). O bloco baixo posiciona-se em SW.

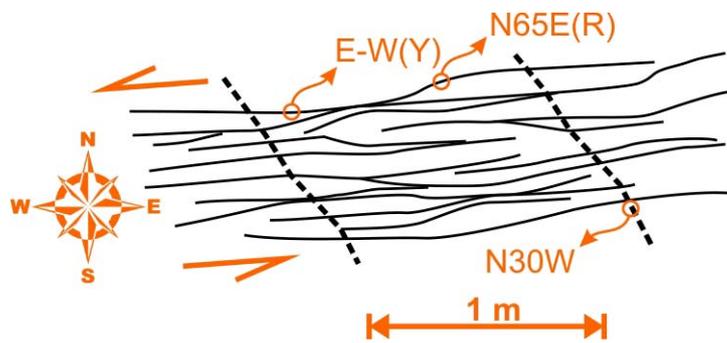


Figura 4.89 – Feições sigmoidais indicando cinemática dextral.

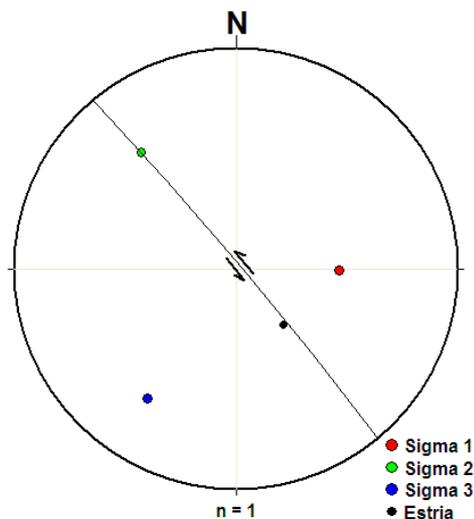


Figura 4.90 – Tensões máxima, intermediária e mínima calculadas pelo método de Mohr-Coulomb para falha sinistral.

### 4.2.3. Elementos Estruturais Cartografados

Através do uso dos lineamentos obtidos com os diversos sensores remotos anteriormente apontados (Figura 2.18), com as fotografias aéreas em escala 1:70.000 e com os dados obtidos em campo pôde-se de maneira integrada e precisa obter as estruturas indicadas no mapa final elaborado. Estas diversas ferramentas suportam de forma bastante robusta as feições interpretadas, visto a repetibilidade das estruturas mapeadas em diversos níveis de escalas/resoluções. Uma comparação entre as feições finais interpretadas e os diversos níveis hierárquicos de estruturas, traçadas com os diversos sensores, pode ser observada através da Figura 4.91.

O procedimento para a seleção das falhas finais que integram o mapa, como anteriormente indicado, seguiu a observação da presença destas estruturas nos diversos níveis de escalas investigados com os sensores. O critério de continuidade destes elementos estruturais também foi observado de forma a integrar os diversos sensores em pauta.

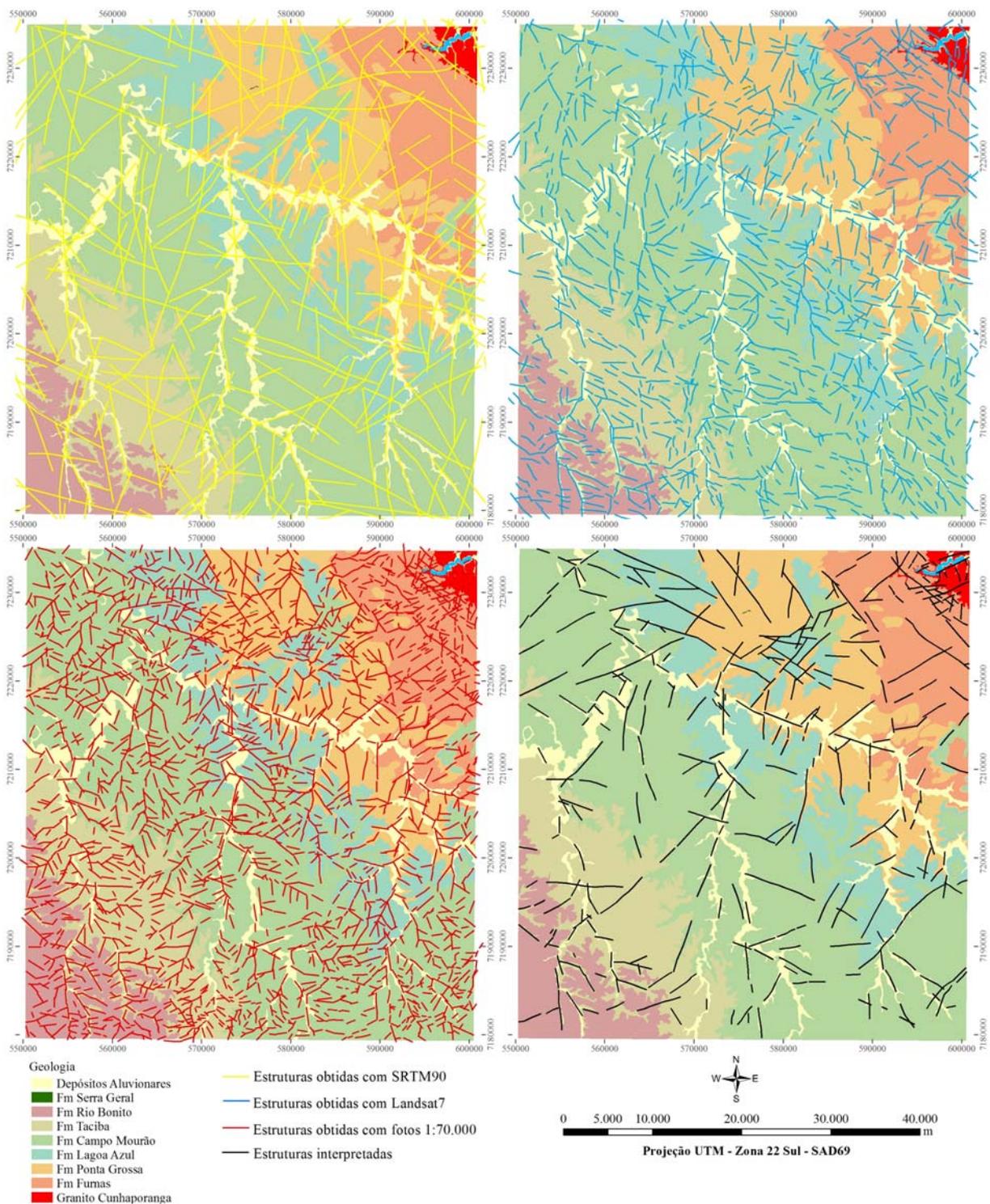


Figura 4.91 – Elementos estruturais obtidos com os sensores indicados e elementos cartografados.

O posicionamento final dos elementos estruturais (falhas e fraturas indicados no mapa), entretanto, foi executado a partir da vetorização das feições obtidas nas fotografias aéreas georreferenciadas, visto sua maior acurácia em resolução (critério do componente de maior escala usada). Desta forma foram obtidas 340 estruturas, estas caracterizadas como falhas definidas e inferidas, com ou sem cinemática associada, e posteriormente inseridas ao mapa.

A caracterização cinemática de alguns destes elementos foi também executada de maneira bastante criteriosa. Os dados levantados em campo serviram para balizar estas características cinemáticas em conjunto com as características de geometria dos elementos em questão. Como critério de indicação cinemática foi observada a seqüência estratigráfica das unidades adjacentes às falhas inseridas no mapa e também a coerência de indicadores transcorrentes/verticais observados nas etapas de campo. Na Figura 4.96 os elementos cinemáticos cartografados podem ser observados.

Após a etapa de traçado de lineamentos em imagem SRTM90 em escala regional, foram observadas zonas de grande continuidade e/ou densidade de feições lineares individuais, aliado aos lineamentos interpretados com o sensor Landsat (Figura 4.92-b), assim foi possível compreender o comportamento dos *trends* estruturais regionais (Figura 4.92-a). Foram identificadas duas direções principais (diagramas de rosetas na Figura 4.92); ocorre a direção NW, que tem grande influência em toda porção paranaense da Bacia do Paraná. Além disso, a área mapeada encontra-se a sul e muito próximo ao eixo do Arco de Ponta Grossa, daí a grande ocorrência de lineamentos nesta direção; a segunda direção principal, porém menos expressiva, é a de direção N-S (diagramas de rosetas na Figura 4.92).

Quando analisamos as falhas que possuem alguma cinemática relevante ao mapeamento (Figura 4.93), percebemos alguns feixes de direção NW na calha do Rio Tibagi, à norte da localidade de Uvaia, na Região Metropolitana de Ponta Grossa, e ainda na região entre a cidade Palmeira e a localidade de Papagaios Novos onde ocorrem diques da Formação Serra Geral associados às falhas. Já a direção N-S é menos evidente, aparecendo na porção sul da área, na região de Teixeira Soares e também controlando a calha dos rios Guaraúna, Guarauninha, das Almas e Caniú. Da observação geomorfológica em campo dos vales destes rios, notou-se que seus leitos atuais escoram-se predominantemente na margem oeste dos vales, fato sugestivo de atividade neotectônica. Porém para confirmar a hipótese de neotectônica nesta área é preciso um trabalho estrutural de maior detalhe que fugiria do intento do presente mapeamento.

Apesar dos diagramas de rosetas da Figura 4.92 não explicitarem a direção NE, no mapa da Figura 4.93, falhas nesta direção são evidentes, algumas inclusive, com importante significado estrutural. Na região da Colônia do Lago (pontos 64, 68, 167, 168 e 169), litotipos da Formação Campo Mourão dispõem-se lado a lado e até abaixo dos da Formação Lagoa Azul.

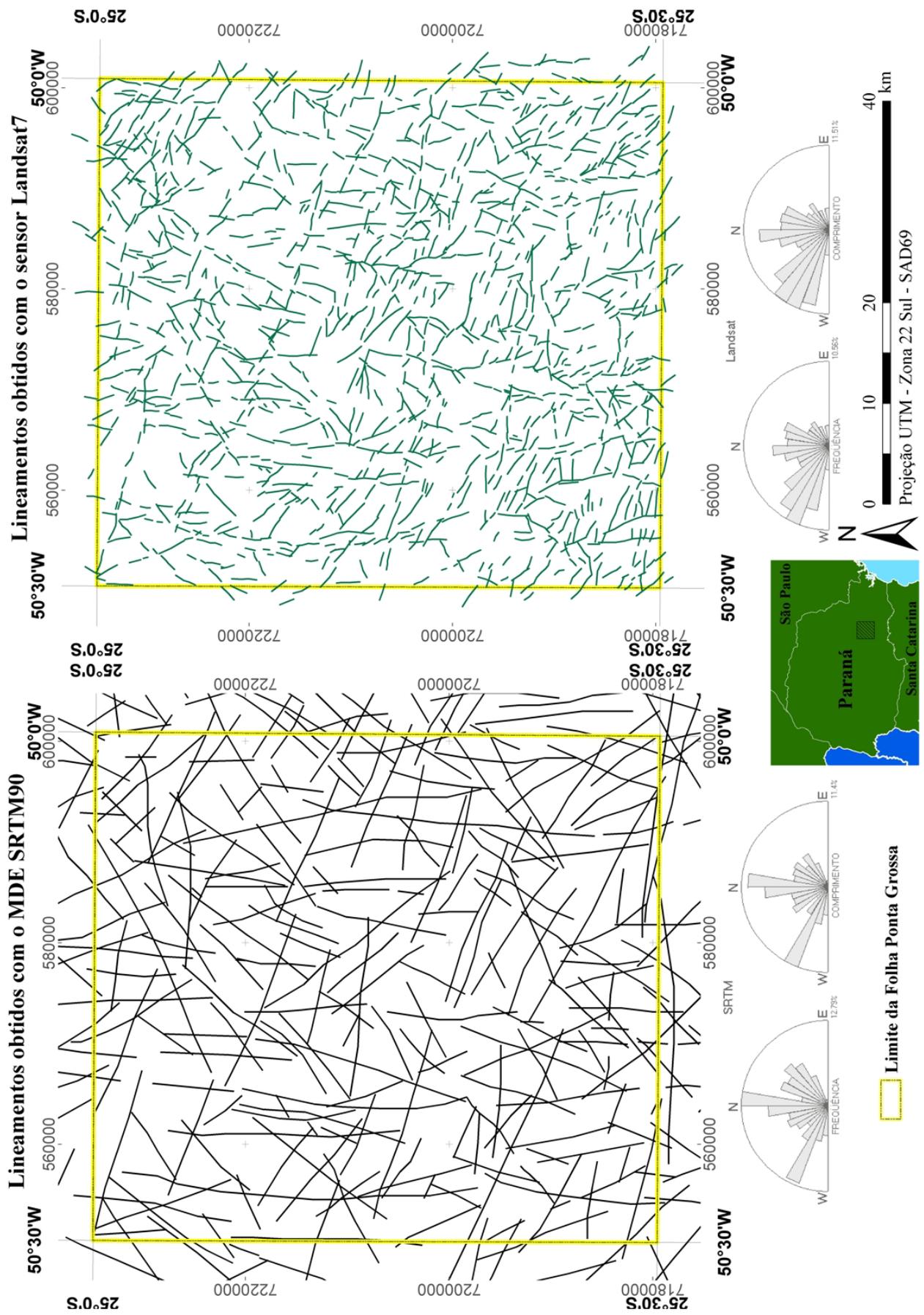


Figura 4.92 – Feições lineares obtidas com o MDE SRTM90 e com o sensor multi-espectral Landsat7.

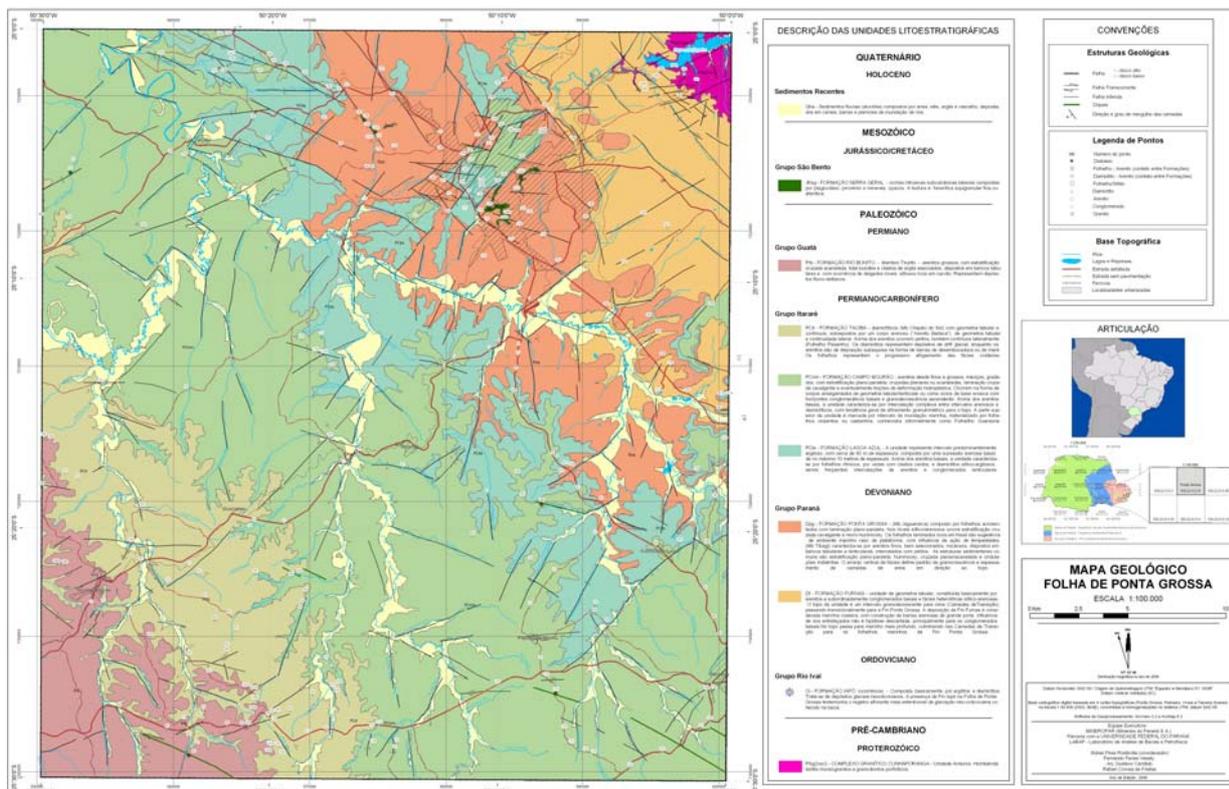


Figura 4.93 – Falhas com cinemática definida (linhas verdes representam diques da Fm Serra Geral).

Nesta porção foi mapeada uma falha de direção NE, com bloco SE baixo e rejeito vertical podendo chegar a 60m. Ao analisar a imagem SRTM90 no contexto regional, nota-se que esta falha encontra-se justamente no prolongamento da Zona de Falha de Itapirapuã (ZFI) (Figura 4.94), cuja principal feição encontra-se no embasamento pré-Cambriano, mas que comprovadamente estende-se bacia adentro. Coincidência ou não, todo o complexo de afloramentos da Formação Itararé na região do Parque Estadual de Vila Velha, Fazenda Santa Luzia, Fazenda Rivadávia e Fortaleza é limitado pela ZFI (Figura 4.94-d).

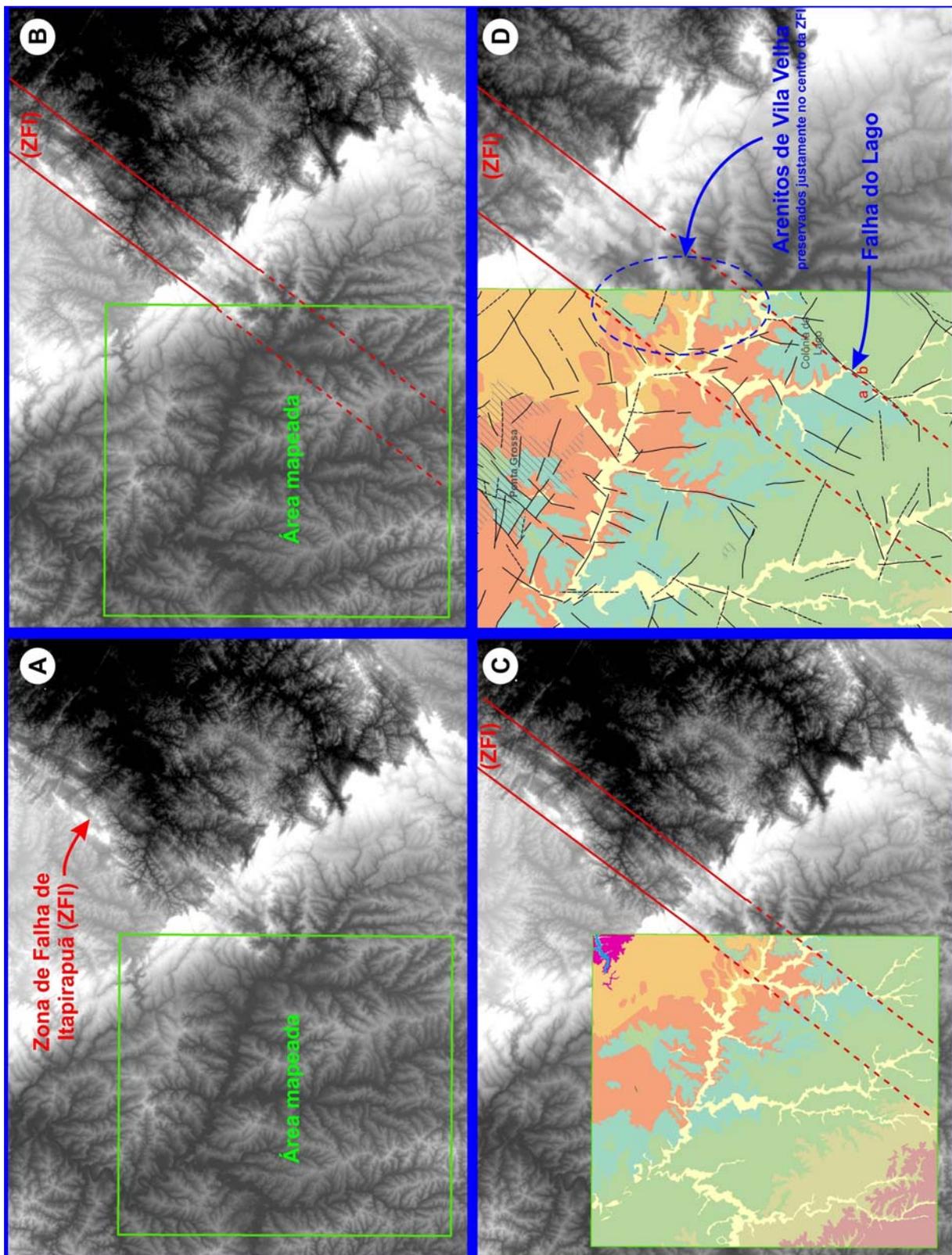


Figura 4.94 – Imagem SRTM90 mostrando o prolongamento da Zona de Falha de Itaipapuã desde o embasamento Pré-Cambriano até o interior na Bacia do Paraná, representado pela falha da Colônia do Lago.

Na Região Metropolitana de Ponta Grossa ocorre o arranjo estrutural mais complexo da área mapeada. Nesta porção ocorre uma intensa interação entre falhas de direção NW e NE conforme observado na Figura 4.95. Nota-se também diferenças bruscas de espessura das unidades (fms Lagoa Azul e Ponta Grossa) dentro de cada bloco estrutural, sugerindo que tais falhas podem ter sido ativas já durante o período erosivo do Carbonífero.

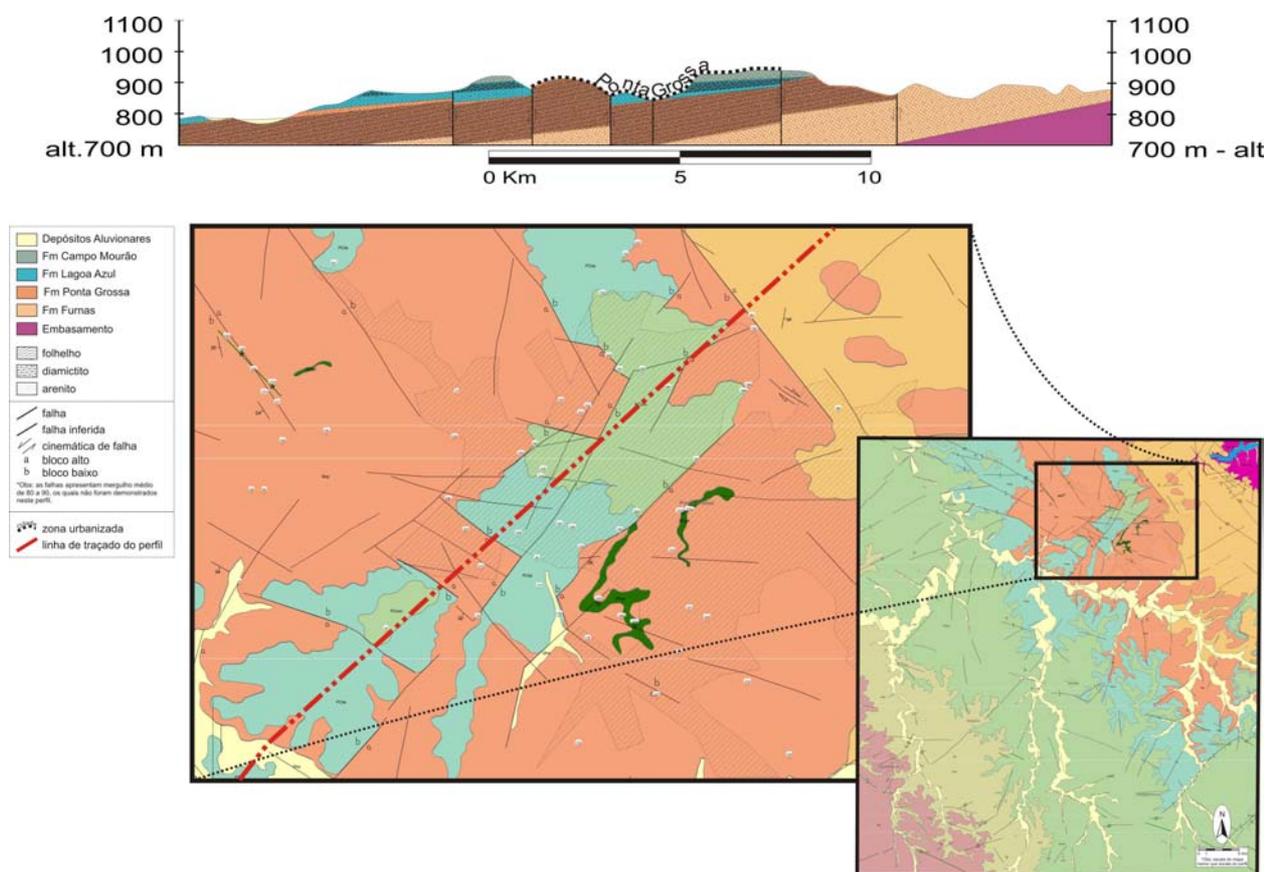


Figura 4.95 – Perfil geológico de direção NE-SW ilustrando a complexidade estrutural na cidade de Ponta Grossa.

### Resultados da análise estrutural - Modelo tectônico adotado

A recorrência de eventos tectônicos, bem como a reativação de estruturas podem gerar ambigüidades nas indicações cinemáticas dos elementos estruturais cartografados. Além destas características puramente associadas a tensões horizontais máximas, provenientes de compressões e relaxamentos regionais, podem ocorrer localmente ajustes nos campos de tensões por fatores anômalos (e.g. sobrecarga de sedimentos), gerando feições cinemáticas que não seriam compatíveis aos componentes de tensão regionais.

Para minimizar os problemas relacionados a estas possíveis ambigüidades, o procedimento executado para a análise dos campos de esforços foi baseado na observação individual dos elementos cinemáticos interpretados em campo. Os dados são posteriormente decompostos, e finalmente é executada a observação da tensão horizontal máxima relacionada. A concepção do modelo tectônico aqui utilizado foi, então, posteriormente executada utilizando informações anteriormente apontadas, observadas na bibliografia relacionada, compatibilizadas com os dados obtidos durante os levantamentos de campo deste e de outros trabalhos.

Partindo do princípio de uma abertura do Oceano Atlântico Sul e soerguimento do Arco de Ponta Grossa, blocos subseqüentemente mais elevados posicionaram-se nas porções norte-nordeste da área estudada (localizada ao sul do arco – Figura 4.96). Um relaxamento originado a partir da borda leste da placa recém formada, associados à rotação da Placa Sul-americana com relação à Placa Africana, estaria gerando campo de tensões com componentes transcorrentes dextrais nas estruturas de direção NW-SE (compressão máxima aproximada NNE-SSW), caracterizando um evento D1, de idade eocretácea (conforme Strugale, *opus cit.*). A injeção de enormes quantidades de rochas básicas, com maior proeminência no eixo do Arco de Ponta Grossa, estaria gerando um rigoroso encurtamento crustal, que por sua vez atuaria como gerador de esforços em posição análoga, dando maior rigor a este evento.

As transcorrências dextrais, associadas às falhas de direção NE-SW e em menor escala sinistrais associadas a falhas E-W, seriam geradas em um momento subseqüente, caracterizado como evento D2 (de idades neo-cretácea a terciária - Strugale, *opus cit.*). Aqui o principal elemento gerador do campo de tensões seria relativo à compressão gerada na placa, com vetor principal E-W, devido à propagação de esforços oriundos da borda oeste (Andes) associado ao espalhamento do fundo oceânico a leste. Este evento pode localmente ter reativado estruturas de direção NW-SE com cinemática sinistral.

O esquema estrutural generalizado para a área estudada pode ser observado no detalhe da Figura 4.96. Uma diminuição gradual de blocos é observada para sul e leste, enquanto as transcorrências observadas nas falhas mais importantes compatibilizam-se ao modelo tectônico aqui adotado.

É, entretanto, de grande relevância a continuidade temporal deste último evento abordado. O prosseguimento da tectônica andina, associada à subducção da Placa de Nazca sob a Placa Sul-americana, e a progressão do espalhamento do assoalho oceânico apresentaram importante papel na continuidade de reativações e gerações de

estruturas durante todo o Cenozóico. Hoje, elementos neotectônicos são observados por diferentes métodos e critérios. Aspectos observados na área estudada, tais como o reiterado escoramento de drenagens nas suas bordas norte e noroeste (encostas com direção sul e sudeste com maiores declividades – ver mapa de declividade – Figura 1.4) podem estar intimamente associados a estes aspectos, por vezes mascarando ou extinguindo completamente o registro estrutural de eventos anteriores (Freitas, 2005).

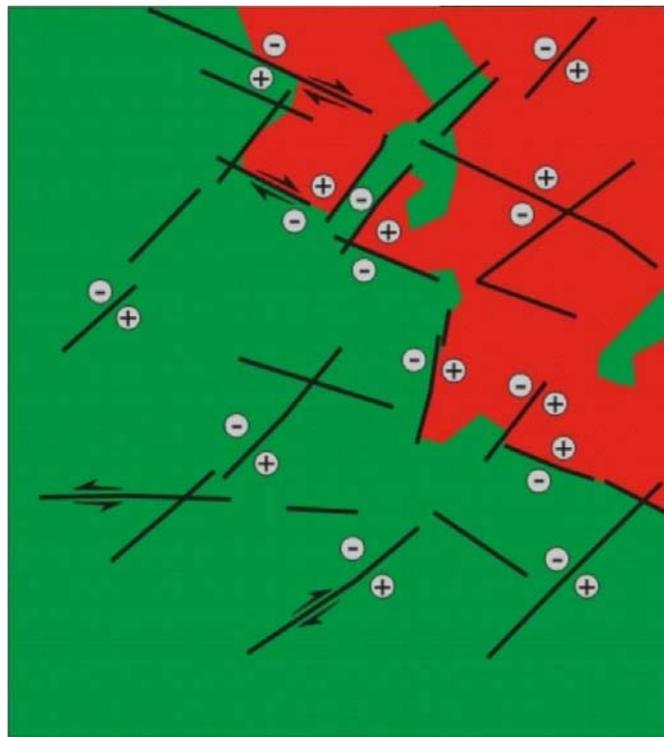


Figura 4.96 – Esquema estrutural da área mapeada.

## 5. REFERÊNCIAS

- Aboarrage, A.M. & Lopes, R.C. 1986. Borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica. Porto Alegre, CPRM, Relatório Final
- Almeida, F.F.M. 1945. Episódio da última época interglacial permocarbonífera no Paraná. DGM/DNPM, Notas Preliminares e Estudos, 27:1-18.
- Andrade, S.M. & Soares, P.C. 1971. Geologia do centro-leste do Estado de São Paulo. PETROBRÁS/DESUL-SEGES. (Relatório 407)
- Artur, P.C. 1998. Paleolineamentos na Bacia do Paraná: Favorabilidade para acumulações de petróleo. Dissertação de Mestrado. UFPR. 202 p.
- Assine, M. L. 1996. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo. 207 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- Assine, M.L. 1999. Facies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, 29: 357-370.
- Assine, M.L. & Perinotto, J.A.J. 2001. Estratigrafia de seqüências em sistemas deposicionais siliciclásticos costeiros e marinhos. In: H.J.P.S Ribeiro (ed.) Estratigrafia de Seqüências: Fundamentos e Aplicações. São Leopoldo, Unisinos, 305-339.
- Azcuy, C.L. & di Pasquo, M. 1999. Carbonífero y Pérmico de las Sierras Subandinas, Cordillera Oriental y Puna. In: Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Buenos Aires. Anales 29(11), p. 239-260.
- Barbosa, O. & Almeida, F.F.M. 1949. Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão no Estado de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 21: 1-65.
- Bergamaschi, S. 1999. Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 167p.
- Beurlen, K. 1955. As formações gondwânicas no sul do Estado do Paraná. DGM/DNPM, Boletim, v. 153.

Bigarella, J.J.; Salamuni, R.; Fuck, R.A. 1967. Striated surfaces and related features developed by Gondwana ice sheets (State of Paraná, Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 3: 265-276.

Borghi, L. & Schubert, G. 1995. Nova ocorrência da Formação Iapó no Estado do Paraná. *An. Acad. Brás. Ci.*, 67: 387.

Brown, L.F. & Fisher, W.L. 1977. Seismic stratigraphic interpretation of depositional systems: examples from Brazilian rift and pull apart. In: Payton, C. (Ed.), *Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration*. AAPG, Tulsa, pp. 49-212.

Canuto, J.R. 1985. Origem dos diamictitos e de rochas associadas do Subgrupo Itararé no sul do Estado do Paraná e norte de Santa Catarina. São Paulo, IG-USP (Dissertação de Mestrado). 187 p.

Canuto, J.R.; Santos, P.R.; Rocha-Campos, A.C. 2001. Estratigrafia de seqüências do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico) no leste da Bacia do Paraná, nas regiões sul do Paraná e norte de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 31: 107-116.

Carter, R.M. 1998. Two models: global sea-level change and sequence stratigraphic architecture. *Sedimentary Geology* 122, 23–36.

Castro, J.C. 1991. A evolução dos sistemas glacial, marinho e deltaico das formações Rio do Sul e Rio Bonito/Mb. Triunfo (Eopermiano), sudeste da Bacia do Paraná. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutorado, 147p.

Cava, L.T. 1983. Projeto Carvão. Mineropar, Relatório Final (3 volumes).

Castro, J.C. 1999. Estratigrafia de seqüências das formações Campo Mourão (parte superior) e Taciba, Grupo Itararé, leste da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 29: 255-260.

Church, K.D. & Gawthorpe, R.L. 1997. Sediment supply as a control on the variability of sequences: an example from the late Namurian of northern England. *Journal of the Geological Society* 154, 55-60.

Cladouhos, T. T. 1999. A kinematic model for deformation within brittle shear zones. In: *Journal of Structural Geology*, v. 21, p. 437-448.

d'Ávila, R.S.F. 1999. Análise de Fácies e Estratigrafia Física do Arenito Lapa, Grupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. Porto Alegre. 349 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Daemon, R.F.; Quadros, L.P.; Silva L.C. 1967. Devonian palynology and biostratigraphy of the Paraná Basin. In: Bigarella, J.J., Becker, R.D., Pinto, I.D. (Eds.) Problems in Brazilian Gondwana Geology. UFPR, Curitiba, p. 99-131.

Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: Sociedade Brasileira de Geologia, 24º Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, Anais..., 359-412.

Dalrymple, R.W.; Zaitlin, B.A.; Boyd, R. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62: 1130-1146.

Della Fávera, J.C. 1984. Eventos de Sedimentação Episódica nas bacias brasileiras. Uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, 1984, SBG. Anais: 489-498, .

Della Fávera, J.C. (2001) Fundamentos de Estratigrafia Moderna. Rio de Janeiro, EDUERJ, 263 p.

Derby, O.A. 1878. A geologia da região diamantífera da Província do Paraná. *Arquivos do Museu Nacional*, 3: 89-96.

DNPM-MINEROPAR. 1989. Mapa Geológico do Estado do Paraná 1:650.000.

Dott, H.R. 1996. Episodic event deposits versus sequence stratigraphy: shall the twain never meet? *Sedimentary Geology*, 104: 243-247.

Emery, D. & Myers, K. 1997. *Sequence stratigraphy*. Oxford, Blackwell Science. 297p.

Eyles, N.; Eyles, C.H.; França, A.B. 1993. Glaciation and tectonics in an active intracratonic basin : The Late Paleozoic Itararé Group, Paraná Basin, Brazil. *Sedimentology*, 40: 1-25.

Ferreira, F.J.F. 1982. Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. São Paulo. 169 p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP).

França, A.B. & Potter, P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). Boletim de Geociências da Petrobrás, 2: 147-191.

França, A.B.; Winter, W.R.; Assine, M.L. 1996. Arenitos Lapa-Vila Velha: Um modelo de trato de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, 26(1): 43-56.

Freitas, R. C. 2005. Análise estrutural multitemática do Sistema Petrolífero Irati-Rio Bonito, Bacia do Paraná. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. 116 p.

Freitas, R.C.; Rostirolla, S.P.; Ferreira, F.J.F. 2006. Geoprocessamento multitemático e análise estrutural no Sistema Petrolífero Irati - Rio Bonito, Bacia do Paraná. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 71-93, nov. 2005/maio 2006

Fuck, R.A. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero. Boletim da Universidade Federal do Paraná (Geologia), 19: 1-21.

Galloway, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: BROUSSARD, M.L., ed. Deltas: Models for Exploration. Houston, Geol. Soc. p. 87-98.

Galloway, W.E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis, I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. AAPG Bulletin 73: 125-142.

Galloway, W.E. & Hobday, D.K. 1996. Terrigenous Clastic Depositional Systems: Applications to Fossil Fuel and Groundwater Resources. 2ª ed. Milan, Springer-Verlag, 489 p.

Gama Jr., E.G.; Perinotto, J.A.J.; Ribeiro, H.J.P.S.; Padula, E.K. 1992. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Grupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. Revista Brasileira de Geociências 22, 228-236.

Gesicki, A.L.D. 1996. Geologia da Formação Aquidauana (Neopaleozóico, Bacia do Paraná) na porção centro-norte do Estado de Mato Grosso do Sul. Inst. De Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 126 p.

Gordon, M.J. 1947. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Sante Catarina e Rio Grande do Sul. Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM, 38: 1-20.

Guirro, A. C. 1991. Análise de Facies dos Sedimentos da Formação Aquidauana (Neocarbonífero-Ro) No Sudeste de Mato Grosso e Nos Poços da Borda Norte da Bacia do Paraná. Dissertação - Universidade Federal de Ouro Preto, . Orientador: Almerio Barros Franca.

Haq, B.U.; Hardenbol, J.; Vail, P.R. 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: C.K. Wilgus et al. (ed.) Sea-level Changes: an Integrated Approach. Tulsa. SEPM. p. 71-108.

Hunt, D. & Tucker, M.E. 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. *Sedimentary Geology*, 81: 1-9.

Lange, F.W. 1954. Estratigrafia e idade geológica da Série Tubarão. *Arquivos do Museu Paranaense (Série Geologia)*, v.2.

Loczy, L.D. 1964. Problemas da estratigrafia e paleogeografia carbonífera da Bacia do Paraná. *DNPM/DGM, Boletim*, 214:7-63.

Maack, R. 1948. Notas preliminares sobre o clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. *Arq. Biol. Tecnol.*, Curitiba, v.3, n.8, p.99-200.

Maack, R. 1950-51. Vestígios pré-devonianos de glaciação e a sequência de camadas devonianas no Estado do Paraná. Curitiba, *Arquivos de Biologia e Tecnologia (IBPT)*, V-VI: 197-230.

Maack, R. 1953. Mapa Geológico do Estado do Paraná (1:750.000). Curitiba, Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná.

McClay, K.R. 1991. *The Mapping of Geological Structures*. John Wiley & Sons. The Geological Society of London - Chichester, 168 p.

Medeiros, R.A. & Thomaz Filho, A. 1973. Facies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 27, Anais..., v. 3, p. 3-32.

Miall, A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models of braided river deposits, a summary. In: Miall, A.D. (Ed.) *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, pp. 597-604.

Miall, A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Review*, 22: 261-308.

Miall, A.D. 1999. Principles of sedimentary basin analysis. 3rd Edition. Heidelberg-Germany, Springer-Verlag, 616p.

Miall, A. D. & Arush M. 2001. The Castlegate Sandstone of the Book Cliffs, Utah: Sequence Stratigraphy, Paleogeography, and Tectonic Controls, Journal of Sedimentary Research, Section B: Stratigraphy and Global Studies, Vol. 71, No. 4, Pages 537-548.

Milani, E.J.; França, A.B.; Schneider, R.L. 1994. Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, 8: 69-82.

Milani, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 255, 2v pp.

Milani, E.J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: V. Mantesso-Neto et al. (eds.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, São Paulo, Beca, p. 266-279.

Milani, E.J. & Thomaz Filho, A. 2000. Sedimentary basins of South America. In: Cordani, U.G. et al. (eds.) Tectonic evolution of South America, Rio de Janeiro, 31º International Geological Congress. 389-452 p.

Miller, J.M.G. 1996. Glacial Sediments. In: H.G. Reading (ed.) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Oxford. Blackwell Science, p. 454-484.

Mitchum, R.M.; Sangree, J.B.; Vail, P.R.; Wornardt, W.W. 1994, Recognizing sequences and systems tracts from well logs, seismic data, and biostratigraphy: examples from the Late Cenozoic of the Gulf of Mexico: In, P. Weimer & H.W. Posamentier, (eds.), AAPG Memoir 58, p. 163-197.

Mutti, E. & Normark, W.R. 1987. Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: problems and concepts. In: J.K. Leggett & G.G. Zuffa (eds.), Marine Clastic Sedimentology: Concepts and Case Studies, Graham & Trotman, p. 1-18.

Mutti, E. & Ricci-Lucchi, F. 1972. Turbidites of the northern Apennines: Introduction to facies analysis. International Geology Review, 20: 125-166.

Mutti, E. 1992. Turbidite Sandstones. Parma, Agip and Università di Parma, 275 p.

Northfleet, A.A.; Medeiros, R.A.; Muhlmann, H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. Boletim Técnico da Petrobrás, 12:291-346.

O'Leary D.W.; Friedman J.D.; Pohn H.A. 1976. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. Geol. Soc. of Am. Bul., 87:1463-1469.

Oliveira, E.P. 1916. Geologia do Estado do Paraná. Boletim do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 5:67-143.

Oliveira, E.P. 1927. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. Monografia do Serviço Geológico e Mineiro do Brasil, 6:1-169.

Passchier, C.W.; Trouw, R.A.J. 1995. Microtectonics. Springer Verlag. 283 pp.

PCI Geomatica User's Manual. PCI Press, EUA, 2003.

Petri, S. 1948. Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense. Boletim DGM/DNPM. 129:1-125.

Petri, S. 1964. Grupo Tubarão. In: Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo, IGG. p. 56-63. (Boletim 41).

Posamentier, H.W.; Jervey, M.T.; Vail, P.R. 1988. Eustatic control on clastic deposition I - conceptual framework. In: C.K. Wilgus et al. (ed.) Sea-level Changes: an Integrated Approach. Tulsa. SEPM. p.

Posamentier, H.W.; Allen, G.P.; James, D.P.; Tesson, M. 1992. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples and exploration significance. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 76: 1687-1709.

Posamentier, H.W. & Allen, G.P. 1993. Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors. Sedimentary Geology 86, 91-109.

Prazeres Filho, H. J. 2000. Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, Estado do Paraná. São Paulo, 180 p. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Quintas, M.C.L. 1995. Embasamento da Bacia do Paraná: reconstrução geofísica do seu arcabouço. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – Instituto Astronômico e Geofísico, São Paulo, 213 p.

Rocha-Campos, A. C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: Bigarella, J.J., Becker, R.D., Pinto, I.D. (Eds.) Problems in Brazilian Gondwana Geology. UFPR, Curitiba, pp.27-102.

Pickering, K.T.; Hiscott, R.N.; Hein, F.J. 1989. Deep Marine Environments: Clastic Sedimentation and Tectonics. ed. London, Unwin Hyman, 416 p.

Reading, H.G. & Collinson, J.D. 1996. Clastic coasts. In: Reading, H.G. (ed.) Sedimentary environments, processes, facies and stratigraphy. Blackwell Science, Oxford, pp. 154-231.

Ribeiro, H.J.P.S (ed.). 2001. Estratigrafia de Seqüências: Fundamentos e Aplicações. São Leopoldo, Unisinos, 428 p.

Rocha-Campos, A.C. & Rösler, O. 1978. Late Paleozoic faunal and floral sucessions in Paraná Basin, southeastern Brazil. Boletim IG/USP, 9: 1-16.

Rostirolla, S.P.; Mancini, F.; Rigoti, A. 2005. Reativação de Megalineamentos na Evolução Fanerozóica da Placa Sul-Americana. in: X SNET - Curitiba, Resumo Expandido. Aceito em 05 de maio de 2005.

Sanford, R.M. & Lange, F.W. 1960. Basin-study approach to oil evaluation of Paraná Miogeosyncline, South Brazil. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 44(8): 1316-1370.

Schneider, R.L.; Muhlmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R.A.; Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: SBG, 28 Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, 1: 41-65.

Sloss, L.L. 1963. Sequences in the cratonic interior of North América. GSA Bulletin, 74: 93-114.

Soares, P.C.; Landim, P.M.B.; Fulfaro, V.J. 1978. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. GSA Bull, 89: 181-191.

Soares, P.C. & Cava, L.T. 1982. Faciologia e potencial carbonífero da Formação Rio Bonito no norte do Estado do Paraná. 32º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, v.3, p.1120-1134.

Soares, P.C.; Barcelos, P.E.; Csordas, S.M. 1982. Análise, interpretação e integração de lineamentos a partir de imagens (Radar-Landsat) e suas relações com a tectônica da Bacia do Paraná. São Paulo: Relatório RT-342/82, Paulipetro. Consórcio CESP/IPT.

Soares, P.C. 1991. Tectônica sinsedimentar cíclica na Bacia do Paraná – controles. Curitiba (Tese para concurso ao cargo de Professor Titular), Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 131 p.

Souza, P.A.; Lima, M.R.; Saad, A.R. 1993. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo, I – o carvão de Buri. Revista do Instituto Geológico, 14: 5-20.

Souza, P.A., Vesely, F.F.; Assine, M.L. 1999. Contribuição palinológica ao conhecimento do Subgrupo Itararé na Serra dos Paes, sul do Estado de São Paulo. Revista do Instituto Geológico 20:21-27.

Souza, P.A. 2000. Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil). São Paulo. 197 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

Strugale, M. 2002. 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. Curso de Pós-Graduação em Geologia, UFPR, Dissertação de Mestrado, Curitiba, 124 p.

Swift, D.J.P.; Parsons, B.S.; Foyle, A.; Oertel, G.F. 2003. Between beds and sequences: stratigraphic organization at intermediate scales in the Quaternary of the Virginia coast, USA. Sedimentology, 50: 81–111.

Teixeira, G.P & Dutra, E.B. 1934. Carvão mineral no norte do Paraná. DNPM/SFPM, Boletim 4:1-52.

UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2006. Dicionário Histórico e Geográfico dos Campos Gerais. Disponível em: < <http://www.uepg.br/dicion/index.htm>> Acessado em: 08 jan. 2006.

Vail, P.R.; Mitchum, R.M.J.; Todd, R.G.; Widmier, J.M.; Thompson, I.S.; Sangree, J.B.; Bubb, J.N.; Hatlelid, W.G. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: Payton, C. (Ed.), Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG, Tulsa, pp. 49-212.

Van Wagoner, J.C.; Mitchum, R.M.J.; Campion, K.M.; Rahmanian, V.D., 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrop. AAPG, Methods in Exploration 7, 55 p.

Van Wagoner, J.C. & Bertram, G.T. 1995. Sequence Stratigraphy and Marine to Nonmarine Facies Architecture of Foreland Basin Strata, Book Cliffs, Utah, U.S.A. American Association Petroleum Geologists Memoir 64: Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits; Pages 137 – 223.

Vesely, F.F. 2001. Análise de Seqüências em Sucessões Glaciais: Estudo de Caso no Grupo Itararé (C-P), Nordeste do Estado do Paraná. Rio Claro. 119 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).

Vesely, F.F. & Assine, M.L. 2004. Seqüências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Geociências 34: 219-230.

Vesely, F.F. 2005. Dinâmica sedimentar e arquitetura estratigráfica do Grupo Itararé (Carbonífero – Permiano) no centro-leste da Bacia do Paraná. Monografia de Qualificação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 198p.

Vieira, A.J. 1973. Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, 1973. Anais..., v.3, p. 259-277.

Walker, R.G. 1975. Generalized facies models for ressedimented conglomerates of turbidite association. Geological Society of America Bulletin, 86: 737-748.

Walker, R.G. 1990. Facies modeling and sequence stratigraphy. Journal of Sedimentary Petrology, 60: 777-786.

Walker, R.G. & James, N.P. 1992. Facies models: response to sea-level changes. Stittsville, Geological Association of Canadá, 454 p.

White, I.C. 1908. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Rio de Janeiro : DNPM , 1988. Parte I, p.1-300 ; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar)

Williams, D.; Landsat 7 science data users handbook. Disponível em: <[http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_toc.html](http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html)>, acessado em: 20 ago. 2004.

Woodcock, N.H. & Schubert, C. 1994. Continental strike-slip tectonics, in: Hancock, P.L. Continental deformation. Oxford, Pergamon Press, p. 251-263, 421 p.

Yoshida, S. 2000. Sequence and facies architecture of the upper Blackhawk Formation and the Lower Castlegate Sandstone (Upper Cretaceous), Book Cliffs, Utah, USA Sedimentary Geology 136 239–276

Zalán, P.V.; Wolff, S.; Conceição, J.C.J.; Astolfi, M.A.M.; Vieira, I.S.; Appi, V.T.; Zanotto, O.A. 1987. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. Atas do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba. V. 1, p. 441-473.

Zalán, P.V.; Wolff, S.; Astolfi, M.A.M.; Vieira, I.S.; Conceição, J.C.J.; Appi, V.T.; Neto, E.V.S.; Cerqueira, J.R.; Marques, A. 1990. *The Paraná Basin*, Brazil. Tulsa: AAPG Memoir 51, p. 681-708.

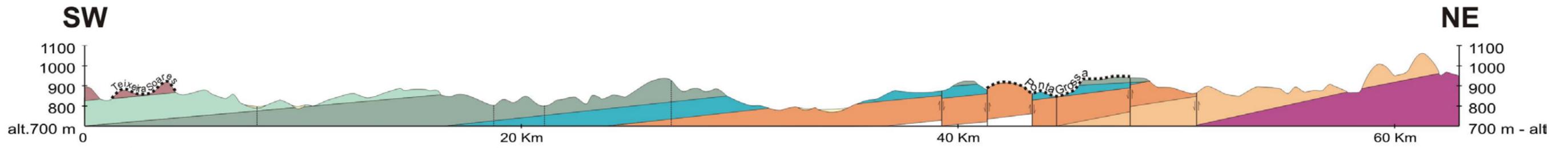
Zerfass, H.; Paim, P.S.G.; Erba, D.A.; Wojahn, D. 2004. Fotoestratigrafia dos depósitos flúvio-deltáicos cambrianos da Sub-Bacia Santa Bárbara, Bacia de Camaquã (Caçapava do Sul, RS). In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia. Araxá. MG. Resumos (meio digital). Simpósio 2 : p 20-21.

Zhong J. 2006. Joint Surface Morphology Description - University of Stanford. Disponível em: <<http://www.stanford.edu/~zhongj/SGKBweb/def/joiSurMor.html#inp>> Acesso em: 10 mar. 2006

## **6. ANEXOS**

## **ANEXO 01**

**Perfil NE-SW da área mapeada**



**Escala do Perfil**

Escala Vertical = 1:1000

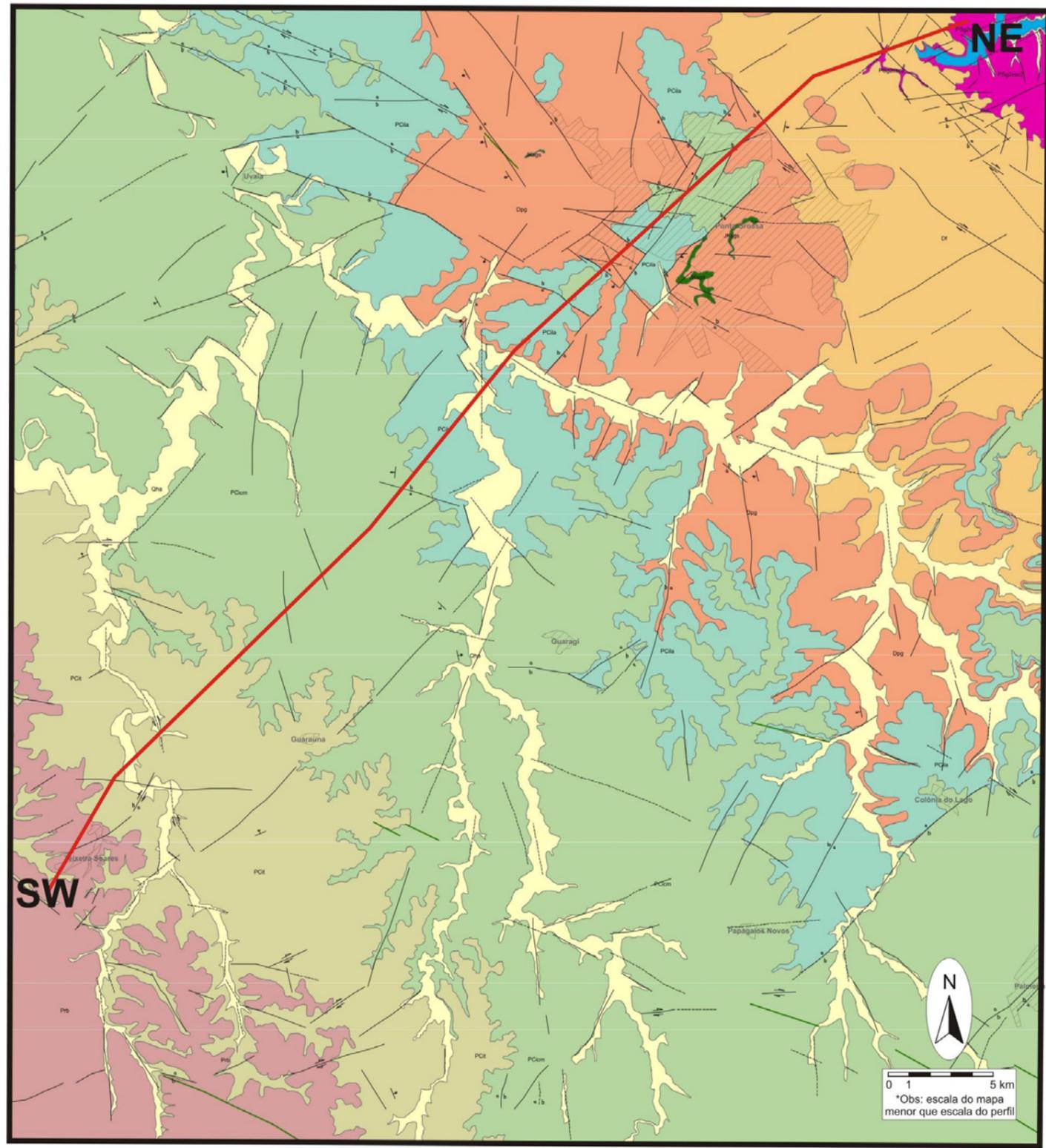
Escala Horizontal = 1:10000

Exagero Vertical = 10x

Mergulho real - Fms Furnas e Ponta Grossa = 2°  
Gr Itararé e Fm Rio Bonito = 1°

Mergulho aparente - Fms Furnas e Ponta Grossa = 12°  
Gr Itararé e Fm Rio Bonito = 5°

- Depósitos Aluvionares
  - Fm Serra Geral
  - Fm Rio Bonito
  - Fm Taciba
  - Fm Campo Mourão
  - Fm Lagoa Azul
  - Fm Ponta Grossa
  - Fm Furnas
  - Embasamento
- 
- falha
  - falha inferida
  - cinemática de falha
  - a bloco alto
  - b bloco baixo
- \*Obs: as falhas apresentam mergulho médio de 80 a 90, os quais não foram demonstrados neste perfil.
- 
- zona urbanizada
  - linha de traçado do perfil



## **ANEXO 02**

**Tabela de localização e unidade  
estratigráfica dos pontos descritos**

RELAÇÃO DE PONTOS DESCRITOS				
ponto	x	y	litotipo	unidade
1	586102	7214810	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
2	585555	7212013	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
3	583146	7211170	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
4	583849	7211692	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
5	580575	7210501	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
6	579830	7209828	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
7	585478	7206783	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
8	588121	7203114	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
9	583109	7200598	Diamictito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
10	573402	7203639	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
11	572724	7202910	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
12	568100	7198367	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
13	559350	7193999	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
14	554245	7192946	Arenito	Fm Rio Bonito
15	555064	7192434	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
16	556516	7191916	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
17	560756	7183787	Arenito	Fm Rio Bonito
18	577744	7220934	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
19	572811	7219426	Arenito	Fm Ponta Grossa
20	569384	7211994	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
21	570867	7212240	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
22	572280	7215075	Diamictito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
23	572218	7216100	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
24	561090	7208267	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
25	565880	7198567	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
26	581669	7222788	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
27	579583	7227126	Arenito	Fm Ponta Grossa
28	561196	7226778	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
29	559757	7225685	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
30	552447	7224335	Diabásio	Fm Serra Geral
31	552871	7225092	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
32	572722	7230611	Arenito	Fm Ponta Grossa
33	572144	7230316	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
34	565825	7228281	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
35	566936	7226655	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
36	568530	7224370	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
37	573954	7222166	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
38	572274	7226274	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
39	574265	7224571	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
40	574591	7224569	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
41	561149	7195250	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
42	561893	7194620	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
43	562300	7192872	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
44	563051	7191208	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
45	563921	7189190	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
46	563909	7188837	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
47	564604	7190414	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
48	564087	7191637	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
49	566013	7194682	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
50	565913	7198409	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
51	557649	7195539	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
52	553006	7201669	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
53	552078	7202080	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
54	556049	7184745	Folhelho/Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba / Fm Rio Bonito

55	566944	7184080	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
56	571221	7183005	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
57	585272	7210776	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
58	585124	7209666	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
59	584950	7208008	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
60	587920	7203360	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
61a	588907	7202525	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
61b	588804	7202623	Folhelho/Arenito	Fm Ponta Grossa / Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
61c	588723	7202641	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
62	589661	7200837	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
63	591374	7200023	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
64	595346	7196709	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
65	598990	7193435	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
66	599603	7191278	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
67	600039	7190016	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
68	591794	7191024	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
69	590854	7191758	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
70	590951	7192316	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
71	586164	7192225	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
72	587931	7194738	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
73	590942	7197497	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
74	586179	7195574	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
75	576364	7182111	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
76	576220	7181634	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
77a	574316	7182335	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
77b	574781	7183244	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
78a	600001	7186612	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
78b	599449	7186557	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
79	586930	7188249	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
80	581949	7197444	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
81	576822	7202515	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
82	571219	7198187	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
83a	568972	7194951	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
83b	569238	7194647	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
84	569679	7193247	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
85	569484	7192421	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
86	569309	7191976	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
87a	571883	7186468	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
87b	571656	7186372	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
87c	571459	7186283	Diamictito/Folhelho	Gr Itararé - Fm Campo Mourão / Fm Taciba
88	570189	7185706	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
89	568554	7184511	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
90	567482	7184389	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
91	567295	7184302	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
92	561536	7181950	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
93	561126	7181219	Diabásio	Fm Serra Geral
94	561388	7183151	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
95	559522	7183146	Arenito	Fm Rio Bonito
96	561891	7184000	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
97	562196	7184579	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
98	563931	7183396	Arenito	Fm Rio Bonito
99	565031	7183379	Arenito	Fm Rio Bonito
100a	566216	7185119	Arenito	Fm Rio Bonito
100b	566168	7185272	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
101a	565551	7185997	Arenito	Fm Rio Bonito
101b	565315	7186205	Arenito	Fm Rio Bonito

102	562599	7187249	Arenito	Fm Rio Bonito
103	561122	7188576	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
104	558264	7189943	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
105	565504	7183374	Arenito	Fm Rio Bonito
106	567047	7181940	Arenito	Fm Rio Bonito
107a	567140	7181841	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
107b	567378	7181946	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
108	567716	7181865	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
109	568319	7181785	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
110	567351	7183684	Arenito	Gr Itararé - Fm Taciba
111	569871	7182794	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
112	575060	7183493	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
113	583759	7186422	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
114	587362	7187030	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
115	588041	7185788	Diabásio	Fm Serra Geral
116	588655	7183138	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
117	589186	7182026	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
118	590145	7181476	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
119	590982	7181267	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
120	599324	7183785	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
121	598702	7183235	Diamictito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
122	595860	7181481	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
123	593478	7180310	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
124	579529	7225959	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
125	576204	7226100	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
126	575061	7225851	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
127	574928	7226850	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
128	574312	7227718	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
129	574004	7228197	Diabásio	Fm Serra Geral
130	573617	7228586	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
131a	574764	7227339	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
131b	574781	7227339	Diabásio	Fm Serra Geral
132	575010	7231797	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
133	574456	7235593	Arenito	Fm Ponta Grossa
134	571387	7230490	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
135	569618	7231539	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
136	568207	7232161	Diamictito/Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul / Fm Campo Mourão
137	567346	7232405	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
138	567047	7232887	Diamictito/Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul / Fm Campo Mourão
139	564507	7235009	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
140	581611	7225766	Conglomerado	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
141	576397	7230502	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
142	570919	7228207	Arenito	Fm Ponta Grossa
143	566347	7231681	Diamictito/Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul / Fm Campo Mourão
144	564074	7232298	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
144	584280	7231018	Arenito	Fm Ponta Grossa
145	564310	7232527	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
146	564185	7232895	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
147	564330	7232991	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
148	564005	7234460	Diamictito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
149	563400	7234392	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
150	559095	7232957	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
151	563026	7231671	Diamictito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
152	582287	7226911	Arenito	Fm Ponta Grossa
153	583968	7230738	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
155	560790	7225470	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão

156	557816	7220254	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
157	552324	7220820	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
158	550590	7221598	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
159	550663	7204569	Arenito	Fm Rio Bonito
160	550507	7204740	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
161	554369	7208755	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
162	557523	7199575	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
163	556951	7196975	Diamictito	Gr Itararé - Fm Taciba
164	585230	7202000	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
165	585592	7200300	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
166	586827	7199748	Diabásio	Fm Serra Geral
167	597132	7196985	Diamictito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
168	599148	7196805	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
169	599715	7200230	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
170	571494	7204716	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
171	571617	7209867	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
172a	570797	7210877	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
172b	570448	7211034	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
173	580216	7222577	Arenito	Fm Ponta Grossa
174	580123	7221265	Arenito	Fm Ponta Grossa
175	582744	7217949	Arenito	Fm Ponta Grossa
176	582239	7221336	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
177	581720	7222074	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
178	582979	7220682	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
179	582877	7223005	Folhelho/Arenito	Fm Ponta Grossa / Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
180	583686	7223564	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
181	597148	7229841	Arenito	Fm Furnas
182	598352	7231011	Granito	Granito Cunhaporanga
183	597446	7231633	Folhelho/Siltito	Fm Iapó
184a	596728	7232027	Granito	Granito Cunhaporanga
184b	595768	7231796	Arenito	Fm Furnas
185a	595056	7231046	Folhelho/Siltito	Fm Iapó
185b	595020	7231089	Granito	Granito Cunhaporanga
185c	595090	7231000	Arenito	Fm Furnas
186	589480	7226690	Arenito	Fm Furnas
187	585803	7225354	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
188a	587034	7227156	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
188b	587168	7227303	Arenito	Fm Ponta Grossa
189	585060	7227240	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
190	584403	7227720	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
191	583810	7227708	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
192	587300	7228784	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
193	587240	7229132	Arenito	Fm Furnas
194	582246	7223669	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
195a	551629	7195366	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
195b	552040	7195285	Arenito	Fm Rio Bonito
196	550339	7201099	Folhelho/Siltito	Gr Itararé - Fm Taciba
197	588215	7217615	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
198	590239	7220830	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
199	590624	7221793	Arenito	Fm Furnas
200	594506	7221120	Arenito	Fm Furnas
201	596200	7220251	Arenito	Fm Furnas
202	593093	7217524	Arenito	Fm Furnas
203	591854	7214330	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
204a	583889	7221267	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
204b	584232	7221056	Diabásio	Fm Serra Geral

205	595204	7213575	Arenito	Fm Furnas
206	599478	7214429	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
207	595576	7212358	Arenito	Fm Furnas
208	595884	7210708	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
209	597690	7208043	Arenito	Fm Furnas
210	601911	7206107	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
211a	600212	7207822	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
211b	600224	7207801	Diamictito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
212	601471	7210497	Diamictito/Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul / Fm Campo Mourão
213	600010	7206720	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
214	598391	7202202	Folhelho/Arenito	Fm Ponta Grossa / Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
215	600459	7204473	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
216	596460	7210023	Arenito	Fm Furnas
217	595561	7208030	Arenito	Fm Furnas
218	587134	7219556	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
219	585374	7220328	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
220	586079	7221245	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
221	585628	7221482	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
222	585172	7222991	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
223a	585449	7224069	Diabásio	Fm Serra Geral
223b	585552	7224239	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
224	584256	7224010	Arenito	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
225	583259	7221678	Diabásio	Fm Serra Geral
226	582590	7223597	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
227	584775	7219211	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
228	581187	7223437	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
229	581768	7224935	Arenito	Gr Itararé - Fm Lagoa Azul
230	581835	7225126	Conglomerado	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
231	582806	7226583	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
232	582806	7226755	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
233	583534	7228082	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
234	583363	7229709	Conglomerado	Gr Itararé - Fm Campo Mourão
235	581254	7225515	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
236	579368	7224348	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa
237	579829	7223539	Folhelho/Siltito	Fm Ponta Grossa

## **ANEXO 03**

### **Descrição dos afloramentos**

**PONTO:** PG 01

**LOCALIZAÇÃO:** 586.102/7.214.810

Afloramento situado em corte de estrada de ferro próximo ao aeroporto de Ponta Grossa.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa, Membro São Domingos

**DESCRIÇÃO:** O litotipo predominante são folhelhos acinzentados com laminação plano-paralela ou lenticular, contendo níveis siltico-arenosos com espessura centimétrica. Esses níveis apresentam base plana e topo ondulado e internamente exibem laminação cruzada unidirecional. Nódulos ferruginosos com alguns milímetros de diâmetro ocorrem disseminados no folhelho. Na porção superior do afloramento os folhelhos são superpostos abruptamente por corpo arenoso de base irregular com cerca de 1 m de espessura, caracterizado por arenitos muito finos a finos com laminação cruzada acanalada/festonada de pequeno porte.

**Fósseis:** Bioturbações verticais indiferenciadas

**Indicadores de paleofluxo:**

Paleocorrente = N75

Azimute de eixo de ondulação = 240

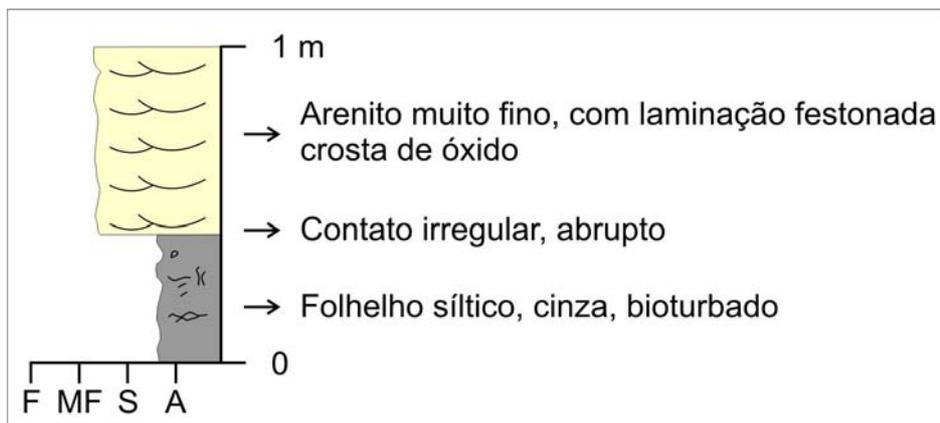
**Estruturas tectônicas:**



Foto PG-01/1 – Aspecto geral do afloramento.



Foto PG-01/2 – Contato abrupto entre folhelho cinza (abaixo) e arenito fino com laminação festonada (acima).



Perfil vertical

**PONTO:** PG 02

**LOCALIZAÇÃO:** 585.555/7.212.013

Afloramento situado em corte de estrada junto ao entroncamento entre as rodovias PR-151 e PR-438.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza ou de cor avermelhada quando alterado, exibindo laminação plano-paralela definida pela interestratificação com lâminas siltico-arenosas onduladas.

**Atitude do acamamento:**

264/05

**Estruturas tectônicas:**

Falhas normais de pequeno rejeito, com basculamento do bloco baixo.



Foto 4788 – Falha normal de baixo ângulo, exibindo basculamento e arqueamento dos estratos no bloco baixo a esquerda.



Croqui do afloramento

---

**PONTO:** PG 03

**LOCALIZAÇÃO:** 583.146/7.211.170  
Afloramento localizado ao lado da rodovia PR-438.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul (?)

**DESCRIÇÃO:** Ocorrem arenitos maciços de coloração castanho-amarelada, granulação fina a grossa e dispostos em camadas de espessura decimétrica com horizontes conglomeráticos na base. Os conglomerados são maciços ou com gradação normal, mal selecionados e com matriz areno-lamítica. A espessura mínima da sucessão é de aproximadamente 10 m.

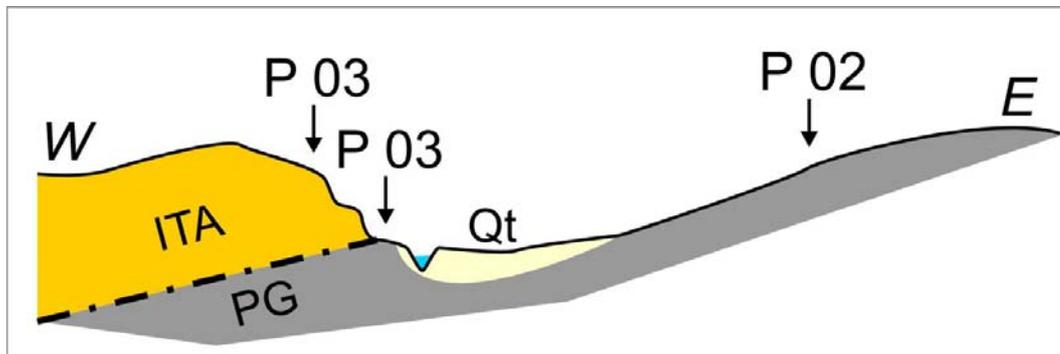
---

**PONTO:** PG 04

**LOCALIZAÇÃO:** 583.849/7.211.692  
Afloramento situado em posição estratigráfica abaixo do anterior, próximo ao talvegue de um vale alinhado na direção NNE (Arroio Santa Rita).

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa, Membro São Domingos (?)

**DESCRIÇÃO:** Os depósitos aluvionares associados ao rio configuram uma pequena planície ligeiramente inclinada para oeste, sendo truncados na parte mais encaixada do vale, sugerindo a existência de falha com atividade cenozóica. O afloramento descrito localiza-se na margem oeste do vale e exhibe siltitos micáceos com laminação plano-paralela ou ondulada.



Seção esquemática com a localização dos pontos 2,3 e 4

---

**PONTO:** PG 05

**LOCALIZAÇÃO:** 580.575/7.210.501

Afloramento na subida de escarpa em direção a Teixeira Soares (PR 438), topograficamente 100 m acima do ponto PG 03.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito avermelhado, de granulação fina a média, maciço ou com sutil estratificação plano-paralela.

---

**PONTO:** PG 06

**LOCALIZAÇÃO:** 579.830/7.209.828

Ponto a 1,5 km do anterior no sentido sudoeste, localizado no alto da escarpa.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenitos semelhantes, finos a médios, de cor avermelhada, maciços ou com estratificação plano-paralela e dispostos em corpos tabulares de espessura decimétrica.

---

**PONTO:** PG-07

**LOCALIZAÇÃO:** 585.478/ 7.206.783

Afloramento situado na estrada Ponta Grossa-Palmeira (PR-151), na altura do km 355, no corte de uma antiga extração de areia.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Observa-se arenito fino a médio, feldspático, avermelhado e disposto em bancos tabulares de 1 a 3 m. Na base da sucessão arenosa predomina fácies maciça, ocorrendo subordinadamente estratificação plano-paralela. Ocorrem feições de fluidização e deformações penecontemporâneas, tais como diápiros e dobras convolutas de grande porte, truncados por pacotes arenosos maciços. Em alguns níveis ocorrem horizontes de *climbing ripples*. Em alguns casos, as deformações penecontemporâneas são aparentemente condicionadas por

fraturas, sugerindo que o fraturamento afetou litologias ainda semiconsolidadas. No topo do corte predominam fácies com estratificação cavalgante de grande porte (*megaclimbing*), evidenciando fluxo para sul.

**Indicadores de paleofluxo:**

Ondulações indicam fluxo para SSE

**Estruturas tectônicas:**

Os principais planos de fratura são horizontais, retílineos e de grande penetratividade, e estão dispostos segundo as direções 248/87 e 295/80.

Eixo de dobra penecontemporânea = 222/06

Plano de fratura = 300/82

Flanco de dobra = 168/45

Flanco de dobra = 305/40



Foto 4797 – Panorama geral do afloramento.



Foto 4789 – Estratificação plano-paralela pouco evidente.

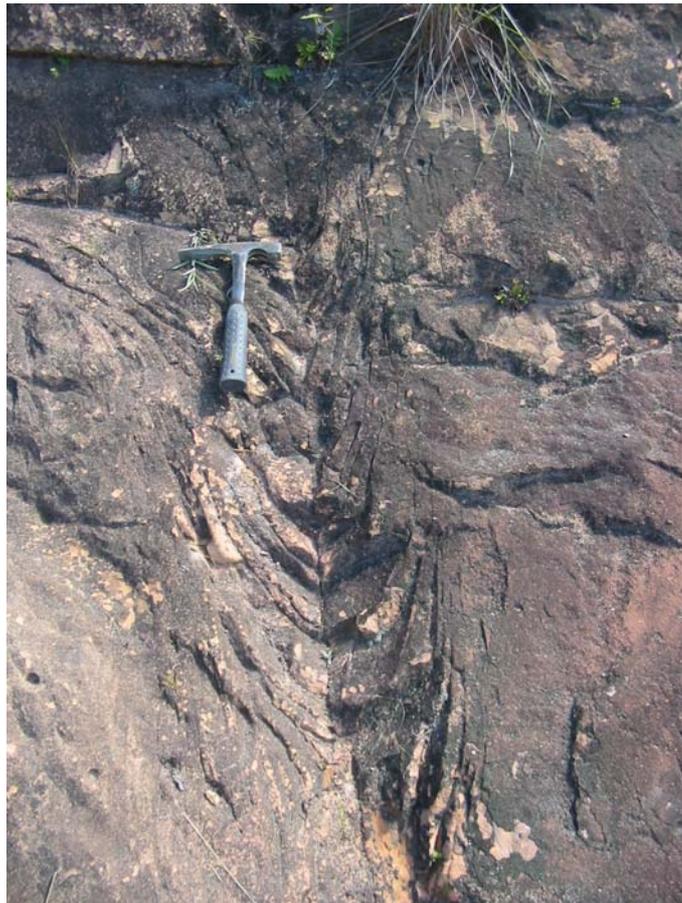


Foto 4792 – Dobra penecontemporânea.



Foto 4795 – Mega *climbing ripples*. Fluxo da direita para a esquerda.



Foto 4790 – Plano de fratura sub-vertical.

---

**PONTO:** PG-08

**LOCALIZAÇÃO:** 585.121/7.203.114

Afloramento em corte de estrada no sentido Ponta Grossa – Palmeira (PR-151), próximo à entrada da Colônia Santa Cruz.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Lagoa Azul, Grupo Itararé

**DESCRIÇÃO:** Ocorre ritmito silte/argila marrom avermelhado, com fratura conchoidal, intercalado a bancos de arenito fino muito alterado, amarelado, aparentemente maciço. Esta intercalação ocorre em pacotes alternados de aproximadamente 3 m de espessura, com predomínio dos termos pelíticos. Ponto situado estratigraficamente abaixo do ponto PG-07.

---

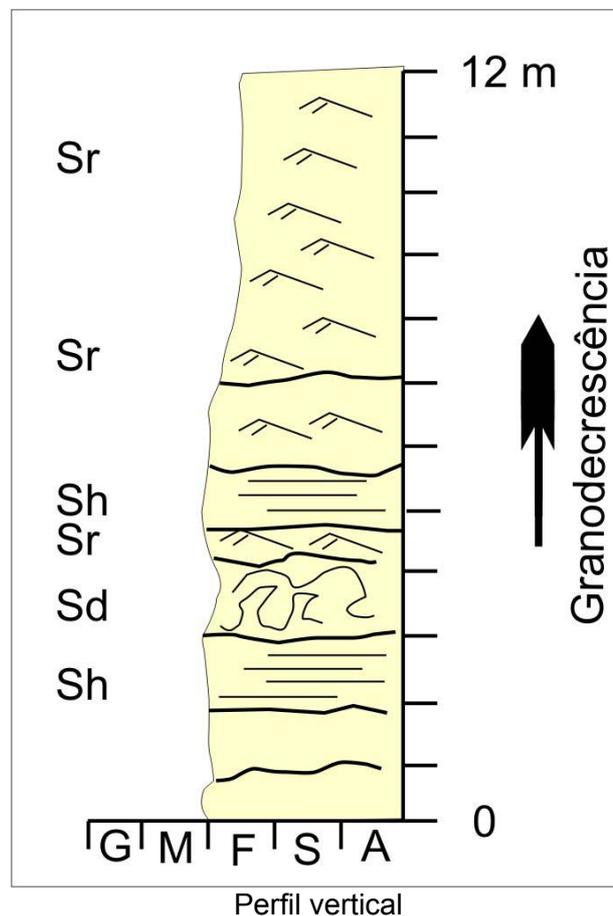
**PONTO:** PG-09

**LOCALIZAÇÃO:** 583.109/7.200.598

Afloramento localizado em estrada secundária a partir da PR-438 no sentido sul (Arroio Santa Rita).

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Lagoa Azul, Grupo Itararé

**DESCRIÇÃO:** Foram observados conglomerados lamíticos intercalados com diamictitos de matriz siltico-arenosa, ambos com grânulos a calhaus polimíticos angulosos a arredondados. A sucessão como um todo apresenta cerca de 3 m e padrão de granodecrescência ascendente, que culmina com folhelho pobre em seixos, de cor avermelhada, com laminação plano-paralela. A associação é semelhante à descrita no ponto PG-03.



---

**PONTO:** PG-10

**LOCALIZAÇÃO:** 573.402/7.203.639

Afloramento na Rodovia Ponta Grossa – Teixeira Soares (PR-483), na altura do km 43, junto à ponte sobre o Rio Guaraúna.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** O litotipo presente é arenito médio a muito fino, amarelado, bem selecionado, síltico e com estratificação cruzada planar ou acanalada de médio a grande porte. Dispõe-se em *sets* lenticulares ou em cunha, exibindo afinamento granulométrico para o topo. Ocorrem feições de deformação penecontemporânea deformando os *sets* de estratificação cruzada, às quais se associam fluidificações, diápiros e estruturas em chama. Planos frontais de estratificação cruzada indicam fluxo para leste (vetor médio = 92; x = 8).

**Indicadores de paleofluxo:**

Paleocorrentes = 76, 94, 20, 150, 95, 76, 95, 120



Foto 4798 – Estratificação cruzada acanalada.



Foto 4799 – Deformação penecontemporânea afetando sets de estratificação cruzada.

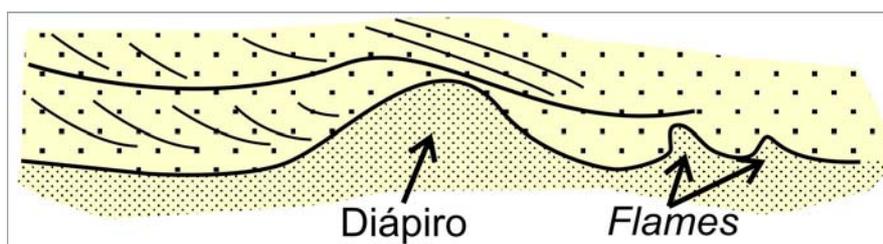


Diagrama esquemático.

---

**PONTO:** PG-11

**LOCALIZAÇÃO:** 572.724/7.202.910

Afloramento localizado em corte de estrada na PR-438, na margem oeste do Rio Guaraúna, próximo ao acesso para a Fazenda Santa Tereza.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Observam-se estratos tabulares basculados para leste ( $15^\circ$  a  $20^\circ$ ) constituídos por diamictito verde acinzentado com blocos de granito de até 1 m e folhelhos seixosos. O diamictito apresenta deformação hidroplástica interna, atestando deposição por fluxos de gravidade. Cada camada constitui ciclo métrico de afinamento para o topo, com diamictitos gradando para folhelhos, exibindo contato abrupto e com sobrecarga na base. Alguns metros para leste, o acamamento está horizontalizado, compondo uma grande dobra homoclinal.

**Atitude de acamamento:**

N74/15

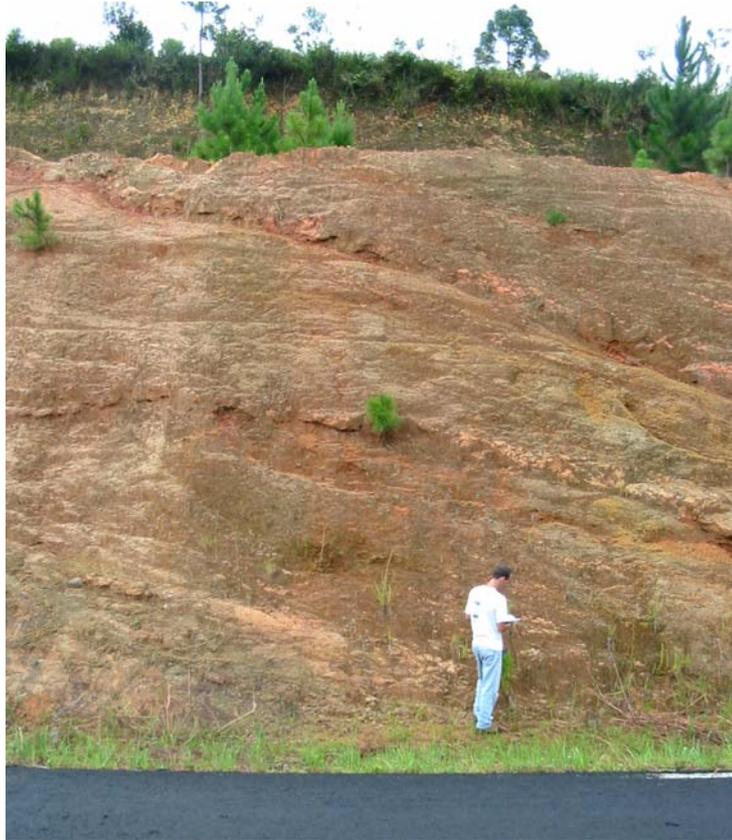


Foto 4801 – Estratos basculados constituídos por diamictitos gradando para folhelhos.



Foto 4800 – Detalhe do diamictito, com destaque para clasto de 20 cm imerso na matriz.

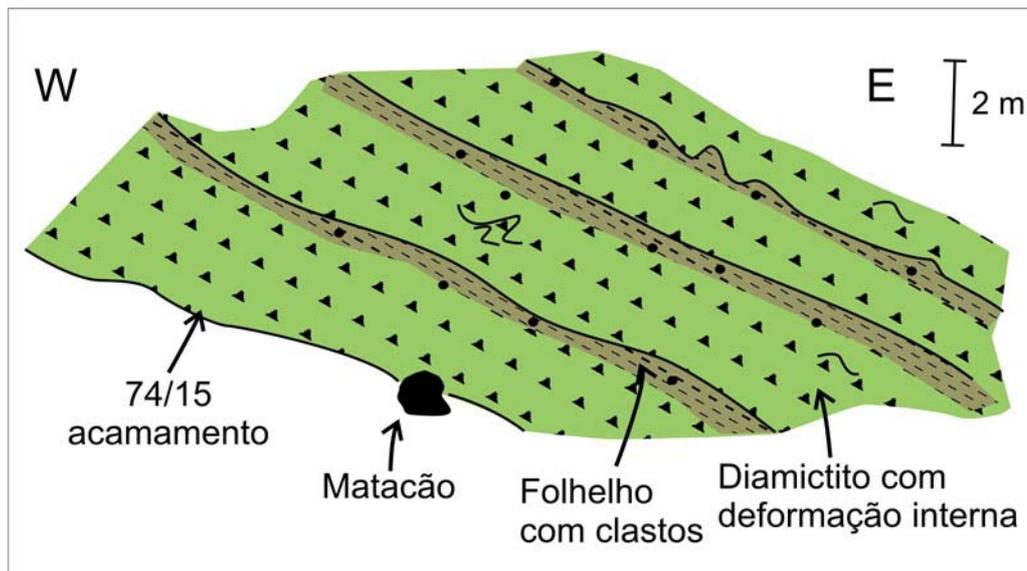


Diagrama esquemático.

**PONTO:** PG-12

**LOCALIZAÇÃO:** 568.100/7.198.367

Corte na rodovia PR-438 próximo à localidade de Guaraúna.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão (Folhelho Guaraúna)

**DESCRIÇÃO:** Folhelho de cor marrom os acinzentada, muito alterado, compondo sucessão de no mínimo 10 m de espessura. Equivale provavelmente à unidade informal conhecida como folhelho Guaraúna, cuja correlação mais adequada é com a metade superior da Formação Campo Mourão.

**PONTO:** PG-13

**LOCALIZAÇÃO:** 559.350/ 7.193.999

Afloramento situado em pedra no vale do Rio D'Areia, 2 km a sul da PR-438.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba (?)

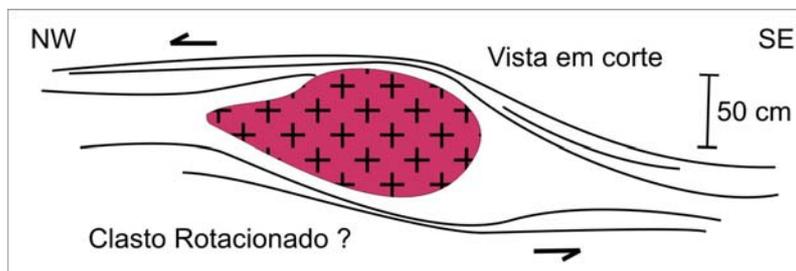
**DESCRIÇÃO:** O litotipo consiste de diamictito cinza, com clastos polimíticos, seixos e blocos de 1 cm até 1 m, maciço, superposto por ritmito. Contém clastos fragmentos irregulares e deformados de outras litologias (mega-intraclastos) com até 4 m de diâmetro, como arenito e conglomerado. Observa-se película de calcita em alguns clastos e preenchendo fraturas. Foi constatado um matacão granítico rotacionado, provavelmente devido ao cisalhamento interno associado ao fluxo de uma massa pouco coerente. O sentido de movimentação (NW) coincide com o paleotalude regional inferido para o Grupo Itararé com base em outros indicadores paleogeográficos. No topo da pedra predomina fácies laminada com menos clastos, com características de decantação e correntes turbulentas de baixa concentração.

**Estruturas tectônicas:**

Planos de fratura e zonas de falha subverticais



Foto 4814 – Matacão granítico rotacionado em meio à matriz do diamictito.



Esquema do matacão rotacionado.

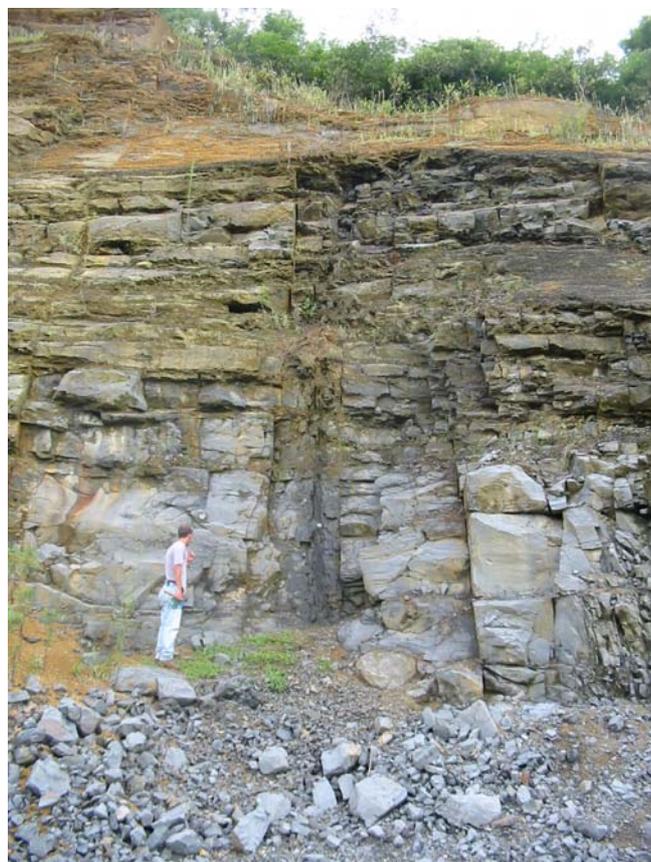
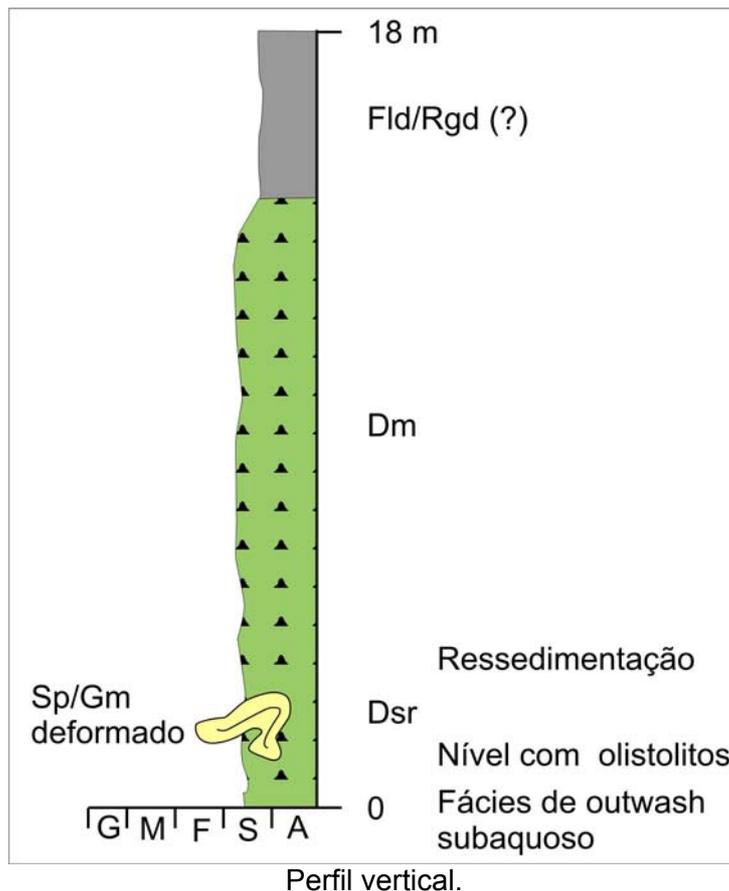


Figura 4815 – Zona de falha subvertical.



**PONTO:** PG-14

**LOCALIZAÇÃO:** 554.245/7.192.946

Afloramento situado em estrada de acesso à gruta de Teixeira Soares.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Observa-se arenito grosso a fino, com cruzadas festonadas de pequeno a médio porte. Na fração mais grossa, o arenito é mal selecionado e imaturo, com estratificação acanalada e *climbing ripples*. Aparentemente trata-se de ciclos com *finning-upward*, capeados por siltitos amarelos com laminação plano-paralela. O conjunto todo afina para o topo e culmina em lamitos avermelhados.

**Indicadores de paleofluxo:**

Paleocorrentes para oeste.

**PONTO:** PG-15

**LOCALIZAÇÃO:** 555.064/7.192.434

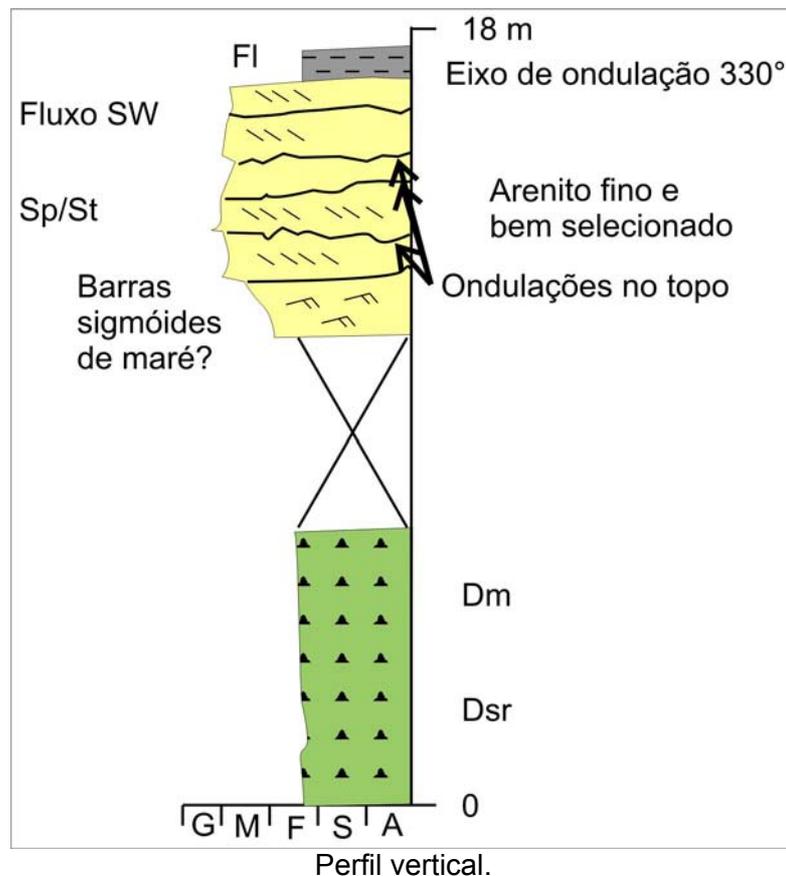
Afloramento situado abaixo do ponto anterior, tanto topograficamente quanto estratigraficamente.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Taciba (Folhelho Passinho).

**DESCRIÇÃO:** Ocorre folhelho cinza, rítmico, intensamente fraturado, sem indícios de clastos caídos. Corresponde à unidade informal denominada de folhelho Passinho, que marca o topo do Grupo Itararé.

### Estruturas tectônicas:

Vários sistemas de fraturas subverticais



**PONTO:** PG-16

**LOCALIZAÇÃO:** 556.516/7.191.916

Afloramento situado na gruta de Teixeira Soares (vale do rio das Almas).

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Taciba (arenito Baitaca)

**DESCRIÇÃO:** A sucessão inicia com diamictito maciço cinza esverdeado (~ 8 m), superposto em contato abrupto por intervalo arenoso (~ 7 m). Os arenitos são finos a médios, dispostos em *sets* sigmóides de estratificação cruzada planar. No topo dos *sets* ocorre laminação ondulada, principalmente *flaser*, e subordinadamente ondulações simétricas, atestando influência conjunta de ondas e marés. A direção preferencial de fluxo indicada pelas estratificações cruzadas é sudoeste. A sucessão arenosa situa-se imediatamente abaixo do folhelho Passinho e representa a unidade informal denominada de arenito Baitaca, portador de fósseis marinhos.

**Indicadores de paleofluxo:**

Azimute do eixo de ondulação = 330°



Foto 4829 – Sets de estratificação cruzada.



Foto 4827 – Laminação ondulada com *drapes* de argila (*flaser*), intercalada com ondulações simétricas.

---

**PONTO:** PG-17

**LOCALIZAÇÃO:** 560.756/7.183.787

Afloramento localizado em estrada de terra entre Teixeira Soares e a BR 277, próximo ao vale do Rio D'Areia.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito, Membro Triunfo

**DESCRIÇÃO:** O litotipo presente é arenito amarelo, com granulação grossa, mal selecionado, feldspático, friável, imaturo textural e mineralogicamente. Apresenta estratificação cruzada planar de médio porte.

---

**PONTO:** PG-18

**LOCALIZAÇÃO:** 577.744/7.220.934

Afloramento localizado na estrada secundária entre Ponta Grossa e Guaraúna.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Observa-se arenito quartzoso, de coloração amarelada, maciço, com granulação de fina à média, moderadamente selecionado e friável.

---

**PONTO:** PG-19

**LOCALIZAÇÃO:** 572.811/ 7.219.426



Foto 4838 - Afloramento nas margens do rio Tibagi, em baixo da ponte da estrada de ferro que liga Ponta Grossa a Guaraúna.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa, Membro Tibagi

**DESCRIÇÃO:** Siltito arenoso amarelado e arenito muito fino, com bastante sericita. Ocorrem pequenos filmes de argila em meio aos arenitos de granulação muito fina. A estratificação é plano-paralela com uma leve inclinação para NE, os pacotes tem aproximadamente 15 cm de espessura, é possível observar alguns truncamentos entre pequenas camadas planares.

---

**PONTO:** PG-19b

**LOCALIZAÇÃO:** 572.811/ 7.219.426



Foto 4845 - Afloramento um pouco acima das margens do rio Tibagi, numa pedreira ao lado do bar.

**UNIDADE ESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Sucessão heterolítica de caráter progradacional, composta por arenitos finos e pequenos níveis de argila. Na base da seção aparecem níveis arenosos maciços, de 3 a 15 cm de espessura, nos quais a ondulação simétrica é marcante, evidenciando fluxo oscilatório bidirecional, capeados por filmes de argila de 1 a 2 cm de espessura. Dentro dos níveis arenosos ocorrem drapes de argila que, provavelmente, foram arrancados do topo do nível argiloso inferior, configurando uma base erosiva para as seqüências. Em direção ao topo os pacotes arenosos ficam mais espessos e os níveis argilosos mais raros, chegando aqueles a atingirem 50 cm de espessura apresentando estratificações cruzadas tangenciais de médio porte, aparentemente de barras litorâneas. As camadas são truncadas entre si.

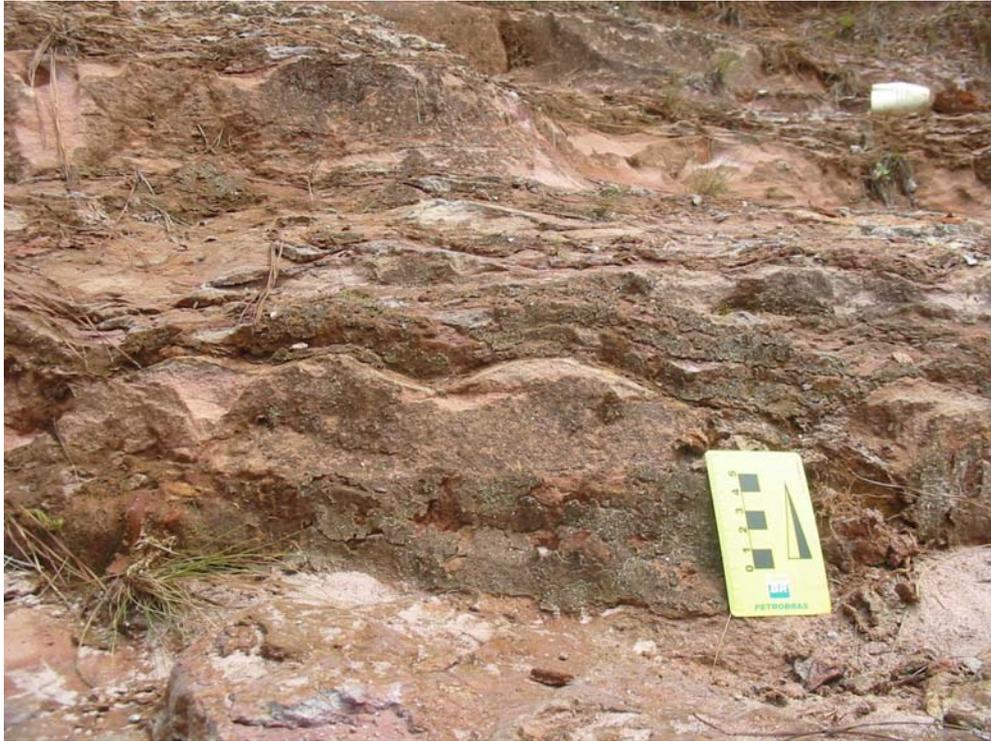


Foto 4840 – Ondulação simétrica.



Foto 4844 – Estratificações cruzadas tangenciais de médio porte.

---

**PONTO:** PG-20

**LOCALIZAÇÃO:** 569.384/7.211.994

Descida da escarpa para afluente do rio Tibagi.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** O litotipo presente é arenito amarelado composto por pacotes de grande espessura. Numa seqüência aparecem turbiditos com gradação inversa na base, que se afinam e tornam-se maciços em direção ao topo, apresentando uns poucos níveis argilosos. Ocorrem pacotes contínuos de arenitos médios com estratificação espinha de peixe e com drapes de argila nos foresets das estratificações, esses pacotes são tabulares, lateralmente contínuos e com base erosiva. Na base de alguns corpos ocorrem clastos de argila, o que pode indicar erosão pelos fluxos.

---

**PONTO:** PG-21

**LOCALIZAÇÃO:** 570.867/7.212.240

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Ritmito de coloração avermelhada com intercalações arenosas.

---

**PONTO:** PG-22

**LOCALIZAÇÃO:** 572.280/7.215.075

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Diamictito lamítico esverdeado, maciço, com poucos clastos e que está próximo ao contato com o aluvião. Está abaixo dos ritmitos do PG-21.

---

**PONTO:** PG-23

**LOCALIZAÇÃO:** 572.218/7.216.100

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Ocorre folhelho rítmico esverdeado com clastos caídos. Este folhelho, quando alterado, tem cor marrom.

---

**PONTO:** PG-24

**LOCALIZAÇÃO:** 561.090/7.208.267

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** O litotipo consiste de folhelhos rítmicos intercalados com arenitos, estes apresentando estratificações cruzadas.

---

**PONTO:** PG-25

**LOCALIZAÇÃO:** 565.880/ 7.198.567

Estrada secundária para sul a partir da PR 438, próxima à olaria de Guaraúna

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Ocorre folhelho cinza esverdeado ou amarelado, conhecido como folhelho Guaraúna.

---

**PONTO:** PG-26

**LOCALIZAÇÃO:** 581.669/7.222.788

Afloramento na beira do contorno da rodovia 376, próximo a um viaduto, em Ponta Grossa

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** pacote arenoso muito espesso, apresentando estratificações cruzadas e deformações penecontemporâneas.

---

**PONTO:** PG-27

**LOCALIZAÇÃO:** 579.583/7.227.126

Corte da ferrovia que vai para NE do Paraná, ao lado da BR 376

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenitos e pelitos do Membro Tibagi, ocorre fácies com Hummocky, de pequeno porte ou plano-paralela. Há uma possível falha entre este ponto e o ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-28

**LOCALIZAÇÃO:** 561.196/ 7.226.778

Estrada para Prudentópolis, à margem esquerda do rio Tibagi

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Espesso pacote arenoso, de aproximadamente 40 metros de espessura, com estratificação cruzada pouco evidente. Ocorrem níveis maciços e truncamentos de baixo ângulo, fácies parecida com a do topo do arenito Vila Velha.

---

**PONTO:** PG-29

**LOCALIZAÇÃO:** 559.757/7.225.685

Rodovia de Ponta Grossa para Prudentópolis, próximo do trevo para Ipiranga.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenitos finos, avermelhados, com laminação plano-paralela. Este pacote está no topo do arenito visto no PG-28.

---

**PONTO:** PG-30

**LOCALIZAÇÃO:** 552.447/ 7.224.335

Bairro Olhos d'Água.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Serra Geral

**DESCRIÇÃO:** solo de cor vermelha, possível diabásio.

---

**PONTO:** PG-31

**LOCALIZAÇÃO:** 552.871/ 7.225.092  
Bairro Olhos d'Água

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Sucessão de arenitos e níveis conglomeráticos, sendo conglomerado na base e arenito fino a médio no topo.

---

**PONTO:** PG-32

**LOCALIZAÇÃO:** 572.722/7.230.611



Foto 4872 - Afloramento na BR 376, estrada para Prudentópolis, cortes junto ao trevo da pista sentido Londrina, do lado esquerdo da pista.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenitos finos intercalados com folhelhos. Os arenitos são amarelados, límpidos, com granulação fina e apresentam estratificação cruzada, disposta de forma contínua lateralmente, dos tipos: hummocky, swaley ou acanalada. Observa-se possíveis mega hummockys. Os bancos arenosos possuem cerca de 1,0 metro de espessura. As camadas argilosas estão intensamente bioturbadas, definindo ciclos de granodecrescência ascendente.



Foto 4862 – Corpos lenticulares de arenitos com estruturas hummocky e megaondulações simétricas.

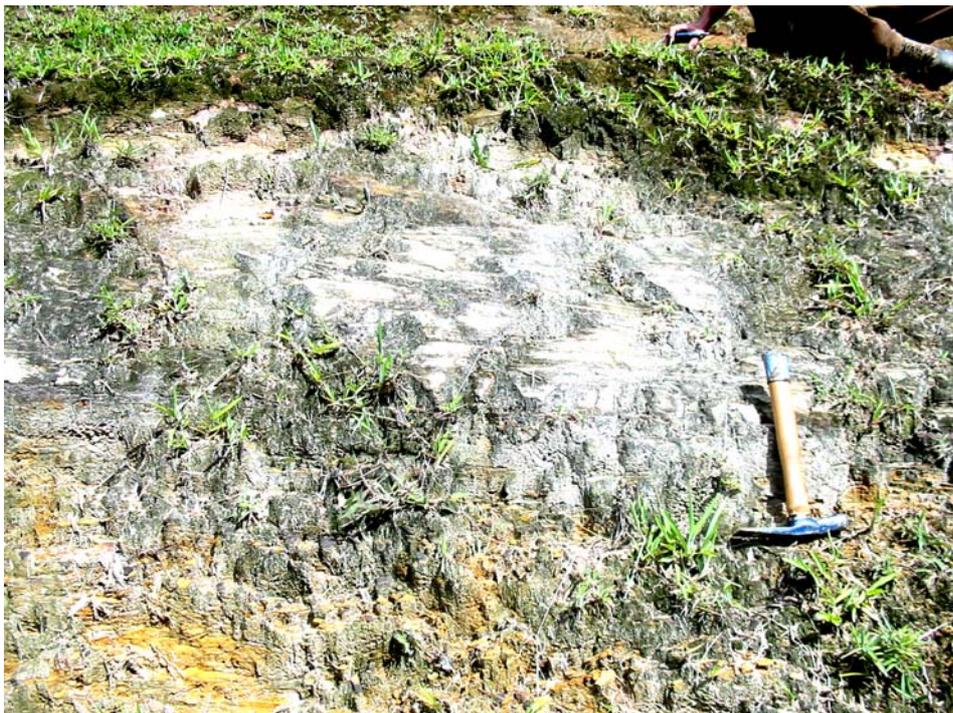


Foto 4871 – Detalhe do acunhamento lateral em arenitos finos bem Selecionados.



Foto 4873 – Intervalo pelítico com laminação plano-parelela e ondulada.

---

**PONTO:** PG-33

**LOCALIZAÇÃO:** 572.144/ 7.230.316

BR 376, estrada para Prudentópolis, cortes 200 metros à frente do trevo, do lado esquerdo da pista sentido Londrina.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** o litotipo principal é arenito com granulação de média a grossa, com estratificação cruzada sigmoidal de médio porte. Acima desse arenito há um arenito argiloso, micáceo, muito bioturbado, semelhante ao do Tibagi.

---

**PONTO:** PG-34

**LOCALIZAÇÃO:** 565.825/ 7.228.281

Rodovia para Prudentópolis

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Folhelho de cor cinza claro, bastante argiloso.

---

**PONTO:** PG-35

**LOCALIZAÇÃO:** 566.936/ 7.226.655

Estrada secundária para Santa Paula.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino, bem selecionado, de cor amarelada, intercalado com horizontes pelíticos. Apresenta estratificação cruzada de médio porte.

---

**PONTO:** PG-36

**LOCALIZAÇÃO:** 568.530/ 7.224.370  
Estrada vicinal entre Uvaia e o bairro de Santa Paula.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Ocorrem arenitos finos a médios, bem selecionados, com estratificação cruzada de médio porte, intercalados a folhelhos amarelados, em sets de 30 centímetros de espessura. A base dos arenitos é abrupta sobre os folhelhos, já os pelitos assentam-se concordantemente sobre os arenitos.

---

**PONTO:** PG-37

**LOCALIZAÇÃO:** 573.954/ 7.222.166

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza com lâminas arenosas, que se encontra estratigraficamente abaixo do litotipo do PG-36.

---

**PONTO:** PG-38

**LOCALIZAÇÃO:** 572.274/ 7.226.274

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho muito argiloso, alterado e de cor amarelada.

---

**PONTO:** PG-39

**LOCALIZAÇÃO:** 574.265/ 7.224.571

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho amarelado fossilífero. Os fósseis observados são, provavelmente, de crinóides.

---

**PONTO:** PG-40

**LOCALIZAÇÃO:** 574.591/ 7.224.569

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho com níveis de arenito argiloso.

---

**PONTO:** PG-41

**LOCALIZAÇÃO:** 561.149/ 7.195.250

PR 438, afloramento no lado esquerdo da estrada secundária que vai para Teixeira Soares, 5 Km antes do rio das Almas.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito siltico-arenoso, disposto em bancos tabulares, rico em clastos polimíticos de 0,1 a 5 centímetros de diâmetro. Provável base da Formação Taciba.

---

**PONTO:** PG-42

**LOCALIZAÇÃO:** 561.893/ 7.194.620

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Na base arenito muito fino a siltico com pequenos clastos dispersos e em direção ao topo folhelho rítmico, sem seixos, com acamamento ligeiramente basculado para NW.

---

**PONTO:** PG-43

**LOCALIZAÇÃO:** 562.300/ 7.192.872

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito siltico-arenoso semelhante ao do afloramento do PG- 41.

---

**PONTO:** PG-44

**LOCALIZAÇÃO:** 563.051/ 7.191.208

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Siltito maciço, de cor cinza e sem indícios de seixos.

---

**PONTO:** PG-45

**LOCALIZAÇÃO:** 563.921/ 7.189.190

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino, muito límpido, bem selecionado, com lentes e intraclastos argilosos. Esse litotipo sustenta a escarpa, está situado abaixo do Diamictito. O arenito exhibe estratificações deformadas hidroplasticamente.

---

**PONTO:** PG-46

**LOCALIZAÇÃO:** 563.909/ 7.188.837

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Sucessão de folhelhos intercalados com Diamictito maciço. Esse litotipo se encontra abaixo do arenito do PG-45.

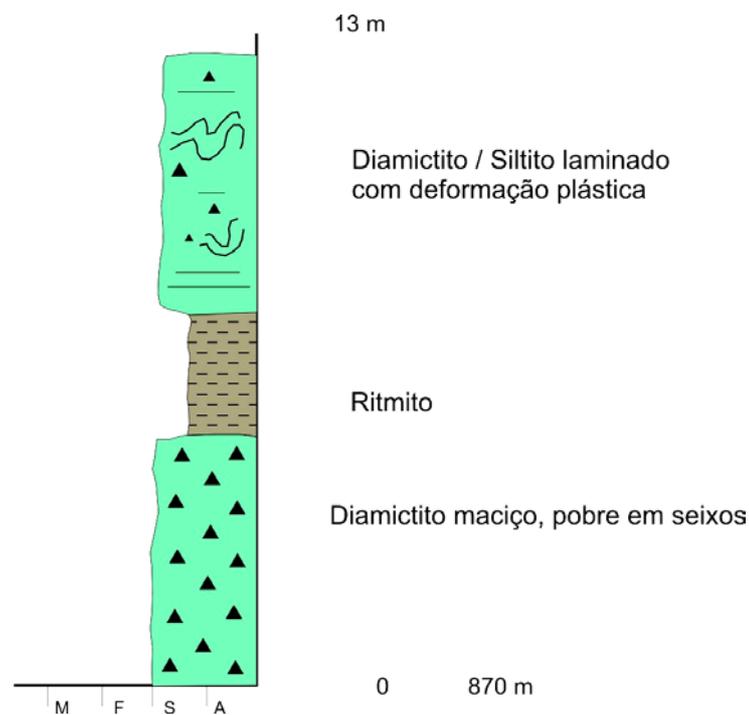
---

**PONTO:** PG-47

**LOCALIZAÇÃO:** 564.604/ 7.190.414

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Espesso pacote siltoso, com poucos clastos dispersos. Há uma seqüência, da base para o topo, composto por: Diamictito maciço, pobre em seixos, ritmito e siltito laminado com deformação plástica.



---

**PONTO:** PG-48

**LOCALIZAÇÃO:** 564.087/ 7.191.637

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito arenoso-siltoso similar ao do PG- 47.

---

**PONTO:** PG-49

**LOCALIZAÇÃO:** 566.013/ 7.194.682

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito arenoso, com muitos intraclastos e uns poucos clastos de grande porte. Rocha semelhante a do PG-41.

---

**PONTO:** PG-50

**LOCALIZAÇÃO:** 565.913/ 7.198.409

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino, bem selecionado, maciço e disposto em bancos tabulares, que passa para siltito em direção ao topo.

---

**PONTO:** PG-51

**LOCALIZAÇÃO:** 557.649/ 7.195.539

Rodovia Guaraúna, PR 438, subida para Teixeira Soares, depois do rio das Almas.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito cinza escuro, com clastos polimífticos de diversas dimensões, do topo do Itararé, muito semelhante ao da Pedreira.

---

**PONTO:** PG-52

**LOCALIZAÇÃO:** 553.006/ 7.201.669

PR 438, Km 9, Teixeira Soares.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito maciço com clastos polimífticos de no máximo 10 centímetros de diâmetro.

---

**PONTO:** PG-53

**LOCALIZAÇÃO:** 552.078/ 7.202.080

Pedreira.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

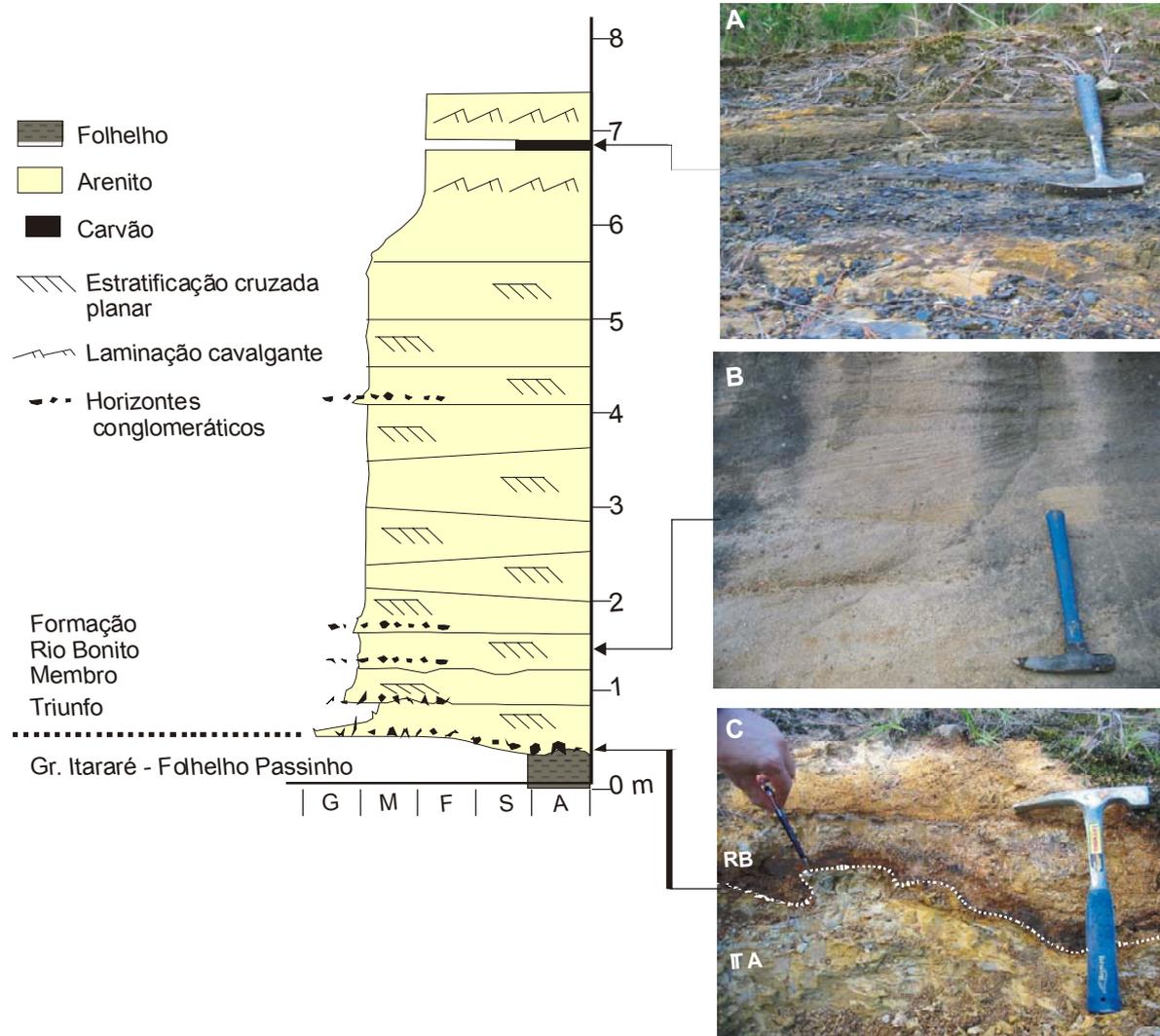
**DESCRIÇÃO:** Diamictito cinza escuro com laminação plano-paralela.

**PONTO:** PG-54

**LOCALIZAÇÃO:** 556.049/ 7.184.745  
BR 277, próximo ao rio das Almas.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba / Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Contato entre Formação Taciba e Formação Rio Bonito. Folhelho Passinho, no qual ocorrem arenitos conglomeráticos brancos na base e carvões de apenas 10 centímetros de espessura no topo.



---

**PONTO:** PG-55

**LOCALIZAÇÃO:** 566.944/ 7.184.080  
BR 277.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Folhelho amarelado.

---

**PONTO:** PG-56

**LOCALIZAÇÃO:** 571.221/ 7.183.005  
BR 277.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito maciço, cinza escuro, pacote com mais de 10 metros de espessura.

---

**PONTO:** PG-57

**LOCALIZAÇÃO:** 585.272/ 7.210.776  
PR 151.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Siltito arenoso e folhelho laminado, com truncamentos de grande comprimento de onda.

---

**PONTO:** PG-58

**LOCALIZAÇÃO:** 585.124/ 7.209.666

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho alterado.

---

**PONTO:** PG-59

**LOCALIZAÇÃO:** 584.950/ 7.208.008  
Antiga pedreira de saibro ao lado da estrada.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito avermelhado, de granulação fina e estrutura aparentemente maciça.

---

**PONTO:** PG-60

**LOCALIZAÇÃO:** 587.920/ 7.203.360

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito vermelho.

---

**PONTO:** PG-61 A

**LOCALIZAÇÃO:** 588.907/ 7.202.525

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Pacote que inicia no PG-61 com folhelho que contem areia dispersa de forma homogênea. Ocorrem alguns níveis com laminação truncada.

---

**PONTO:** PG-61 B

**LOCALIZAÇÃO:** 588.723/ 7.202.641

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Contato entre o folhelho e um arenito conglomerático, o qual contem clastos de folhelho que afinam para o topo e contem estratificação cruzada.

---

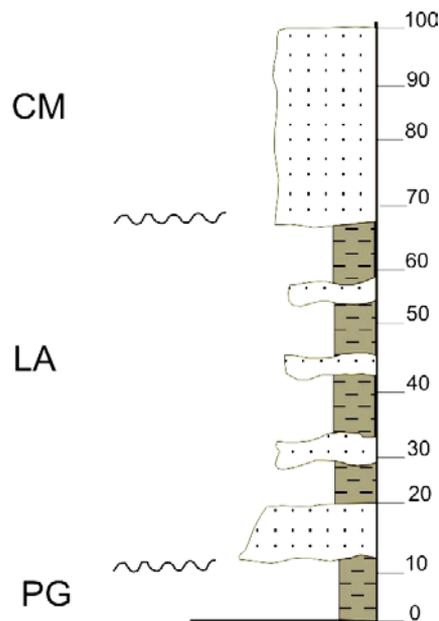
**PONTO:** PG-62

**LOCALIZAÇÃO:** 589.661/ 7.200.837

Estrada entre Ponta Grossa e Palmeira, próximo à ponte do rio Sutil.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito avermelhado, de granulação grossa, mal selecionado e com estratificação cruzada.



---

**PONTO:** PG-63

**LOCALIZAÇÃO:** 591.374/ 7.200.023

Afloramento na margem do Rio Caniú, estrada Ponta Grossa – Palmeira.

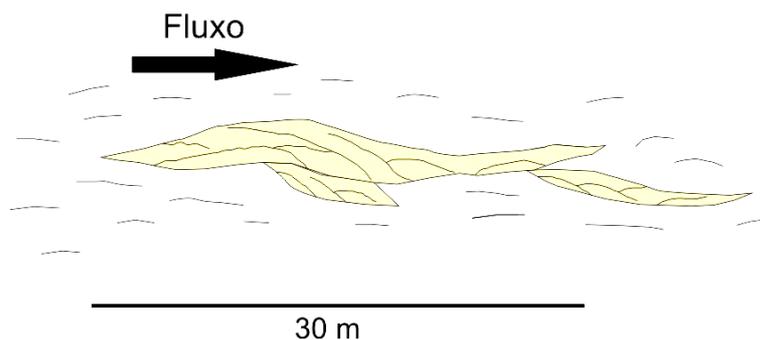
**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho rico em matéria orgânica , observa-se intercalação de níveis com lentes arenosas com ripples lenticulares e sigmoidais, indicando fluxo para N50.



Foto 4888 – Ripples lenticulares e sigmoidais indicando fluxo para N50

Fluxo para N50



---

**PONTO:** PG-64

**LOCALIZAÇÃO:** 595.346/ 7.196.709

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito vermelho

---

**PONTO:** PG-65

**LOCALIZAÇÃO:** 598.990/ 7.193.435  
Colônia Benfica.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** A rocha é um Diamictito amarelado, pobre em clastos.

---

**PONTO:** PG-66

**LOCALIZAÇÃO:** 599.603/ 7.191.278

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito amarelado, imaturo, mal selecionado, granulação média.

---

**PONTO:** PG-67

**LOCALIZAÇÃO:** 600.039/ 7.190.016  
Escarpa na descida para PR 151, no Km 379, Palmeira.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio, com estrutura maciça ou laminada, apresenta deformação e estratificações cruzadas efêmeras.

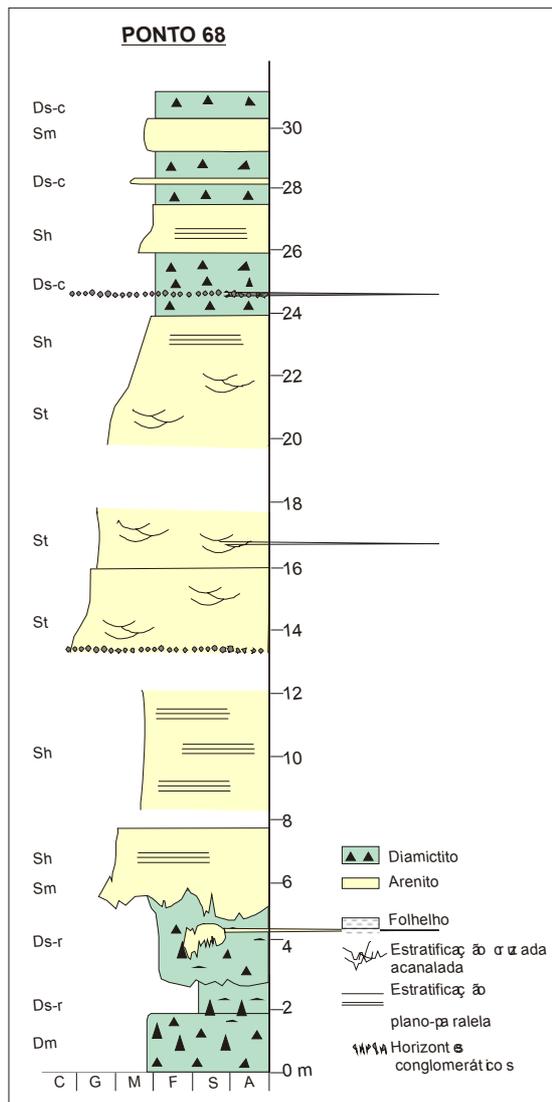
---

**PONTO:** PG-68

**LOCALIZAÇÃO:** 591.794/ 7.191.024  
Estrada secundária para Papagaios Novos, margem esquerda do rio Caniú, escarpa suave.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Diamictito esverdeado, proporção de clastos e textura da matriz variáveis (elutriacao), megaclastos (olistolitos) de arenito estratificado, com feições de injeção e sobrecarga. Diques clásticos, fácies de slump / debris flow.



**PONTO:** PG-69

**LOCALIZAÇÃO:** 590.854/ 7.191.758  
Colônia Vilinha.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Ritmito e folhelho rítmico com clastos caídos, camadas tabulares de arenito com granulação muito fina. Foram observadas pistas fosseis. Este litotipo se encontra estratigraficamente acima do ponto anterior.

**PONTO:** PG-70

**LOCALIZAÇÃO:** 590.951/ 7.192.316

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Folhelho e ritmito com clastos caídos, litotipo semelhante ao do ponto anterior. Observou-se um contato abrupto entre o folhelho e o ritmito.

---

**PONTO:** PG-71

**LOCALIZAÇÃO:** 586.164/ 7.192.225

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito branco, com granulação variando de muito fina a fina, limpo, com estratificação plano-paralela e matriz siltica.

---

**PONTO:** PG-72

**LOCALIZAÇÃO:** 587.931/ 7.194.738

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio, de cor amarelada, pobre a moderadamente selecionado, semelhante à Lapa Vila Velha. Define uma escarpa pronunciada, em ambos lados do vale. Topograficamente acima da Vila de Papagaios Novos. Apresenta laminação plano paralela ou sigmoidal mal desenvolvida.

---

**PONTO:** PG-73

**LOCALIZAÇÃO:** 590.942/ 7.197.497

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino, amarelado.

---

**PONTO:** PG-74

**LOCALIZAÇÃO:** 586.179/ 7.195.574

Fazenda Santo Antonio do Tesouro.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Lajes de arenito (casco de tartaruga), semelhante ao de Vila Velha.

---

**PONTO:** PG-75

Saibreira em localidade a sul da BR 277, arroio Campestre.

**LOCALIZAÇÃO:** 576.364/ 7.182.111

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Bancos tabulares de arenito médio a fino, com laminação mal desenvolvida e mega climbing.

---

**PONTO:** PG-76

**LOCALIZAÇÃO:** 576.220/ 7.181.634

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito siltito com grânulos (diamictito), bastante compactado e com clastos estriados (tilito)

---

**PONTO:** PG-77

**LOCALIZAÇÃO:** 574.316/ 7.183.244

Base da escarpa pronunciada, de direção leste-oeste.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Siltito maciço com clastos esparsos (menos que 1%), grânulos e seixos, aparecem raros calhaus. Passagem transicional para diamictito (entre 1 e 5%). Fácies semelhante ao do ponto anterior, mas apresentando um menor grau de compactação.

---

**PONTO:** PG-77b

**LOCALIZAÇÃO:** 574.781/ 7.183.244

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza, que esta acima do ponto anterior. Alguns níveis são rítmicos (varvitos) e apresentam grande quantidade de material caído de gelo flutuante, principalmente clastos de rocha sedimentar e intraclastos. Afloramento semelhante ao do ritmito de Rio Negro – Mafra, equivalente ao folhelho Guaraúna.

---

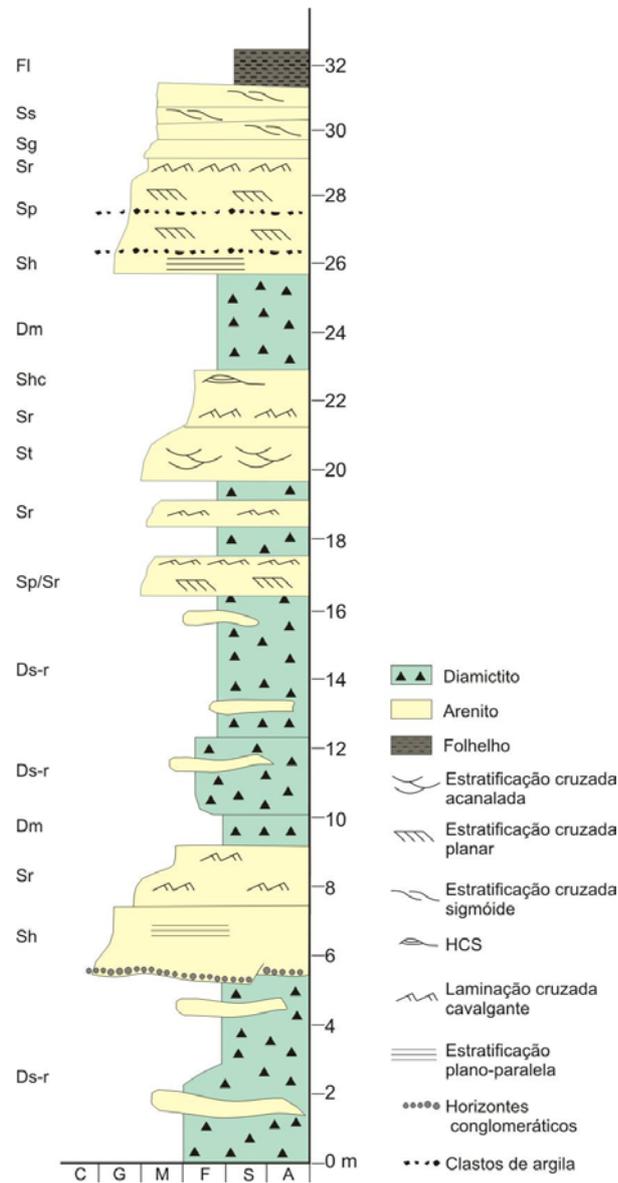
**PONTO:** PG-78

**LOCALIZAÇÃO:**

BR-277, Palmeira, perfil na subida para a passarela.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:**



**PONTO:** PG-79

**LOCALIZAÇÃO:** 586.930/7.188.249  
Colônia Maciel.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito de cor amarelada com matacões.

**PONTO:** PG- 80

**LOCALIZAÇÃO:** 581.949/7.197.444

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito pobre em clastos, grânulos. Sistema de fraturas 112/79, com pequenas zonas de cisalhamento preenchidas por óxidos.

---

**PONTO:** PG-81

**LOCALIZAÇÃO:** 576.822/7.202.515  
Subida para Guaragi.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito grosso a médio pobremente selecionado com clastos de argila. Há horizontes conglomeráticos e estratificação cruzada tabular de médio porte.

---

**PONTO:** PG-82

**LOCALIZAÇÃO:** 571.219/7.198.187  
Estrada para Sul, paralela ao rio Guaraúna.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito com clastos pequenos, matriz siltico arenosa, cor amarelada. Ocorrem pacotes arenosos maciços com granulação fina, mas estes são pouco expressivos, predominando Diamictitos.

---

**PONTO:** PG-82b

**LOCALIZAÇÃO:** 571.121/7.198.069

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a muito fino, aparentemente maciço, com matriz siltosa, bem selecionado com algumas intercalações de siltito. Pacote com aproximadamente 5 metros de espessura.

---

**PONTO:** PG-83

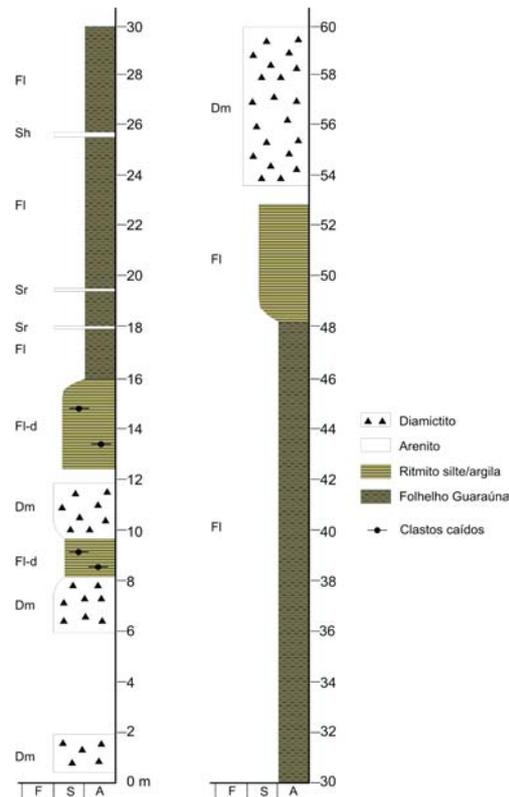
**LOCALIZAÇÃO:** 568.972/7.194.951



Foto 4920 – Escarpa que marca o contato entre as formações Campo Mourão e Taciba

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito amarelado com matriz siltosa e clastos de pequeno porte. Aparentemente encontra-se na porção médio-superior da escarpa presente na região e que pode representar a base da Formação Taciba. 15 metros abaixo do Diamictito ocorre um folhelho várvido com no mínimo 30 metros de espessura que provavelmente representa o folhelho Guaraúna (topo da Formação Campo Mourão).



**PONTO:** PG-84

**LOCALIZAÇÃO:** 569.679/7.193.247  
Saibreira de argila abandonada.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza claro, várvido na base, sotoposto a ritmito (silte+argila / areia muito fina). O folhelho apresenta horizontes de siltito, sendo mais heterogêneo e menos argiloso que o do ponto anterior.



Foto 4925 - Contato abrupto entre folhelho e ritmito.

---

**PONTO:** PG-85

**LOCALIZAÇÃO:** 569.484/7.192.421  
Margem esquerda do rio Guarauninha (escarpa).

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Folhelho semelhante ao do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-86

**LOCALIZAÇÃO:** 569.309/7.191.976

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito com matriz síltico-arenosa, rico em clastos, matacões facetados e estriados, na base de um espesso pacote argiloso. Estratigraficamente abaixo do litotipo do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-87a

**LOCALIZAÇÃO:** 571.883/7.186.468

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito maciço, com matriz siltico arenosa e clastos de pequeno porte, disposto em bancos tabulares que afinam no topo para folhelho.

---

**PONTO:** PG-87b

**LOCALIZAÇÃO:** 571.656/7.186.372

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito cinza escuro, pacote com aproximadamente 30 metros de espessura. Ocorrem clastos facetados (grânulos e seixos).

---

**PONTO:** PG-88

**LOCALIZAÇÃO:** 570.189/7.185.706  
Margem esquerda do rio Guarauninha.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito alterado, cor verde amarelado.

---

**PONTO:** PG-89

**LOCALIZAÇÃO:** 568.554/7.184.511

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito alterado, o mesmo que ocorre no ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-90

**LOCALIZAÇÃO:** 567.482/7.184.389

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito, há duas quebras de relevo importantes acima da pedreira.

---

**PONTO:** PG-91

**LOCALIZAÇÃO:** 567.295/7.184.302



Foto 4929 – Escarpa que marca o contato entre as formações Rio Bonito e Taciba.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, muito bem selecionado com estratificação cruzada de médio porte. Esse arenito sustenta uma importante escarpa.

---

**PONTO:** PG-92

**LOCALIZAÇÃO:** 561.536/7.181.950

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza claro, Itararé.

---

**PONTO:** PG-93

**LOCALIZAÇÃO:** 561.126/7.181.219

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Serra Geral

**DESCRIÇÃO:** Diabásio.

---

**PONTO:** PG-94

**LOCALIZAÇÃO:** 561.338/7.183.151

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Lamito amarelado, igual ao do ponto 92.

---

**PONTO:** PG-95

**LOCALIZAÇÃO:** 559.522/7.183.146

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio a grosso, mal selecionado, imaturo, friável com estratificação cruzada. Sets com granodecrescência ascendente e lâminas (drapes) de argila.

---

**PONTO:** PG-96

**LOCALIZAÇÃO:** 561.891/7.184.000

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a muito fino com laminação paralela.

---

**PONTO:** PG-97

**LOCALIZAÇÃO:** 562.196/7.184.579

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Siltito laminado maciço estratigraficamente a cima do litotipo do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-98

**LOCALIZAÇÃO:** 563.931/7.183.396

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio a grosso, imaturo, feldspático e friável. Com estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, disposta em sets truncados.

---

**PONTO:** PG-99

**LOCALIZAÇÃO:** 565.031/7.183.379

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Mesmo litotipo do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-100

**LOCALIZAÇÃO:** 566.216/7.185.119

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino, limpo, bem selecionado, alterado. Observou-se níveis de granulação mais grossa e friáveis.

---

**PONTO:** PG-100b

**LOCALIZAÇÃO:** 566.168/7.185.272

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Lamito amarelado, provável contato Grupo Itararé / Formação Rio Bonito.

---

**PONTO:** PG-101

**LOCALIZAÇÃO:** 565.315/7.186.205 (979 m)

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, friável com estratificação cruzada.

---

**PONTO:** PG-101b

**LOCALIZAÇÃO:** 565.315/7.186.205

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenitos com camadas de carvão de mais ou menos 30 cm de espessura. Poucos metros acima do Itararé.

---

**PONTO:** PG-102

**LOCALIZAÇÃO:** 562.599/7.187.249

Descida da escarpa para o Vale da Loirinha

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito grosso friável.

---

**PONTO:** PG-103

**LOCALIZAÇÃO:** 561.122/7.188.576

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito com matações, localizada abaixo da escarpa do arenito Baitaca.

---

**PONTO:** PG-104

**LOCALIZAÇÃO:** 558.264/7.189.943

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Folhelho de cor cinza amarelada, Passinho.

---

**PONTO:** PG-105

**LOCALIZAÇÃO:** 565.504/7.183.374  
Pedreira antiga na BR-277.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio a grosso, friável, imaturo (Triunfo), micáceo, com estratificação cruzada de grande porte. Têm-se horizontes de arenito com estratificação plano-paralela.

---

**PONTO:** PG-106

**LOCALIZAÇÃO:** 567.047/7.181.940

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito semelhante ao do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-107

**LOCALIZAÇÃO:** 567.140/7.181.841

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza claro a amarelado (Passinho).

---

**PONTO:** PG-107b

**LOCALIZAÇÃO:** 567.378/7.181.946

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito fino, síltico e de cor branca. Está abaixo do folhelho Passinho.

---

**PONTO:** PG-108

**LOCALIZAÇÃO:** 567.716/7.181.865

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito com intercalações de folhelho rítmico. Litotipo aparentemente abaixo do arenito Baitaca, o qual não foi observado nesta seção por falta de afloramento.

---

**PONTO:** PG-109

**LOCALIZAÇÃO:** 568.319/7.181.785

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Folhelho com intercalações representadas por seqüências turbidíticas D e E ou C, D e E, de 10 centímetros de espessura. Todo o ciclo parece ter um engrossamento para cima, limitado por uma superfície de afogamento.



Foto 4930 – Ritmito com thickening upward.

---

**PONTO:** PG-110

**LOCALIZAÇÃO:** 567.351/7.183.684

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito fino a fino, límpido, com estratificação cruzada planar de médio porte, indicando fluxo para Norte.

---

**PONTO:** PG-111

**LOCALIZAÇÃO:** 569.871/7.182.794

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito interestratificado com ritmito contendo climbing ripples. Deformação penecontemporânea com basculamento e dobra aberta.

---

**PONTO:** PG-112

**LOCALIZAÇÃO:** 575.060/7.183.431

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza esverdeado, sem indícios de clastos. Provável topo do Campo Mourão (Folhelho Guaraúna; logo abaixo do Diamictito do Taciba).

---

**PONTO:** PG-113

**LOCALIZAÇÃO:** 583.759/7.186.422

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito fino com laminação plano-paralela, corpos tabulares limitados por horizontes argilosos.

---

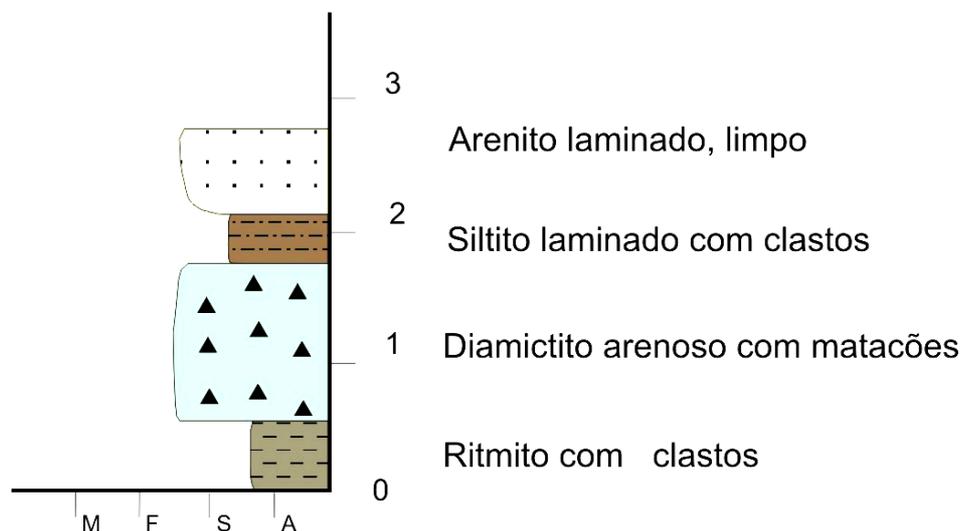
**PONTO:** PG-114

**LOCALIZAÇÃO:** 587.362/7.187.030

Estrada para sul da BR-277.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Intercalação complexa de ritmitos com clastos de diversos tamanhos, com níveis conglomeráticos caóticos sobre os quais ocorrem arenitos limpos e finos.



---

**PONTO:** PG-115

**LOCALIZAÇÃO:** 588.041/7.185.788

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Serra Geral

**DESCRIÇÃO:** Dique composto por rocha ígnea básica-intermediária com esfoliação esferoidal, textura porfirítica com fenocristais de feldspato prismático. Fraturas com planos estriados.  
Plano: 96/85  
Estria: 350/17

---

**PONTO:** PG-116

**LOCALIZAÇÃO:** 588.655/7.183.138

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito com matriz fina, marrom, com matacões facetados e estriados.

---

**PONTO:** PG-117

**LOCALIZAÇÃO:** 589.186/7.182.026

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito semelhante ao do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-118

**LOCALIZAÇÃO:** 590.145/7.181.476

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Lages de arenito fino a médio, amarelado com estratificação cruzada de baixo ângulo planar.

---

**PONTO:** PG-119

**LOCALIZAÇÃO:** 590.982/7.181.267

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito semelhante ao do afloramento anterior.

---

**PONTO:** PG-120

**LOCALIZAÇÃO:** 599.324/7.183.785

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictito siltico arenoso, maciço.

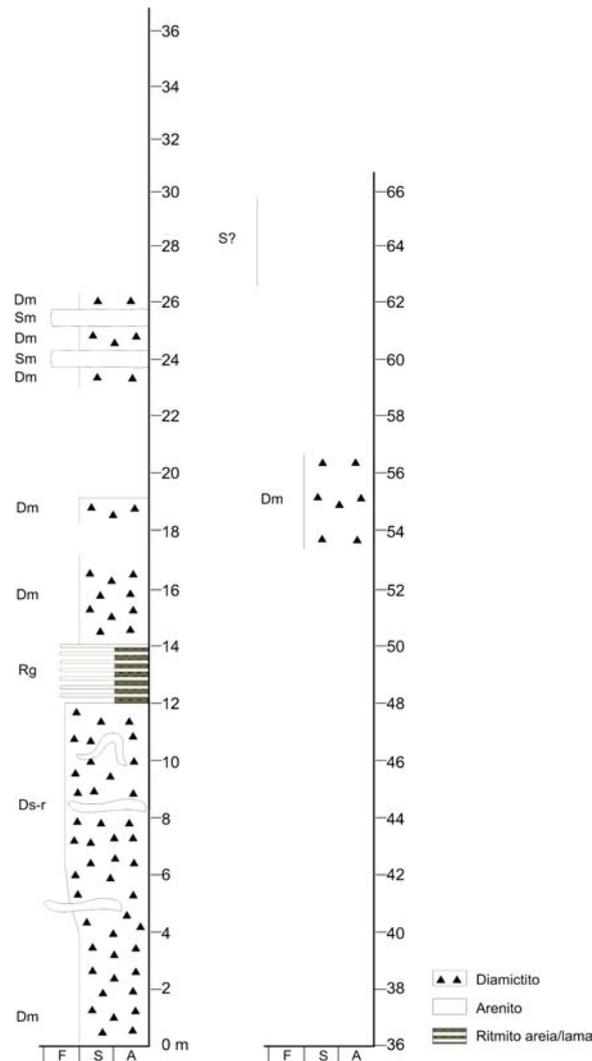
---

**PONTO:** PG-121

**LOCALIZAÇÃO:** 598.702/7.183.235

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

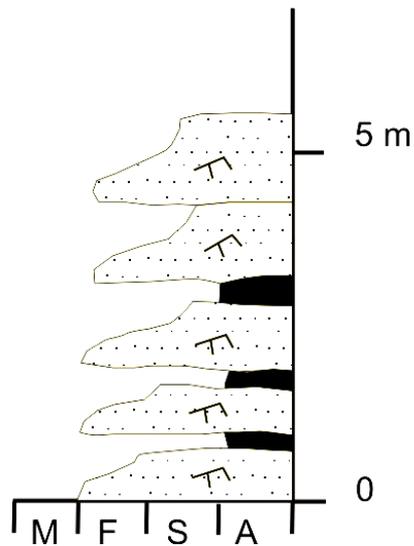
**DESCRIÇÃO:**



**PONTO:** PG-122

**LOCALIZAÇÃO:** 595.860/7.181.481

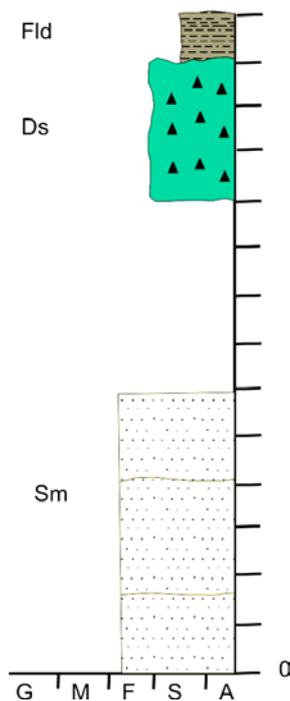
**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão



**PONTO:** PG-123

**LOCALIZAÇÃO:** 593.478/7.180.310

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão



**PONTO:** PG-124

**LOCALIZAÇÃO:** 579.529/7.225.959

Estrada secundária próxima à oficina mecânica do chulé.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito, síltico, de cor amarelada e com bioturbações. Bandas de deformação com até 20 centímetros de largura.

---

**PONTO:** PG-125

**LOCALIZAÇÃO:** 576.204/7.226.063

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho verde claro.

---

**PONTO:** PG-126

**LOCALIZAÇÃO:** 575.061/7.225.851

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho. Fraturas preenchidas por óxidos.

---

**PONTO:** PG-127

**LOCALIZAÇÃO:** 574.928/7.226.850

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho e siltito arenoso, amarelado com pequenas estratificações.

---

**PONTO:** PG-128

**LOCALIZAÇÃO:** 574.312/7.227.718

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho.

---

**PONTO:** PG-129

**LOCALIZAÇÃO:** 574.004/7.228.197

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Serra Geral

**DESCRIÇÃO:** Solo avermelhado com blocos de diabásio.

---

**PONTO:** PG-130

**LOCALIZAÇÃO:** 573.617/7.228.586

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho. Acamamento basculado 250/20.

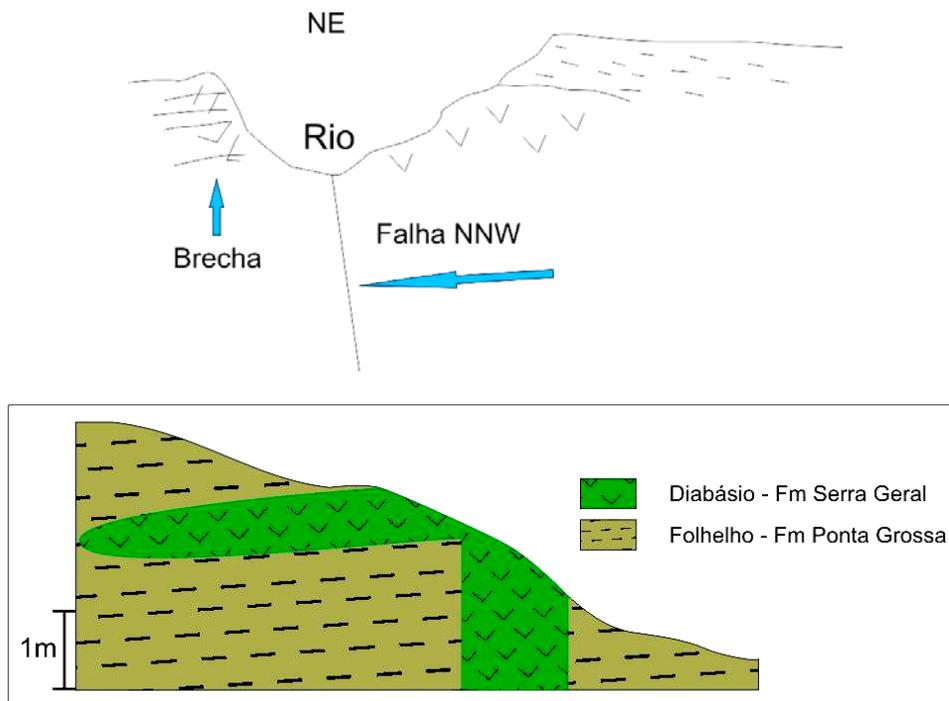
---

**PONTO:** PG-131

**LOCALIZAÇÃO:** 574.764/7.227.339

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa / Formação Serra Geral

**DESCRIÇÃO:** Folhelho com aspecto brechado, muito silicificado, em contato com soleira de diabásio. Aparentemente ocorre uma falha N30W, explicada pelos sigmóides presentes na brecha. Rio encaixado em zona de falha.



---

**PONTO:** PG-132

**LOCALIZAÇÃO:** 575.010/7.231.797  
Estrada para o norte da BR-376.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho.

---

**PONTO:** PG-133

**LOCALIZAÇÃO:** 574.456/7.235.593

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito fino, micáceo, de cor amarelada, com estratificação plano-paralela.

---

**PONTO:** PG-134

**LOCALIZAÇÃO:** 571.387/7.230.490  
BR-376 após o trevo para Prudentópolis.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho com fragmentos de concha.

---

**PONTO:** PG-135

**LOCALIZAÇÃO:** 569.618/7.231.539

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito avermelhado, granulação média, mal selecionado, com cimento ferruginoso. Estrutura maciça ou com deformação penecontemporânea associada a lamina de argila.

---

**PONTO:** PG-136

**LOCALIZAÇÃO:** 568.207/7.232.161

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul / Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenitos ruiformes sobre Diamictitos. Afloramento do contato da Formação Lagoa Azul com Campo Mourão.

---

**PONTO:** PG-137

**LOCALIZAÇÃO:** 567.346/7.232.405

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito grosso a fino, localmente seixoso, pobre a moderadamente selecionado, clastos de argila vermelha. Estratificação mal definida e injeções de folhelho marrom.

---

**PONTO:** PG-138

**LOCALIZAÇÃO:** 567.047/7.232.887

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul / Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenitos amarelados em contato irregular sobre lamitos avermelhados, esse contato é marcado por uma superfície completamente irregular, com estruturas de sobrecarga. Zona de contato entre Formação Lagoa Azul e Campo Mourão.



Foto 4933 – Contato marcado por estruturas de sobrecarga.

---

**PONTO:** PG-139

**LOCALIZAÇÃO:** 564.507/7.235.009

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito em corpos tabulares amalgamados, empilhamento com thinig-upward.

---

**PONTO:** PG-140

**LOCALIZAÇÃO:** 581.611/7.225.766

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio a conglomerático, mal selecionado, níveis de calhaus facetados. Sets de estratificação acanalada de grande porte.

---

**PONTO:** PG-141

**LOCALIZAÇÃO:** 576.397/7.230.502

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, feldspático, moderadamente selecionado.

---

**PONTO:** PG-142

**LOCALIZAÇÃO:** 570.919/7.228.207

Estrada de terra saindo da rodovia para Prudentópolis

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito fino, amarelado, micáceo com matriz argilosa.

---

**PONTO:** PG-143

**LOCALIZAÇÃO:** 566.347/7.231.681  
Estrada vicinal para Ponte Nova / Ponta Grossa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul / Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Folhelho marrom no topo da Formação Lagoa Azul, logo abaixo das ruínas de arenito da Formação Campo Mourão. Inclusões de arenito, zona de contato com deformações penecontemporâneas.

---

**PONTO:** PG-144

**LOCALIZAÇÃO:** 564.074/7.232.298

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza claro, amarelo quando alterado, com níveis arenosos. Exibe uma deformação de aspecto caótico, com dobramentos e faixas oxidadas semelhantes a bandas de deformação.

---

**PONTO:** PG-145

**LOCALIZAÇÃO:** 564.310/7.232.527

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Alguns metros à frente, mudança de litologia após a drenagem. Espesso pacote de arenitos finos a médios, bem selecionados, com aspecto ora maciço, ora com mega climbing ripples. Estratificação cruzada acanalada de grande porte, acamamento basculado para NE. Ocorrem lateralmente aos folhelhos do afloramento do ponto PG-144, provavelmente contato por falha.

---

**PONTO:** PG-146

**LOCALIZAÇÃO:** 564.185/7.232.895

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Lages de arenito da meia encosta até o fundo do vale.

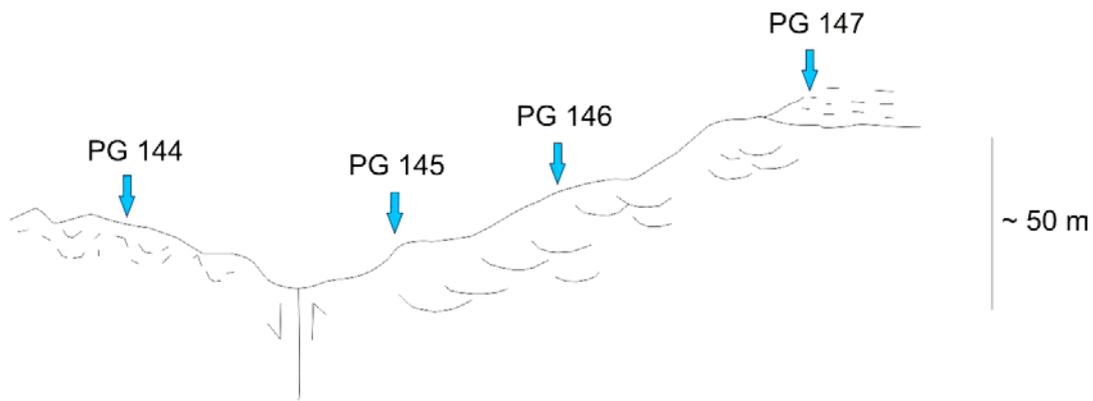
---

**PONTO:** PG-147

**LOCALIZAÇÃO:** 564.330/7.232.991

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Folhelho semelhante ao do ponto PG-144. Topograficamente acima do litotipo do PG-146.

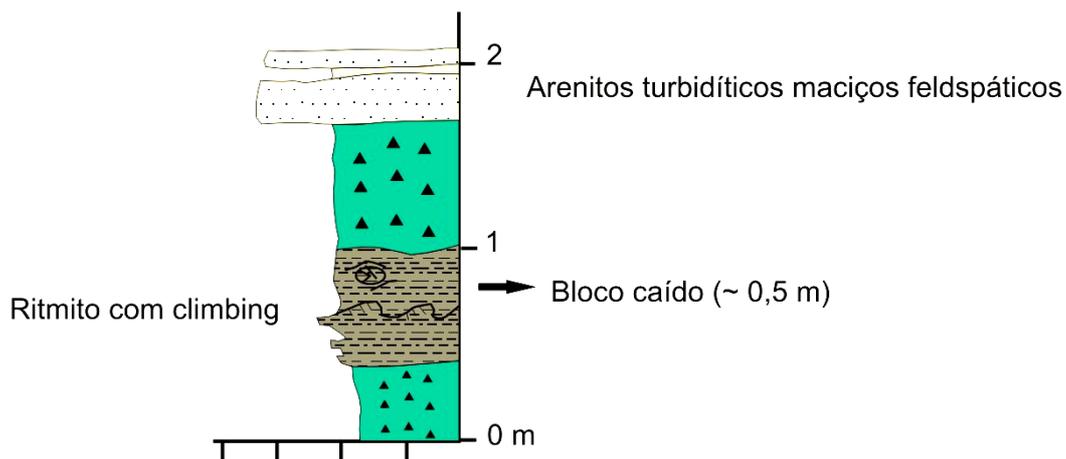


**PONTO:** PG-148

**LOCALIZAÇÃO:** 564.005/7.234.460

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Diamictito intercalado com ritmitos com clastos caídos, além de camadas tabulares de arenitos, típicos de correntes de turbidez.



**PONTO:** PG-149

**LOCALIZAÇÃO:** 563.400/7.234.392

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenitos turbidíticos da Formação Lagoa Azul, recobertos por arenitos da Formação Campo Mourão.

**PONTO:** PG-150

**LOCALIZAÇÃO:** 559.095/7.232.957

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, amarelado, com intercalações de siltito e estratificações cruzadas.

---

**PONTO:** PG-151

**LOCALIZAÇÃO:** 563.026/7.231.671

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Seqüência de arenitos finos tabulares, superposta por Diamictitos esverdeados.

---

**PONTO:** PG-152

**LOCALIZAÇÃO:** 582.287/7.226.922  
Rodovia para Castro, atrás de um barracão.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho siltico com intercalações de níveis arenosos micaceos muito finos, laminação paralela ou ondulações.

---

**PONTO:** PG-153

**LOCALIZAÇÃO:** 583.968/7.230.738  
Rodovia para Castro, cortes na estrada.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito branco a amarelo, feldspático, seleção pobre a moderada com estratificação cruzada planar de grande porte.

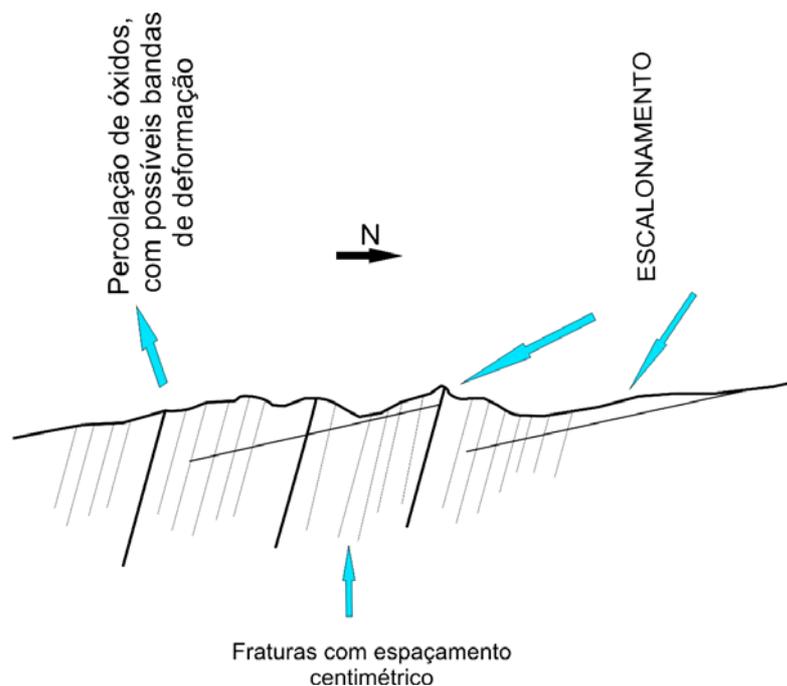
---

**PONTO:** PG-154

**LOCALIZAÇÃO:** 584.280/7.231.018

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Siltito branco, localmente arenoso. Ocorre um intenso fraturamento com bandas de deformação na direção WNW.



---

**PONTO:** PG-155

**LOCALIZAÇÃO:** 560.790/7.225.470

Estrada para o Porto de areia, saindo do trevo para Ipiranga.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Lages de arenito avermelhado, fino a médio, feldspático e com seleção moderada.

---

**PONTO:** PG-156

**LOCALIZAÇÃO:** 557.816/7.220.254

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza rítmico com clastos caídos. Acamamento 235/4. Estratigraficamente acima dos arenitos do ponto PG-155.

---

**PONTO:** PG-157

**LOCALIZAÇÃO:** 552.320/7.220.820

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito grosso, mal selecionado, seguido de folhelho esverdeado.

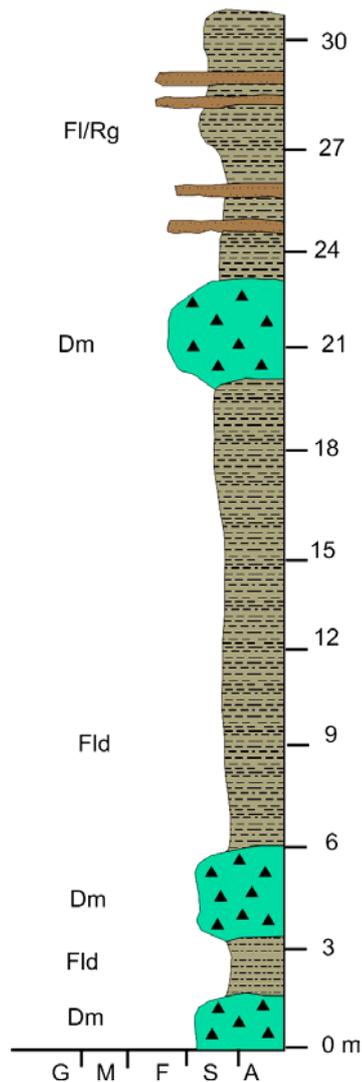
---

**PONTO:** PG-158

**LOCALIZAÇÃO:** 550.590/7.221.597

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Diamictitos basais recobertos gradativamente por 35 metros de folhelhos.



---

**PONTO:** PG-159

**LOCALIZAÇÃO:** 550.663/7.204.569

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Rio Bonito

**DESCRIÇÃO:** Arenito grosso, friável, feldspático, maciço e mal selecionado.

---

**PONTO:** PG-160

**LOCALIZAÇÃO:** 550.505/7.241.741

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Lamito branca amarelado, abaixo do arenito do ponto anterior.

---

**PONTO:** PG-161

**LOCALIZAÇÃO:** 554.369/7.208.755  
Saibreira na beira do rio Almas.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito maciço verde amarelado ou cinza escuro. Níveis de ritmito com acamamento basculado.

---

**PONTO:** PG-162

**LOCALIZAÇÃO:** 557.520/7.199.575

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito amarelado ou esverdeado, maciço, com matacões.

---

**PONTO:** PG-163

**LOCALIZAÇÃO:** 556.951/7.196.975

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Taciba

**DESCRIÇÃO:** Diamictito maciço.

---

**PONTO:** PG-164

**LOCALIZAÇÃO:** 585.230/7.202.000  
Rancho do X-mico

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, mal selecionado, estratificado, cor amarelo creme.

---

**PONTO:** PG-165

**LOCALIZAÇÃO:** 585.600/7.200.296  
Gruta da Fazenda Tabuleiro.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito Campo Mourão.

---

**PONTO:** PG-166

**LOCALIZAÇÃO:** 586.827/7.199.748  
Estrada entre a Fazenda do Tabuleiro e a localidade de Sutil

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Serra Geral

**DESCRIÇÃO:** Blocos de diabásio com alteração esferoidal, imersos em solo vermelho.

---

**PONTO:** PG-167

**LOCALIZAÇÃO:** 597.132/7.196.985

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Diamictito lamítico arenoso com foliação glacio-tectônica. Próximo ao alinhamento NE, provavelmente. Mesma falha que passa perto de Papagaios Novos.

---

**PONTO:** PG-168

**LOCALIZAÇÃO:** 599.148/7.196.805

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenitos médios, amarelados, laminados ou com estratificação cruzada. Limites de eventos bem definidos em superfícies planares. Arenito Vila Velha em estrada a norte de lago.

---

**PONTO:** PG-169

**LOCALIZAÇÃO:** 599.715/7.200.230

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Folhelho acinzentado, rítmico, sem clastos observados. Níveis diamictíticos e lentes de areia.

---

**PONTO:** PG-170

**LOCALIZAÇÃO:** 571.494/7.204.716

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, mal selecionado, com estratificação cruzada de médio porto. Pacote homogêneo e espesso, aproximadamente 7 metros de espessura. Acamamento 220/03.

---

**PONTO:** PG-171

**LOCALIZAÇÃO:** 571.617/7.209.867

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Lamito cinza, sem seixos.

---

**PONTO:** PG-172

**LOCALIZAÇÃO:** 570.797/7.210.877

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Siltito branco amarelado, alteração esferoidal. Aspecto diamictíticos mas sem clastos. Presença de olistolitos de areia. Fácies de debris flows.

---

**PONTO:** PG-172b

**LOCALIZAÇÃO:** 570.448/7.211.034

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino, avermelhado, com deformações penecontemporâneas e estratificações cruzadas. Estratigraficamente acima do contato da Formação Campo Mourão.

---

**PONTO:** PG-173

**LOCALIZAÇÃO:** 580.216/7.222.577  
Saibreira de olaria em Ponta Grossa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelhos basais (Membro Jaguariaíva) que ficam arenosos para o topo, passando para Membro Tibagi. Arenito fino com hummocky de pequeno e médio porte. Fósseis de graptozoário.

---

**PONTO:** PG-174

**LOCALIZAÇÃO:** 580.123/7.221.265  
Corte no Parque de exposições em Ponta Grossa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenitos muito finos intercalados com níveis argilosos, com granodecrescência ascendente. Ocorrem climbing ripples com direção N26S, de pequeno porte (1 a 3 cm) e hummockys de 5 a 40 cm de comprimento de onda. Intensa bioturbação, com predomínio de tubos horizontais.

---

**PONTO:** PG-175

**LOCALIZAÇÃO:** 582.744/7.217.949

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Arenito muito fino, micáceo e laminado.

---

**PONTO:** PG-176

**LOCALIZAÇÃO:** 582.239/7.221.336

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito igual ao do descrito no ponto PG-26.

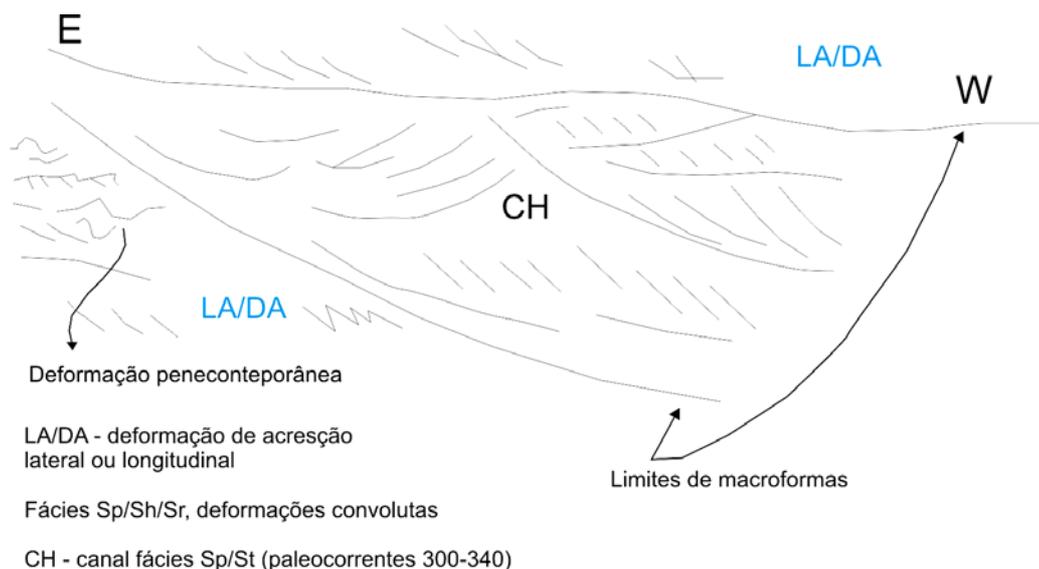
---

**PONTO:** PG-177

**LOCALIZAÇÃO:** 581.720/7.222.074  
Corte novo, área do exército.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito semelhante ao do ponto PG-26 e PG-176, granulação média a grossa, branco, imaturo, síltico e com estratificações cruzadas acanaladas de grande porte. Ocorrem feições de deslizamento entre os estratos, com drapes de argila. Associação de outwash subaquoso.



---

**PONTO:** PG-178

**LOCALIZAÇÃO:** 582.979/7.220.682  
BR-376.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza claro.

---

**PONTO:** PG-179

**LOCALIZAÇÃO:** 582.877/7.223.005  
Dentro da cidade de Ponta Grossa, escarpa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa / Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito amarelado a vermelho, mal selecionado, com níveis conglomeráticos, inclusive com matacões e com estratificações cruzadas de pequeno porte. Logo abaixo desse litotipo está o folhelho síltico e arenito muito fino da Formação Ponta Grossa.

---

**PONTO:** PG-180

**LOCALIZAÇÃO:** 583.686/7.223.564

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Lagoa Azul

**DESCRIÇÃO:** Arenito médio, amarelado a avermelhado, maciço ou com estratificação plano paralela.

---

**PONTO:** PG-181

**LOCALIZAÇÃO:** 597.148/7.229.841  
Estrada para represa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Furnas

**DESCRIÇÃO:** Arenito fino a médio, leitoso, seleção moderada a boa, quartzoso. Estratificações cruzadas planares ou acanaladas de grande porte, em sets tabulares. Acamamento inclinado para SW (235/15°).



---

**PONTO:** PG-182

**LOCALIZAÇÃO:** 598.356/7.231.013

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Granito Cunhaporanga

**DESCRIÇÃO:** Granito.

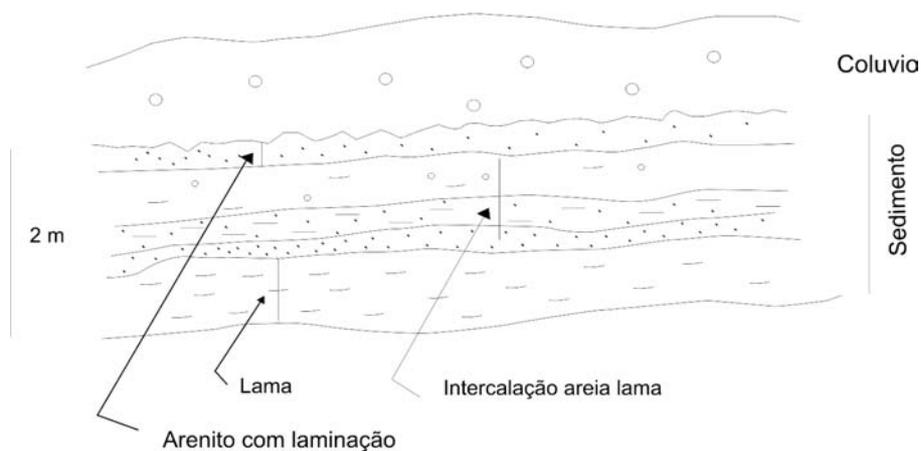
---

**PONTO:** PG-183

**LOCALIZAÇÃO:** 597.446/7.231.633

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Iapó

**DESCRIÇÃO:** Material argiloso de cor amarelo esverdeado, com acamamento plano paralelo e intercalações de areia grossa. O pacote está em contato, por falha, lateralmente ao granito.




---

**PONTO:** PG-184

**LOCALIZAÇÃO:** 596.728/7.232.027  
Corte de estrada de ferro na beira da represa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Granito Cunhaporanga

**DESCRIÇÃO:** Granito de textura fina.

---

**PONTO:** PG-185

**LOCALIZAÇÃO:** 595.056/7.231.046  
Cânion do rio São Jorge.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Iapó

**DESCRIÇÃO:** Formação Furnas sobre Formação Iapó, sobre granito. Sucessão de 30 metros de arenitos grossos intercalados com conglomerados, em corpos tabulares, às vezes rítmicos, com estratificações cruzadas planares de pequeno a grande porte ou acamamento plano paralelo, predominam clastos de quartzo leitoso.

---

**PONTO:** PG-186

**LOCALIZAÇÃO:** 589.480/ 7.226.690

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Furnas

**DESCRIÇÃO:**

---

**PONTO:** PG-187

**LOCALIZAÇÃO:** 585.803/7.225.354

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho Ponta Grossa com soleira de diabásio de 15 cm de espessura.

---

**PONTO:** PG-187b

**LOCALIZAÇÃO:** 585.866/7.225.520

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Folhelho cinza escuro, Formação Ponta Grossa, logo acima do litotipo anterior. Acima ocorre o contato com o Grupo Itararé, arenito amarelado ou vermelho, fino com climbing ripples.

---

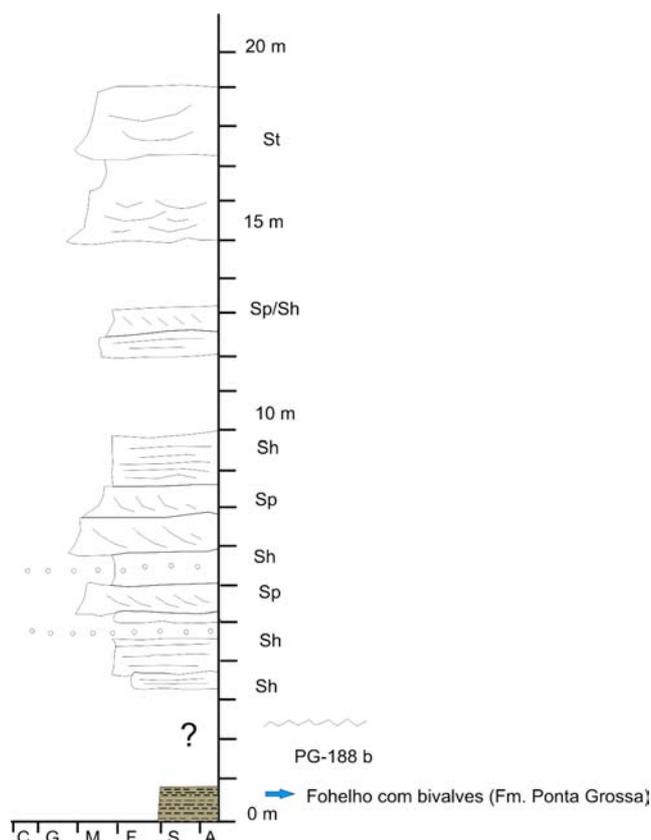
**PONTO:** PG-188

**LOCALIZAÇÃO:** 587.034/7.227.156

Sítio na periferia de Ponta Grossa, beira da escarpa.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Ruínas de arenito tipo Vila Velha. Arenito médio a grosso, amarelado, seleção pobre a moderada. Estratificação plano paralela bem desenvolvida, intercalada com sets de estratificações cruzadas planares de médio porte. Níveis de cascalho contínuos lateralmente e com espessura de poucos centímetros. Sets de estratificação cruzada de grande porte.



---

**PONTO:** PG-189

**LOCALIZAÇÃO:** 585.060/7.227.240

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito avermelhado claro, siltico, granulação fina a media, maciço ou com estratificação plano paralela.

---

**PONTO:** PG-190

**LOCALIZAÇÃO:** 584.403/7.227.720

Lages no rio e meia encosta.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito amarelo, semelhante ao do ponto anterior. Esse litotipo ocorre nos dois lados do rio.

---

**PONTO:** PG-191

**LOCALIZAÇÃO:** 583.810/7.227.708

Rua Bueno Ribeiro, ao lado da ponte.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Grupo Itararé, Formação Campo Mourão

**DESCRIÇÃO:** Arenito amarelo com laminação plano paralela.

---

**PONTO:** PG-192

**LOCALIZAÇÃO:** 587.300/7.228.784

Estrada para BR no sentido Castro, junto ao trevo na cidade.

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:** Formação Ponta Grossa

**DESCRIÇÃO:** Siltito laminado.

---

**PONTO:** PG-192 b

**LOCALIZAÇÃO:** 587.240/7.229.132

**UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA:**

**DESCRIÇÃO:** Formação Furnas em contato por falha com a Formação Ponta Grossa.

**ANEXO 04**

**Mapa geológico da Folha de Ponta Grossa  
1:100.000**