



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**GEOLOGIA DE SUBSUPERFÍCIE E
HIDROESTRATIGRAFIA DO GRUPO BAURU
NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Flavio de Paula e Silva

Orientador: Prof. Dr. Chang Hung Kiang

Tese de Doutorado

Curso de Pós-Graduação em Geociências

Área de Concentração em Geologia Regional

Rio Claro (SP)

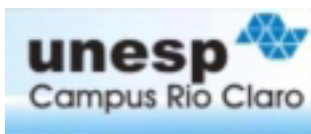
2003

551.49 Silva, Flavio de Paula e
S586g Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo
Bauru no estado de São Paulo / Flavio de Paula e Silva. –
Rio Claro : [s.n.], 2003
166 f. : il., gráfs., tabs. + CD-ROM

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto
de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Chang Hung Kiang

1. Águas subterrâneas. 2. Estratigrafia. 3. Hidrogeologia. 4.
Aqüífero. I. Título.

Fichas catalográficas elaborada pela STATI – Biblioteca UNESP
Campus de Rio Claro/SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

GEOLOGIA DE SUBSUPERFÍCIE E HIDROESTRATIGRAFIA DO
GRUPO BAURU
NO ESTADO DE SÃO PAULO

Flavio de Paula e Silva

Orientador: Prof. Dr. Chang Hung Kiang

Tese de Doutorado
Curso de Pós-Graduação em Geociências
Área de Concentração em Geologia Regional

COMISSÃO JULGADORA

Presidente **Prof. Dr. Chang Hung Kiang**

Examinadores **Prof. Dr. Osmar Sinelli**

Prof. Dr. Uriel Duarte

Prof. Dr. Cláudio Riccomini

Prof. Dr. João Carlos Dourado

Rio Claro, 2003

DEDICATÓRIA

Dedico
Este trabalho
Á minha esposa, Solange,
Aos meus filhos, Ana Beatriz e Flavio,
Aos meus pais, Ray e Ely.
Pelo amor incondicional,
Pela motivação nos momentos de desânimo,
Pelo apoio nas horas difíceis,
Pela alegria de estarmos juntos, sempre...

“Viver deveria ser – até o último pensamento e o derradeiro olhar – transformar-se.”

AGRADECIMENTOS

O autor agradece:

- À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, pela gentil cessão dos relatórios e perfis de poços, especialmente aos geólogos João Carlos Simanke de Souza, César Bianchi Neto e Fernando Willi Bastos Franco Filho, pelo companheirismo e amizade que têm norteado este relacionamento.
- Ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, Regional de Araraquara, por permitir o acesso ao banco de dados de poços da instituição. Agradecimentos especiais aos amigos Paulo César Ferreira Luiz e Norberto de Paula e Silva, pelo auxílio e cooperação.
- À Hydrolog – Serviços de Perfilagem, na pessoa do companheiro Engenheiro Fernando Conte, pela inestimável colaboração e ensinamentos, sem os quais este trabalho não teria se materializado.
- À Hidrogeo Poços Artesianos, na pessoa do geólogo Wanderley Tomaine Monteiro, pela informações de poços tubulares profundos constantes dos arquivos da empresa.
- Aos colegas geólogos do Laboratório de Análise de Bacias – LEBAC, da Unesp de Rio Claro, Prof. Dr. Mário Luís Assine, Dr. Flávio Luís Fernandes, Dr. Alexandre Campana Vidal, Fernando Santos Corrêa e Júlio Setsuo Tinen, pelas discussões e sugestões apresentadas informalmente.
- À Dagmar Carnier Neto, pelo desenvolvimento do software de análise de perfis geofísicos, denominado de “Analog”.
- Aos professores doutores, Joel Carneiro de Castro e Dimas Dias-Brito, pela oportunidade concedida na publicação dos trabalhos pioneiros que deram origem a esta tese.
- À Prof^a. Dr^a. Maria Rita Caetano-Chang, pelas sugestões e análise crítica da minuta desta tese.

- Ao Prof. Dr. Chang Hung Kiang, pela dedicação e incansável estímulo na orientação desta pesquisa.
- À todos os autores mencionados no decorrer desta exposição que, com grande competência e dedicação, contribuíram para a divulgação do conhecimento científico aplicado nesta tese.

RESUMO

Estudos utilizando perfis geofísicos e dados de poços permitiram estabelecer o arcabouço estratigráfico e hidroestratigráfico, de subsuperfície, das rochas mesozóicas do Grupo Bauru, da Bacia do Paraná, em São Paulo. Duas superfícies de discordância regionais, S1 e S2, de caráter cronoestratigráfico, foram identificadas, constituindo-se em excelentes horizontes-guia para distinção e delimitação de unidades geofísicas, correspondentes às unidades litoestratigráficas formais. A primeira delimita os estratos atribuídos às formações Caiuá / Pirapozinho, abaixo, e Santo Anastácio, acima; a segunda marca o contato entre a Formação Santo Anastácio, abaixo, e os sedimentos das formações Araçatuba e Adamantina, acima. Os critérios de correlação utilizados permitiram estabelecer novas relações litoestratigráficas para o Grupo Bauru. Foram identificadas as formações Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília, e reconhecidas duas novas unidades litoestratigráficas, denominadas de Formação Pirapozinho e Formação Birigüi. O substrato basáltico apresenta-se compartimentado em depressões e altos internos, orientados preferencialmente NE-SW. As principais estruturas identificadas foram as depressões de Presidente Bernardes, Dracena, Sud Menucci, Queiroz e Rio Preto, e os altos de Tanabi, Pereira Barreto e Paraguaçu Paulista. A evolução da sedimentação do Grupo Bauru foi marcada pelo controle tectônico do substrato na localização e migração dos depocentros, e pela atuação expressiva da erosão.

ABSTRACT

Subsurface studies using geophysical logs and well data obtained from water wells were fundamental in defining stratigraphic and hydrostratigraphic frameworks of the Mesozoic Bauru Group sedimentary units of Paraná Basin, in the State of São Paulo. In the present study two important regional unconformity surfaces were identified – S1 and S2 – constituting excellent markers which can be correlated to formal lithostratigraphic units. S1 separates underlying Caiuá and Pirapozinho formations from overlying Santo Anastácio Formation. S2 surface is coincident with the contact between underlying Santo Anastácio Formation and overlying Araçatuba and Adamantina formations. New lithostratigraphic relationships for the Bauru Group were obtained applying correlation and interpretation criteria based upon regional unconformity surfaces. Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina and Marília formations were recognized in subsurface in addition to two new formations named Pirapozinho and Birigui. The basaltic substrate is segmented showing a prominent high, oriented NE-SW, separating two major basinal lows. The major structural features identified are Presidente Bernardes, Dracena, Sud Menucci, Queiroz and Rio Preto depressions and Tanabi, Pereira Barreto and Paraguaçu Paulista highs. The sedimentary evolution of Bauru Group is marked by the structural control of basaltic substrate of depocenters and by very active erosion.

ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Área de Estudo	3
1.4. Conceito de unidade hidroestratigráfica	4
1.5. Base de dados	6
2. MÉTODOS UTILIZADOS	7
2.1. Considerações gerais	7
2.2. Perfis geofísicos utilizados na prospecção de água subterrânea	11
2.2.1. A perfilação geofísica	12
2.2.1.1. Perfil de raios gama	14
2.2.1.2. Perfil de potencial espontâneo	16
2.2.1.3. Perfil de resistividade	18
2.2.1.4. Perfil sônico ou acústico	21
2.2.2. Aplicação geológica de perfis geofísicos	23
3. GEOLOGIA DO GRUPO BAURU	27
3.1. Generalidades	27
3.2. Aspectos litoestratigráficos	30
3.3. Aspectos estruturais e tectônicos	35

3.4. Idade.....	37
3.5. Ambientes deposicionais e evolução paleogeográfica.....	38
4. ESTRATIGRAFIA DE SUBSUPERFÍCIE DO GRUPO BAURU	39
4.1. Trabalhos prévios de subsuperfície com base em perfis geofísicos.....	39
4.2. Unidades litoestratigráficas cretáceas suprabasálticas.....	40
4.3. Critérios de correlação estratigráfica	41
5. ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DE SUBSUPERFÍCIE DO GRUPO BAURU.	47
5.1. Superfícies de descontinuidade regionais	47
5.2. Os compartimentos de correlação.....	48
5.2.1. Compartimento sudoeste.....	49
5.2.1.1. Formação Caiuá	50
5.2.1.2. Formação Pirapozinho	54
5.2.1.3. Formação Santo Anastácio	55
5.2.1.4. Formação Araçatuba.....	56
5.2.1.5. Formação Adamantina.....	56
5.2.2. Compartimento nordeste.....	58
5.2.2.1. Formação Santo Anastácio	58
5.2.2.2. Formação Araçatuba.....	60
5.2.2.3. Formação Adamantina.....	61
5.2.3. Compartimento centro-oriental.....	62
5.2.3.1. Formação Birigüi	64
5.2.3.2. Formação Araçatuba.....	65
5.2.3.3. Formação Adamantina.....	66
5.2.3.4. Formação Marília.....	67
5.2.4. Compartimento noroeste.....	68
5.2.4.1. Formações Caiuá e Pirapozinho.....	70
5.2.4.2. Formação Santo Anastácio	70
5.2.4.3. Formação Araçatuba.....	71
5.2.4.4. Formação Adamantina.....	72
5.3. O embasamento basáltico do Grupo Bauru	73
5.3.1. Considerações iniciais.....	73

5.3.2.	Configuração atual do substrato basáltico	75
5.3.2.1.	Depressão de Presidente Bernardes	77
5.3.2.2.	Depressão de Dracena.....	78
5.3.2.3.	Depressão de Sud Menucci	78
5.3.2.4.	Depressão de Rio Preto.....	79
5.3.2.5.	Depressão de Queiroz	79
5.3.2.6.	Alto de Pereira Barreto	80
5.3.2.7.	Alto de Tanabi.....	80
5.3.2.8.	Alto de Paraguaçu Paulista	80
5.3.3.	Relação do substrato basáltico com outras estruturas inferidas.....	81
5.4.	Comportamento regional das unidades cretáceas suprabasálticas	82
5.4.1.	Formações Caiuá e Pirapozinho.....	90
5.4.2.	Formação Santo Anastácio	93
5.4.3.	Formação Birigüi	96
5.4.4.	Formação Araçatuba.....	96
5.4.5.	Formação Adamantina	100
5.4.6.	Formação Marília.....	102
6.	A SEDIMENTAÇÃO DO GRUPO BAURU.....	105
7.	HIDROESTRATIGRAFIA DO GRUPO BAURU	118
7.1.	Aspectos gerais do conhecimento sobre o Aquífero Bauru	118
7.2.	Parâmetros diretos de avaliação hidrodinâmica dos aquíferos	122
7.2.1.	Porosidade efetiva.....	122
7.2.2.	Condutividade hidráulica	123
7.2.3.	Transmissividade	123
7.2.4.	Capacidade específica	124
7.2.5.	Vazão de produção.....	124
7.3.	Discussão sobre os parâmetros hidrodinâmicos de avaliação.....	124
7.4.	Dano de formação.....	126
7.5.	Avaliação de aquíferos através de perfis geofísicos	128
7.6.	O Sistema Aquífero Bauru.....	133
7.7.	As unidades hidroestratigráficas regionais do Sistema Aquífero Bauru.....	139
7.7.1.	Aquífero Caiuá / Aquífero Pirapozinho	139

7.7.2.	Aqüífero Santo Anastácio	141
7.7.3.	Aqüífero Birigüi	143
7.7.4.	Aqüitardo Araçatuba	146
7.7.5.	Aqüífero Adamantina	146
7.7.6.	Aqüífero Marília	148
8.	CONCLUSÕES	150
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156
10.	ANEXOS	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área estudada.....	5
Figura 2 – Comparação entre curvas de raios gama obtidas por diferentes métodos.....	9
Figura 3 – Tela principal do <i>software</i> Analog.....	10
Figura 4 – Esquema de operação de perfilagem do tipo computadorizada.....	13
Figura 5 – Espectro de emissão de raios gama de minerais radioativos.....	14
Figura 6 - Representação esquemática do potencial e distribuição das correntes elétricas ao redor de camadas permeáveis.....	17
Figura 7 - Arranjo de eletrodos para medição de resistividades multielektrodos em testemunho e em poços.....	19
Figura 8 - Esquema simplificado de um sistema de duas bobinas do perfil indução.....	20
Figura 9 - Esquema simplificado de registro do perfil sônico.....	22
Figura 10 – Formatos de curvas de raios gama e potencial espontâneo baseadas na variação do conteúdo argiloso.....	25
Figura 11 - Padrões de perfis de variação granulométrica idealizados para interpretação paleoambiental.....	26
Figura 12 - Padrões característicos de formatos de curvas de raios gama para interpretação paleoambiental.....	27
Figura 13 – Área de ocorrência das unidades suprabasálticas cretáceas na Bacia do Paraná ..	29
Figura 14 – Proposta clássica de subdivisão estratigráfica dos sedimentos cretáceos suprabasálticos.....	32
Figura 15 – Proposta de subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru elaborada por Barcelos & Suguio.....	33
Figura 16 – Relações estratigráficas na parte oriental da Bacia Bauru.....	34
Figura 17 – Arcabouço estrutural da Bacia do Paraná.....	36
Figura 18 – Mapa geológico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo ..	43
Figura 19 – Comparação entre a correlação litoestratigráfica com base em descrições de testemunhos de sondagem e a correlação proporcionada pelos perfis geofísicos obtidos em poços perfurados para extração de água.....	45

Figura 20 – Comparação entre perfis geofísicos de raios gama e indução, com descrição de testemunho extraído de poço em Pirapozinho (SP).	46
Figura 21 – Perfil de raios gama de poço perfurado na cidade de Álvares Machado (SP), no sudoeste paulista, indicando as superfícies de discordância S1 e S2 e as variações relativas do teor de umidade na sedimentação do Grupo Bauru.....	48
Figura 22 – Localização dos compartimentos estudados para reconhecimento e caracterização das unidades geofísicas correspondentes às unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru.	49
Figura 23 – Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Presidente Venceslau e Regente Feijó.	51
Figura 24 – Seção geológica SW-NE, entre as cidades de Estrela do Norte e Caiabu.....	52
Figura 25 – Seção geológica SW-NE, entre as localidades de Mendonça e Ingás (Distrito de Nova Granada).....	59
Figura 26 - Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Bilac e Álvaro de Carvalho	63
Figura 27 - Seção geológica NW-SE, entre as localidades de Bandeirantes D'Oeste (Município de Sud Menucci) e Poloni	69
Figura 28 – Mapa de contorno estrutural do “embasamento” basáltico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.....	76
Figura 29 – Perfil W-E do topo da superfície do basalto, entre a cidade de Bauru e o Rio Paraná.....	83
Figura 31 – Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Presidente Epitácio e Echaporã, cruzando a Depressão de Presidente Bernardes e o Alto de Paraguaçu Paulista.....	84
Figura 32 – Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Panorama e Ubirajara, cruzando a Depressão de Dracena e a Depressão de Queiroz.	85
Figura 33 – Seção geológica NW-SE entre as cidades de Andradina e Duartina, cruzando a Depressão de Sud Menucci, o Alto de Tanabi e a Depressão de Queiroz.	86
Figura 34 – Seção geológica NW-SE, entre as localidades de Bandeirantes D'Oeste (Município de Sud Menucci) e Araraquara, cruzando a Depressão de Sud Menucci, o Alto de Tanabi, a Depressão de Rio Preto e o soerguimento leste do basalto.....	87
Figura 35 – Seção geológica SW-NE, entre as localidades de Planalto do Sul (Município de Mirante do Paranapanema) e Vila Alves (Município de Cardoso), cruzando a Depressão de Presidente Bernardes, Depressão de Dracena e a Depressão de Sud Menucci.	88

Figura 36 – Seção geológica SW-NE, entre as localidades de Estrela do Norte e Ingás (Município de Nova Granada), cruzando a Depressão de Presidente Bernardes, o Alto de Paraguaçu Paulista, a Depressão de Queiroz, o Alto de Tanabi e a Depressão de Rio Preto.....	89
Figura 37 – Mapa de isópacas preservadas das formações Caiuá e Pirapozinho	91
Figura 38– Mapa de isópacas preservadas da Formação Santo Anastácio.....	94
Figura 39– Mapa de isópacas preservadas da Formação Birigüi.....	97
Figura 40 – Mapa de isópacas da Formação Araçatuba.....	99
Figura 41 – Mapa de isópacas da Formação Adamantina	101
Figura 42– Mapa de isópacas da Formação Marília	104
Figura 43 – Correlação estratigráfica com <i>datum</i> na superfície de discordância S1 (base da Formação Santo Anastácio).....	107
Figura 44 – Mapa de porcentagem de areia da sucessão Caiuá / Pirapozinho.....	108
Figura 45 – Correlação entre dois poços situados na cidade de São José do Rio Preto, com <i>datum</i> no nível do mar	111
Figura 46 – Correlação entre dois poços perfurados na cidade de Birigüi, com <i>datum</i> no nível do mar	112
Figura 47 - Principais elementos tectônicos das bordas da bacia Bauru	114
Figura 48 – Radioatividade anômala apresentada pelos perfis de raios gama da Formação Adamantina na região de São José do Rio Preto	115
Figura 49 – Correlação entre perfis de poços perfurados nas cidades de Presidente Prudente e Regente Feijó	117
Figura 50 – Perfil ilustrativo do dano de formação ocorrente nas proximidades da parede dos poços	129
Figura 51 – Relação entre fator de formação (F), resistividade da água de formação (Rw) e diâmetro dos grãos	131
Figura 52 – Correlação raios gama API <i>versus</i> resistividade e tempo de trânsito <i>versus</i> resistividade	134
Figura 53 – Mapa de isópacas e de isólitas dos sedimentos muito permeáveis, moderadamente permeáveis e impermeáveis do Grupo Bauru.	136
Figura 54 – Subdivisão hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Bauru.	140

Figura 55 – Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis das formações Caiuá e Pirapozinho.	142
Figura 56 - Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Santo Anastácio.....	144
Figura 57 - Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Birigüi.	145
Figura 58 - Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Adamantina.....	147
Figura 59 - Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Marília.....	149

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Valores de raios gama API de referência para algumas rochas	15
Tabela 2 - Valores de tempo de trânsito e velocidade sônica obtidos em laboratório por companhias de perfilagem	23
Tabela 3 – Caracterização das unidades litoestratigráficas consagradas do Grupo Bauru e consideradas nesta pesquisa	42
Tabela 4 – Variações do nível piezométrico do Aquífero Santo Anastácio, na região de Presidente Prudente.....	138

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre o número de municípios que se utilizam de água superficial e subterrânea para abastecimento público no Estado de São Paulo e entre os municípios que se utilizam, parcial ou integralmente, de água subterrânea do Sistema Aquífero Bauru.....	2
Gráfico 2 – Relação entre o número de perfis convencionais e calibrados, utilizados na pesquisa.....	7
Gráfico 3 – Estimativa do volume de rochas do Grupo Bauru, de acordo com a permeabilidade aparente estimada através dos perfis geofísicos.....	137
Gráfico 4 – Estimativa do volume de água armazenado nas rochas do Grupo Bauru, de acordo com a permeabilidade aparente estimada através dos perfis geofísicos.	137

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A área de afloramento das unidades suprabasálticas cretáceas no Estado de São Paulo é de cerca de 117.000 km² (Plano Estadual de Recursos Hídricos, DAEE, 1990), correspondente a 47% do território paulista, e abrange em seu domínio importantes cidades como São José do Rio Preto, Araçatuba, Araraquara, Votuporanga, Presidente Prudente, Marília, Tupã, Lins, Bauru, Dracena, Andradina, Fernandópolis, etc. Nestas e nas demais cidades circunscritas, a água subterrânea, armazenada nos sedimentos do Grupo Bauru e extraída através de poços tubulares, representa a fonte principal ou alternativa de obtenção de recursos hídricos, seja para abastecimento público, industrial, comercial, rural ou doméstico, sustentando o desenvolvimento econômico regional e a qualidade de vida das populações que dela se utilizam. Dos 645 municípios do Estado de São Paulo, 462 (71,6%) são abastecidos, parcial ou integralmente, por água subterrânea dos diversos aquíferos existentes. Destes, 240 municípios (59,1%) captam água do Sistema Aquífero Bauru, sendo que em 210 (87,5%) o abastecimento é integralmente feito por água subterrânea (Gráfico 1)(CETESB, 1997).

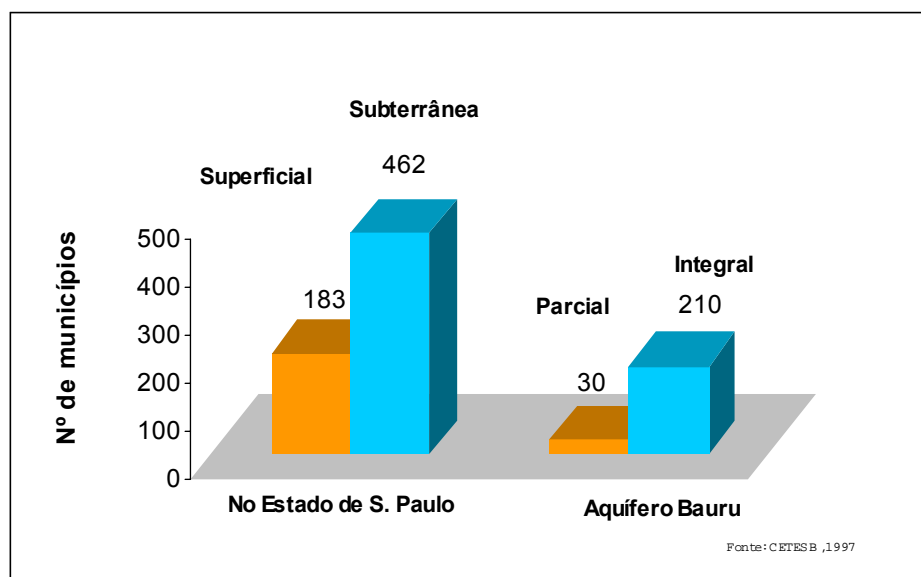
Pelo fato de estar totalmente aflorante em território paulista, este aquífero pode facilmente ser acessado por escavações e perfurações de baixo custo, fornecendo, na maioria dos casos, a vazão desejada pelos usuários. Pela mesma razão, tem-se mostrado extremamente vulnerável à infiltração de contaminantes orgânicos e inorgânicos (DAEE, 1976, 1979).

As vazões obtidas em perfurações no Sistema Aquífero Bauru são extremamente variáveis em virtude de sua reconhecida diversidade litofaciológica, que coloca em contato, lateral e vertical, sedimentos com diferentes características de porosidade e permeabilidade. A utilização da expressão " Aquífero Bauru", do ponto de vista de Vieira (1981), nem sempre é adequada, já que em muitas de suas porções esse sistema representa mais de um aquífero ou autênticos aquícludes.

A qualidade precária das informações extraídas dos relatórios de perfuração de poços sempre se constituiu em obstáculo à identificação e à delimitação das diversas zonas aquíferas do Sistema Bauru, dificultando o estabelecimento de uma correlação entre os aspectos litoestratigráficos e o seu potencial hídrico. Essa preocupação já havia sido manifestada há muito pelo DAEE (1976), quando dos Estudos de Águas Subterrâneas nas Regiões Administrativas 7, 8 e 9, ao admitir que o conhecimento hidrogeológico daquele momento

“não permitia uma demarcação clara das regiões mais permeáveis e nenhuma correlação com a situação geológica”.

Gráfico 1 - Comparação entre o número de municípios que se utilizam de água superficial e subterrânea para abastecimento público no Estado de São Paulo e entre os municípios que se utilizam, parcial ou integralmente, de água subterrânea do Sistema Aquífero Bauru (Fonte: CETESB, 1997).



Considerando a vasta área de ocorrência dos sedimentos Bauru no Estado de São Paulo, a existência de grande número de municípios assentados neste domínio e a importância desta unidade geológica como reserva estratégica de água subterrânea, o estudo hidroestratigráfico ora apresentado reveste-se de grande interesse acadêmico, prático e econômico, na medida em que poderá vir a auxiliar de maneira efetiva no planejamento, conservação e utilização racional desses recursos hídricos.

1.2. Objetivo

O objetivo desta pesquisa foi estudar o arcabouço litoestratigráfico de subsuperfície e estabelecer a hidroestratigrafia da seqüência neocretácea suprabasáltica, em âmbito do Estado

de São Paulo, utilizando-se principalmente de perfis geofísicos (radioativos, elétricos e acústicos), e de descrições de amostras de calha e de testemunhos de sondagem, obtidos de perfurações efetuadas para extração de água subterrânea, de modo a identificar e correlacionar as distintas unidades aquíferas, e avaliar o potencial hídrico do Sistema Bauru. Aspectos tectônicos, ambientes deposicionais e evolução paleogeográfica foram considerados em razão da interconexão entre os temas sem, contudo, constituir propósito maior deste estudo. Trata-se, portanto, de um estudo regional de subsuperfície, calcado em perfis geofísicos, em área de sedimentação do Grupo Bauru.

Um trabalho desta natureza se justifica pela própria diversidade litológica e escassez de boas exposições de rochas do Grupo Bauru, fatores que complicam e dificultam as correlações de superfície. A utilização de perfis geofísicos constitui-se numa das melhores ferramentas para investigar o comportamento tridimensional regional de unidades litoestratigráficas em subsuperfície. Muito utilizadas na prospecção mineral de hidrocarbonetos e, mais recentemente, de água subterrânea, estas ferramentas são de extrema utilidade na avaliação e localização dessas jazidas e se colocam entre os métodos de maior resolução, existindo dezenas de tipos de sondas com finalidades específicas, de acordo com o tipo de pesquisa a ser realizada. Outro aspecto que reveste de importância este estudo é o número pouco expressivo de pesquisas que incorporam perfis geofísicos na configuração do arcabouço estratigráfico do Grupo Bauru.

1.3. Área de Estudo

A região abrangida por esta pesquisa compreende a porção paulista de ocorrência das unidades cretáceas suprabasálticas, com área de cerca de 117.000 km², limitada a norte pelo Rio Grande, a oeste pelo Rio Paraná, a sul pelo Rio Paranapanema e a leste pelas exposições de rochas basálticas da Formação Serra Geral, sobre as quais assentam-se os sedimentos Bauru, através de contato discordante erosivo.

Nesta região estão presentes as unidades atribuídas às formações Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília, de acordo com a concepção de Soares *et al.* (1980), ou os grupos Caiuá (formações Rio Paraná e Santo Anastácio) e Bauru (formações Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Echaporã), segundo subdivisão proposta por

Fernandes (1998). As áreas de ocorrência dos sedimentos atribuídos à Formação Itaqueri foram propositalmente excluídas deste estudo, em razão das persistentes dúvidas quanto ao seu posicionamento cronoestratigráfico e, também, pela indisponibilidade de perfis geofísicos. Do mesmo modo, os terrenos adjacentes ao limite sudeste da área de ocorrência dos sedimentos Bauru, atribuídos à Formação Marília no mapa geológico do IPT (1981), foram desconsiderados pela inexistência de perfis geofísicos.

A Figura 1 mostra a localização da área estudada no contexto geográfico da América do Sul, da Bacia do Paraná e do Estado de São Paulo.

1.4. Conceito de unidade hidroestratigráfica

Unidade hidroestratigráfica pode ser definida como a parte de um corpo rochoso que forma uma unidade hidrogeológica distinta com relação ao fluxo de água (Maxey, 1964, *apud* Seaber, 1988). Revisando este conceito, Seaber (*op. cit.*) redefiniu o termo como “um corpo rochoso distinguido e caracterizado por sua porosidade e permeabilidade”. Desse modo, o arcabouço geológico pode ser subdividido em porções mais permeáveis ou menos permeáveis (aquíferos e aquíferos, respectivamente), auxiliando na determinação do sistema de fluxo regional.

A definição de unidades hidroestratigráficas, em escala regional, envolve a aplicação de: conceitos estratigráficos, de modo a estabelecer-se o arcabouço conceitual geral dos depósitos; mapeamento de subsuperfície utilizando informações de testemunhos, perfis geofísicos, amostras de calha e dados de perfuração, de modo a se definir as litofácies; testes de laboratório em amostras de testemunhos dos aquíferos e aquíferos; testes de bombeamento *in situ* dos aquíferos e aquíferos para determinação de suas características hidrodinâmicas e pesquisa sobre os efeitos modificadores derivados dos processos diagenéticos e tectônicos nas propriedades dos aquíferos, ao longo de sua história evolutiva.

Como exemplo de um estudo desta natureza cita-se o trabalho desenvolvido pela Universidade de Kansas sobre o *Dakota Aquifer System*, disponibilizado no endereço da internet em <http://www.kgs.ukans.edu>.

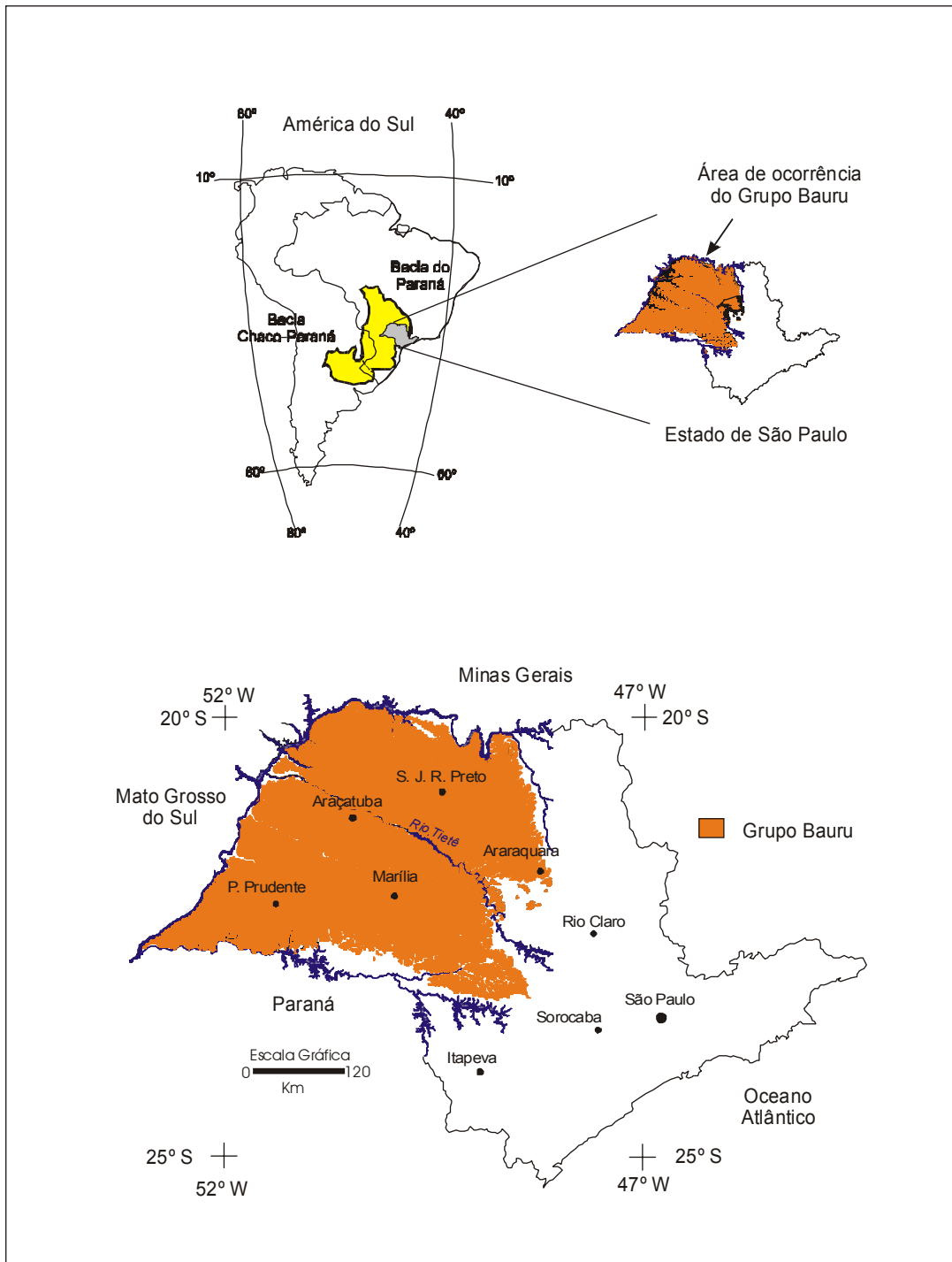


Figura 1 – Mapa de localização da área estudada.

1.5. Base de dados

A base de dados utilizada nesta pesquisa foi extraída, principalmente, de arquivos de relatórios de perfuração de poços do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE e Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP e, em menor número, de empresas particulares do ramo de perfuração e de trabalhos realizados por este autor, constando de perfis litoestratigráficos, descrições de amostras de calha, dados de teste de bombeamento e perfis geofísicos, de poços listados nos Anexos I e II.

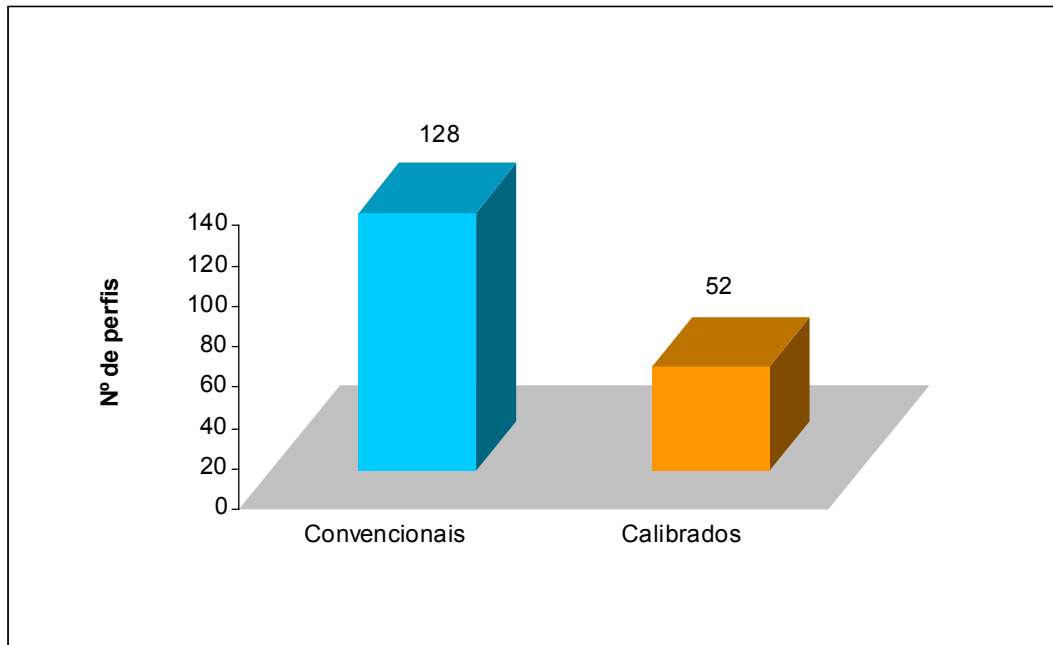
Dos 550 poços levantados, 357 foram utilizados para elaboração do mapa de contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral, unidade esta que se comporta como embasamento do Sistema Aquífero Bauru na quase totalidade da área estudada. Dados hidrodinâmicos básicos, como nível estático, nível dinâmico, vazão de produção e vazão específica, foram obtidos em 263 poços. Dados de transmissividade, coeficiente de armazenamento e porosidade efetiva não estão disponíveis.

Foram obtidos 180 perfis geofísicos, abrangendo 175 localidades diferentes do Estado de São Paulo, entre municípios, distritos e vilas (Gráfico 2). Destes, 52 correspondem a perfis calibrados, em geral com curvas de potencial espontâneo, raios gama API (*American Petroleum Institute*), resistividade normal curta, resistividade induzida e velocidade sônica, processados por equipamentos computadorizados, cujos registros das propriedades petrofísicas podem ser utilizados para análises quantitativas. Os demais 128 perfis são designados convencionais, sem calibração API, apresentando curvas de raios gama em cps (*counts per second*), potencial espontâneo, resistência e resistividade 16 e 64 polegadas, podendo ser utilizados somente para análises qualitativas.

A pesquisa bibliográfica também permitiu reunir cerca de 50 perfis litológicos elaborados com base na descrição de testemunhos de sondagem de poços perfurados pelo Instituto Geológico – IG, publicados nos trabalhos de Arid (1966), Mezzalira (1974) e Barcha (1980).

Amostras de calha armazenadas na litoteca da regional de Araraquara do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, também foram reexaminadas, quando necessário, para calibração de perfis.

Gráfico 2 – Relação entre o número de perfis convencionais e calibrados, utilizados na pesquisa.



2. MÉTODOS UTILIZADOS

2.1. Considerações gerais

Esta pesquisa foi baseada principalmente na interpretação e correlação de curvas geradas pelos perfis geofísicos corridos em poços para captação de água subterrânea, de modo a identificar em subsuperfície as unidades estratigráficas presentes no Grupo Bauru e avaliar seu potencial hídrico. O critério determinante para seleção dos poços foi sua representatividade em área e a existência de perfil geofísico. Portanto, não houve preocupação em levantar quantidade de dados, mas sim, poços com informações de melhor qualidade.

Os perfis geofísicos são originalmente apresentados em papel contínuo, no formato gráfico, geralmente nas escalas padrão de 1:500 ou 1:200, consideradas escalas excessivamente grandes para análises estratigráficas de sucessões sedimentares. Podem ser

distinguidos entre perfis convencionais ou não calibrados e perfis computadorizados ou calibrados.

Anteriormente ao advento dos sistemas computadorizados, as sondas de perfilagem eram obrigadas a descer várias vezes no mesmo poço para registrar as diferentes curvas, em diferentes escalas, de acordo com as exigências dos proprietários. Estes perfis ficaram conhecidos como convencionais. A curva era registrada mecanicamente em papel, numa única via e uma vez extraviada, não havia condições técnicas de obter-se uma segunda cópia, a não ser, realizando nova perfilagem. Por este motivo, muitas informações geofísicas, extremamente valiosas do ponto de vista geológico, foram perdidas ao longo dos anos e nunca mais recuperadas. Como não possuíam uma calibração adequada e sofriam interferência do fluido de perfuração, do diâmetro do poço, etc, prestavam-se somente para análises qualitativas.

Com o surgimento dos sistemas computadorizados no Estado de São Paulo, no final de 1994, os registros das propriedades petrofísicas das rochas passaram a ser gravados em arquivo digital, permitindo numa única descida ao poço, a aquisição e o armazenamento de dados para posterior manipulação e impressão das curvas em qualquer escala, tanto vertical como horizontal. Como possuem calibração no padrão API, prestam-se também para análises quantitativas, ou seja, pode-se efetuar cálculos com boa precisão com os valores adquiridos pelas sondas, de modo análogo ao que é realizado na indústria petrolífera.

Todos os perfis obtidos foram digitalizados de modo a permitir seu manuseio em escala mais conveniente. A escala vertical padrão de formatação, para análise dos perfis, foi de 1:1.500.

No caso dos perfis convencionais, registrados em papel, foram tomados valores a cada 0,5 metro na escala de profundidade das grandezas físicas expressas pelas curvas. Os valores extraídos foram, então, inseridos em planilha do *software* Excel (extensão xls), com os quais foram gerados gráficos análogos aos perfis em papel.

No caso dos perfis computadorizados, os registros foram obtidos diretamente de arquivo de texto digital (extensão txt), a cada 0,25 metro de profundidade, transformados para formato de planilha Excel (extensão .xls) e utilizados para a geração dos gráficos análogos aos perfis reais.

Estes gráficos foram então transportados para o programa Coreldraw 9.0 e desagrupados para seleção somente dos elementos representativos das curvas geofísicas, dando origem a

perfis digitalizados (formato cdr), posteriormente empregados nas análises, correlações e elaboração de seções geológicas.

A Figura 2 mostra, como exemplo, uma comparação do formato das curvas de raios gama obtidas de diferentes modos. A curva “A” representa trecho de um perfil convencional na escala vertical original de 1:200, registrado mecanicamente em escala “cps”. A curva “B” foi gerada graficamente no *software* Excel, a partir da extração de valores numéricos lidos diretamente do perfil apresentado na curva “A”. A curva “C” foi concebida a partir da aquisição de dados digitais em equipamento computadorizado, padrão API, e gerada graficamente no *software* Excel. Salienta-se que esta última curva foi obtida em poço diferente, porém situado na mesma cidade, podendo-se notar uma excelente correspondência entre os perfis.

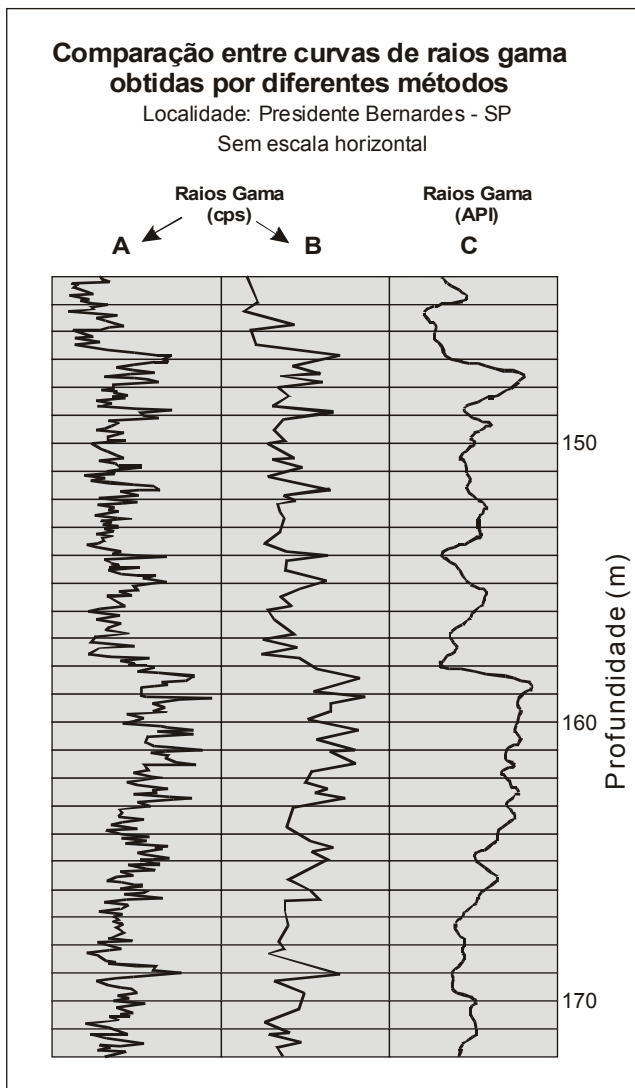


Figura 2 – Comparação entre curvas de raios gama obtidas por diferentes métodos.

A) Curva de raios gama convencional extraída de cópia em papel (escala cps).

B) Curva de raios gama convencional gerada através da leitura dos valores registrados nos perfis em papel (escala cps).

C) Curva de raios gama calibrado, obtida através de valores digitais registrados pela sonda (escala API).

Para interpretação dos perfis transformados em arquivo digital foi desenvolvido um *software* específico de análise no LEBAC – Laboratório de Análise de Bacias, da UNESP de Rio Claro, informalmente denominado de Analog (Figura 3). Este *software* é bastante simples, porém muito útil para agilizar as interpretações. O programa permite a importação do arquivo com os dados digitais, dispondo os perfis em formato gráfico na tela principal para visualização rápida. O perfil pode ser fatiado em intervalos correspondentes às unidades geológicas reconhecidas e discriminado em termos litológicos com a aplicação de parâmetros de análise baseados em intervalos de variação das grandezas físicas mensuradas, como raios gama natural, resistividade ou tempo de trânsito de onda sonora. O resultado é dado em termos de espessura absoluta de cada componente litológico dentro do intervalo analisado, facilitando a elaboração dos mapas de isólitos.

Para avaliação das zonas aquíferas mais promissoras foi utilizado o mesmo *software*, porém, os parâmetros de análise foram ajustados de modo a expressar os resultados em termos de litologias de maior ou menor permeabilidade aparente.

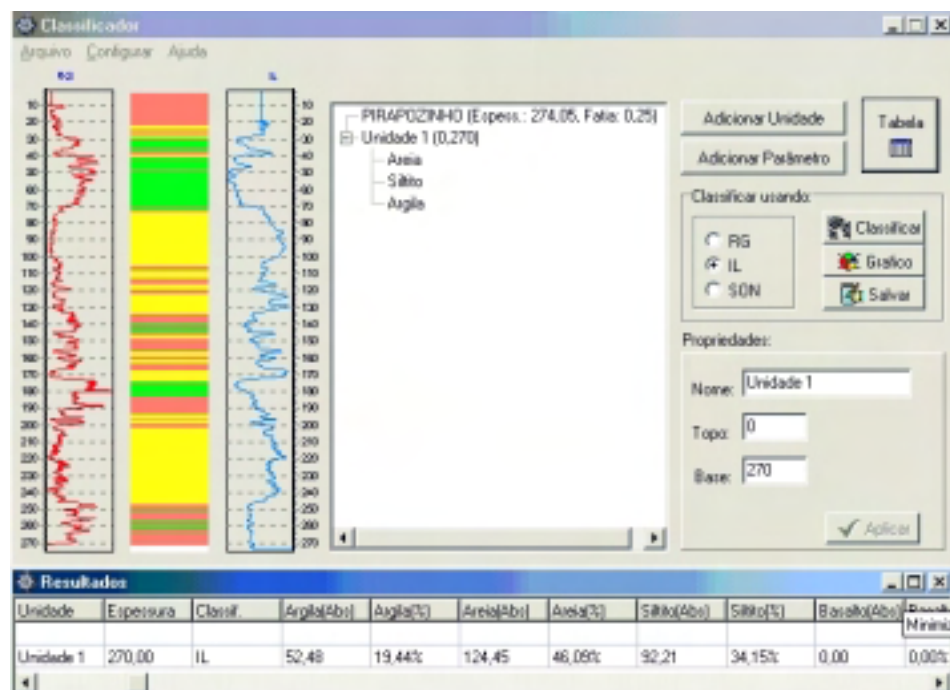


Figura 3 – Tela principal do *software* Analog.

2.2. Perfis geofísicos utilizados na prospecção de água subterrânea

A partir do final da década de 70 e início da década de 80, os projetos de captação de água subterrânea, desenvolvidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE para as prefeituras paulistas, passaram a contar com o auxílio de ferramentas de perfilagem geofísica, item que se tornou obrigatório na construção de poços em zonas sedimentares. Os equipamentos de perfilagem então disponíveis eram do tipo elétrico-convencional, com registrador mecânico e sonda de pequeno diâmetro, desenvolvidos para pesquisa mineral e que foram adaptados para utilização em furos de grande diâmetro (maior do que 8 polegadas), em poços para extração de água. Consistiam de uma curva de Potencial Espontâneo (SP), uma de Raios Gama (em unidades cps), uma de Resistência (RTC) e duas de Resistividade (RTV de 16" e 64"). Ao contrário dos equipamentos então utilizados na indústria petrolífera, não dispunham de correções automáticas e sistemas eficientes de calibração, sendo muito influenciados pelo diâmetro do poço, tipo de fluido de perfuração, etc, fornecendo somente registros para análises qualitativas. Além da qualidade precária da informação, a inexistência de curva indicativa de porosidade foi sempre fator limitante na interpretação desses perfis e que, em muitos casos, não eram capazes de elucidar determinadas situações geológicas.

No início de 1995, com a entrada no mercado de equipamentos de perfilagem computadorizados, desenvolvidos especificamente para a realização de investigações para captação de água subterrânea, houve um salto formidável na qualidade das informações físicas mensuradas. Dispondo de sondas de grande diâmetro, calibradas no padrão API e com elevada resolução, os perfis passaram também a fornecer dados para uma avaliação quantitativa. O conjunto de curvas disponíveis nos modernos equipamentos compreende a curva de Potencial Espontâneo, de Resistividade Elétrica Normal, de Resistividade Induzida, de Raios Gama com calibração API e de Sônico Compensado, esta última para registro do tempo de trânsito de uma onda sonora no meio físico, que permite sua interpretação em termos da porosidade total da rocha.

2.2.1. A perfilagem geofísica

Perfil geofísico pode ser definido como a representação gráfica entre a profundidade do poço e qualquer propriedade petrofísica registrada por equipamentos apropriados. Esses equipamentos usam sensores especiais que se deslocam dentro do poço, puxados por cabos elétricos, e registram continuamente as propriedades físicas do meio, sendo por isso, denominados genericamente no passado de perfis elétricos, independentemente do processo físico de medição utilizado.

Em 1927, os irmãos Conrad e Marcel Schlumberger, que trabalhavam em pesquisa geofísica de superfície direcionada para água subterrânea e recursos minerais, realizaram registros elétricos com simples sensores descidos dentro de um poço de petróleo na França. Esses registros deram origem ao primeiro *Electrical Core* (testemunho elétrico). O termo *Well Log* ou *Electrical Log* foi cunhado em 1933, nos EUA. Na França utiliza-se o termo *Diagraphie Electrique* e em Portugal usa-se o termo *Diagrafia*. No Brasil e na América Latina o termo ficou sendo “Perfil Geofísico” (Nery, 1995).

No princípio, as operações de perfilagem registravam somente as propriedades elétricas das rochas; gradativamente foram incorporadas as acústicas e radioativas. Atualmente, graças ao desenvolvimento de inúmeros tipos de sensores, pode-se diferenciar as diversas litologias atravessadas pelo poço, bem como outras propriedades petrofísicas por meio da condutividade elétrica, potencial eletroquímico natural, velocidade de propagação de ondas sonoras e conteúdo radioativo espontâneo ou induzido (Nery, *op. cit.*).

As curvas geofísicas disponíveis atualmente na prospecção de água subterrânea no Estado de São Paulo são o Potencial Espontâneo, Resistividade Normal, Resistividade Induzida, Raios Gama API e Sônico Compensado. Esses perfis geofísicos registram as propriedades elétricas, eletromagnéticas, radioativas e acústicas das rochas. Estas propriedades não podem ser utilizadas diretamente no cálculo da porosidade, permeabilidade, salinidade das águas intersticiais, conteúdo de argila, tipo de fluido, etc. Na realidade tais propriedades petrofísicas são inferidas a partir dos parâmetros físicos mensurados pelos perfis.

Assim, a porosidade pode ser estimada a partir de medições do tempo gasto para uma onda elástica percorrer um certo trecho de rocha; a salinidade pode ser derivada a partir do potencial eletroquímico que se desenvolve espontaneamente em razão do contraste na

concentração iônica entre o fluido de perfuração e água da formação; o conteúdo argiloso pode ser estimado a partir da quantidade de radioatividade natural que a rocha possui, etc.

A interpretação de todos os parâmetros registrados pelos perfis geofísicos conduz à determinação das litologias atravessadas pelo poço, da litoestratigrafia e das zonas mais permeáveis (hidroestratigrafia).

A Figura 4 mostra como é realizada uma perfilagem geofísica em poço.

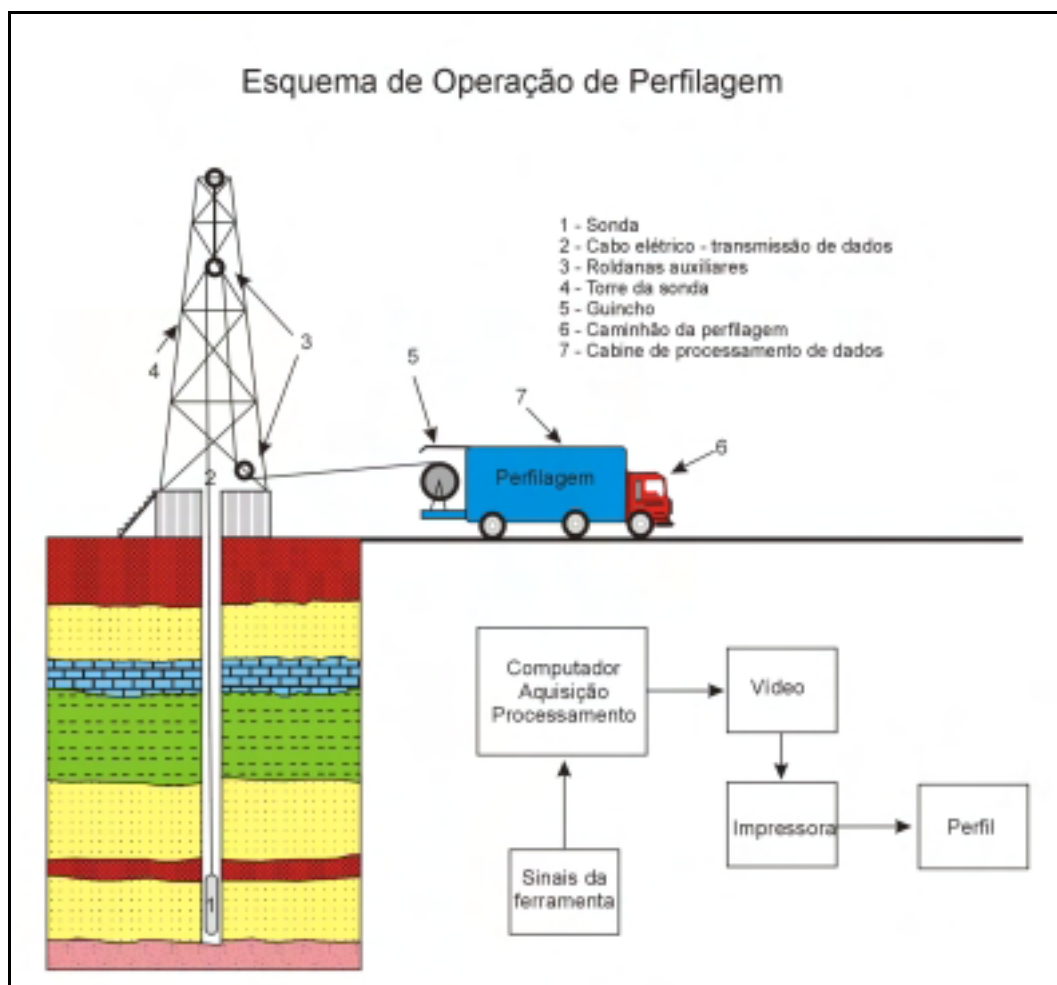


Figura 4 – Esquema de operação de perfilagem do tipo computadorizada.

Neste tópico serão abordados, de modo sumário, os princípios básicos utilizados na análise e interpretação das características petrofísicas registradas pelos perfis geofísicos em poços de exploração de água subterrânea, cujo entendimento foi de fundamental importância no desenvolvimento desta pesquisa.

2.2.1.1. Perfil de raios gama

É o registro contínuo dos pulsos (fótons), emitidos pela radiação natural liberada pelos isótopos radioativos presentes nas rochas circunvizinhas ao poço, representados principalmente pelo Urânio (U^{235}), Tório (Th^{232}) e Potássio (K^{40}). Destes, o K^{40} é o mais abundante e é encontrado nos feldspatos potássicos, biotita e vários argilo-minerais (Figura 5).

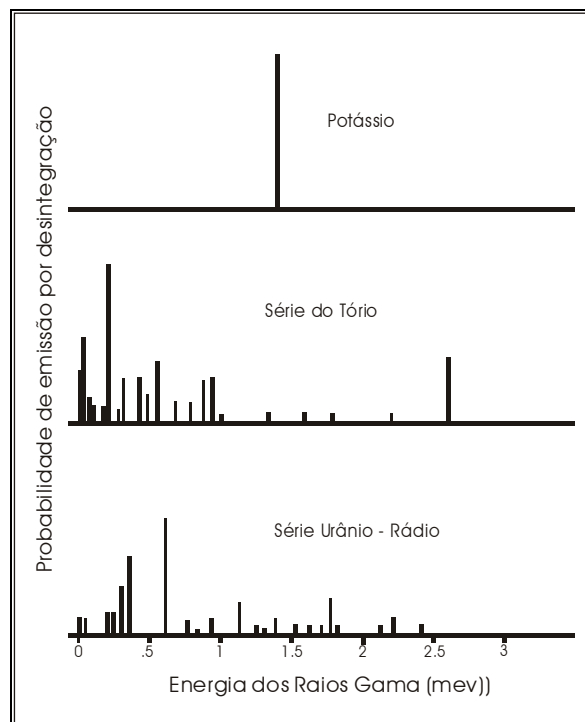


Figura 5 – Espectro de emissão de raios gama de minerais radioativos (Schlumberger, 1972).

As ferramentas de perfilagem mais antigas utilizavam contadores Geiger-Müller, que são ampolas contendo um gás que se ioniza ao ser atingido por uma radiação, gerando uma corrente elétrica proporcional à intensidade dessa radiação. Apresentam, contudo, baixa resolução, razão pela qual se tornaram obsoletos. Estes contadores medem o total de pulsos por segundo (cps) na chegada, sem levar em conta a intensidade da radiação.

As modernas ferramentas de raios gama utilizam cintilômetros, compostos de cristal de iodeto de sódio ativado por tálio, que emite luminescência após ser atingido por radiação. A corrente elétrica produzida pela luminescência é ampliada cerca de um milhão de vezes e

registrada. A eficiência dos cintilômetros é cerca de 10 vezes maior do que os contadores Geiger-Müller, podendo ser calibrados de acordo com os padrões API e registrar os valores absolutos da energia captada, o que lhes confere caráter quantitativo. A Figura 2 compara perfis de raios gama registrados em escala cps e API.

Conforme aumenta o conteúdo de elementos radioativos nas rochas, maior é o valor do registro feito pela ferramenta de raios gama. Os folhelhos são, em geral, a litologia que mais concentra minerais radioativos, isto porque tendem a fixar o elemento potássio. Evaporitos potássicos, e as rochas cristalinas ricas em potássio tendem a apresentar elevada radioatividade. De modo geral, inclusões de materiais vulcânicos aumentam a radioatividade das rochas. Ao contrário, os arenitos limpos e calcários possuem baixa radioatividade. Já os arenitos argilosos e siltitos possuem radioatividades intermediárias. Como referência, podemos observar alguns valores médios de raios gama API na Tabela 1.

Tabela 1- Valores de raios gama API de referência para algumas rochas (Schlumberger, 1972).

Rocha	RG API
Carvão	0
Halita (NaCl)	0
Gipsita (CaSO ₄)	0
Anidrita (CaSO ₄ +H ₂ O)	0
Calcário	5 – 10
Dolomito	10 – 20
Arenito limpo	10 – 30
Arenito argiloso	30 – 45
Folhelho	40 – 140
Silvita (KCl)	~ 500

Considerando uma formação contendo exclusivamente um único mineral radioativo, a leitura feita pelo perfil de raios gama (GR) será proporcional a:

$$GR = - \frac{\rho m V m}{\rho r} Am$$

onde ρm é a densidade do mineral radioativo, $V m$ é o seu volume, ρr é a densidade da formação e Am é o fator de proporcionalidade específico do mineral radioativo presente.

O perfil de raios gama se constitui num dos melhores indicadores litológicos em rochas sedimentares, uma vez que pode distinguir arenitos e calcários de folhelhos, desde que os dois

primeiros tipos não estejam contaminados por minerais radioativos. Em hidrogeologia, é utilizado para distinguir as camadas arenosas pouco argilosas, permeáveis, que constituem os aquíferos, uma vez que elevados teores de argila diminuem drasticamente a porosidade efetiva e permeabilidade dessas rochas (Alger, 1966).

2.2.1.2. Perfil de potencial espontâneo

O perfil de potencial espontâneo, conhecido como SP (*Spontaneous Potential*), registra a diferença de potencial elétrico natural entre um eletrodo móvel ao longo do poço e um eletrodo de potencial fixo, posicionado na superfície do terreno.

As deflexões na curva do SP são originadas, principalmente, pela diferença de salinidade entre a lama de perfuração e os fluidos da formação e pela presença de folhelhos que atuam como membranas catiônicas seletivas (potencial eletroquímico). Se a formação é permeável e não argilosa, o potencial eletroquímico total (E_p) gerado por esses dois fenômenos equivale a:

$$E_p = -K \log \frac{aw}{amf}$$

onde aw e amf correspondem à atividade química, respectivamente da água de formação e do filtrado da lama, e K é um coeficiente de proporcionalidade, relacionado ao tipo, concentração e temperatura da solução salina.

Havendo diferença na concentração iônica entre a água da formação e o fluido de perfuração e sendo as rochas permeáveis, haverá migração de íons da solução mais concentrada para a menos concentrada, originando uma corrente elétrica. Se as rochas forem impermeáveis não ocorrerá a migração de íons. Portanto, a curva do SP fornece uma idéia da capacidade de troca iônica e, conseqüentemente, da permeabilidade da formação (Figura 6).

O SP é dito negativo se, relativamente, houver acúmulo de cargas negativas na parede do poço. Tal situação ocorre frente a camadas permeáveis com água de formação relativamente mais salgadas do que o fluido de perfuração, dando-se as deflexões do SP à esquerda. Será dito positivo se este acúmulo for de cargas positivas na parede do poço. Neste caso, a água de formação das camadas permeáveis é menos salina do que o fluido de perfuração, dando-se as

deflexões do SP à direita. Ressalva-se que inversões propositalis de polaridade no equipamento registrador também provocam inversões das curvas. Frente a formações argilosas impermeáveis não ocorrem deflexões (linha base de folhelhos). Por outro lado, a presença de argila dispersa nas camadas arenosas reduzem as deflexões do SP.

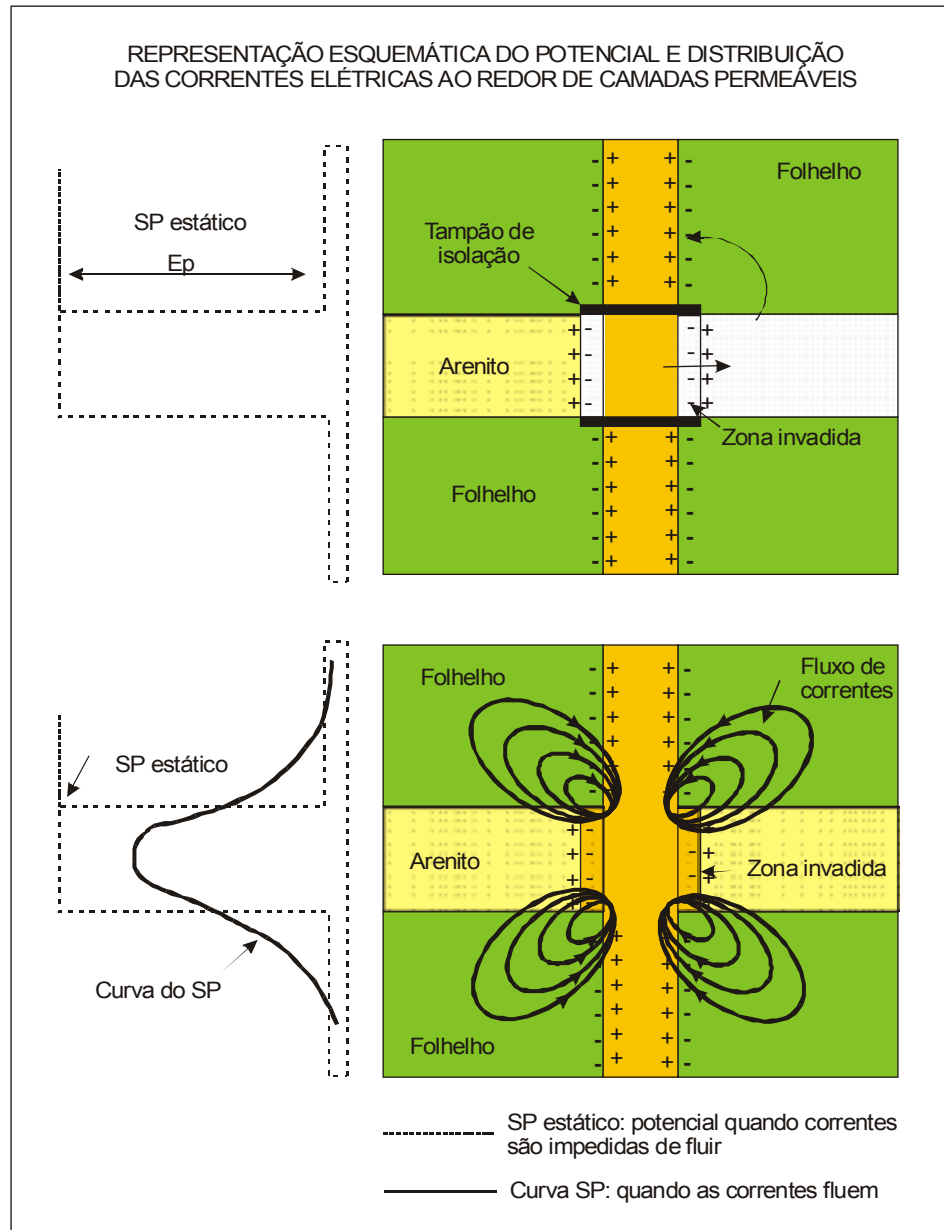


Figura 6 - Representação esquemática do potencial e distribuição das correntes elétricas ao redor de camadas permeáveis (modificado de Schlumberger, 1972).

As deflexões do SP são, portanto, função do contraste entre as resistividades da água de formação e do fluido de perfuração. Havendo igualdade de salinidade entre os referidos fluidos, não haverá deflexão do SP, mesmo frente a camadas permeáveis.

O SP é utilizado em hidrogeologia para indicar camadas permeáveis, delimitar topo e base de formações, estimar a resistividade da água de formação e auxiliar na interpretação de ambientes deposicionais. Como toda técnica de análise quantitativa dessa ferramenta foi desenvolvida para ambiente petrolífero, onde o sal predominante nas formações é NaCl, os cálculos analíticos devem levar em conta o tipo hidroquímico presente na área perfilada, de modo a fazer as correções necessárias.

2.2.1.3. Perfil de resistividade

Os perfis de resistividade medem a resistência à passagem da corrente elétrica através de um pacote de rochas, obedecendo a Lei de Ohm que determina:

$$r = R \frac{L}{S}$$

onde r é a resistência elétrica (ohm), S a área transversal (m^2), L o comprimento (m) e R a resistividade (ohm.m²/m ou ohm.m).

Os tipos de perfis utilizados na pesquisa de água subterrânea são de resistividade aparente (RSN) e induzida (IL). Até final dos anos 90, era utilizado somente um outro perfil, denominado resistência (RTC).

Os perfis de resistividade aparente possuem um arranjo de eletrodos de emissão e recepção de corrente elétrica, conforme mostrado na Figura 7. Nestes, uma corrente de baixa frequência e intensidade constante é enviada do eletrodo A, de maior potencial, para o eletrodo B, de menor potencial, e medida nos eletrodos M e N, com espaçamento conhecido. Os eletrodos A e B são chamados de eletrodos de corrente, enquanto os eletrodos M e N são chamados de eletrodos de potencial.

Este sistema de arranjo de eletrodos dos perfis de resistividade aparente é chamado de Normal. Se a distância A-M for igual a 16 polegadas, é dito Normal Curto, e se for 64 polegadas, é dito Normal Longo. Este arranjo é muito influenciado pela lama de perfuração,

por invasão de filtrado de lama, etc, além de necessitar de um meio condutivo para transmissão da corrente elétrica.

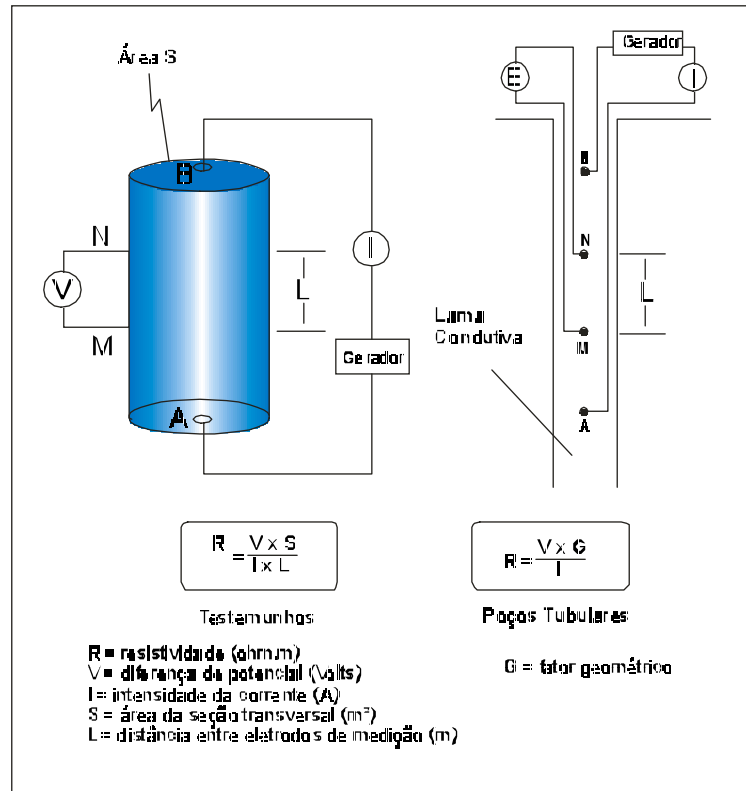


Figura 7 - Arranjo de eletrodos para medição de resistividades multieletrodos em testemunho e em poços (modificado de Nery, 1995).

Os perfis de resistividade induzida (IL) foram introduzidos visando eliminar efeitos lama-poço. A ferramenta de indução consta de duas bobinas, uma transmissora e outra receptora. A bobina transmissora é alimentada por uma corrente de intensidade e frequência (20 kHz) constantes, produzindo um campo magnético primário que flui coaxialmente ao poço (perpendicular ao eixo da bobina). Ao penetrar nas rochas, este campo primário induz nos fluidos condutores uma corrente elétrica que, por sua vez, desenvolve um campo magnético secundário, com intensidade proporcional à condutividade elétrica das rochas. Quanto menor a condutividade da rocha, menor o campo secundário originado. Este campo secundário é então registrado na bobina receptora (Figura 8).

As limitações deste tipo de perfil estão relacionadas a poços perfurados com lama muito salgada, à invasão muito profunda e à presença de rochas com resistividade muito alta. Rochas com resistividade acima de 500 ohm.m não são satisfatoriamente quantificadas e as leituras obtidas devem ser corrigidas. O raio de investigação desta ferramenta atinge 60 polegadas (1,5 m), portanto, se o diâmetro de invasão for inferior a 1,5 m e a espessura da camada também for maior do que 1,5 m, o perfil indução fornece a resistividade das camadas com bastante precisão.

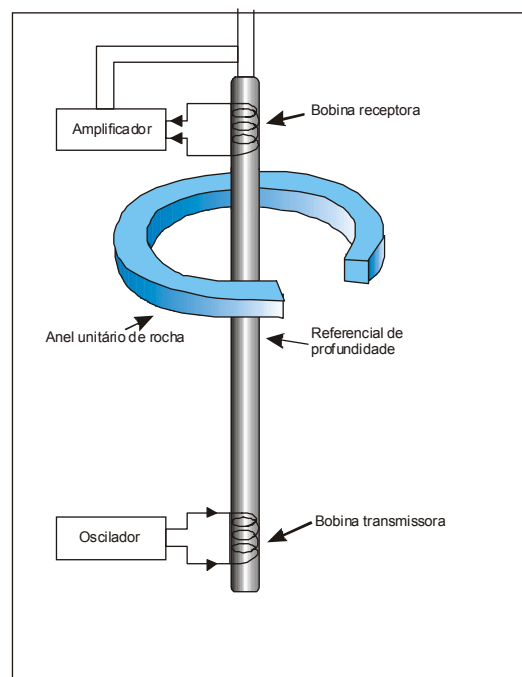


Figura 8 - Esquema simplificado de um sistema de duas bobinas do perfil indução (modificado de Nery, 1997).

O perfil de resistência elétrica (RTC) é um sistema monoeletrodo, onde a corrente elétrica é enviada pelo cabo de perfilagem até o eletrodo dentro do poço, espalhando-se em todas as direções através das rochas, e retornando a um eletrodo estacionário na superfície. As leituras obtidas no perfil não podem ser utilizadas para análises quantitativas, apenas qualitativas.

Em geral, numa operação de perfilagem de poço são feitas duas curvas simultâneas de resistividade: a normal curta e a indução. Como referido anteriormente, a resistividade normal curta lê muito próximo à parede do poço, sendo pois, afetada pela lama de perfuração, zona invadida e zona virgem. Já a resistividade induzida investiga em maior profundidade,

sendo muito pouco afetada pela lama de perfuração e zona invadida. Esta situação faz com que, frente a zonas permeáveis, exista uma diferença entre os valores de resistividade lidos pelas duas curvas. Dessa forma, este perfil constitui-se num indicador de permeabilidade. Frente a zonas pouco permeáveis, não ocorrendo invasão do filtrado da lama formação adentro, essas duas curvas devem apresentar valores similares.

Em hidrogeologia, a curva de resistividade é muito importante devido às características abaixo relacionadas.

- Aquíferos portadores de água doce e rochas compactas (pouco porosas) apresentam resistividades muito altas, relativamente às outras formações.
- Aquíferos portadores de água salgada apresentam resistividades próximas às das argilas.
- As espessuras das camadas podem ser determinadas com boa precisão.
- Aquíferos contendo argilo-minerais dispersos tendem a apresentar resistividades mais baixas, isto por que as argilas apresentam cargas elétricas em sua superfície que facilitam a passagem das correntes elétricas (são condutoras).
- Experimentos em laboratório confirmam que a resistividade das formações aumenta com o aumento da granulometria dos sedimentos, assim como a permeabilidade (Schlumberger, 1974).

Desse modo, as melhores zonas aquíferas são indicadas pelas maiores resistividades em perfil, exceção às zonas de porosidade muito reduzida (Schlumberger, *op. cit.*)

2.2.1.4. Perfil sônico ou acústico

O perfil sônico consiste no registro do tempo em que uma onda sonora demora a atravessar um intervalo de rocha de um "pé" de comprimento (30,48 cm). Este tempo de trânsito é chamado de δt e registrado, segundo os padrões API, em microssegundos/pé. As ferramentas atuais dispõem de 2 transmissores e 2 ou 4 receptores, com a finalidade de minimizar ou compensar as interferências originárias do próprio poço na chegada das ondas sonoras, sendo por isso, denominadas de perfil sônico compensado (Figura 9).

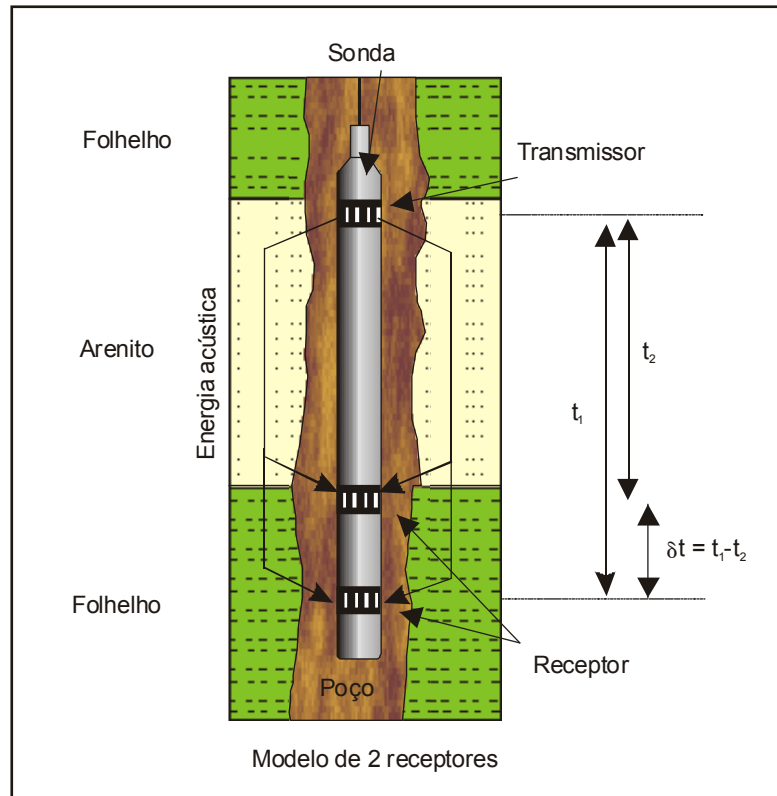


Figura 9 - Esquema simplificado de registro do perfil sônico (modificado de Nery, 1995).

O tempo de trânsito guarda uma estreita correlação com a porosidade total da rocha. Quanto maior a porosidade, maior quantidade de fluido (água) que preenche os poros da rocha e maior o tempo de trânsito da onda sonora para atravessar este material. Quanto menor o tempo de trânsito, menor será a porosidade da rocha. Para formações sedimentares fechadas, rochas cristalinas não fraturadas e evaporitos, isto é, rochas sem porosidade, o tempo de trânsito registrado pelo perfil será igual ao tempo de trânsito da matriz, ou seja, do material sólido. A Tabela 2 fornece uma idéia dos tempos de trânsito e velocidades sônicas de algumas rochas e fluidos.

A porosidade total (ϕ) de um aquífero pode ser estimada através da equação (fórmula de Wyllie):

$$\phi = \frac{\Delta t - \Delta t_m}{\Delta t_f - \Delta t_m}$$

onde Δt é o tempo de trânsito lido no perfil, Δt_m é o tempo de trânsito da matriz e Δt_f é o tempo de trânsito do fluido da formação. Para rochas pouco compactadas ou argilosas, a porosidade sônica deve ser corrigida.

Tabela 2 - Valores de tempo de trânsito e velocidade sônica obtidos em laboratório por companhias de perfilagem (Nery, 1995).

Material	δt	Velocidade (pés/s)	Material	δt	Velocidade (pés/s)
Dolomita	43,5	22.998	Basalto	57,5	17.391
Diabásio	44,6	22.435	Folhelho	60 a 170	16.666 - 5.882
Calcário	47,6	21.008	Halita	66,7	15.000
Anidrita	50,0	20.000	Água salgada	192,3	5.200
Granito	50,8	19.685	Água doce	200	5.000
Gipsita	53,0	19.047	Petróleo	238	4.200
Arenito	55,5	18.018	Metano	626	1.600
Aço	57,1	17.500	Ar	919	1.088

O perfil sônico fornece a porosidade total intergranular das rochas, caso sejam conhecidas as velocidades acústicas (ou tempos de trânsito) da matriz e do fluido da formação. De acordo com especialistas, o maior problema na interpretação da curva sônica deve-se aos fatores de atenuação das ondas acústicas, tais como, matriz, tamanho e distribuição dos grãos, tipo de porosidade, grau de cimentação e características elásticas das rochas e fluidos.

2.2.2. Aplicação geológica de perfis geofísicos

Os perfis geofísicos medem as propriedades elétricas, acústicas e radioativas das rochas, que podem ser relacionadas com a litologia, granulometria, porosidade e fluidos intersticiais. Como são corridos continuamente, do fundo do poço até superfície, constituem-se em indicadores de seqüências (*lato sensu*), em escala de metros a centenas de metros, e podem ser usados na análise seqüencial paleoambiental, desde que reflitam somente os parâmetros sedimentológicos e não as propriedades dos fluidos intersticiais ou outras feições secundárias (Reading, 1986).

Conforme visto no item anterior, todos os perfis podem distinguir as camadas de folhelho impermeáveis de camadas de arenitos permeáveis. São fortemente influenciados pelo conteúdo argiloso e, em geral, quanto mais fina a granulometria de um sedimento, maior seu

conteúdo argiloso, refletindo as variações granulométricas. Deste modo, servem para distinguir fácies e paleoambientes associados, em conjunto com informações complementares obtidas de testemunhos de sondagem, amostras de calha, etc. Em profundidades pequenas, até cerca de 40 metros, o perfil de potencial espontâneo (SP) costuma apresentar baixa resolução devido a fatores externos (ruídos, correntes telúricas, etc.), não devendo por isso ser utilizado cegamente como indicador da variação granulométrica. Assim, dentre os perfis utilizados na prospecção de água subterrânea, os que melhor representam a granulometria são o raios gama (RG), a resistividade (RIL) (quase sempre o fluido intersticial é composto por água doce e as variações de resistividade se devem, principalmente, a variações no conteúdo argiloso) e o sônico (BHC), devendo sempre ser analisados em conjunto e nunca isoladamente.

Serra & Sulpice (1975, *in* Reading, 1986), com base na variação do conteúdo argiloso detectado pelos perfis de RG e SP, definiram os formatos de curva apresentados na Figura 10. Segundo estes autores, o formato em cilindro indica tanto sedimentos relativamente homogêneos, limitados por sedimentos argilosos, como sedimentos de preenchimento de canais com topo abrupto. Formato em sino indica *fining upward*, devido possivelmente a preenchimento de canal. Formato em funil indica *coarsening upward*, produzido provavelmente por sistemas progradantes, como deltas, lobos submarinos, barras regressivas marinhas, ilhas barreira ou recifes calcários progradando sobre folhelhos. Formato em ovo pode sugerir *fining upward* de preenchimento de canal, com conglomerados ou brechas basais formados por clastos de folhelho, seqüências progradacionais/regressionais ou sistemas submarinos de fandeltas. Formatos lineares podem indicar espessas seqüências de lamitos, intercaladas com arenitos e siltitos, depósitos de planícies de inundação, folhelhos, carvão de pântano, etc.

A Figura 11 apresenta seqüências idealizadas de perfis granulométricos verticais, relacionados a ambientes deposicionais específicos. É interessante notar que esses padrões podem ser reconhecidos simplesmente com base na variação granulométrica, sem a utilização de outros parâmetros faciográficos, o que torna este método muito útil nos estudos de subsuperfície.

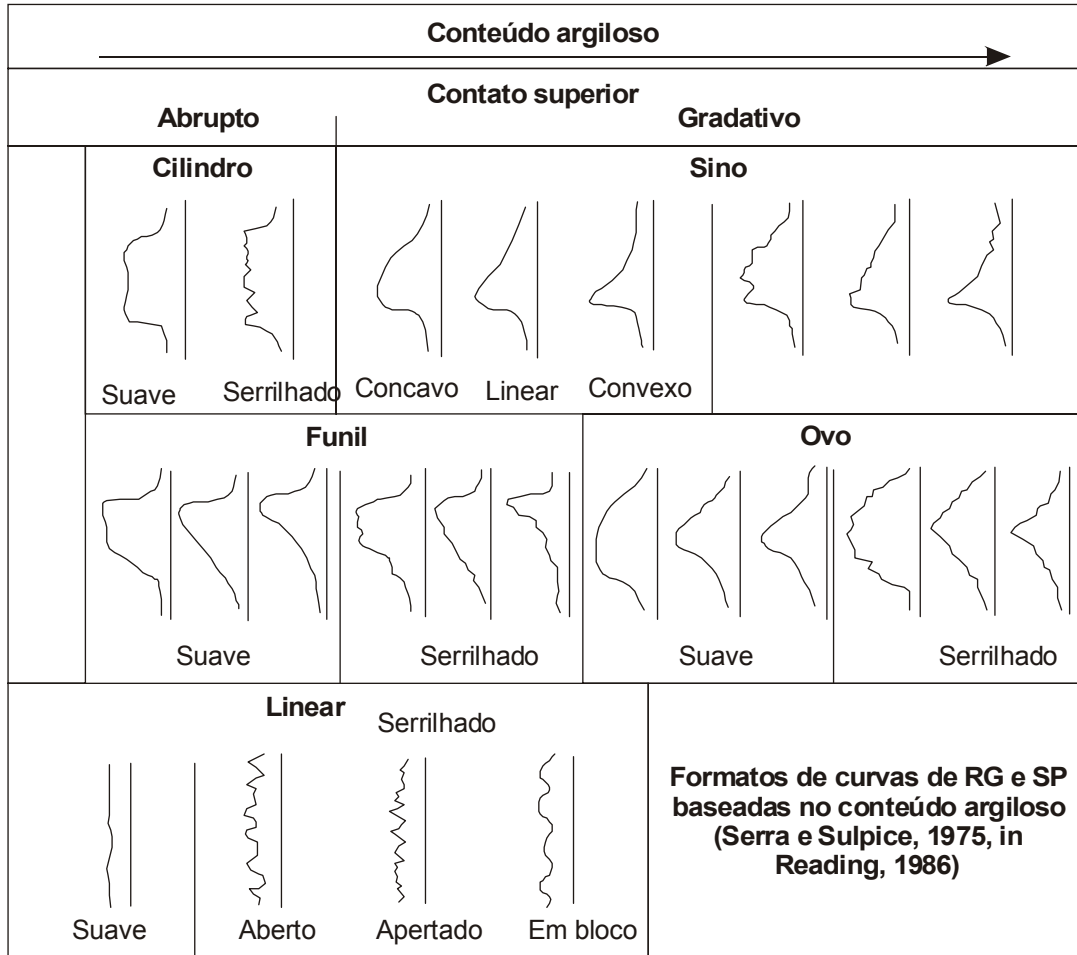


Figura 10 – Formatos de curvas de raios gama (RG) e potencial espontâneo (SP) baseadas na variação do conteúdo argiloso (Serra & Sulpice, 1975, *in* Reading, 1986).

Selley (1982) apresenta quatro padrões característicos de formato de curvas de raios gama para interpretação paleoambiental, com variações interpretativas, dependendo da presença de detritos carbonosos ou de glauconita, indicativos respectivamente, de ambiente continental e marinho (Figura 12). A presença de glauconita nos sedimentos é um critério útil para diagnóstico de origem marinha (Odin, 1972; Bjerkli & Ostmo-Saeter, 1973; *in* Selley, *op. cit.*).

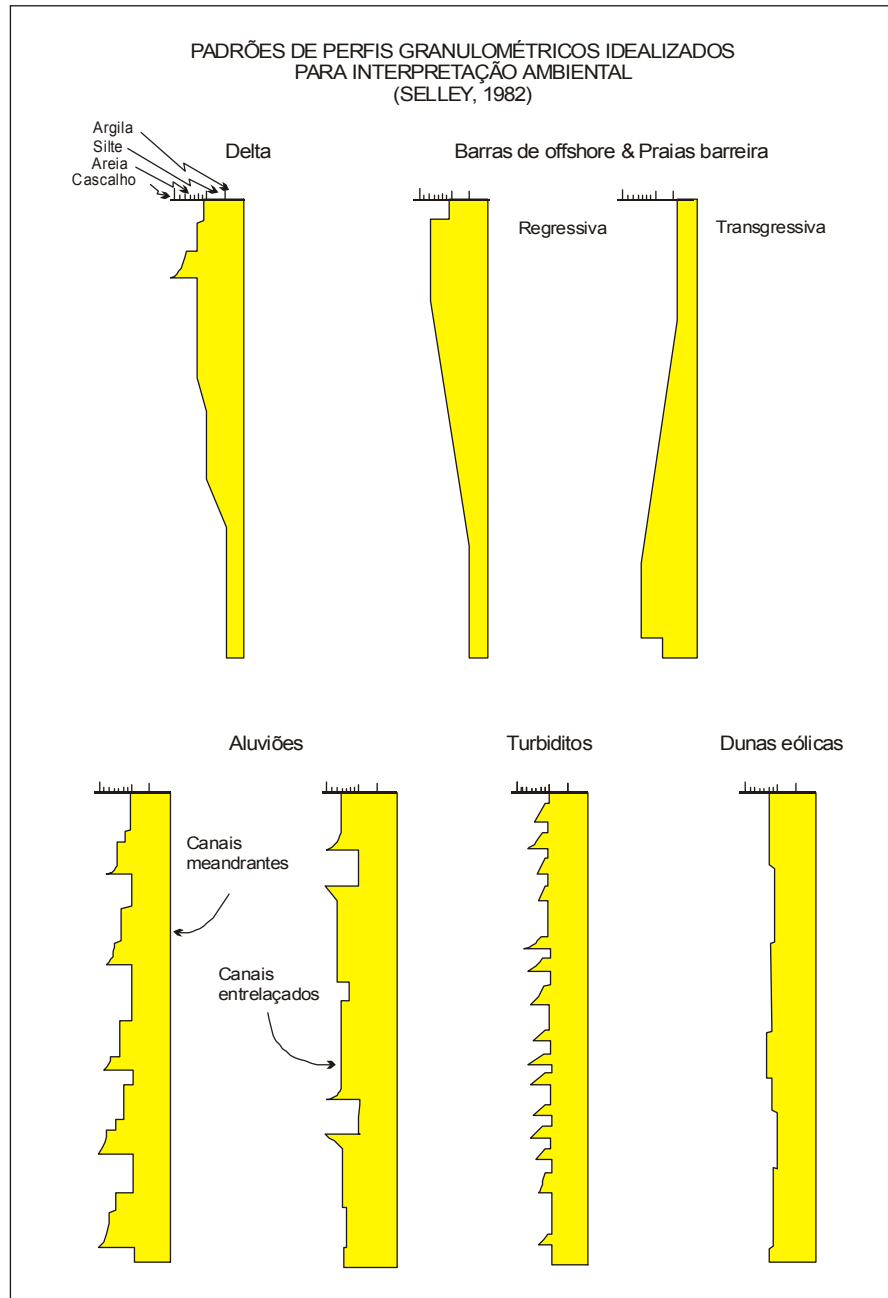


Figura 11 - Padrões de perfis de variação granulométrica idealizados para interpretação paleoambiental (modificado de Selley, 1982).

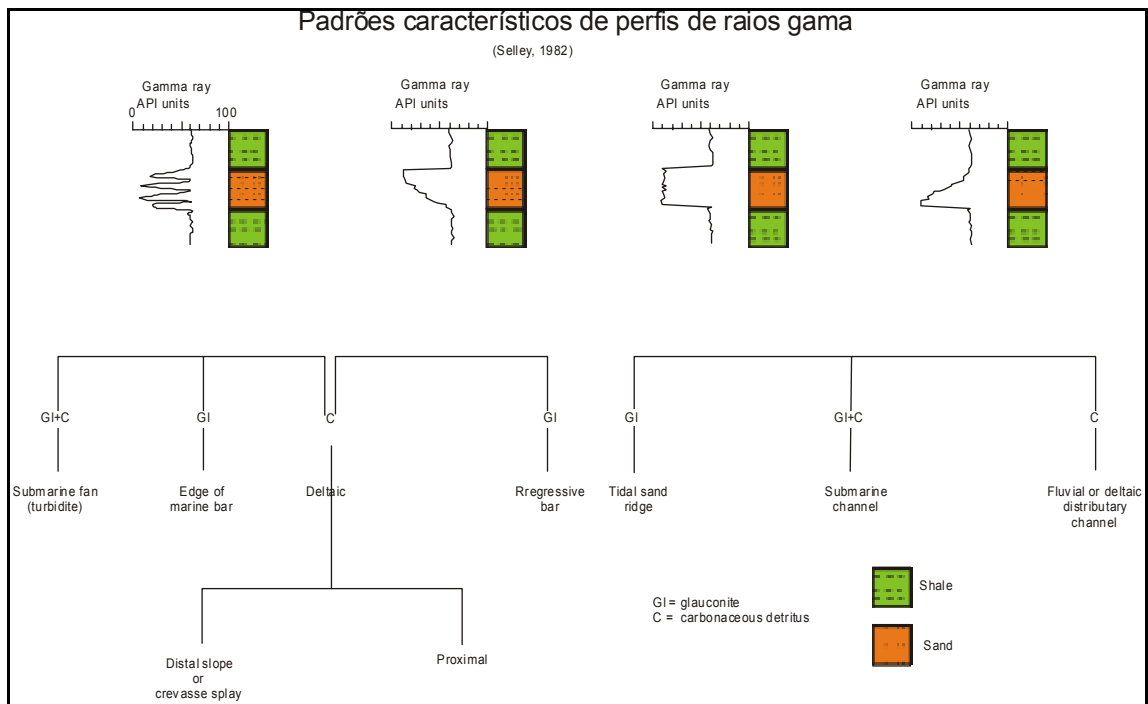


Figura 12 - Padrões característicos de formatos de curvas de raios gama para interpretação paleambiental (Selley, 1982).

3. GEOLOGIA DO GRUPO BAURU

3.1. Generalidades

A sucessão sedimentar cretácea suprabasáltica é uma das mais estudadas da Bacia do Paraná, possuindo uma extensa bibliografia com mais de quatro centenas de trabalhos publicados, concentrados principalmente nos estados do sudeste e Paraná. Não obstante, permanecem dúvidas sobre as relações estratigráficas, estruturais, tectônicas, paleogeográficas, paleoambientais e cronológicas desta unidade (Fúlfaro & Perinotto, 1996).

Para Fúlfaro & Barcelos (1992), o motivo dessas divergências deve-se à descontinuidade geográfica das unidades do Grupo Bauru, que têm induzido alguns pesquisadores a setorizar aspectos da sedimentação, que não passariam de variações faciológicas em âmbito regional.

As rochas do Grupo Bauru, constituídas predominantemente por sedimentos siliciclásticos continentais, foram depositadas na porção centro-sul da Plataforma Sul-Americana, durante o último episódio significativo de sedimentação desta unidade geotectônica, acompanhadas de magmatismo alcalino em pontos dispersos da Bacia do Paraná, como Lages (SC), Iporá (GO) e Taiúva (SP). Litologicamente, esta sucessão é caracterizada por arenitos, arenitos argilosos, carbonatados ou não, siltitos, lamitos e argilitos, apresentando localmente conglomerados e camadas calcárias (DAEE, 1976).

Ocupa área de cerca de 117.000 km² na maior parte do Planalto Ocidental de São Paulo (correspondente a cerca de 47 % do território paulista), do total de 370.000 km², distribuídos pelo triângulo mineiro, noroeste do Paraná, sudeste de Mato Grosso do Sul e sul de Goiás. Em São Paulo assenta-se, através de discordância erosiva, principalmente sobre substrato basáltico da Formação Serra Geral e localmente sobre sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia, como na região de Bauru (SP) (Suguio *et al.*, 1977; Paula e Silva & Cavaguti, 1992, 1994). Suas maiores espessuras preservadas ultrapassam 300 metros na região de Marília (SP), mas são em média da ordem de 100 metros.

O depocentro da sucessão cretácea suprabasáltica ocupa geograficamente a mesma posição onde se localizam as maiores espessuras de lava da Formação Serra Geral, motivo pelo qual, a subsidência da bacia Bauru tem sido interpretada como produto de reajustes flexurais negativos da litosfera, ocorridos após empilhamento, resfriamento e acomodação mecânica das rochas magmáticas (Milani, 1997; Riccomini, 1995 e 1997).

Do ponto de vista hidrogeológico, é caracterizada como unidade de extensão regional, contínua, livre a semiconfinada, constituindo-se em importante reservatório de água subterrânea para abastecimento, principalmente de pequenas e médias cidades.

No presente estudo, serão discutidos apenas os trabalhos relacionados às unidades incorporadas na seqüência suprabasáltica cretácea, ocorrentes em território paulista, área objeto da pesquisa, com breves menções às unidades de ocorrência exclusiva aos outros estados. A Figura 13 mostra a área de distribuição das unidades do Grupo Bauru, na Bacia do Paraná.

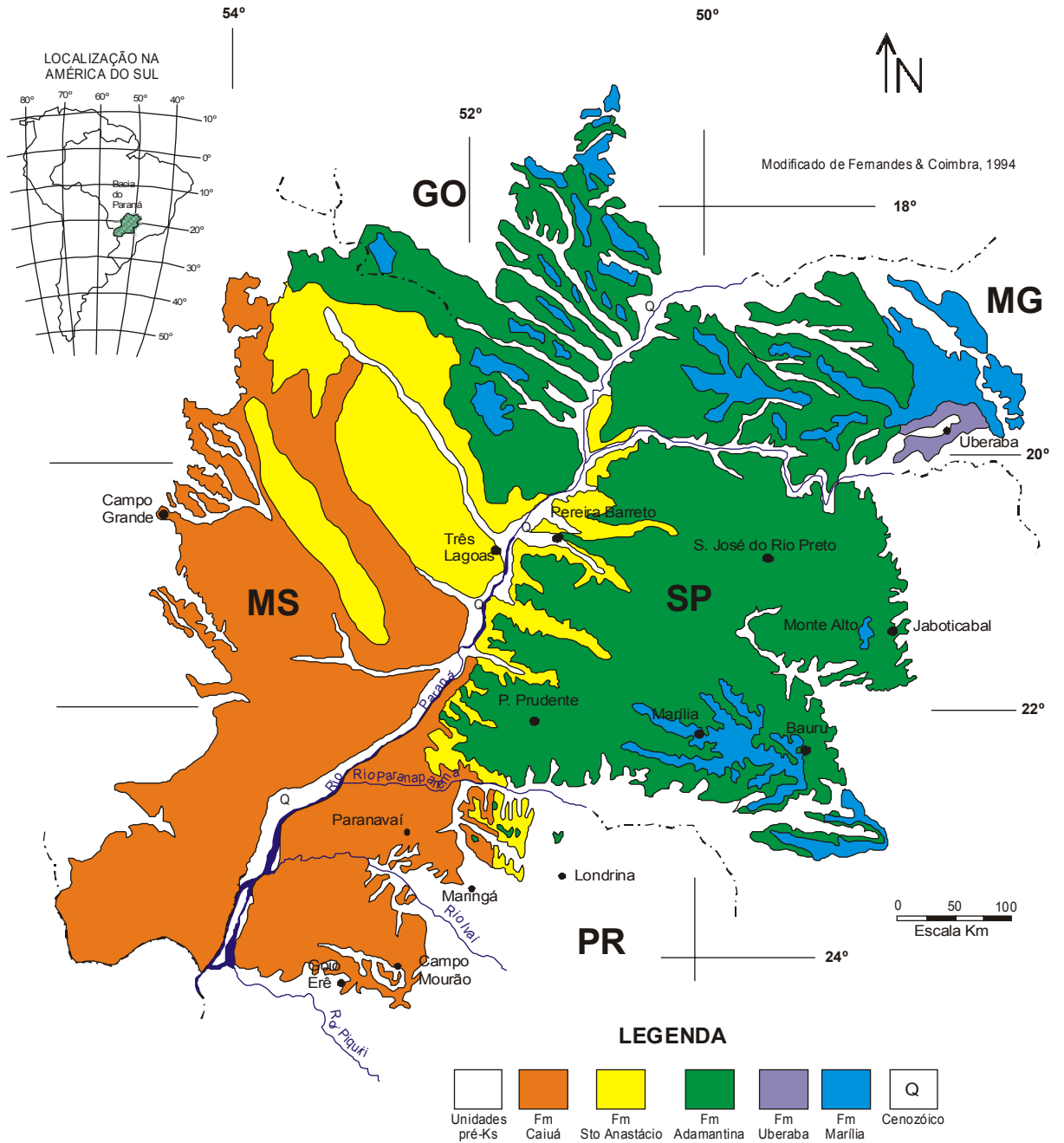


Figura 13 – Área de ocorrência das unidades suprabasálticas cretáceas na Bacia do Paraná (Modificado de Fernandes & Coimbra, 1994).

3.2. Aspectos litoestratigráficos

A primeira referência à seqüência cretácea suprabasáltica deve-se a Gonzaga de Campos (1905, *apud* Mezzalira, 1974, 1981), em seu trabalho de reconhecimento da zona compreendida entre Bauru e Itapura, registrando um depósito de grés, quase sempre maciço, raramente estratificado, de cimento e concreções calcárias e calcários maciços mais ou menos argilosos. Posteriormente, Baker (1923, *apud* IPT, 1981) assinalou a ocorrência de arenitos suprabasálticos no vale do Rio Paraná, considerando-os de origem deltaica e idade provavelmente terciária, confinados à calha do Rio Paraná.

Em 1929, a extinta Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo individualizou, na Carta Geológica do Estado de São Paulo, na escala 1:2.000.000, o “Arenito Caiuá”, estratigraficamente abaixo do “Arenito Bauru” (Florence & Pacheco, 1929 *apud* IPT, 1981). Consistia na primeira subdivisão estratigráfica da seqüência suprabasáltica cretácea, com a individualização de duas unidades: Caiuá e Bauru. Posteriormente, Washburne (1930, *apud* Mezzalira, 1981), em perfil traçado ao longo do Rio Paraná, entre Jupia e Guaira, descreveu formalmente a presença de arenitos de granulometria uniforme, com ausência de seixos ou camadas de argila e com peculiar estratificação cruzada, aos quais se referiu como eólicos, denominando-os “Arenito Caiuá”.

Desse período até o início da década de 80, os diversos pesquisadores se dedicaram ao reconhecimento e caracterização das diversas litofácies presentes, predominantemente sob critérios litológicos e sedimentológicos, tendo como objetivo a subdivisão da “Formação Bauru” e o estabelecimento de uma coluna estratigráfica formal. Destacam-se os trabalhos de Arid (1966), Mezzalira (1974), Schneider *et al.* (1974), DAEE (1976), Landim & Soares (1976), Suguio *et al.* (1977), Brandt Neto *et al.* (1978), Soares *et al.* (1979) e Stein *et al.* (1979).

Nesta fase, Landim & Soares (1976) reconheceram e caracterizaram a fácies Santo Anastácio, designação dada ao pacote de arenitos situados na transição entre a “Formação Caiuá”, inferior, e a “Formação Bauru”, superior.

Mais adiante, Suguio *et al.* (1977) propuseram a divisão estratigráfica da “Formação Bauru” em três litofácies, denominadas Araçatuba (inferior), São José do Rio Preto (média) e Marília (superior). Stein *et al.* (1979) propuseram a divisão da seqüência suprabasáltica cretácea nas formações Caiuá, Santo Anastácio e Grupo Bauru, este, por sua vez,

desmembrado em Unidade Inferior (Litofácies Ubirajara e Taciba, de Soares *et al.*, 1979) e Unidade Superior (Litofácies Marília, de Suguio *et al.*, 1977).

Até 1980, os diversos pesquisadores não haviam conseguido definir um relacionamento estratigráfico entre as diversas litofácies mapeadas do Grupo Bauru, em razão da variabilidade vertical e horizontal verificada e da ausência de horizontes litoestratigráficos regionais. Foi então que Soares *et al.* (1980), integrando os diversos trabalhos de mapeamento regional elaborados até então, propuseram a clássica divisão estratigráfica do Grupo Bauru, aceita ainda hoje pela maioria dos geocientistas em razão de seu caráter operacional. Nesta proposta estratigráfica, os autores elevaram a unidade Bauru à categoria de Grupo e subdividiram-no nas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina (incluindo as litofácies Ubirajara, Taciba e São José do Rio Preto) e Marília (incluindo na base desta última a Litofácies Itaqueri), como mostrado na Figura 14.

A partir do trabalho clássico de Soares *et al.* (1980), as pesquisas se concentraram nas revisões estratigráficas e nos trabalhos de reconhecimento e extensão para outras áreas das unidades geológicas então formalizadas. Destacam-se nesta fase os trabalhos de Zaine (1980), Almeida *et al.* (1981a,b), Arid *et al.* (1981), Suguio (1981), Barcha (1981), Brandt Neto *et al.* (1981), Suguio *et al.* (1984), Brandt Neto (1984), Pieruceti (1981), Cottas & Barcelos (1991), Freitas (1982), Barcelos & Suguio (1987), Saad *et al.* (1988), Paula e Silva *et al.* (1992, 1994, 1999, 2002), Fernandes (1992, 1998), Fúlfaro & Barcelos (1992), Fernandes & Coimbra (1994, 1996, 2000), Fúlfaro *et al.* (1999), Batezelli *et al.* (1999) e Castro *et al.* (1999).

Zaine (1980) reconheceu a litofácies Araçatuba (Suguio *et al.*, 1977) e tratou-a informalmente de “Formação Araçatuba”. Suguio (1981), ao abordar aspectos paleoambientais e paleogeográficos do Grupo Bauru, propôs a elevação da litofácies Araçatuba à categoria de formação mantendo, contudo, a definição original estabelecida em Suguio *et al.* (1977).

Barcelos & Suguio (1987) reconheceram, correlacionaram e estenderam as unidades litoestratigráficas definidas inicialmente em território paulista, de acordo com proposição de Soares *et al.* (1980), para os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná. Propuseram ainda a subdivisão da Formação Adamantina nos membros Araçatuba e São José do Rio Preto, definidos como litofácies por Suguio *et al.* (1977), e a subdivisão da Formação Marília nos membros Ponte Alta, Echaporã e Serra da Galga. Situararam ainda, no topo do

Grupo Bauru, a Formação Itaqueri, proposta originalmente por Almeida & Barbosa (1953, *apud* Mezzalira, 1981) e considerada por Soares *et al.* (1980) como uma litofácies basal da Formação Marília, contrariando as idéias anteriores de Cottas & Barcelos (1981), que, estudando os depósitos sedimentares da região da Serra de Itaqueri (SP), haviam proposto que a Litofácies Itaqueri fosse excluída do Grupo Bauru, por considerá-la de idade cenozóica (Figura 15).

Divisão estratigráfica do Grupo Bauru, de acordo com Soares et alii (1980)							
Grupo	Formação	Esp. Máx.	Litologia	Litofácies	Sistema Depositional	Fósseis	
			SW	NE			
Grupo Bauru	Marília	160 m	Marília	Itaqueri	Leques Aluviais	Algas Moluscos Conchostreáceos Répteis	
	Adamantina	190 m	Taciba Ubirajara	Taciba Ubirajara	Fluvial meandrante pelítico a sul Psamítico a leste e norte		Cretáceo Médio
	Santo Anastácio	80 m	S. J. R. Preto Sto. Anastácio	S. José do Rio Preto	F. meandrante a anastomosado psamítico		Cretáceo Inferior
	Caiuá	200 m	Caiuá		Desértico		
	G. S. Bento	Serra Geral	+ 1500 m	Basaltos			

Figura 14 – Proposta clássica de subdivisão estratigráfica dos sedimentos cretáceos suprabasálticos elaborada por Soares *et al.* (1980).

A redefinição da Formação Araçatuba, como constituída predominantemente por siltos arenosos, cinza esverdeados, com variações laterais para siltitos argilosos e arenitos lamíticos,

coube a Batezelli *et al.* (1999). Estes autores ainda comprovaram que sua área de ocorrência era bem mais ampla do que a originalmente mapeada.

Inaugurando a aplicação da estratigrafia de seqüências no Grupo Bauru, Castro *et al.* (1999) identificaram quatro ciclos R-T (regressivo-transgressivo), correspondentes às formações Caiuá (ciclos 1 e 2), Santo Anastácio-Adamantina inferior (ciclo 3) e Adamantina superior (ciclo 4).

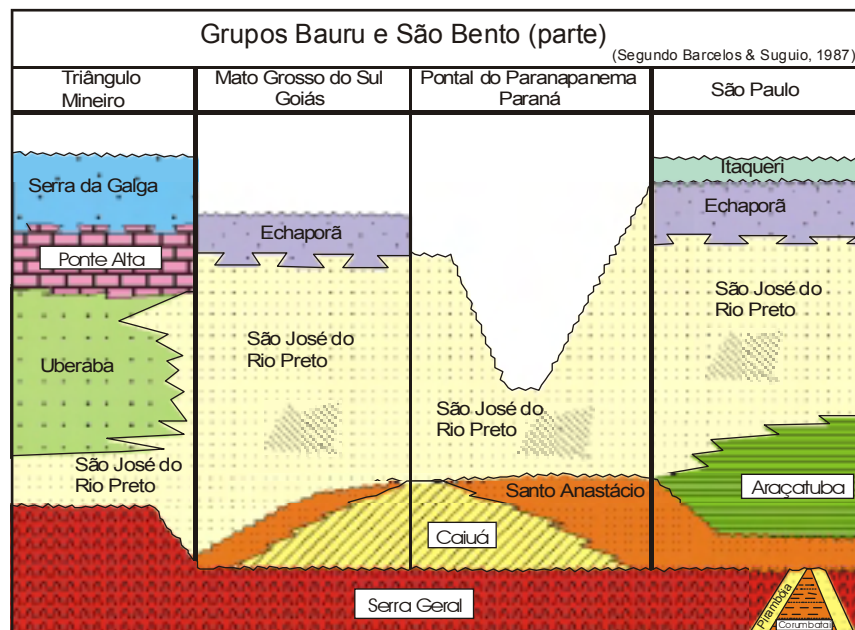


Figura 15 – Proposta de subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru elaborada por Barcelos & Suguio (1987).

A partir de 1992, com os trabalhos de Fernandes e colaboradores, foram esboçadas as novas concepções sobre a gênese e relações estratigráficas das unidades Bauru, contrapondo-se à versão operacional clássica de Soares *et al.* (1980), ao conceber um modelo ideal de relacionamento de fácies cronocorrelatas, geradas em ambientes específicos, geneticamente associados, constituindo um trato de sistemas deposicionais.

Assim, Fernandes (1992) dividiu a unidade Caiuá nas formações Goio Erê e Rio Paraná, elevando-a, conseqüentemente, à categoria de grupo. Posteriormente, Fernandes & Coimbra (1994) propuseram a definição formal do Grupo Caiuá com a reunião das formações Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio. Em decorrência, o Grupo Bauru passou a comportar as formações Adamantina, Marília e Uberaba (esta de ocorrência restrita ao Triângulo Mineiro) e

as rochas extrusivas, designadas de Analcimitos Taiúva, intercaladas na primeira. Nesta nova concepção, os grupos Bauru e Caiuá seriam cronocorrelatos.

Analisando a distribuição e relações das associações de fácies da seqüência cretácea suprabasáltica da Bacia do Paraná, em sua parte oriental, Fernandes (1998) manteve a divisão desta unidade em dois grupos parcialmente correlatos: Grupo Caiuá e Grupo Bauru. O primeiro composto pelas formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio, de acordo com proposta anterior de Fernandes & Coimbra (1994). Já o Grupo Bauru foi fragmentado nas formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília, mais os analcimitos Taiúva, ficando extinta a consagrada designação Adamantina (Figura 16). Esta subdivisão foi mantida em trabalho subsequente de Fernandes & Coimbra (2000).

Para Fernandes (1992), a sedimentação desta seqüência, delimitada por discordâncias erosivas de caráter continental no topo e na base, num contexto de evolução geológica distinta da Bacia do Paraná, justificaria a individualização desses depósitos numa unidade geotectônica autônoma, denominada Bacia Bauru.

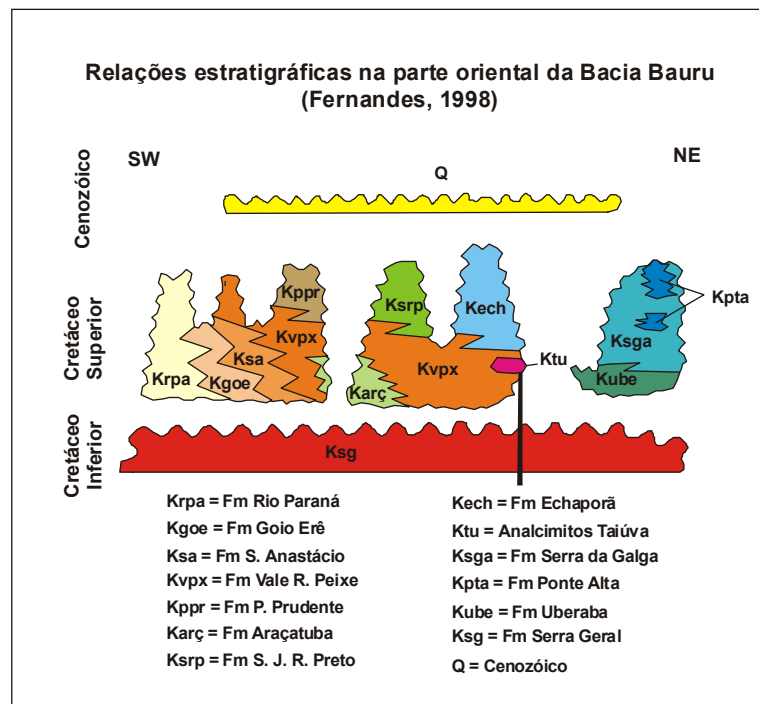


Figura 16 – Relações estratigráficas na parte oriental da Bacia Bauru (Fernandes, 1998).

3.3. Aspectos estruturais e tectônicos

A Bacia do Paraná, ao longo de sua evolução, teve sua configuração condicionada por arqueamentos, flexuras e alinhamentos estruturais do embasamento, dispostos marginal ou transversalmente à bacia, ou constituindo altos e embaciamentos internos, influenciando sua compartimentação e acumulação sedimentar, com importante reflexo no substrato basáltico que acomodou os sedimentos Bauru (Zalán *et al.*, 1987; Riccomini, 1995 e 1997; Milani, 1997). A Figura 17 apresenta os principais elementos tectônicos e estruturais da Bacia do Paraná.

O arcabouço estrutural da Bacia do Paraná é dominado por elementos tectônicos lineares que se orientam em três direções principais: NW-SE, NE-SW e E-W (Zalán *et al.*, 1990). Praticamente toda a sedimentação da Bacia do Paraná se desenvolveu sob significativa influência dos *trends* NW e NE, com evidentes reativações recorrentes de natureza vertical e horizontal, de pequena magnitude, mas suficientes para controlar depocentros, altos intrabaciais e a distribuição das fácies sedimentares, inclusive com reversões nas suas movimentações, propiciando a migração ou inversão dos depocentros para altos e vice-versa (Zalán *et al.*, 1987). As maiores espessuras dos sedimentos Bauru coincidem com as maiores espessuras de lavas Serra Geral, sugerindo um vínculo genético na formação do embaciamento Bauru com os fenômenos crustais, ligados à implantação do platô basáltico na região central da Bacia do Paraná (Milani, 1997).

De acordo com Zalán *et al.* (1987), o gradual soerguimento da região costeira do sudeste brasileiro propiciou a subsidência da parte da bacia localizada a norte da zona de falha Curitiba-Maringá, tendo sido ali acumulados praticamente a totalidade dos sedimentos do Grupo Bauru. A geometria da distribuição do Grupo Bauru é fortemente afetada pela zona de falha de Guapiara (Ferreira, 1982), em São Paulo, e pelo lineamento de São Sebastião, no Paraná.

Para Fernandes & Coimbra (1996), a sedimentação Bauru se deu em sincronismo com o progressivo alçamento das bordas definidas por altos tectônicos importantes, como a Antéclise de Rondonópolis, a noroeste, Alto do Paranaíba, a nordeste, Serra do Mar, a leste, Arco de Assunção, a oeste, e Arco de Ponta Grossa, a sul. A manutenção dos padrões de direções estruturais do substrato basáltico na cobertura cretácea sugere que o preenchimento

pelo Grupo Bauru tenha se dado concomitantemente com a lenta e contínua subsidência termal da bacia, constituindo notável exemplo de herança tectônica (Fernandes *et al.*, 1993).

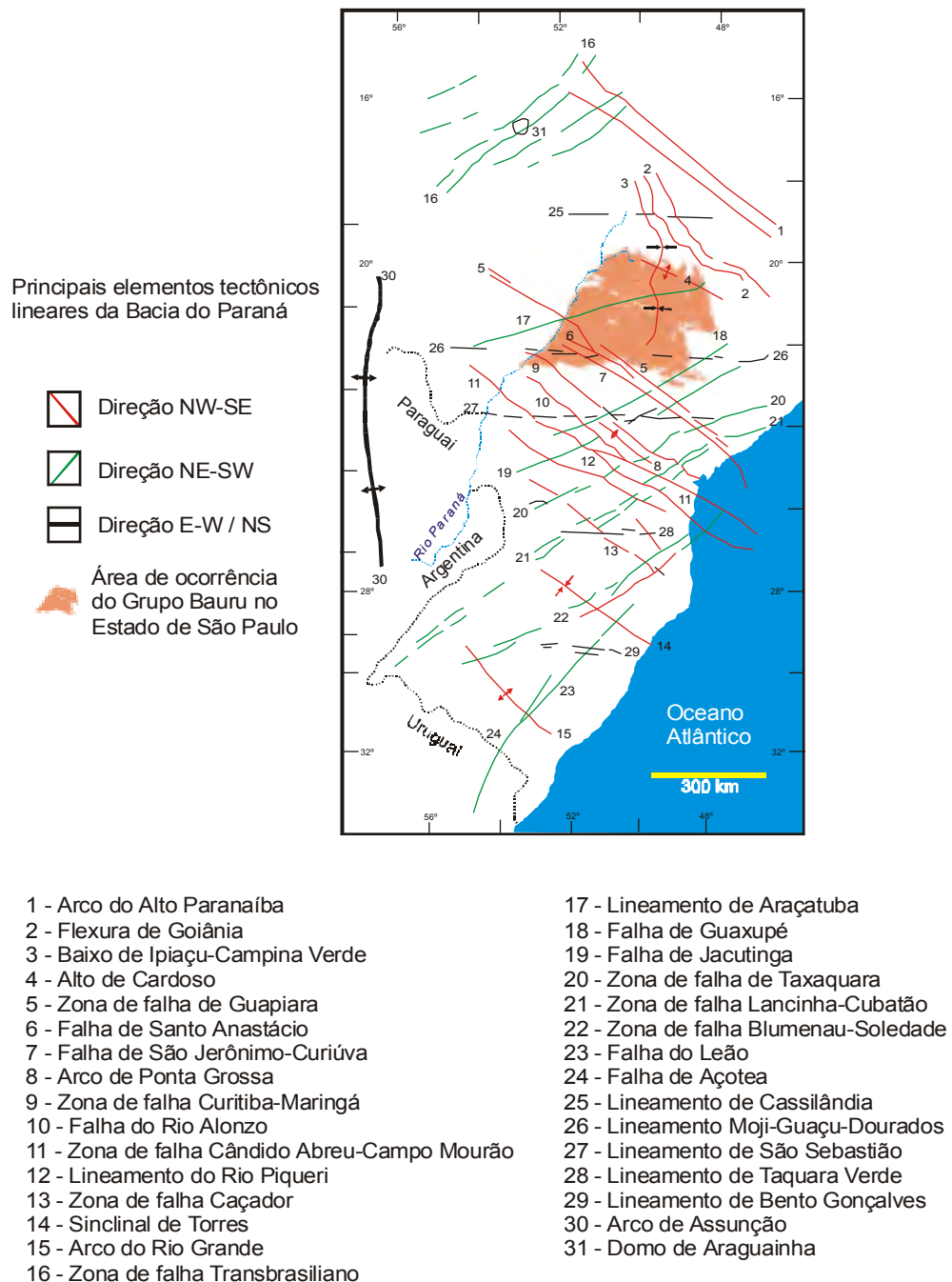


Figura 17 – Arcabouço estrutural da Bacia do Paraná (modificado de Zalán *et al.*, 1990).

Estruturas localizadas, como altos e depressões internas estampadas na superfície dos basaltos, têm sido relatadas em diversas pesquisas. Irregularidades neste substrato foram relatadas por vários autores, como Arid (1966), Mezzalira (1974), Brandt Neto *et al.* (1978), Suguio *et al.* (1977), Almeida *et al.* (1981a) e Barcha (1980 e 1985), os quais atribuíram-nas a causas tectônicas ou erosivas diferenciais, enquanto para Soares *et al.* (1979) devem-se tão somente a desnivelamentos da superfície deposicional. Suguio *et al.* (1977) sugeriram que o substrato basáltico sofreu intensas modificações tectônicas, com a formação de *horsts* e *grabens*, dentro de um padrão de falhamentos normais.

Depressões no substrato foram constatadas por diversos autores (DAEE, 1979; Santoro & Massoli, 1985; Paula e Silva *et al.*, 1994 e 1999; Campos *et al.*, 1992) nas regiões paulistas de Presidente Bernardes, São José do Rio Preto, Lins, Jales e Sud Menucci, e esboçadas através de mapas de contorno estrutural do topo do basalto.

Alinhamentos estruturais, compartimentando e condicionando a sedimentação Bauru, foram inferidos por diferentes métodos, como o Alto de Bauru-Fernandópolis (Suguio *et al.*, 1977) e os alinhamentos do Rio Tietê (Coimbra *et al.*, 1977), do Paranapanema (Fúlfaro, 1974), do Rio Moji-Guaçu (Coimbra *et al.*, 1981), de São Carlos-Leme e Ibitinga-Botucatu (Riccomini, 1995).

Evidências de estruturas tectônicas nas rochas do Grupo Bauru são pouco expressivas e mencionadas nos trabalhos de Stein *et al.* (1979), Riccomini (1995, 1997) e Fernandes (1998). Manzini *et al.* (1992) apontam a existência de um falhamento no contato entre as formações Marília e Adamantina, na região de Monte Alto (SP), com rejeito total de pelo menos 100 metros.

3.4. Idade

De acordo com Fernandes & Coimbra (1994), o registro fóssilífero conhecido da unidade Bauru pode ser agrupado em três compartimentos paleoecológicos, denominados de Peirópolis (setentrional), São José do Rio Preto (central) e Presidente Prudente (meridional). Os fósseis encontrados são moluscos, conchostráceos, peixes, quelônios, crocodilídeos e dinossauros therópodos e saurópodos, além de algas caráceas e outros restos vegetais

(Mezzalana, 1974). Nas rochas do Grupo Caiuá foram descritos apenas icnofósseis de dinossauros (Leonardi, 1977 e 1989, *apud* Fernandes & Coimbra, 1994).

A idade da sedimentação Bauru é assunto controverso, não havendo ainda um consenso entre os diversos pesquisadores. Para Freitas (1973), Soares *et al.* (1980), Fúlfaro & Barcelos (1993) e Dias-Brito *et al.* (2001), o limite inferior da sedimentação Bauru se daria no Cretáceo Médio a Inferior e o limite superior se estenderia até o Cretáceo Superior (Senoniano). Para Lima *et al.* (1986), Fernandes & Coimbra (1994), Gobbo-Rodrigues & Petri (1998, *apud* Batezelli *et al.*, 1999), Dias-Brito *et al.* (1998, *apud* Castro *et al.*, 1999) e Manzini (1999), a sedimentação Bauru se situaria no intervalo cronológico entre o Turoniano e o Maastrichtiano. Já Fernandes & Coimbra (1996, 2000) admitem, respectivamente, idades santoniana-maastrichtiana e coniaciana-maastrichtiana para a acumulação desses sedimentos.

A maioria dos trabalhos que fazem alusão à idade dos sedimentos Bauru se baseia na idade atribuída aos fósseis vertebrados (Huene, 1939, *apud* Fernandes & Coimbra, 2000) encontrados nas formações Marília e Adamantina, na idade mínima dos analcimitos da região de Taiúva (Coutinho *et al.*, 1982, *apud* Fernandes & Coimbra, 2000), estimada em 61 Ma, e na correlação com os estádios da sedimentação na Bacia de Santos. A inexistência, até o presente momento, de um zoneamento bioestratigráfico, com caráter cronológico, não tem permitido estabelecer com segurança o intervalo de tempo em que foram depositadas as rochas cretáceas suprabasálticas na Bacia do Paraná.

3.5. Ambientes deposicionais e evolução paleogeográfica

Os processos deposicionais que deram origem aos depósitos das suprabasálticas cretáceas na Bacia do Paraná ainda geram muitas discussões entre os geocientistas, mas de modo geral, parece que existe uma certa unanimidade com relação à evolução de condições predominantemente desérticas, na base, para condições predominantemente flúvio-lacustres, em sua parte intermediária, retornando para condições mais áridas no topo.

Para Soares *et al.* (1980), após um rápido ciclo erosivo ao término do vulcanismo basáltico, as condições climáticas favoreceram o desenvolvimento de um ambiente desértico, com ventos soprando para oeste (Formação Caiuá). Com o resfriamento regional, o deserto foi progressivamente sendo substituído por um sistema fluvial, migrando de norte para sul, em

canais entrelaçados (Formação Santo Anastácio). Este sistema foi substituído por um sistema fluvial meandrante, sob clima úmido (Formação Adamantina) e, ao final do ciclo, com o clima tornando-se novamente árido, as faixas marginais evoluíram para leques aluviais que progradaram sobre o sistema meandrante instalado, com posterior assoreamento da bacia.

Para Fernandes & Coimbra (1999), a primeira fase do preenchimento sedimentar Bauru (Grupo Caiuá) corresponde ao sepultamento progressivo do substrato basáltico por extensa e monótona cobertura arenosa, formada principalmente por depósitos de lençóis de areia associados a dunas de porte moderado, com pequena atividade fluvial restrita a *wadis*. A segunda fase de sedimentação, correspondente ao Grupo Bauru, deu-se em ambiente fluvial após mudanças climáticas que trouxeram maior umidade, propiciando o avanço de leques aluviais para seu interior.

4. ESTRATIGRAFIA DE SUBSUPERFÍCIE DO GRUPO BAURU

4.1. Trabalhos prévios de subsuperfície com base em perfis geofísicos

Apesar do grande número de trabalhos publicados envolvendo os aspectos de ordenação estratigráfica dos sedimentos cretáceos suprabasálticos da Bacia do Paraná, ainda é muito modesta a parcela de artigos que aborda este tema sob o enfoque da subsuperfície.

Alguns poucos trabalhos, destacando os de Mezzalira (1974) e Barcha (1980), fizeram uso de testemunhos de sondagem de poços para captação de água em suas pesquisas e ensaiaram algumas correlações litofaciológicas locais.

Somente em 1988, com o trabalho de Saad *et al.* (1988), onde foram utilizados dados de cerca de 100 poços perfurados para extração de água subterrânea, os perfis geofísicos começaram a ser empregados nos estudos estratigráficos do Grupo Bauru. Neste trabalho, os referidos autores individualizaram cinco “eletrofácies” que poderiam corresponder às unidades estratigráficas Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina (esta última subdividida em três subunidades), de acordo com a concepção de Soares *et al.* (1980).

Com os trabalhos de Paula e Silva *et al.* (1992, 1994) foram esboçadas as primeiras correlações baseadas em perfis geofísicos convencionais entre as formações abrangidas pelo Grupo Bauru, na região do sudoeste paulista. Neste trabalho, foram identificadas três

unidades geofísicas principais e correlacionadas com as formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, além de outras litofácies subordinadas às unidades maiores, destacando-se uma sucessão predominantemente lamítica, cronocorrelata à Formação Caiuá. Este trabalho foi o precursor das idéias apresentadas nesta tese e resultou na identificação de marcos litoestratigráficos sub-regionais.

Posteriormente, Paula e Silva *et al.* (1999), interpretando perfis geofísicos de alta resolução de poços perfurados no sudoeste paulista, confirmaram as seqüências estratigráficas delimitadas por marcos geofísicos, identificadas anteriormente, sugerindo que as inter-relações cíclicas entre fácies pelíticas lacustres e fácies arenosas, das diversas formações, configurariam uma seqüência deposicional de caráter fluvial.

Finalmente, estudando perfis de poços da região de São José do Rio Preto, Paula e Silva *et al.* (2002) constataram a existência de um hiato temporal entre as formações Santo Anastácio, inferior, e Adamantina, superior, e uma possível correspondência desta com a Formação Uberaba, restrita ao Grupo Bauru no Triângulo Mineiro.

4.2. Unidades litoestratigráficas cretáceas suprabasálticas

Atualmente, as unidades suprabasálticas cretáceas do Estado de São Paulo estão arranjadas basicamente em duas versões de divisão estratigráfica, de acordo com as propostas de Soares *et al.* (1980) e Fernandes (1998).

A concepção clássica proposta por Soares *et al.* (1980), com modificações sugeridas por diversos autores (p. ex., Barcelos & Suguio, 1987), ainda é a que tem melhor aceitação por parte dos geocientistas, constituindo-se na coluna estratigráfica padrão da maioria dos trabalhos referentes aos sedimentos Bauru. As recentes concepções publicadas nos trabalhos de Fernandes (1998) e Fernandes & Coimbra (1996, 2000), além de não estarem suficientemente esclarecidas, carecem de caráter operacional.

Neste estudo, as unidades litoestratigráficas consideradas são aquelas propostas por Soares *et al.* (1980), com inclusão da Formação Araçatuba e exclusão da Formação Itaqueri. Os referidos autores propuseram a clássica subdivisão do Bauru, elevando-o à categoria de Grupo e reunindo neste as formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília. Mais recentemente, Batezelli *et al.* (1999) redefiniram a Formação Araçatuba, incorporando-a

definitivamente ao Grupo Bauru, na base da Formação Adamantina. Quanto à Formação Itaqueri, em razão de sua ocorrência fora da área de estudo, não foi abordada neste trabalho.

A Tabela 3 apresenta um resumo das características litológicas que consagraram cada uma das unidades do Grupo Bauru, de acordo com as concepções dos seus proponentes. A distribuição e ocorrência dessas unidades, em superfície, é representada no mapa geológico elaborado pelo IPT (1981, Figura 18), onde estão indicadas as localidades que forneceram perfis geofísicos para este estudo.

Foram ainda reconhecidas duas unidades geofísicas, caracterizáveis através das curvas de raios gama e resistividade das diagrfias e descrição de amostras de calha, de ocorrência exclusiva em subsuperfície, aqui designadas como Formação Pirapozinho e Formação Birigüi, descritas no decorrer desta explanação.

4.3. Critérios de correlação estratigráfica

Os processos predominantemente fluviais e eólicos, atuantes em bacias exclusivamente continentais, conduzem a uma ampla variedade de depósitos sedimentares que recorrem, tanto no espaço quanto no tempo. Depósitos fluviais são fortemente cíclicos e controlados por mecanismos gerados no próprio sistema deposicional (autocíclicos), como migração de canais ou enchentes sazonais, e mecanismos externos (alocíclicos) derivados de eventos tectônicos ou mudanças climáticas, cujos efeitos de sobreposição podem produzir sucessões verticais complexas (Miall, 1982). Além disso, essas bacias são controladas por níveis de base locais e desenvolvem sedimentação em ambientes de águas rasas ou sub-aéreos, onde as chances de preservação dos depósitos são muito pequenas, ou seja, os eventos erosivos sobrepujam os eventos de acomodação e preservação (Reading, 1986).

Estas características são sobresselentes na sedimentação do Grupo Bauru e têm induzido diversos pesquisadores a interpretar variações faciológicas como unidades litoestratigráficas, fato já alertado por Fúlfaro & Barcelos (1992).

A escassez de bons afloramentos na área de exposição das rochas do Grupo Bauru e o desconhecimento do comportamento de seu arcabouço de subsuperfície são responsáveis por correlações que transcendem os limites naturais das unidades estratigráficas. Mesmo a utilização de testemunhos de sondagem para correlação, como aqueles extraídos pelo Instituto

Geológico e descritos por Mezzalira (1974) e outros pesquisadores, ainda que seja excelente fonte de informações geológicas em escala de detalhe, não consegue traduzir as propriedades petrofísicas fundamentais percebidas pelos perfis geofísicos de alta resolução.

Tabela 3 – Caracterização das unidades litoestratigráficas consagradas do Grupo Bauru e consideradas nesta pesquisa.

Unidade	Características litológicas
Marília	Foi formalmente caracterizada por Soares <i>et al.</i> (1980) como uma unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos, teor de matriz variável, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, raras estratificações cruzadas de médio porte e raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários. Sua espessura máxima foi estimada em 160 metros, na região de Marília-SP.
Adamantina	Foi formalmente caracterizada por Soares <i>et al.</i> (1980) como um conjunto de fácies compostas por bancos de arenito róseo a castanho, de espessura variando entre 2 e 20 metros, de granulação fina a muito fina, portando estratificação cruzada, intercalados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhada a cinza castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo, com marcas de onda e microestratificação cruzada. Sua espessura máxima foi estimada em 182 metros, no sudoeste paulista (Mezzalira, 1974).
Araçatuba	Proposta por Suguio (1981) e redefinida por Batezelli <i>et al.</i> (1999), foi descrita como constituída por siltitos arenosos cinza esverdeados, ora maciços, ora com estratificações plano-paralelas e cruzadas, com variações laterais para siltitos argilosos ou arenitos lamíticos, intercalados a bancos de arenitos muito finos, com ocorrências de moldes romboédricos de cristais salinos e espessura média estimada em 30 metros.
Santo Anastácio	Foi formalmente caracterizada por Soares <i>et al.</i> (1980) como constituída predominantemente por arenitos de cor marrom avermelhada, de granulação muito fina a média, com grãos recobertos por película limonítica, teor de matriz inferior a 15%, elevada percentagem (até 15%) de grãos de opala e feldspato, cimentação e nódulos calcíferos localizados, com incipiente estratificação plano-paralela e cruzada tangencial de baixo ângulo (5° a 10°) e lentes descontínuas de lamito marrom avermelhado. Sua espessura foi estimada em 80 metros.
Caiuá	Foi formalmente definida por Soares <i>et al.</i> (1980) como uma unidade caracterizada por sua notável uniformidade litológica, representada por arenitos avermelhados a arroxeados, muito finos a médios, com grãos envoltos por película limonítica, com estratificação cruzada tangencial de grande porte, teor de matriz lamítica inferior a 5%, de ocorrência restrita à região sudoeste do Estado de São Paulo. Sua espessura máxima conhecida é de 200 metros no Morro dos Três Irmãos, no noroeste do Paraná.

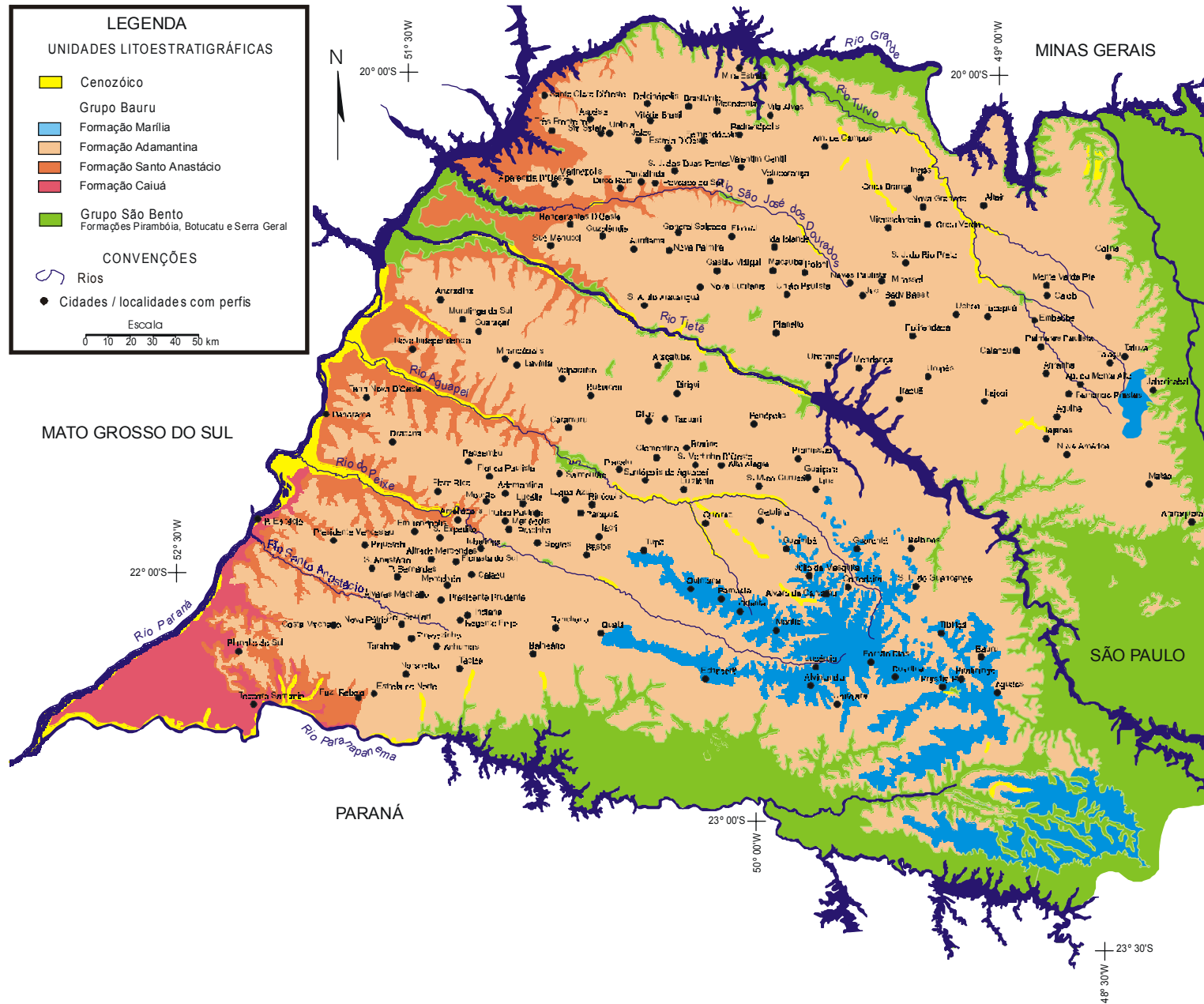


Figura 18 – Mapa geológico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo (modificado de IPT, 1981).

A Figura 19 elucida este fato ao comparar a correlação estratigráfica esboçada por Landim & Soares (1976), com base em descrições de testemunhos de sondagem da região sudoeste paulista, com a correlação proporcionada por perfis geofísicos (raios gama e indução) de alta resolução, corridos em poços para extração de água subterrânea, na mesma área. Nesta figura é possível observar que as linhas de correlação traçadas por aqueles autores transpõem indiscriminadamente os limites das unidades litoestratigráficas perceptíveis nos perfis.

Detalhe deste tipo de comparação é apresentado na Figura 20, que confronta a interpretação estratigráfica baseada em descrição de testemunho de sondagem, apresentada por Soares *et al.* (1980), com perfil geofísico de raios gama e resistividade induzida, de poços perfurados na cidade de Pirapozinho (SP). A interpretação de Soares *et. al (op. cit.)* funde na Formação Adamantina todo intervalo correspondente à referida unidade, mais as formações Araçatuba e Santo Anastácio, ignorando importantes descontinuidades realçadas pelos perfis.

Estes exemplos demonstram que as propriedades petrofísicas registradas pelos perfis são isentas de subjetividade e que o uso dessas ferramentas se torna imprescindível na análise das sucessões sedimentares. A subdivisão das unidades litoestratigráficas e sua correspondência com as unidades geofísicas, conforme apresentada nas figuras 19 e 20, será discutida no decorrer da explanação.

No transcorrer dos estudos ficou evidente a recorrência de seqüências de fácies similares, normalmente compondo padrões granulométricos de *fining upward*, *coarsening upward* e cilíndrico, em todas as unidades do Grupo Bauru, em menor ou maior escala, constituindo-se num fator complicador para o reconhecimento e diferenciação das unidades litoestratigráficas em subsuperfície, como era de se esperar para depósitos continentais. Considerando que nenhum destes padrões, por si só, é exclusivo de determinada unidade, a solução para superar o problema foi a identificação de superfícies de descontinuidade física ou correlativas que limitassem, regionalmente, as associações de fácies representativas das unidades litoestratigráficas formais.

Várias são as superfícies de descontinuidade física, separando fácies ou sucessões de fácies, correspondentes à interrupções ou mudanças no processo de sedimentação ou, ainda, a feições geradas por processos erosivos, neste caso podendo ter implicações temporais que podem ser indicadas pelos perfis geofísicos.

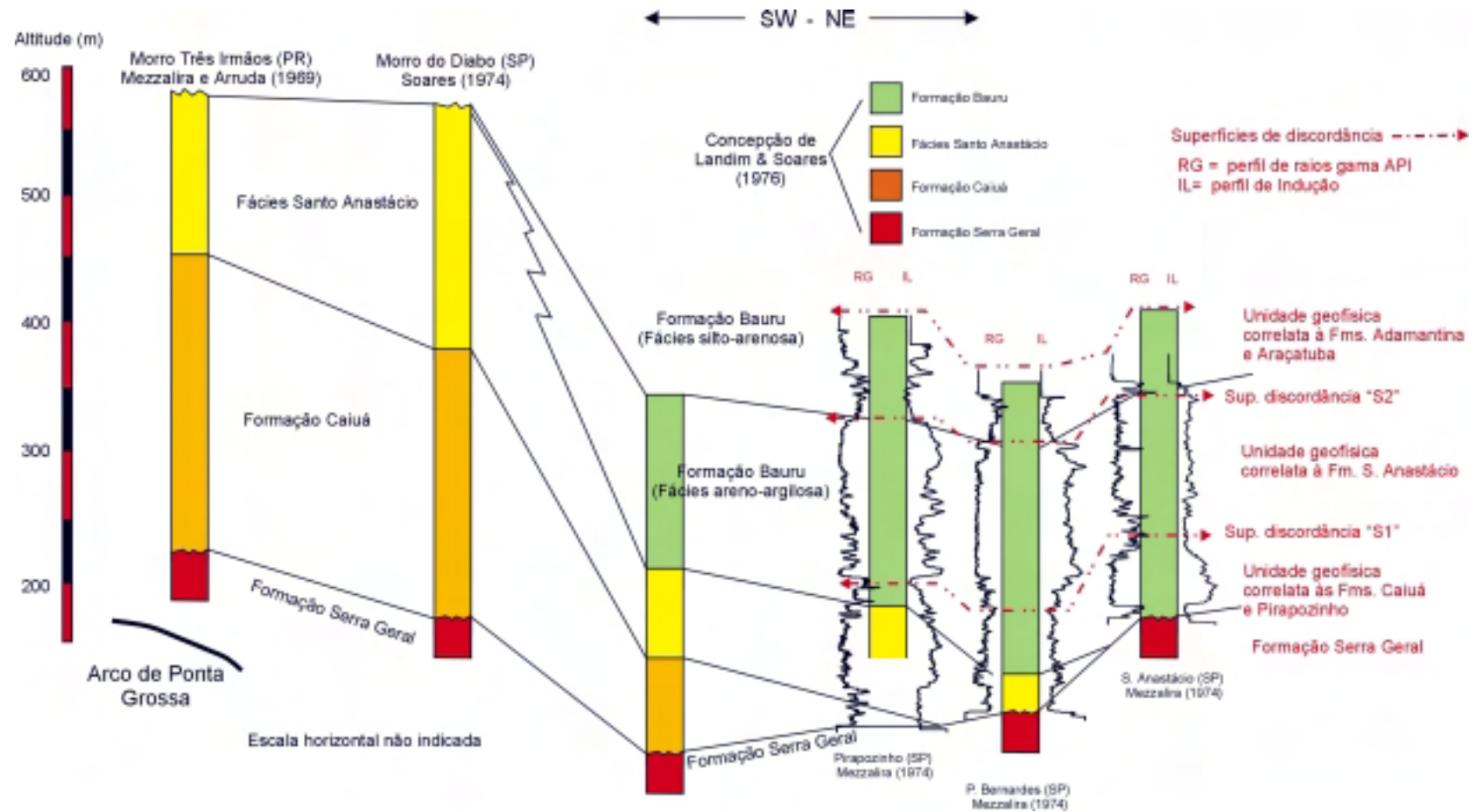


Figura 19 – Comparação entre a correlação litoestratigráfica concebida por Landim & Soares (1976), com base em descrições de testemunhos de sondagem (linhas pretas contínuas) e a correlação proporcionada pelos perfis geofísicos obtidos em poços perfurados para extração de água (linhas vermelhas tracejadas).

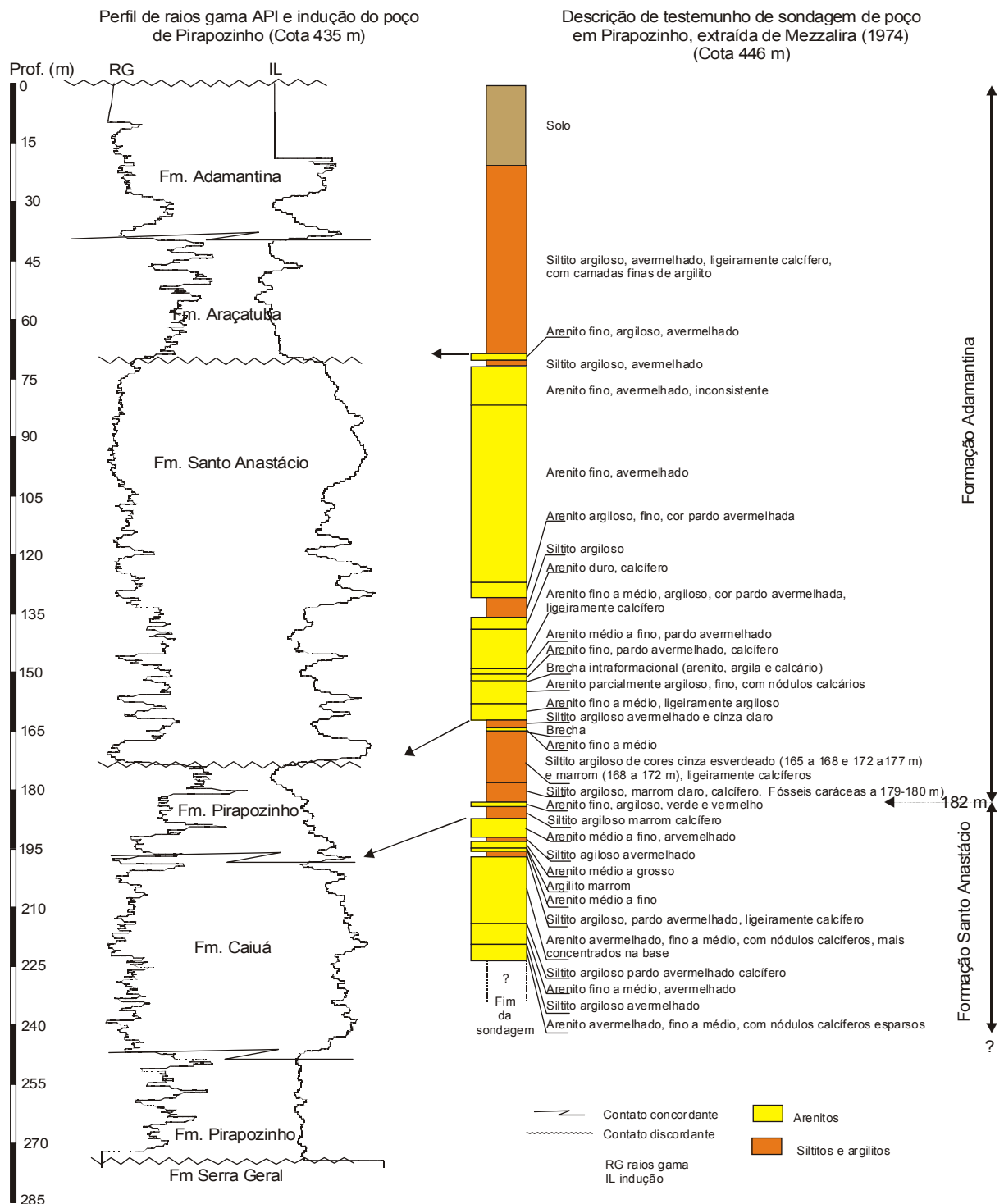


Figura 20 – Comparação entre perfis geofísicos de raios gama e indução, com descrição de testemunho extraído de poço em Pirapozinho (SP), mostrando as respectivas interpretações de subdivisão litoestratigráfica.

5. ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DE SUBSUPERFÍCIE DO GRUPO BAURU

5.1. Superfícies de descontinuidade regionais

Duas importantes superfícies de descontinuidade, denominadas respectivamente S1 e S2, de caráter regional, foram reconhecidas no presente estudo. A superfície S1 define o contato entre os estratos atribuídos às formações Caiuá, abaixo, e Santo Anastácio, acima, constituindo o limite superior da sucessão sedimentar depositada no intervalo de tempo compreendido entre o final do vulcanismo Serra Geral e o início da deposição da Formação Santo Anastácio. A superfície S2 marca o contato entre os depósitos atribuídos às unidades Santo Anastácio, abaixo, e Araçatuba / Adamantina, acima, compreendendo o limite superior da sucessão depositada no “tempo” Santo Anastácio (Figura 21). Várias outras descontinuidades menores podem ser reconhecidas nos perfis, todavia, representam apenas diastemas locais.

Ambas superfícies apresentam evidências, em perfis, de limites erosivos, podendo envolver hiato temporal. Dias-Brito *et al.* (2001) aventaram a existência de um hiato sugerido pelo exame de perfis geofísicos da região sudoeste paulista, no contato Caiuá / Santo Anastácio, salientando que Soares (1981) já havia sugerido uma descontinuidade erosiva na sedimentação entre as referidas unidades. Por outro lado, Paula e Silva *et al.* (2002) demonstraram que a natureza brusca do contato e os distintos padrões geofísicos das formações Adamantina e Santo Anastácio, na região de São José do Rio Preto (SP), indicam nitidamente a existência de hiato temporal entre elas.

Estas superfícies de descontinuidade, como definidas aqui, limitam sucessões sedimentares depositadas em intervalos de tempo específicos, ou seja, manifestam caráter cronoestratigráfico. Em outras palavras, enfeixam sucessões de fácies remanescentes dos principais eventos deposicionais ocorridos na bacia Bauru, governados por fenômenos tectônicos e climáticos, que por sua vez controlaram os níveis de base locais. Graças ao caráter regional, constituíram-se em excelentes horizontes-guia para distinção e delimitação das unidades geofísicas e sua associação com as unidades litoestratigráficas formais, em escala de bacia.

5.2. Os compartimentos de correlação

Para o reconhecimento e a caracterização, em subsuperfície, das unidades geofísicas correspondentes às unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru, adotadas neste trabalho, foram eleitos quatro compartimentos localizados em setores estratégicos da bacia, nas zonas sudoeste, nordeste, centro-oriental e noroeste do estado, representativos do inter-relacionamento entre as formações ocorrentes nestas áreas (Figura 22). Os critérios de correlação adotados nestes compartimentos foram posteriormente extrapolados para os demais setores da bacia, durante o processo de interpretação em escala regional, permitindo precisar a distribuição, área de ocorrência, espessura e relações de contato entre as várias unidades litoestratigráficas.

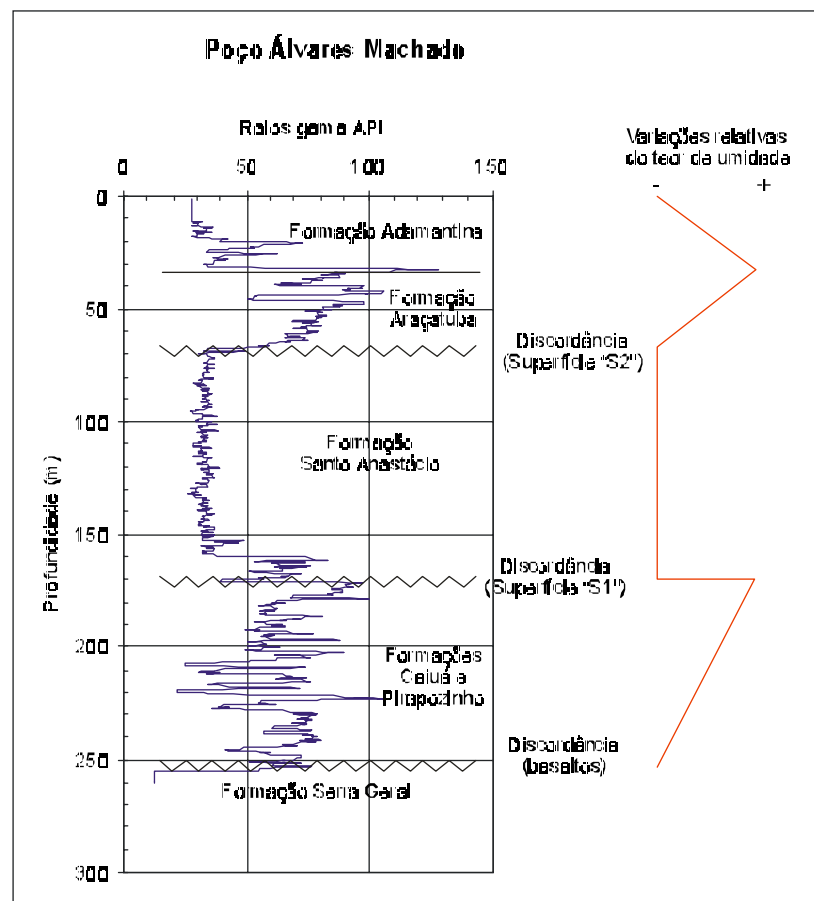


Figura 21 – Perfil de raios gama de poço perfurado na cidade de Álvares Machado (SP), no sudoeste paulista, indicando as superfícies de discordância S1 e S2 e as variações relativas do teor de umidade na sedimentação do Grupo Bauru.

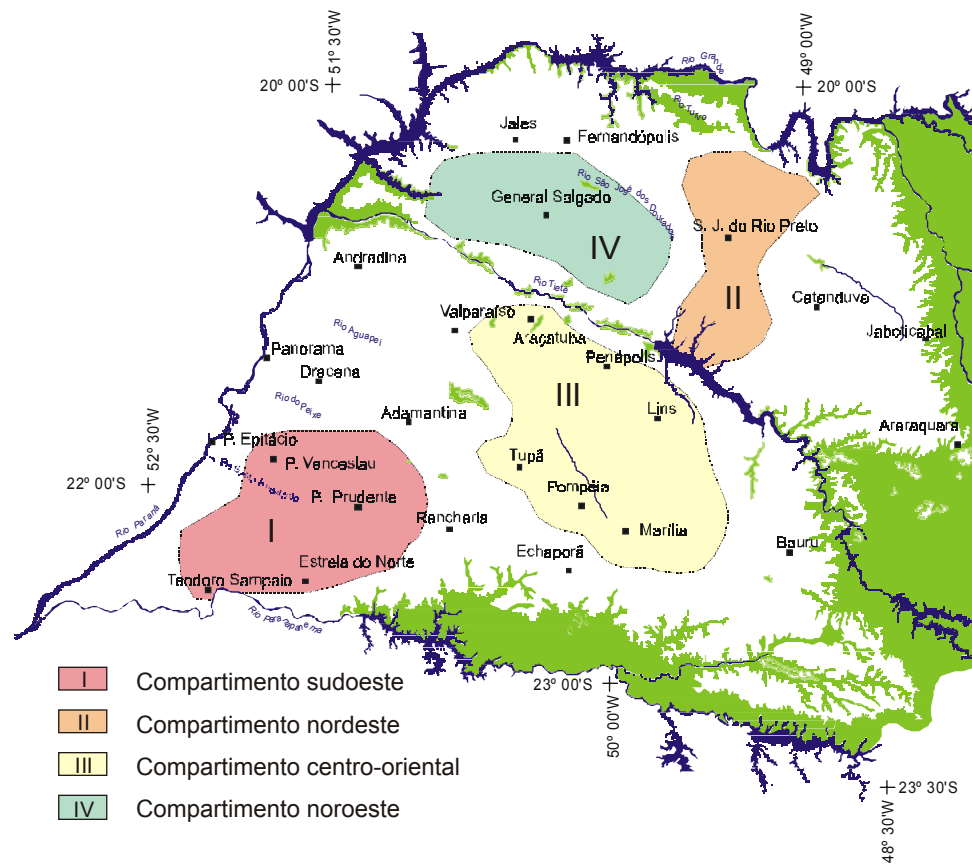


Figura 22 – Localização dos compartimentos estudados para reconhecimento e caracterização das unidades geofísicas correspondentes às unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru.

5.2.1. Compartimento sudoeste

Este compartimento guarda o mais completo registro de rochas da seqüência suprabasáltica cretácea da Bacia do Paraná, abrangendo em seu domínio importantes municípios da região sudoeste paulista, como Presidente Prudente, Álvares Machado, Presidente Bernardes, Regente Feijó, Pirapozinho, Santo Anastácio, Presidente Venceslau, entre outros. Tem como limites geográficos aproximados o Rio do Peixe, a norte, o Rio Paranapanema, a sul, o Rio Paraná, a oeste, e uma linha divisória que passa entre as cidades de Regente Feijó e Rancharia, a leste. Em termos estruturais, este compartimento situa-se

numa depressão do substrato basáltico, apontada em vários estudos (DAEE, 1979; Santoro & Massoli, 1985; Campos *et al.*, 1992; Paula e Silva *et al.*, 1992, 1994 e 1999).

Duas seções geológicas exemplificam os inter-relacionamentos, em subsuperfície, entre as unidades estratigráficas presentes no compartimento sudoeste: uma seção com orientação NW-SE, ligando as cidades de Presidente Venceslau a Regente Feijó, com cerca de 70 km de extensão e elaborada com 7 poços de controle (Figura 23); e outra, com orientação SW-NE, unindo as cidades de Estrela do Norte e Caiabu, com cerca de 75 km de extensão e 6 poços de controle (Figura 24).

Neste compartimento, podem ser individualizadas cinco unidades geofísicas principais, três delas associadas, respectivamente, às formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, definidas conforme proposição de Soares *et al.* (1980). As outras duas unidades geofísicas identificadas correspondem, respectivamente, a unidades litoestratigráficas cronocorrelatas às formações Caiuá e Araçatuba, esta última redefinida de acordo com Batezelli *et al.* (1999). Neste trabalho, é proposta a designação de Formação Pirapozinho para a unidade geofísica predominantemente silto-argilosa, de ocorrência exclusiva em subsuperfície e cronocorrelata à Formação Caiuá.

5.2.1.1. Formação Caiuá

A Formação Caiuá, em subsuperfície, caracteriza-se pela presença de um pacote predominantemente psamítico, constituído de arenitos vermelho-vinho a marrom acastanhados, de granulometria variando de muito fina a média, grãos com boa esfericidade e cobertos por película ferruginosa, sub-arredondados, em geral pouco argilosos, localmente calcíferos, podendo apresentar em sua porção basal, próximo ao contato com os basaltos Serra Geral, arenitos sílticos, marrom avermelhados, médios, calcíferos, como no poço de Planalto do Sul, Município de Teodoro Sampaio (Paula e Silva *et al.*, 1992,1994). Stein *et al.* (1979) registraram que a composição da matriz argilosa é montmorilonítica e os arenitos possuem percentagem variável de feldspato, maior nas proximidades do contato com os basaltos, permitindo classificá-los, no geral, como sub-arcoseanos. Barcelos (1990, 1991) caracterizou-a como constituída de arenitos marrom avermelhados e arroxeados, imaturos a sub-maturos, granulação média e freqüentes estratificações cruzadas de grande porte.

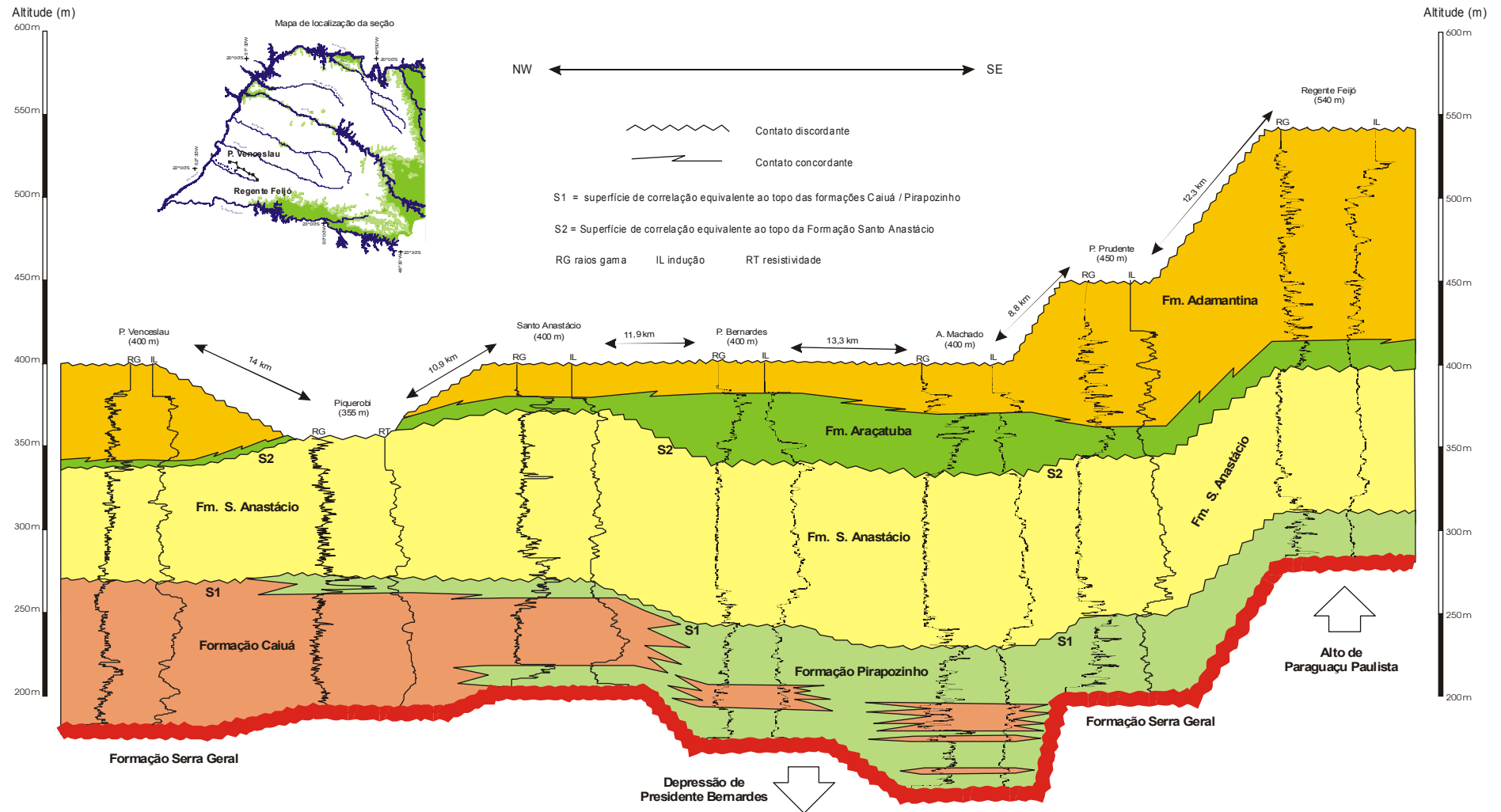


Figura 23 – Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Presidente Venceslau e Regente Feijó, mostrando o inter-relacionamento das unidades geofísicas atribuídas às formações Caiuá, Pirapozinho, Santo Anastácio, Araçatuba e Adamantina. Observar as superfícies S1 e S2 limitando seqüências de fácies cronologicamente correlacionadas.

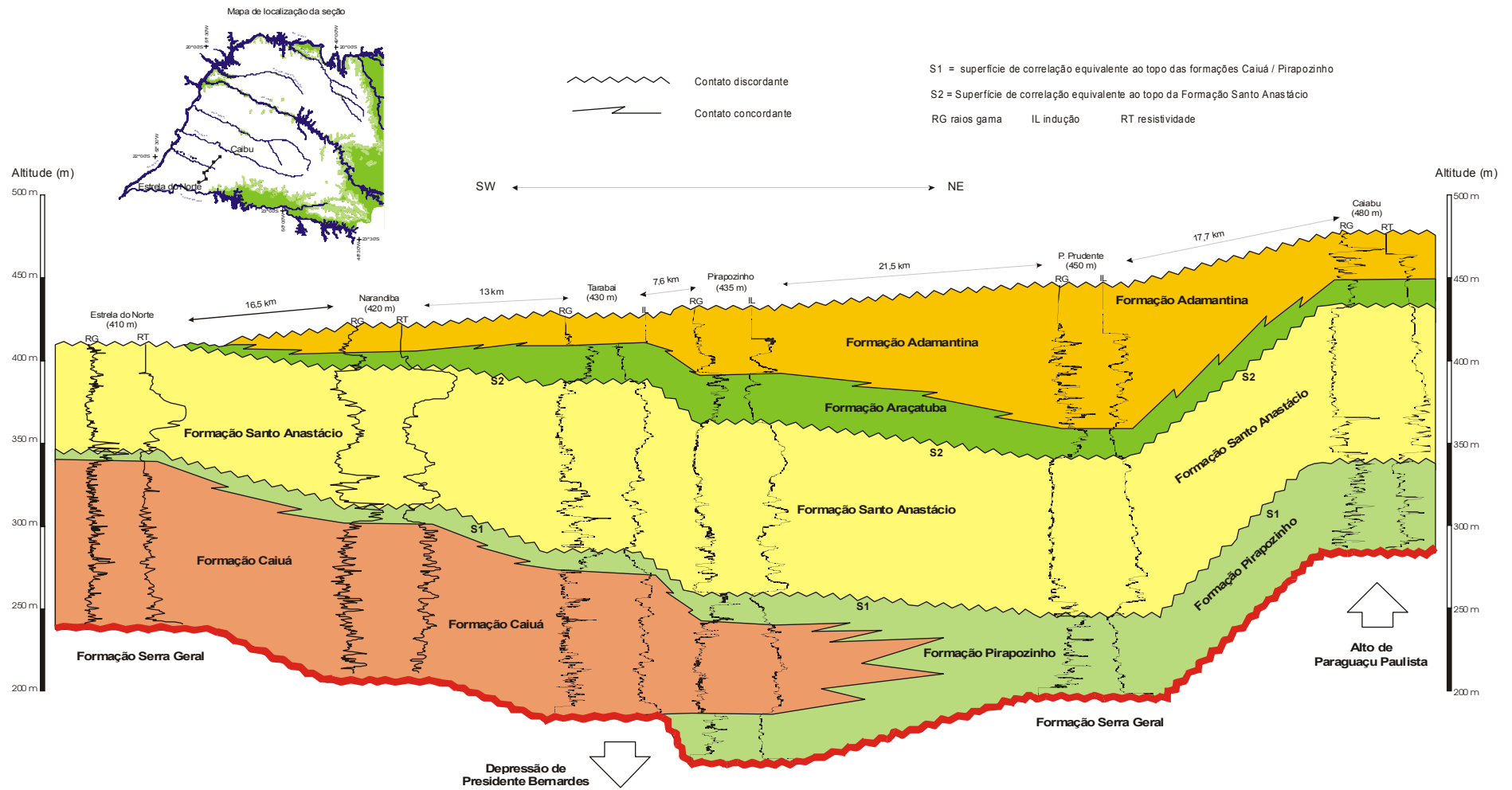


Figura 24 – Seção geológica SW-NE, entre as cidades de Estrela do Norte e Caiabu, mostrando o inter-relacionamento das unidades geofísicas atribuídas às formações Caiuá, Pirapozinho, Santo Anastácio, Araçatuba e Adamantina. Observar as superfícies S1 e S2 limitando seqüências de fácies cronologicamente correlacionadas.

A unidade geofísica equivalente à Formação Caiuá, neste compartimento, engloba uma sucessão sedimentar delimitada, na parte inferior, pelo assoalho basáltico, e na porção superior, pela superfície S1, correspondente ao limite inferior da Formação Santo Anastácio.

A análise dos perfis geofísicos que atravessam a Formação Caiuá evidencia uma seqüência de fácies em padrão de *fining upward*, com deficiência de material pelítico, ou seja, sem destacar as fácies características dos depósitos de planície de inundação, mas apenas delgadas e freqüentes intercalações de camadas silto-argilosas. As seqüências de *fining upward* devem-se a variações granulométricas e/ou de teor de matriz lamítica dos arenitos. Também fica evidente a tendência de enriquecimento progressivo no teor de argila em direção à base da sucessão (Paula e Silva *et al.*, *op. cit.*). Localmente, as seqüências de fácies em padrão *fining upward* constituem uma sucessão maior, em padrão *coarsening upward*, como observado no poço de Presidente Venceslau. Nesta cidade, a existência dos arenitos roxo-avermelhados, típicos da Formação Caiuá, foi confirmada em testemunho de sondagem descrito por Mezzalira (1974), a partir de 130 metros de profundidade. Segundo este autor, em direção à base da unidade “as tonalidades arroxeadas acentuam-se e observa-se também, uma película esbranquiçada envolvendo os grãos de quartzo e de feldspato (?)”. Características semelhantes foram também observadas em perfuração de poço em Presidente Epitácio, às margens do Rio Paraná (em relatório de poço elaborado por Flavio de Paula e Silva, 1991 – arquivo particular).

Considerando isoladamente as seqüências de fácies observadas nos perfis geofísicos correspondentes à Formação Caiuá, organizadas em padrões de *fining upward* e, às vezes, de *coarsening upward*, pode-se inferir uma deposição sub-aquosa, em sistemas fluviais com distribuição granulométrica governada pelas variações de velocidade do fluxo. Por outro lado, associações de fácies eólicas têm sido registradas, freqüentemente, na literatura e atribuídas a esta unidade, interpretada por diversos autores como depositada em ambiente desértico (p. ex., Fernandes & Coimbra, 1994, 2000). Admite-se, nesta pesquisa, a coexistência de depósitos eólicos e fluviais na Formação Caiuá, porém, a assinatura dos perfis geofísicos utilizados não apresenta características petrofísicas diagnósticas de fácies eólicas. Deve-se ressaltar, entretanto, que as perfilagens disponíveis não cobrem as áreas onde esta unidade foi formalmente reconhecida e caracterizada em superfície.

A Formação Caiuá, formalizada como unidade essencialmente psamítica, na medida em que se afasta do Pontal do Paranapanema, avançando em direção a leste e ao Rio do Peixe,

sofre uma variação faciológica, aonde os termos arenosos progressivamente vão cedendo lugar para termos cada vez mais silto-argilosos que, categoricamente, não se enquadram em sua definição estratigráfica formal. Para esta nova unidade, propõe-se aqui a designação de Formação Pirapozinho, dada sua ampla ocorrência e facilidade de reconhecimento através de perfis geofísicos.

5.2.1.2. Formação Pirapozinho

Por se constituir em variação lateral de fácies da Formação Caiuá, a denominada Formação Pirapozinho enquadra-se nos mesmos limites daquela, ou seja, na base é delimitada pelo assoalho basáltico e no topo pela superfície de correlação S1 (figuras 23 e 24).

Esta unidade geofísica foi reconhecida primeiramente por Paula e Silva *et al.* (1992, 1994), em perfis de poços perfurados para captação de água na região de Presidente Prudente (SP), e informalmente designada de “Litofácies C”, consistindo numa variação, para termos predominantemente silto-argilosos, da Formação Caiuá. Sua equivalência temporal com a Formação Caiuá sempre foi evidente pela análise do conjunto de perfis geofísicos do compartimento sudoeste do Estado de São Paulo. Justifica-se a proposição desta nova unidade estratigráfica, em razão da incompatibilidade de suas características litológicas com a definição estratigráfica formal da unidade Caiuá (segundo Soares *et al.*, 1980), descrita como “caracterizada pela sua notável uniformidade litológica, representada por arenitos avermelhados a arroxeados, muito finos a médios, com estratificação cruzada tangencial de grande porte e matriz lamítica inferior a 5%”.

Sob a designação de Formação Pirapozinho abriga-se uma sucessão clástica com predomínio das fácies pelíticas sobre as fácies arenosas, de ocorrência restrita à subsuperfície. Esta unidade é caracterizada por uma sucessão sedimentar composta, preponderantemente, por espessos pacotes de siltitos, lamitos arenosos e argilitos, de cores vermelha e castanha e tons acinzentados a esverdeados, em geral carbonáticos, sugestiva de deposição em ambiente lacustre raso. Subsidiariamente, intercalam-se camadas lenticulares de arenitos finos, raramente médios a grossos, em parte sílticos, marrom acastanhados a vermelhos, argilosos, compondo padrões granulométricos do tipo *fining upward*, indicativos de depósitos de

transbordamento, de pequenos canais ou de rompimento de diques marginais (Paula e Silva *et al.*, 1992, 1994).

Esta unidade jaz exclusivamente sobre os basaltos Serra Geral e está recoberta, discordantemente, pela Formação Santo Anastácio. Descrições de testemunhos de sondagem, correspondentes a esta unidade litoestratigráfica, podem ser consultadas no trabalho de Mezzalira (1974).

5.2.1.3. Formação Santo Anastácio

A Formação Santo Anastácio aflora apenas parcialmente neste compartimento, estando normalmente recoberta por unidades mais jovens. Soares *et al.* (1980) argumentaram que sua ocorrência em subsuperfície não se estenderia até a cidade de Presidente Prudente, informação que não confere com dados dos perfis geofísicos.

Conforme demonstrado nas figuras 23 e 24, relativas ao compartimento sudoeste do Estado de São Paulo, a unidade geofísica correspondente à Formação Santo Anastácio encerra uma sucessão sedimentar balizada pelas superfícies S1, na base, e S2, no topo, correspondentes, respectivamente, aos limites estratigráficos das formações Caiuá, inferior, e Araçatuba / Adamantina, superior.

Em subsuperfície, esta unidade caracteriza-se pelo predomínio dos termos arenosos em detrimento dos constituintes pelíticos. A litologia predominante é composta por arenitos de cor marrom avermelhada, de granulação muito fina a média, recobertos por película limonítica, com freqüentes nódulos e cimentação calcíferos. Intercalam-se aos arenitos lentes descontínuas de lamito, siltito e argilito marrom avermelhados, cuja freqüência se torna mais pronunciada nas porções basais da unidade (Paula e Silva *et al.*, 1992, 1994).

A análise dos perfis deixa transparecer que esta unidade não é tão uniforme quanto sugere sua caracterização formal. Seções espessas de arenitos, configurando padrão granulométrico em cilindro, ocorrentes especialmente nas regiões de Presidente Prudente, Álvares Machado, Presidente Bernardes e Regente Feijó, passam lateralmente e em direção à base da seqüência, para seções com teor de argila e freqüência de intercalações pelíticas intensificadas, chegando a constituir intervalos característicos de depósitos em padrão de *fining upward*, com terminação em siltitos e argilitos, como nas cidades de Tarabai, Pirapozinho e Narandiba.

A análise isolada dos padrões de variação granulométrica, registrados pelos perfis geofísicos, sugere que a unidade Santo Anastácio tenha sido depositada em ambiente fluvial, inicialmente em depósitos de canal e de transbordamento bem delineados, evoluindo para um modelo com escassez de fácies pelíticas, menos organizado, do tipo entrelaçado.

5.2.1.4. Formação Araçatuba

A Formação Araçatuba, conforme redefinição de Batezelli *et al.* (1999), representa uma unidade estratigráfica composta por siltitos, argilitos e arenitos finos cinza esverdeados. Situa-se em posição estratigráfica bem definida, acima da Formação Santo Anastácio e abaixo da Formação Adamantina (Barcelos & Suguio, 1987). Conforme mostrado nas figuras 23 e 24, o posicionamento estratigráfico da unidade geofísica atribuída à Formação Araçatuba está de acordo com a proposição dos referidos autores.

Em subsuperfície, no compartimento sudoeste, esta unidade apresenta características litológicas diferenciadas em relação à sua definição formal. Soares *et al.* (1979, 1980) se referem a um corpo com espessura de até 15 metros, de lamitos, lamitos arenosos e siltitos de cor castanho claro acinzentada, em contato com a Formação Santo Anastácio, subjacente. Mezzalira (1974) descreve, em testemunhos de sondagem nos poços de Pirapozinho, Presidente Bernardes, Regente Feijó e Santo Anastácio, siltitos avermelhados, marrom acinzentados e esverdeados, argilosos e calcíferos, no intervalo estratigráfico correspondente a esta formação. Fernandes (1998) cita exposições isoladas de siltitos cinza esverdeados nas imediações de Tarabai, ressaltando, porém, sua posição estratigráfica e, provavelmente cronológica, pouco superior àquelas da região de Araçatuba.

A análise de perfis geofísicos evidencia uma sucessão predominantemente pelítica, facilmente discernível, depositada provavelmente em ambiente lacustre, de águas rasas, com eventuais intercalações de delgados corpos arenosos, representativos de pequenos canais.

5.2.1.5. Formação Adamantina

No compartimento sudoeste, a Formação Adamantina é delimitada, abaixo, pelas fácies lacustres da Formação Araçatuba, com a qual mantém relações de contato transicionais a

localmente abruptas e, acima, pela superfície de erosão atual (figuras 23 e 24). Localmente, no entanto, seu contato inferior pode ser feito diretamente com a Formação Santo Anastácio.

Nesta região, Soares *et al.* (1979, 1980) reconheceram duas litofácies componentes da Formação Adamantina, as quais designaram de Litofácies Taciba e Litofácies Ubirajara. A primeira seria constituída por uma alternância de fácies de canal e transbordamento, em repetições cíclicas, com fraco predomínio das fácies de planície de inundação, na região de Presidente Prudente. Ressalva-se que esta fácies pelítica representaria, na verdade, a Formação Araçatuba. A segunda constituiria uma variação para leste da Formação Santo Anastácio e da Litofácies Taciba, com predomínio de arenitos avermelhados e raros corpos de lamitos e arenitos lamíticos. Para Fernandes (1998), esta sucessão seria representada pelas formações Vale do Rio do Peixe (com destaque para as exposições nas imediações de Mirante do Paranapanema) e Presidente Prudente (com seção de referência próxima à cidade homônima).

De acordo com Paula e Silva *et al.* (1992, 1994), as características litológicas desta unidade, em subsuperfície, se harmonizam com a descrição da Litofácies Taciba. São arenitos avermelhados a acastanhados, finos a muito finos, argilosos, algo carbonáticos, quartzosos, intercalados por camadas de lamito marrom a avermelhado, arenoso, carbonático. Descrições de testemunhos de sondagem, extraídos em área de ocorrência desta unidade, podem ser encontradas no trabalho de Mezzalira (1974), referentes aos poços de Pirapozinho, Presidente Bernardes, Regente Feijó e Santo Anastácio.

Os perfis geofísicos da sucessão correspondente à Formação Adamantina, com destaque para as diagrfias tomadas nas cidades de Presidente Prudente e Regente Feijó, permitem a distinção de fácies com padrão típico de *fining upward*, indicativas de depósitos em canais preferencialmente meandrantés, com deficiência de material pelítico. A análise do padrão de variação granulométrica de toda a sucessão evidencia, contudo, uma diminuição dos componentes silto-argilosos, no que concerne ao teor de argila e à frequência das camadas pelíticas, em direção ao topo da unidade, indicativa de processos de progradação fluvial e assoreamento do sítio deposicional. Variações faciológicas podem ser identificadas no perfil correspondente à cidade de Presidente Venceslau, no setor oeste do compartimento em discussão. Neste local, a sucessão sedimentar correspondente à Formação Adamantina dá origem a perfis granulométricos pobres em componentes pelíticos, mas ainda mantendo sutis características de progradação fluvial.

5.2.2. Compartimento nordeste

Este compartimento situa-se em depressão alongada e estreita do substrato basáltico, com orientação nordeste, reconhecido por Santoro & Massoli (1985). É delimitado na parte setentrional pelo Rio Grande, na parte meridional pelo Rio Tietê, a oeste pelo Alto de Tanabi (Barcha, 1985) e a leste pelo soerguimento do embasamento Serra Geral, em direção às cidades de Uchoa e Catanduva. Pode ser considerado um compartimento *sui generis* porque abriga, em subsuperfície, volume considerável de rochas atribuídas à Formação Santo Anastácio, geograficamente isoladas de seu domínio mais expressivo de ocorrência, a oeste e sudoeste da área. Neste compartimento, situam-se importantes municípios paulistas, como São José do Rio Preto, Nova Granada, Mirassol, Potirendaba, Bady Bassit, Urupês, etc.

Para representação deste compartimento, em subsuperfície, e estudo das inter-relações entre as unidades estratigráficas presentes, foi selecionada seção geológica com orientação SW-NE, unindo a cidade de Mendonça ao Distrito de Ingás (Município de Nova Granada), perfazendo cerca de 110 km de extensão, e elaborada com 8 poços de controle (Figura 25).

Neste compartimento, estão presentes três unidades litoestratigráficas, representadas pelas formações Adamantina e Santo Anastácio, conforme definições de Soares *et al.* (1980) e Formação Araçatuba, conforme redefinição de Batezelli *et al.* (1999).

5.2.2.1. Formação Santo Anastácio

A Formação Santo Anastácio comparece no compartimento nordeste somente em subsuperfície, estando encimada, em geral, pela Formação Adamantina e localmente pela Formação Araçatuba (Figura 25).

Nesta região, foi reconhecida por Suguio *et al.* (1977) como Litofácies Araçatuba, por Brandt Neto *et al.* (1978) como litofácies de arenitos vermelhos e por Barcha (1980, 1985) como Formação Santo Anastácio. Barcha (1980), estudando toda a região da Grande Rio Preto e daí para o noroeste do Estado de São Paulo, confirmou a ocorrência desta unidade na base da Formação Adamantina, com espessura variável que pode atingir 60 metros, mostrando contato transicional com a Formação Caiuá e passando lateralmente e acima, por transição e interdigitação, para a Formação Adamantina.

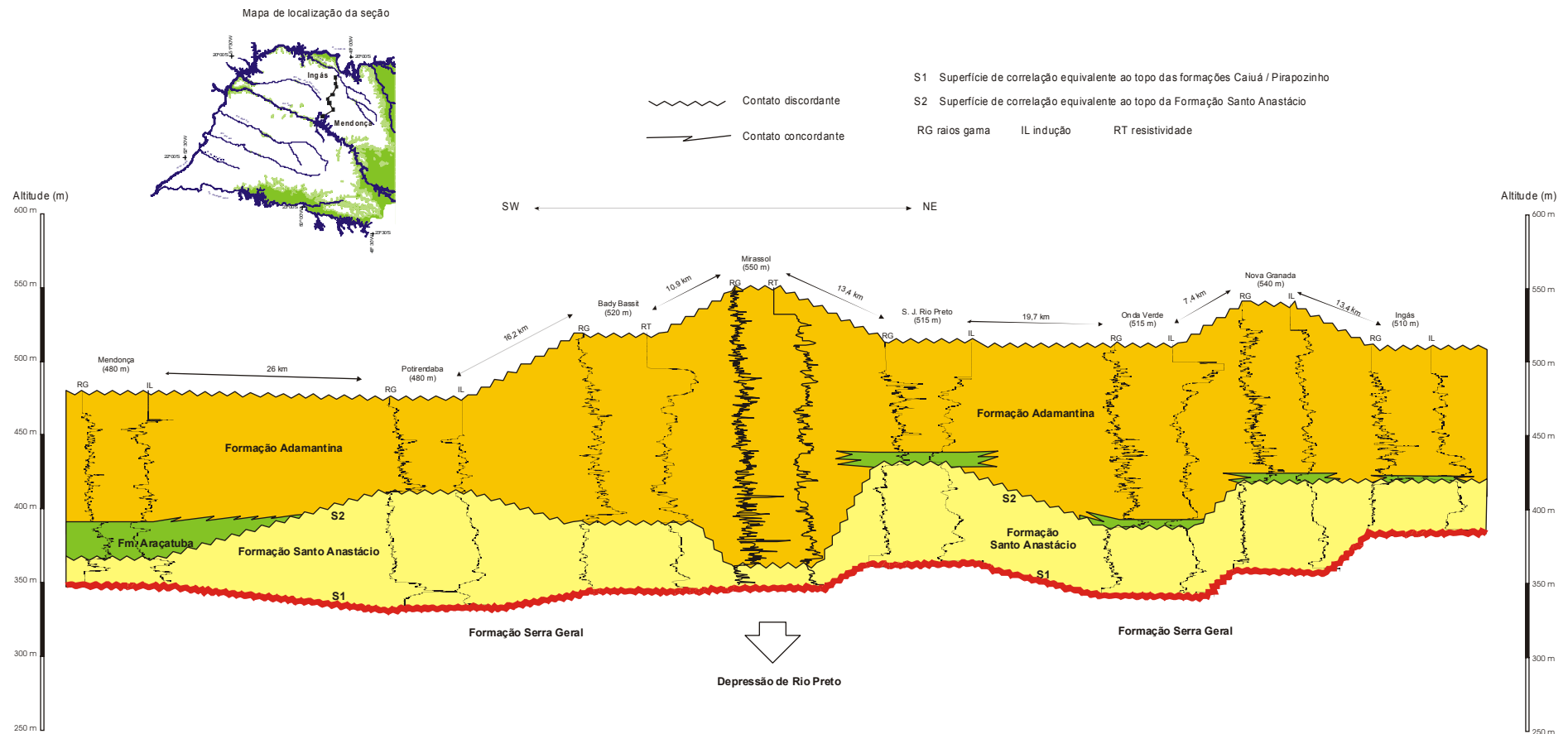


Figura 25 – Seção geológica SW-NE, entre as localidades de Mendonça e Ingás (Distrito de Nova Granada), mostrando o inter-relacionamento das unidades geofísicas atribuídas às formações Santo Anastácio, Araçatuba e Adamantina. Observar a superfície S2, limitando seqüências de fácies cronologicamente correlacionadas. Observar que a superfície S1 coincide com o topo do embasamento basáltico.

Paula e Silva *et al.* (2002) definiram esta unidade como constituída por um pacote predominantemente arenoso, de tons avermelhados, com poucas intercalações de sedimentos pelíticos e baixo conteúdo argiloso. Descrições de testemunhos de sondagem, que atravessaram esta unidade, podem ser consultadas nos trabalhos de Arid (1966) e Barcha (1980).

De acordo com a seção geológica da Figura 25, a unidade geofísica correspondente à Formação Santo Anastácio encerra uma sucessão sedimentar limitada, na base, pelos basaltos da Formação Serra Geral, e no topo, pela superfície S2, correspondente ao limite estratigráfico entre as formações Santo Anastácio, inferior, e Araçatuba / Adamantina, superior.

Nas diagrfias, esta unidade reflete um perfil granulométrico com padrão em cilindro, de formato serrilhado, com contato abrupto no topo da sucessão. Este padrão indica sedimentação relativamente homogênea, com deficiência de material pelítico. Em termos paleoambientais, poderia corresponder à sedimentação promovida por rios entrelaçados, com carga psamítica dominante (Paula e Silva *et al.*, *op. cit.*).

A natureza brusca do contato representado pela superfície S2, limitando acima e abaixo sucessões sedimentares extremamente discrepantes em termos de resposta geofísica e de características litológicas, evidencia quebra no padrão de sedimentação e aponta nitidamente para a existência de um hiato temporal, separando as formações Santo Anastácio e Adamantina, inclusive com modificações na área fonte de suprimento sedimentar e no sistema deposicional (Paula e Silva *et al.*, *op. cit.*). A configuração irregular desta superfície e a variação das espessuras preservadas da Formação Santo Anastácio, sem correspondência com as irregularidades do relevo basáltico, são fortemente sugestivas de evento erosivo anterior à deposição da Formação Araçatuba / Adamantina.

5.2.2.2. Formação Araçatuba

A Formação Araçatuba, conforme definição de Batezelli *et al.* (1999), aparece somente no extremo sudoeste deste compartimento, no município de Mendonça, sobrejacente à Formação Santo Anastácio e subjacente à Formação Adamantina (Figura 25). Compreende a sucessão

sedimentar delimitada, na base, pela superfície S2 e, no topo, pelos depósitos arenosos da Formação Adamantina.

Em subsuperfície, é caracterizada por espesso pacote de siltitos e argilitos marrom avermelhados, com intercalações de arenitos marrom claros, finos a sílticos, próximo ao contato com a unidade Adamantina, segundo descrições de amostras de calha. Corpos irregulares e pouco espessos de sedimentos pelíticos, em posição estratigráfica correspondente à Formação Araçatuba, podem ocorrer na área como nos poços de São José do Rio Preto, Onda Verde, Nova Granada e Ingás sem, contudo, mostrar continuidade física. Referem-se, provavelmente, a depósitos originados no “tempo” Araçatuba. Fernandes (1998) cita exposições de siltitos cinza esverdeados na região de Itajobi, situada pouco a sudeste deste compartimento, ressaltando que são ocorrências regionalmente confinadas e em posição estratigráfica, e provavelmente cronológica, pouco superior àquelas da região de Araçatuba.

A análise dos perfis geofísicos desta sucessão indica depósitos predominantemente argilosos, provavelmente associados a sistemas lacustres de águas rasas.

5.2.2.3. Formação Adamantina

A Formação Adamantina é a unidade litoestratigráfica aflorante em todo este compartimento e adjacências. Compreende a sucessão sedimentar balizada pela superfície S2, na base, e pela superfície de erosão atual, no topo (Figura 25).

Neste compartimento, a Formação Adamantina foi reconhecida como Litofácies São José do Rio Preto, por Suguio *et al.* (1977), para distinguir um pacote de sedimentos com freqüentes estruturas hidrodinâmicas, como estratificações cruzadas e marcas onduladas assimétricas, em posição estratigráfica superior à Formação Santo Anastácio. Soares *et al.* (1979, 1980) consideraram-na litofácies, enquanto Barcelos & Suguio (1987) consideraram-na membro da Formação Adamantina. Fernandes (1998) elevou a litofácies São José do Rio Preto à categoria de formação, ao propor a subdivisão da Formação Adamantina, abolindo esta última designação.

Com a designação de Formação Vale do Rio do Peixe, Fernandes (*op. cit.*) atribuiu, equivocadamente, espessura de 154 metros para os sedimentos correspondentes à Formação

Adamantina, na cidade de Potirendaba, desconsiderando a existência da Formação Santo Anastácio, abaixo, conforme pode ser visto na Figura 25.

Caracteriza-se a Formação Adamantina, em subsuperfície, por camadas de arenito com argilosidade variável, intercaladas por camadas de siltito e argilito, apresentando padrões granulométricos típicos em *fining upward* e *coarsening upward*, em formato serrilhado intenso, o primeiro sugerindo deposição em canais, do tipo barra em pontal, e o segundo, sedimentação por sistemas fluviais progradantes. Os arenitos são creme a cinza esbranquiçados, muito finos a médios, com argilosidade alta e elevada quantidade de minerais máficos. Os siltitos e argilitos possuem tons acinzentados.

Em termos paleoambientais, esta sucessão poderia corresponder à sedimentação fluvial promovida por rios meandranes em processo de assoreamento da bacia (Paula e Silva *et al.*, 2002).

Uma característica que se destaca neste compartimento é o padrão de radioatividade natural, expresso pelas curvas de raios gama dos perfis geofísicos, notavelmente mais intenso do que aquele verificado na unidade Adamantina, na região sudoeste paulista, principalmente nas porções basais da formação. Paula e Silva *et al.* (2002) chamaram a atenção para a presença de arenitos com radioatividade natural anormal que, numa análise de perfis mais despreziosa, poderiam ser confundidos com corpos pelíticos. Estes corpos radioativos geralmente constituem depósitos acanalados, como podem ser observados nos perfis de resistividade das localidades de Ingás, Bady Bassit e Nova Granada, próximo ao contato com a Formação Santo Anastácio. Paula e Silva *et al.* (*op. cit.*) destacaram ainda, que essa radioatividade poderia ser originária da contribuição de fontes cristalinas, oriundas de rochas básicas, intermediárias e alcalinas (Suguio, 1981), situadas nos limites setentrionais da bacia Bauru, reforçando a correspondência cronológica desta unidade com a Formação Uberaba, situada no Triângulo Mineiro.

5.2.3. Compartimento centro-oriental

Este compartimento está representado pela seção geológica, com orientação NW-SE, unindo as cidades de Bilac e Álvaro de Carvalho, com cerca de 100 km de extensão e 6 poços de controle, como mostrada na Figura 26.

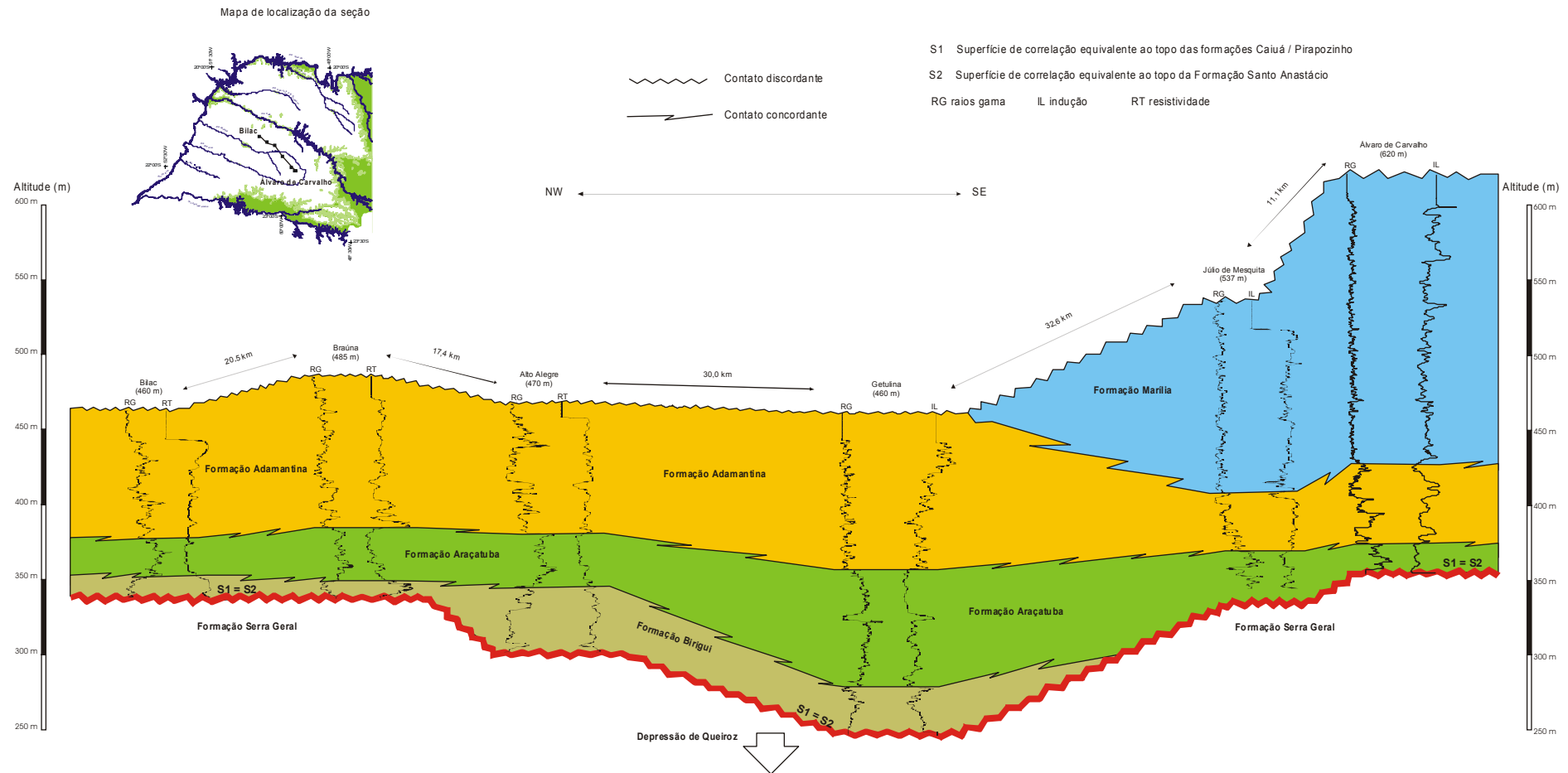


Figura 26 - Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Bilac e Álvaro de Carvalho, mostrando o inter-relacionamento das unidades geofísicas atribuídas às formações Birigüi, Araçatuba, Adamantina e Marília. Observar que as superfícies de correlação S1 e S2, limitando seqüências de fácies geofísicas cronologicamente correlacionadas, ajustam-se ao topo do embasamento basáltico.

O compartimento centro-oriental limita-se aproximadamente, a norte pelo Rio Tietê, a sul pelo Rio do Peixe, a leste por linha divisória passando próxima de Lupércio e Gália, e a oeste por linha divisória unindo as cidades de Araçatuba e Iacri.

Em termos estruturais, este compartimento situa-se em depressão ovalada, com orientação do eixo maior na direção NE (referida por Santoro & Massoli, 1985 e Fernandes, 1998), compreendendo, por excelência, a área de ocorrência, em subsuperfície, da Formação Araçatuba e, em superfície, da Formação Marília.

Importantes cidades paulistas assentam-se neste compartimento, como Araçatuba, Marília, Quintana, Pompéia, Oriente, Getulina, Júlio de Mesquita, Bilac, entre outras. Em termos litoestratigráficos, estão presentes as formações Araçatuba, conforme redefinição de Batezelli *et al.* (1999), e Adamantina e Marília, conforme definições de Soares *et al.* (1980). Limitada pelo substrato basáltico e encimada pelos pelitos Araçatuba, aparece uma unidade com predominância de constituintes arenosos, com características litológicas peculiares, diferentes da Formação Santo Anastácio, para a qual propõe-se aqui a designação de Formação Birigüi.

5.2.3.1. Formação Birigüi

A Formação Birigüi, designação proposta para unidade geofísica de ocorrência exclusiva em subsuperfície, apresentada neste estudo, tem posição estratigráfica bem definida, entre os derrames basálticos da Formação Serra Geral, sobre os quais assenta-se em contato discordante erosivo, e a Formação Araçatuba, no topo, com a qual guarda relações de contato aparentemente concordantes (Figura 26).

Em descrição de amostras de calha, caracteriza-se pelo predomínio dos corpos arenosos, com cores variando do cinza esverdeado a esbranquiçado, bege amarelado e marrom acastanhado, granulometria normalmente fina a média, mas podendo exibir localmente arenitos grossos a conglomeráticos, como no Distrito de Taquari (Município de Birigüi) e na própria cidade de Birigüi.

Nas citadas localidades, os arenitos marrom acastanhados, finos a grossos, feldspáticos e carbonáticos, passam para conglomerados com fragmentos de basalto, arenito e calcedônia, em matriz areno-argilosa, alcançando espessura em torno de 20 metros. Intercalações de

pelitos são pouco freqüentes. A espessura máxima desta unidade atinge cerca de 50 metros, no Distrito de Taquari.

Em testemunhos de sondagem, Barcha (1980) descreveu um pacote de arenito fino a médio, maciço, apresentando níveis e concreções carbonáticas, em propriedade rural próxima a Avanhandava. Em Penápolis, o mesmo autor descreveu um pacote com cerca de 35 metros, de arenito cinza escuro a amarelado, compacto, fino, podendo apresentar granulação mais grossa em certos intervalos e com nódulos de calcita em forma estrelada, de até 5 centímetros.

A análise dos perfis geofísicos desta sucessão mostra corpos arenosos com padrão granulométrico predominante do tipo cilindro, com raras intercalações de corpos pelíticos e baixa argilosidade. Suas características granulométricas sugerem deposição por correntes de alta energia, em sistemas fluviais predominantemente entrelaçados.

5.2.3.2. Formação Araçatuba

Este compartimento aloja as mais expressivas ocorrências de sedimentos atribuídos à Formação Araçatuba, tanto em superfície como em subsuperfície. Seu contato inferior, ao longo da seção apresentada na Figura 26, é feito parcialmente com a Formação Birigüi, de modo transicional, e parcialmente com o embasamento basáltico, através de discordância erosiva. Seu contato superior com a Formação Adamantina é concordante interdigitado e localmente abrupto.

Suas características litológicas, com base em levantamentos de superfície, foram bem delineadas nos estudos realizados por Batezelli *et al.* (1999), nesta região e adjacências, os quais redefiniram esta unidade como predominantemente pelítica. Na seção tipo apresentada por estes autores, em localidades próximas a Rinópolis (SP), predominam siltitos arenosos, cinza esverdeados, maciços ou com estratificações plano-paralelas e cruzadas, com variações laterais para siltitos argilosos ou arenitos lamíticos, intercalados por bancos de arenitos muito finos. Fernandes (1998) cita a presença de moldes e pseudomorfos de cristais fibrorradiados de gipsita, assim como prováveis pseudomorfos de dolomita. Etchebehere *et al.* (1991) observaram moldes de cristais salinos em lamitos e arenitos lamíticos. Descrições de testemunhos de sondagem, apresentadas por Barcha (1980), em propriedade rural no Município de Avanhandava, referem-se a siltitos marrons e acinzentados, maciços, com

intercalações de lâminas de calcário cinza esverdeado. Barcha (*op. cit.*) cita ainda a ocorrência de siltitos cor de chocolate, ricos em cristais de calcita, na região de Penápolis.

O padrão de curvas de raios gama e resistividade, dos perfis que atravessam esta unidade litoestratigráfica, concorda com as descrições litológicas apresentadas em Batezelli *et al.* (*op. cit.*) e Barcha (*op. cit.*), mostrando claramente a presença de uma unidade geofísica caracterizada pelo predomínio das fácies pelíticas sobre as fácies psamíticas, sendo indicativo de um ambiente deposicional lacustre, como sugerido por vários autores (Sugio, 1977; Fernandes, 1998; Batezelli *et al.*, *op. cit.*). Para Etchebehere *et al.* (*op. cit.*), a presença de moldes salinos nesta unidade indicaria condições evaporíticas.

5.2.3.3. Formação Adamantina

A Formação Adamantina aflora em praticamente todo o compartimento, a não ser onde localmente se encontra recoberta pela Formação Marília, com a qual guarda relações de contato por interdigitação. Seu contato basal é marcado pela passagem dos depósitos predominantemente pelíticos da Formação Araçatuba, para os depósitos progressivamente mais arenosos desta unidade, em direção ao topo (Figura 26).

Neste compartimento, a Formação Adamantina foi mapeada por Fernandes (1998) com o nome de Formação Vale do Rio do Peixe. De acordo com o referido autor, esta unidade é constituída por arenitos muito finos a finos, de cores marrom claro, rosado a alaranjado, de seleção moderada a boa, formando estratos tabulares de aspecto maciço, com zonas de estratificação plano-paralela incipiente, cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte, com intercalações de siltitos de cores creme a marrom.

Em subsuperfície, a unidade geofísica correspondente à Formação Adamantina compreende depósitos arenosos acanalados, com padrão granulométrico em *fining upward* e terminações em sedimentos pelíticos, sugestivos de sedimentação fluvial em canais meandrantés. Em direção ao topo da sucessão, o conteúdo argiloso e a frequência das intercalações pelíticas diminuem; todavia, persistem padrões em *fining upward*. A sucessão como um todo mostra um padrão de *coarsening upward*, indicativo de sedimentação em sistemas fluviais progradantes, a exemplo dos outros compartimentos estudados.

Os perfis geofísicos correspondentes à sucessão sedimentar Adamantina refletem a extrema variabilidade dos depósitos continentais de origem fluvial, responsável pela profusão de diferentes designações para uma mesma unidade estratigráfica. A Figura 26 exemplifica esta assertiva ao comparar os perfis dos intervalos correspondentes à Formação Adamantina nos poços de Getulina, Alto Alegre e Braúna, os quais mostram-se bastante distintos.

5.2.3.4. Formação Marília

A Formação Marília aflora na porção sudeste do compartimento estudado, tendo ocorrência restrita relativamente às demais formações do Grupo Bauru. A abundância de cimento calcífero em suas litologias propiciou um arcabouço resistente à erosão, responsável pela sustentação das escarpas dos planaltos de Marília, Garça e Echaporã. Esta sucessão sobrepõe-se à Formação Adamantina através de contato interdigitado; seu limite superior é marcado pela superfície topográfica atual.

É composta predominantemente por arenitos grossos a conglomeráticos, com teor de matriz variável, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, raras estratificações cruzadas de médio porte e raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários, conforme definição de Soares *et al.* (1980). Manzini (1999) distinguiu nove litofácies com características peculiares, sendo uma conglomerática (Cmm), três arenosas (Acm, Am e Amr), duas lamíticas (Lcm e Lm) e três resultantes de processos pedogenéticos (Pl, Pc e Ph), em estudos realizados na região de Marília (SP). Barcelos & Suguio (1987), em sua proposta de subdivisão estratigráfica, referiram-se a esta unidade como Membro Echaporã. Fernandes (1998) propôs formalmente a designação de Formação Echaporã, em substituição à designação Marília.

A unidade geofísica correspondente à Formação Marília, em subsuperfície, apresenta característicos formatos lineares e serrilhados das curvas de raios gama e resistividade, indicando a ocorrência de depósitos predominantemente arenosos, com delgadas intercalações de material pelítico e baixo conteúdo argiloso. Eventualmente pode revelar, em trechos localizados, padrões sutis de *fining upward* e *coarsening upward*, visualizados principalmente pela curva do perfil de resistividade. Calcários ou arenitos bastante carbonáticos podem ser

identificados pela intensidade dos valores de resistividade do perfil indução, contudo, não são aparentemente muito frequentes.

Outra característica marcante desta unidade geofísica, a exemplo do que ocorre na Formação Adamantina, é a tendência de diminuição da argilosidade, ou, em outras palavras, da prevalência de depósitos progressivamente mais arenosos em direção ao topo da sucessão, indicativos de assoreamento do sítio deposicional. Em termos paleoambientais, as características dos perfis geofísicos se harmonizam com as inferências de um ambiente deposicional em leque aluvial, sugeridas pela maioria dos autores que estudaram esta formação (por exemplo, Suguio *et al.*, 1977; Soares *et al.*, 1980; Barcelos & Suguio, 1987; Fernandes, 1998).

5.2.4. Compartimento noroeste

Este compartimento se localiza na área geográfica delimitada aproximadamente, a norte, pelo Rio São José dos Dourados, a sul, pelo Rio Tietê, a oeste, por linha divisória que passa pela cidade de Sud Menucci e, a leste, por linha divisória que tangencia a cidade de Poloni. As inter-relações entre as unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru, neste compartimento, estão representadas em seção geológica orientada NW-SE, com cerca de 110 km de extensão e 7 poços de controle, unindo as localidades de Bandeirantes D'Oeste (Município de Sud Menucci) e Poloni, conforme mostrado na Figura 27. Várias cidades paulistas assentam-se neste domínio, como por exemplo, Sud Menucci, General Salgado, Auriflama, Floreal, Macaubal, etc.

Em termos estruturais, este compartimento cruza uma depressão localizada na região de Sud Menucci (referida por DAEE, 1976; Santoro & Massoli, 1985) e avança por sobre o Alto de Tanabi (referido por DAEE, 1976; Barcha, 1985). As unidades litoestratigráficas ali reconhecidas estão representadas pelas formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, conforme aceção de Soares *et al.* (1980), pela Formação Araçatuba, conforme definição de Batezelli *et al.* (1999) e pela Formação Pirapozinho, conforme proposto neste trabalho.

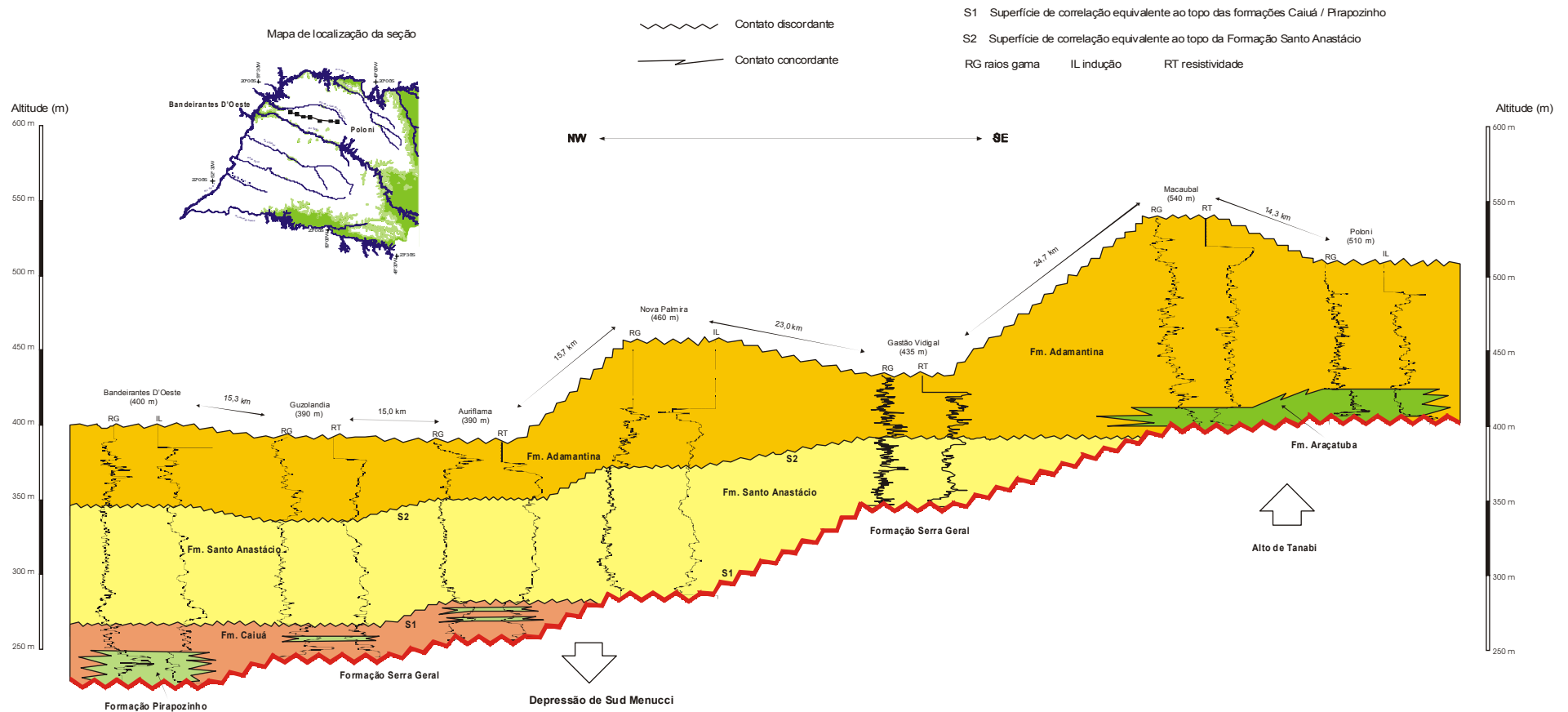


Figura 27 - Seção geológica NW-SE, entre as localidades de Bandeirantes D'Oeste (Município de Sud Menucci) e Poloni, mostrando o inter-relacionamento das unidades geofísicas atribuídas às formações Caiuá, Pirapozinho, Santo Anastácio, Araçatuba e Adamantina. Observar as superfícies de correlação S1 e S2, limitando seqüências de fácies geofísicas cronologicamente correlacionadas.

5.2.4.1. Formações Caiuá e Pirapozinho

Este conjunto litoestratigráfico é representado, no compartimento estudado, por duas sucessões de fácies distintas, uma predominantemente arenosa e outra predominantemente argilosa, ocorrendo de modo interdigitado, sem posição estratigráfica individual definida neste intervalo. É limitado na base pelas rochas do embasamento basáltico e no topo pela superfície S2. As fácies arenosas referem-se à Formação Caiuá, enquanto as fácies pelíticas são atribuídas à Formação Pirapozinho (Figura 27).

Esta sucessão sedimentar é encontrada somente em subsuperfície. No trabalho de Barcha (1980), são encontradas descrições sumárias de testemunhos de sondagem, relacionadas às unidades litoestratigráficas em consideração. O referido autor descreve, em poço perfurado na cidade de Auriflora, arenitos médios a finos, avermelhados, com laminação horizontal e cruzada, em finas lentes mal definidas, com nódulos carbonáticos e lentes de argilito creme, compacto, podendo localmente apresentar tons esverdeados. Em Sud Menucci, este autor descreve arenitos finos a médios, às vezes sílticos, marrom avermelhados a claros, com eventuais laminações cruzadas planares, porções calcíferas e lentes argilosas marrom avermelhadas, intercalados por siltitos marrom avermelhados.

A sucessão representada pelas formações Caiuá e Pirapozinho, neste setor da bacia, apresenta espessura bastante reduzida e compreende resquícios de acumulações provavelmente pouco mais espessas, removidas por erosão.

Nos perfis geofísicos, esta sucessão mostra feições com padrão granulométrico em *fining upward*, de pequena amplitude, associadas a depósitos de planície de inundação, sugestivas de deposição em ambiente fluvial raso, meandriforme, de baixa energia, e deve ter sido acumulada em posição marginal à bacia Caiuá.

5.2.4.2. Formação Santo Anastácio

Neste compartimento, a unidade geofísica correspondente à Formação Santo Anastácio ocorre somente em subsuperfície, estando delimitada, na base, pela superfície S1 ou pelo embasamento basáltico, e no topo, pela superfície S2, como mostrado na Figura 27. Observa-se que em direção às partes orientais do compartimento esta sucessão sofre um acunhamento, na medida em que transgride por sobre a Formação Serra Geral (*onlap*).

Esta sucessão, a exemplo do que ocorre no compartimento sudoeste, constitui uma unidade predominantemente arenosa. Descrições de testemunho de sondagem apresentadas por Barcha (1980), referentes às cidades de Auriflama, Guzolandia e Sud Menucci, reportam-se a arenitos de tons avermelhados a arroxeados, finos a médios, às vezes sílticos, calcíferos, com concreções carbonáticas. Descrições de amostras de calha de poços registraram conteúdo argiloso superior ao observado nos corpos arenosos da Formação Santo Anastácio, na região de Presidente Prudente. Sob a designação de unidade “B1”, Barcha (1981) referiu-se à Formação Santo Anastácio como uma sucessão pobre em estruturas primárias, com incipiente laminação, estratificação cruzada de pequeno porte e estrutura maciça abundante; frisou ainda que os sedimentos eram texturalmente imaturos, possuindo grande quantidade de silte e argila, entre 10 e 20 % em média, com generalizada ocorrência de arenitos finos a muito finos.

A análise dos perfis geofísicos da Formação Santo Anastácio, no compartimento noroeste, revela padrões granulométricos predominantes do tipo cilindro, com formato serrilhado, indicativo de sedimentação relativamente homogênea. Ainda que os depósitos arenosos possuam teor elevado de matriz silto-argilosa, as condições de sedimentação não foram propícias para a acumulação de corpos expressivos de material argiloso. A observação mais detalhada das curvas de resistividade dos perfis, reproduzidos na Figura 27, torna possível o reconhecimento de padrões granulométricos sutis em *fining upward*, ao longo desta unidade geofísica. Essas características sugerem que, localmente, esta unidade foi depositada por sistemas de canais fluviais entrelaçados, com carga psamítica dominante.

5.2.4.3. Formação Araçatuba

A Formação Araçatuba ocorre somente em subsuperfície, nas porções orientais deste compartimento, como por exemplo nos municípios de Macaubal e Poloni, em posição estrutural onde o substrato basáltico eleva-se para dar conformação ao Alto de Tanabi. Faz contato com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, abaixo, e passa transicionalmente, acima, para a Formação Adamantina. Em pontos localizados do compartimento pode fazer sobre os sedimentos atribuídos à Formação Santo Anastácio, a exemplo dos compartimentos sudoeste e nordeste.

Em subsuperfície, é descrita através de amostras de calha de poços perfurados para captação de água subterrânea. Trata-se de intervalo predominantemente pelítico, constituído por camadas de siltitos e argilitos de tons cinza a castanho, intercaladas por lentes de arenito cinza, muito fino, argiloso. A descrição de testemunho de sondagem apresentada por Barcha (1980), referindo-se a siltitos arenosos, marrom claros a cinza, maciços, carbonáticos, intercalados por finas lentes de argilito, ocorrentes na parte basal da sucessão atravessada pelo poço de Sebastianópolis do Sul, corresponde à Formação Araçatuba neste compartimento.

A análise dos padrões granulométricos evidenciados pelos perfis geofísicos sugere deposição, provavelmente, em ambiente do tipo lacustre, raso.

5.2.4.4. Formação Adamantina

A Formação Adamantina aflora extensivamente neste compartimento, assentando-se ora sobre a Formação Araçatuba, por meio de contato concordante transicional, ora sobre a Formação Santo Anastácio, através de contato discordante, representado pela superfície S2 e balizada no topo pela superfície de erosão atual (Figura 27).

Foi mapeada como Formação Vale do Rio do Peixe por Fernandes (1998). Barcha (1980) descreveu arenitos finos, em parte sílticos, marrom avermelhados a amarelados, calcíferos, em testemunhos extraídos de poços perfurados nas cidades de Guzolandia, Sud Menucci e Auriflama.

Em subsuperfície, mostra predomínio das fácies arenosas sobre as fácies pelíticas. Os perfis geofísicos mostram padrões granulométricos dominantes do tipo *fining upward*, sugestivos de depósitos acanalados em sistema deposicional fluvial meandriforme, com deficiência de materiais silto-argilosos. Embora a sucessão correspondente à unidade litoestratigráfica Adamantina esteja erodida em grande parte, é possível ainda observar uma certa tendência de diminuição do teor de argila em direção ao topo da formação, indicando que estes sistemas fluviais eram progradantes.

Esta formação, de modo similar ao que ocorre no compartimento nordeste, apresenta depósitos arenosos com radioatividade anômala, geralmente nas porções inferiores da sucessão, no contato com a Formação Santo Anastácio, podendo ser identificados pelas curvas de resistividade. Este foi um dos critérios utilizados para distinguir o contato entre

essas duas unidades, quando os depósitos predominantemente pelíticos da Formação Araçatuba não estavam presentes. Como exemplos, pode-se citar os poços de Auriflama e Guzolandia.

5.3. O embasamento basáltico do Grupo Bauru

5.3.1. Considerações iniciais

Cessados os derrames basálticos, ocorridos entre 137 e 127 Ma, no Cretáceo Inferior Milani (1997), e considerada a idade senoniana (89 Ma) para os sedimentos do Grupo Bauru (Fernandes & Coimbra, 2000), decorreram cerca de 40 Ma até que houvesse condições de fixação dos primeiros depósitos sedimentares neocretáceos. Durante este período, a lenta e contínua subsidência termal da bacia (Fernandes *et al.*, 1993), associada ao progressivo alçamento das bordas, definidas por importantes altos tectônicos, como a Antéclise de Rondonópolis, a noroeste, o Alto Paranaíba, a nordeste, a Serra do Mar, a leste (Fernandes & Coimbra, 1996), e o Arco de Ponta Grossa, a sudeste (Zalán *et al.*, 1990), propiciou a formação do espaço de acomodação necessário para recebimento do suprimento sedimentar. As maiores espessuras preservadas do Grupo Bauru localizam-se na mesma região em que ocorre a seção estratigráfica mais completa e as maiores espessuras de lavas Serra Geral, sugerindo um vínculo genético entre esta deposição e os fenômenos crustais ligados à implantação do platô basáltico na região central da Bacia do Paraná (Zalán *et al.*, *op. cit.*).

O embasamento da bacia Bauru no Estado de São Paulo, em sua configuração atual, representa a expressão morfológica do substrato basáltico, modelado pela ação conjunta de processos erosivos e tectônicos, atuantes desde então. Frangipani (1964, *apud* Vieira, 1981) argumentou que deveriam existir tanto formas de relevo estruturais como morfológicas e que os aspectos apresentados pela superfície dos basaltos derivariam das duas. Na opinião de Zalán *et al.* (1990), os mais comuns, durante a evolução da Bacia do Paraná, foram os eventos erosivos que se sucederam como resposta à ação dos grandes arcos ou soerguimentos. A espessura erodida da Formação Serra Geral, que deu lugar à sedimentação neocretácea, ainda é desconhecida (IPT, 1981).

Do ponto de vista estrutural, elementos tectônicos lineares, orientados em três direções principais, NW-SE, NE-SW e E-W, as duas primeiras representando antigas zonas de

fraqueza do embasamento cristalino, controlaram toda a sedimentação da Bacia do Paraná, com reflexos importantes de algumas estruturas no substrato basáltico, cujas movimentações verticais seriam responsáveis pelo controle dos depocentros e altos intrabaciais da bacia Bauru (Figura 17, Zalán *et al.* 1987; 1990). A reativação dessas antigas direções estruturais, associadas ao processo de rifteamento na Bacia de Santos, teria causado a compartimentação da área norte da Bacia do Paraná, em especial no Estado de São Paulo, tendo como consequência a formação de uma região deprimida na atual área do Pontal do Paranapanema (Fúlfaro *et al.*, 1982). Suguio *et al.* (1977) ponderaram que, com a reativação Wealdeniana e consequente estabelecimento das bacias marginais, o interior continental do Brasil foi alvo de intensas modificações tectônicas que modelaram o embasamento basáltico pré-Bauru, com a formação de *horsts* e *grabens*, dentro de um padrão de falhamentos normais. Como exemplo da magnitude deste ciclo, citaram a região de Bauru / Agudos, onde a sucessão basáltica foi elevada e posteriormente removida pela erosão, expondo os arenitos Botucatu, sobre os quais depositaram-se os sedimentos do Grupo Bauru. Paula e Silva & Cavaguti (1992, 1994), em estudos para captação de água subterrânea na cidade de Bauru (SP), confirmaram as observações anteriores.

Evidências de processos erosivos, atuantes no substrato basáltico Serra Geral, têm sido freqüentemente constatadas em sondagens para captação de água subterrânea e em levantamentos geológicos, na forma de irregularidades dessa superfície. Estas feições têm sido divulgadas em vários trabalhos, como por exemplo, os de Arid, (1966), Mezzalira (1974), Brandt Neto *et al.* (1978) e Suguio *et al.* (1977) e Barcha (1980 e 1985), os quais atribuíram-nas a causas tectônicas ou erosivas diferenciais. Para Soares *et al.* (1979), tais desníveis verificados no topo do basalto não representam movimentações tectônicas pós-Bauru, mas refletem tão somente irregularidades na superfície deposicional, embora não descarte esta possibilidade. Barcha (1980 e 1985) ressalta a presença de brecha de basalto, com espessura da ordem de 2 metros no contato com o Grupo Bauru, que atestaria a existência de uma superfície erosiva anterior.

5.3.2. Configuração atual do substrato basáltico

O mapa da configuração atual do substrato basáltico foi elaborado com auxílio de dados de 357 poços que atingiram o topo das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, relacionados no Anexo I. Os poços selecionados para esta atividade passaram pelos critérios de confiabilidade e de representatividade na área. As isolinhas de contorno estrutural foram traçadas com auxílio do *software* Surfer 8.0, em equidistância de 50 metros. Para facilitar a observação principais estruturas impressas no substrato basáltico, utilizou-se um recurso de tratamento de imagens que realçou, por meio de sombreamento, a morfologia do relevo. O resultado pode ser visto na Figura 28, onde estão indicadas as principais feições estruturais do topo atual do embasamento basáltico do Grupo Bauru.

Anteriormente, vários estudos foram elaborados com o intuito de reconhecer as estruturas impressas na superfície oculta dos basaltos, destacando-se os trabalhos do DAEE (1979), Santoro & Massoli (1985), Campos *et al.* (1992) e Fernandes (1998), os quais não mostraram evidências tão claras das feições ora mapeadas.

Regionalmente, a superfície basáltica apresenta caimento para oeste, em direção à calha do Rio Paraná, inicialmente de modo mais abrupto próximo à área de afloramentos (1,7 m/km), suavizando-se bacia adentro (Figura 29).

A configuração do substrato basáltico atual, no Estado de São Paulo, mostra uma bacia compartimentada em depressões e altos internos, distinguindo-se dois embaciamentos principais, orientados NE-SW (com mergulho para SW), separados por alto estrutural interno, também orientado NE-SW, com caimento para SW e um alto interno orientado NW-SE, com mergulho para NW, reforçando a significância dos elementos tectônicos assinalados por Zalán *et al.* (1987, 1990), no controle do arcabouço estrutural da bacia Bauru. Fica evidente também, nesta conformação, a influência maior dos *trends* nordeste, em relação aos *trends* noroeste.

As principais estruturas identificadas na Figura 28 são as depressões de Presidente Bernardes, Dracena, Sud Menucci, Queiroz e Rio Preto e os altos internos de Tanabi, Pereira Barreto e Paraguaçu Paulista, para a quais se propõem formalmente estas designações, conforme estabelecidas no presente estudo.

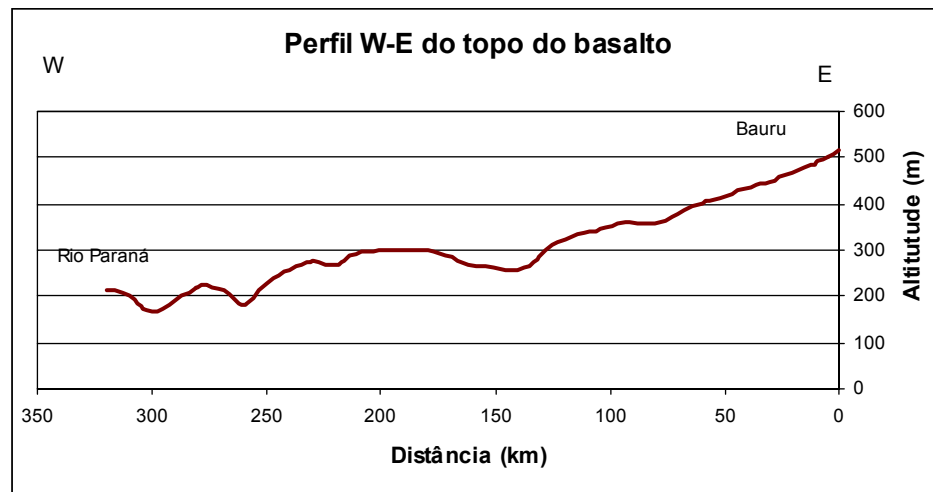


Figura 29 – Perfil W-E do topo da superfície do basalto, entre a cidade de Bauru e o Rio Paraná, mostrando caimento mais íngreme nas porções marginais do Grupo Bauru.

5.3.2.1. Depressão de Presidente Bernardes

A Depressão de Presidente Bernardes foi referida pelo DAEE (1979), na região sudoeste paulista, como um embaciamento responsável pelas variações locais da espessura dos aquíferos, que poderia resultar tanto de falhamentos como de um ciclo erosivo pré-Bauru. Santoro & Massoli (1985) ressaltaram que nesta região a superfície do basalto comporta-se como um sinclinal com eixo NE-SW. Utilizando dados de subsuperfície, Paula e Silva *et al.* (1992, 1994, 1999) confirmaram a existência dessa depressão no substrato basáltico, balizada pelas localidades de Presidente Bernardes, Álvares Machado, Tarabai e Coronel Goulart.

A Depressão de Presidente Bernardes constitui um embaciamento ovalado, limitado pelo Rio Paraná, a oeste, e o prolongamento dos alinhamentos de Guapiara, a norte, e São Jerônimo-Curiúva, a sul. Os perfis geofísicos utilizados na correlação estratigráfica no compartimento sudoeste da bacia (figuras 23 e 24), localizam-se nos domínios desta estrutura, onde estão preservadas as maiores espessuras dos depósitos flúvio-lacustres das formações Caiuá e Pirapozinho, ratificando assim o controle do substrato na acumulação e preservação dessa sucessão.

5.3.2.2. Depressão de Dracena

A Depressão de Dracena constitui também um embaciamento ovalado, orientado, todavia, na direção NW e inserido na mesma depressão regional do embaciamento de Presidente Bernardes. Em termos geográficos, ocorre na área delimitada aproximadamente pelo polígono compreendido pelos rios do Peixe, Aguapeí e Paraná. Separa-se da Depressão de Presidente Bernardes pelo prolongamento do Alto de Paraguaçu Paulista, vindo de leste. Nesta depressão, poços perfurados na cidade de Dracena atingiram o basalto em profundidades superiores a 260 metros.

5.3.2.3. Depressão de Sud Menucci

A Depressão de Sud Menucci compreende um embaciamento ovalado, com eixo maior na direção NE, integrante do baixo estrutural do qual fazem parte as depressões de Presidente Bernardes e de Dracena. Delimita-se a norte pelo alçamento do relevo basáltico em direção ao Rio Grande, a sul pela Depressão de Dracena, a oeste pelo Alto de Pereira Barreto e a leste pelo Alto de Tanabi. Em relação às depressões contíguas, ocupa posição estrutural mais elevada. Esta estrutura havia sido mencionada nos trabalhos de DAEE (1976) e Santoro & Massoli (1985).

As maiores espessuras e extensão preservadas de sedimentos atribuídos às formações Caiuá e Santo Anastácio, em território paulista, estão confinadas neste agrupamento de embaciamentos alinhados ao longo do Rio Paraná. Esta condição induziu Freitas (1973) a caracterizar a deposição da Formação Caiuá em um “elemento tectônico de vales de afundamento”. Fúlfaro & Barcelos (1993) também concluíram pela deposição das formações Caiuá e Santo Anastácio em calhas relacionadas a *grabens* instalados no soalho basáltico, o que teria levado Fúlfaro & Perinotto (1996) e Fúlfaro *et al.* (1999) a proporem a individualização de duas bacias autônomas, Caiuá e Bauru, na deposição destes sedimentos.

5.3.2.4. Depressão de Rio Preto

A Depressão de Rio Preto foi mencionada no trabalho de Santoro & Massoli (1985) e aparece no de Campos *et al.* (1992). Constitui um embaciamento de orientação NNE, com mergulho para SSW, limitado aproximadamente a norte pelo alçamento dos basaltos na direção do Rio Grande, a oeste pelo Alto de Tanabi, a leste pelo soerguimento do substrato vulcânico e a sul pela Depressão de Queiroz, até aproximadamente a região do Rio Tietê. A ocorrência, neste embaciamento, de expressiva sucessão de sedimentos atribuídos à Formação Santo Anastácio inviabiliza a tese defendida por vários autores (Freitas, 1973; Fúlfaro & Barcelos, 1993; Fúlfaro & Perinotto, 1996; Fúlfaro *et al.*, 1999) de individualização do “Grupo Caiuá” (definido segundo proposta de Fernandes, 1998), em bacia de sedimentação autônoma, apartada das demais unidades.

5.3.2.5. Depressão de Queiroz

A Depressão de Queiroz constitui um embaciamento orientado NE-SW, com eixo localizado aproximadamente na parte central da bacia Bauru, correspondente ao prolongamento oeste da Depressão de Rio Preto. Limita-se aproximadamente a norte pelo Rio Tietê, a sul pelo Alto de Paraguaçu Paulista, a oeste pelo prolongamento do Alto de Tanabi e a leste pelo soerguimento do substrato basáltico. Santoro & Massoli (1985) citam, na região compreendida entre Queiroz e Guaiçara, um baixo estrutural de forma alongada, com eixo orientado na direção NE-SW. Fernandes (1998) refere-se a esta estrutura como uma zona deprimida onde se acumulou a Formação Araçatuba, conclusão confirmada parcialmente, uma vez que existem outros depósitos lacustres, cronocorrelatos à esta unidade, depositados em pontos distintos da bacia; de qualquer modo, corresponde à estrutura onde se acumularam as maiores espessuras da Formação Araçatuba, definida conforme aceção de Batezelli *et al.* (1999).

5.3.2.6. Alto de Pereira Barreto

O Alto de Pereira Barreto constitui estrutura oeste limítrofe da Depressão de Sud Menucci e localiza-se paralelamente ao Rio Paraná, na região noroeste do estado. Tem orientação de seu eixo longitudinal na direção NE-SW e mergulha no sentido SW. Foi reconhecida pelo DAEE (1976) como “um alto estrutural ao longo do Rio Paraná”. Santoro & Massoli (1985) designaram informalmente esta proeminente feição do substrato basáltico como Alto de Andradina. Pela sua localização e posição estrutural mais elevada em relação à Depressão de Sud Menucci, pode ter funcionado como barreira natural durante a deposição das formações Caiuá e Santo Anastácio, neste embaciamento.

5.3.2.7. Alto de Tanabi

O Alto de Tanabi, conforme definido neste trabalho, representa uma feição estrutural saliente na topografia do embasamento basáltico, que separa as depressões de Rio Preto, a leste, e Sud Menucci, a oeste. Desponta desde o Rio Grande e segue com orientação NE-SW e caimento para SW, até ultrapassar o Rio Tietê. Foi primeiramente mencionado nos estudos do DAEE (1976) como Alto de Tanabi – Votuporanga. Por Santoro & Massoli (1985) foi referido como Alto de Bálsamo. Barcha (1985) reconheceu esta estrutura no trajeto Bálsamo – Tanabi – Votuporanga, que teria condicionado a não deposição da Formação Santo Anastácio naquela área.

5.3.2.8. Alto de Paraguaçu Paulista

O Alto de Paraguaçu Paulista é a única feição estrutural proeminente do substrato basáltico, em território paulista, com orientação NW-SE. Desponta nos limites com o Rio Paranapanema e mergulha para NW, na direção do Rio Paraná. Seu prolongamento noroeste deve ter sido responsável pela individualização das depressões de Presidente Bernardes, a sul, e Dracena, a norte, antes de provavelmente sofrer desgaste pela erosão pré-Bauru. Comparando a Figura 17, que representa os elementos tectônicos lineares da Bacia do Paraná, com o mapa de contorno estrutural do substrato basáltico (Figura 28), verifica-se claramente o

vínculo genético do Alto de Paraguaçu Paulista com a Zona de Falha de Guapiara (Ferreira, 1982). O Alinhamento Estrutural de Guapiara, juntamente com os de São Jerônimo – Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piqueri, foram identificados por Ferreira (*op. cit.*) através de dados aeromagnéticos, como feições estruturais profundas, de orientação NW-SE, responsáveis pelo extravasamento das lavas Serra Geral, intrusões alcalinas e geração de estruturas menores na bacia.

5.3.3. Relação do substrato basáltico com outras estruturas inferidas

A configuração atual do topo do embasamento basáltico reflete as vicissitudes que marcaram essa superfície como unidade de comportamento estrutural predominantemente subsidente, durante o todo o Cretáceo. Impressos nesta superfície, preservaram-se os desenhos dos elementos tectônicos principais que controlaram toda a sedimentação do Grupo Bauru e que, posteriormente, vieram a sofrer alguma deformação durante seu alçamento, a partir do Cenozóico. Estão bem delineados no substrato basáltico as depressões e os altos internos, associados aos elementos tectônicos de orientação NE-SW e NW-SE, principalmente com relação ao primeiro *trend* (Figura 28).

Outras estruturas têm sido postuladas por diversos autores como de grande importância durante a deposição do Grupo Bauru.

Suguio *et al.* (1977) supuseram a existência de um alto estrutural ligando as regiões de Bauru e Fernandópolis, com orientação geral NW-SE, que teria condicionado a sedimentação, dividindo a bacia em duas sub-bacias, uma a NE e outra a SW. Coimbra *et al.* (1977) deduziram a existência de um alinhamento estrutural de direção NW-SE, estendendo-se pelo baixo curso do Rio Tietê (Alinhamento do Rio Tietê), reconhecido informalmente por Saad (1977, *apud* Coimbra *et al.*, *op. cit.*). Este alinhamento teria sido ativo como sela durante a deposição da unidade Bauru, separando duas sub-bacias, a sul e a norte, respectivamente com assembléia predominante de minerais estáveis e instáveis. Aparentemente, as estruturas a que os autores se referem deveria ser a mesma, pois são praticamente coincidentes em termos geográficos. A influência do Alinhamento do Rio Tietê ou do alto estrutural referido por Suguio *et al.* (*op. cit.*) no condicionamento da sedimentação do Grupo Bauru fica descartado, uma vez que o relevo de subsuperfície do basalto não revela esta feição.

Fúlfaro (1974) definiu um alinhamento estrutural orientado ESE-WNW, denominado de Paranapanema, com traçado principal ao longo do rio do mesmo nome, que durante o Mesozóico mostrou intensa atividade magmática, constituindo-se numa das zonas de enxames de diques que, possivelmente, alimentaram os derrames basálticos. No Cretáceo Superior, época da deposição do Grupo Bauru, teria barrado a sedimentação deste ciclo a sul deste alinhamento. Para Ferreira (1982), sua existência é questionável, pois considera que são necessários mais dados geofísicos e geológicos para sua confirmação. Este alinhamento constitui feição oblíqua aos alinhamentos de Guapiara e São Jerônimo-Curiúva, associados ao Arco de Ponta Grossa, os quais efetivamente exerceram forte controle no substrato basáltico, durante e posteriormente ao extravasamento das lavas Serra Geral, constituindo o Alto de Paraguaçu Paulista seu reflexo mais evidente.

5.4. Comportamento regional das unidades cretáceas suprabasálticas

Conforme ficou demonstrado pela análise das inter-relações observadas nos diferentes compartimentos geológicos moldados no embasamento basáltico, as unidades litoestratigráficas cretáceas, identificadas através dos perfis geofísicos e correlacionadas com as formações atribuídas ao Grupo Bauru, estão enfeixadas por superfícies correlativas representando discordâncias regionais, designadas neste estudo de superfícies S1 e S2.

A superfície S1 marca o limite superior de ocorrência das formações Caiuá e Pirapozinho e delimita a sucessão sedimentar depositada no intervalo de tempo entre o final do vulcanismo Serra Geral e o evento erosivo regional, anterior à deposição da sucessão Santo Anastácio. A superfície S2 marca o limite superior de ocorrência da Formação Santo Anastácio e delimita a sucessão sedimentar depositada no intervalo de tempo entre o final do ciclo erosivo, que atingiu as formações Caiuá e Pirapozinho, e o final do ciclo erosivo seguinte, englobando toda a sucessão Santo Anastácio. As demais formações do Grupo Bauru (Birigüi, Araçatuba, Adamantina e Marília) são delimitadas, na base, pela superfície S2 ou pelos derrames Serra Geral e, no topo, pela superfície de erosão atual.

A aplicação dos critérios de correlação e interpretação, baseados em superfícies de discordância regionais, permitiu compor as relações litoestratigráficas entre as unidades do Grupo Bauru, no âmbito do Estado de São Paulo, como esquematizadas na Figura 30.

Para a visualização espacial destes relacionamentos, foram elaboradas seis seções geológicas regionais, sendo quatro com orientação NW-SE e duas com orientação NE-SW, atravessando os diferentes compartimentos configurados pelo embasamento basáltico, representadas pelas figuras 31, 32, 33, 34, 35 e 36.

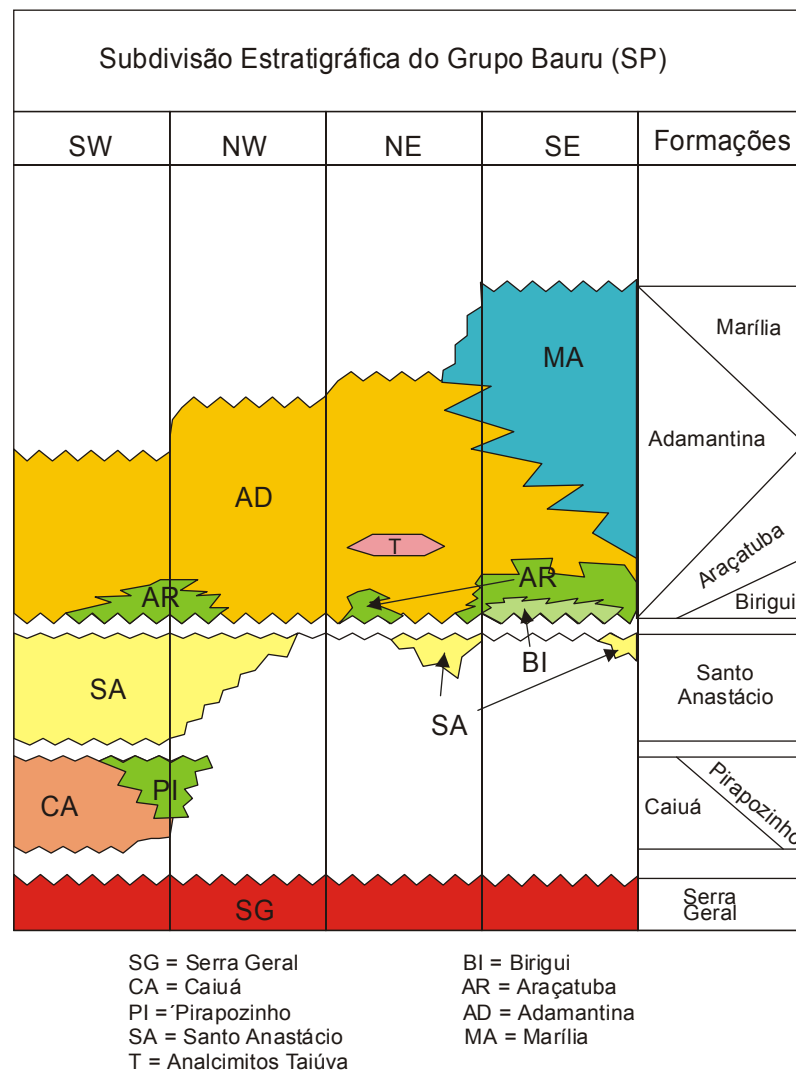


Figura 30 – Relações entre as unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru nos diferentes compartimentos do Estado de São Paulo.

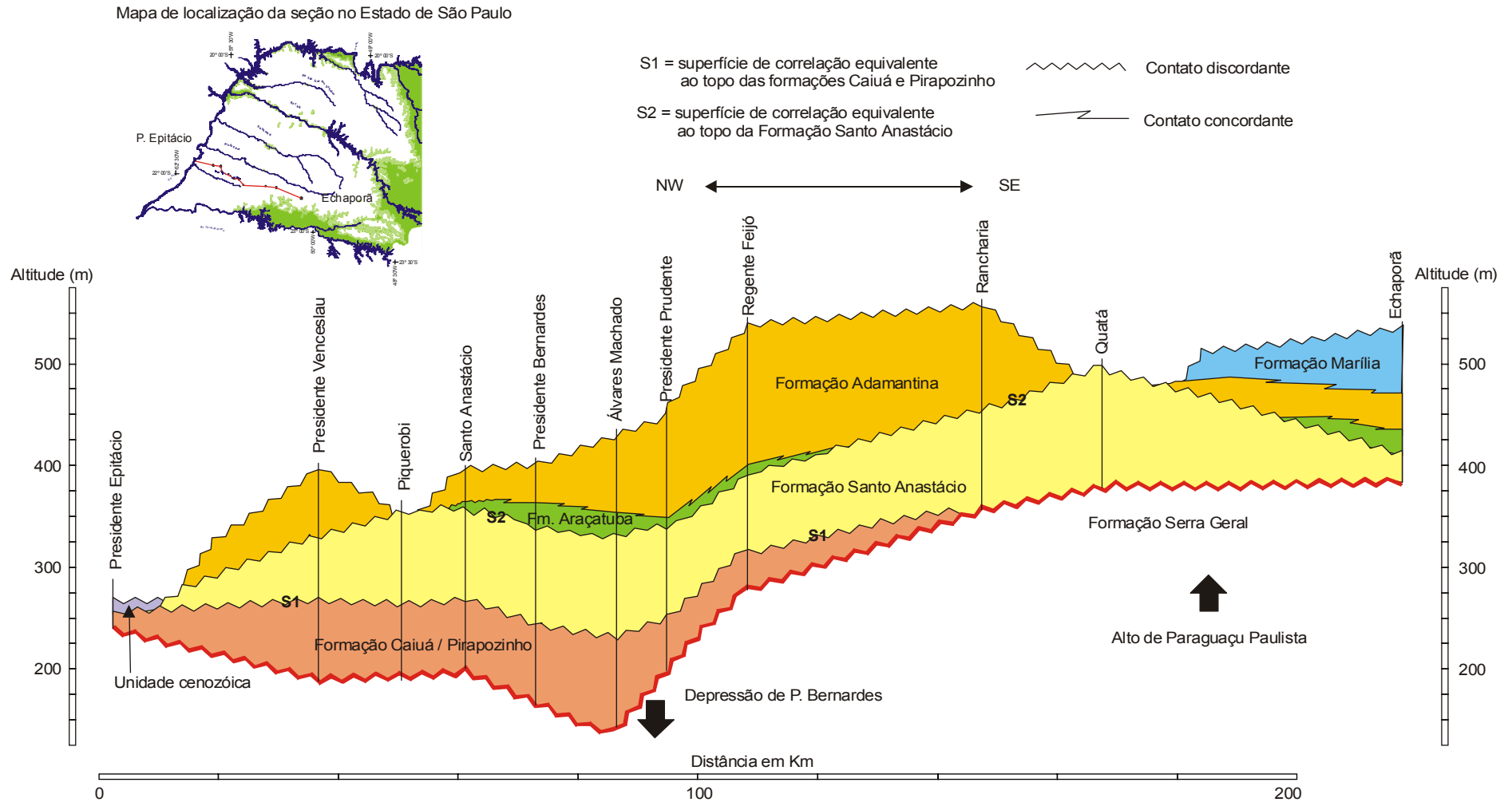


Figura 31 – Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Presidente Epitácio e Echaporã, cruzando a Depressão de Presidente Bernardes e o Alto de Paraguaçu Paulista. Observar que a superfície S1 coincide com o topo do basalto em direção ao Alto de Paraguaçu Paulista. Este alto estrutural constituiu barreira à sedimentação das formações Caiuá e Pirapozinho.

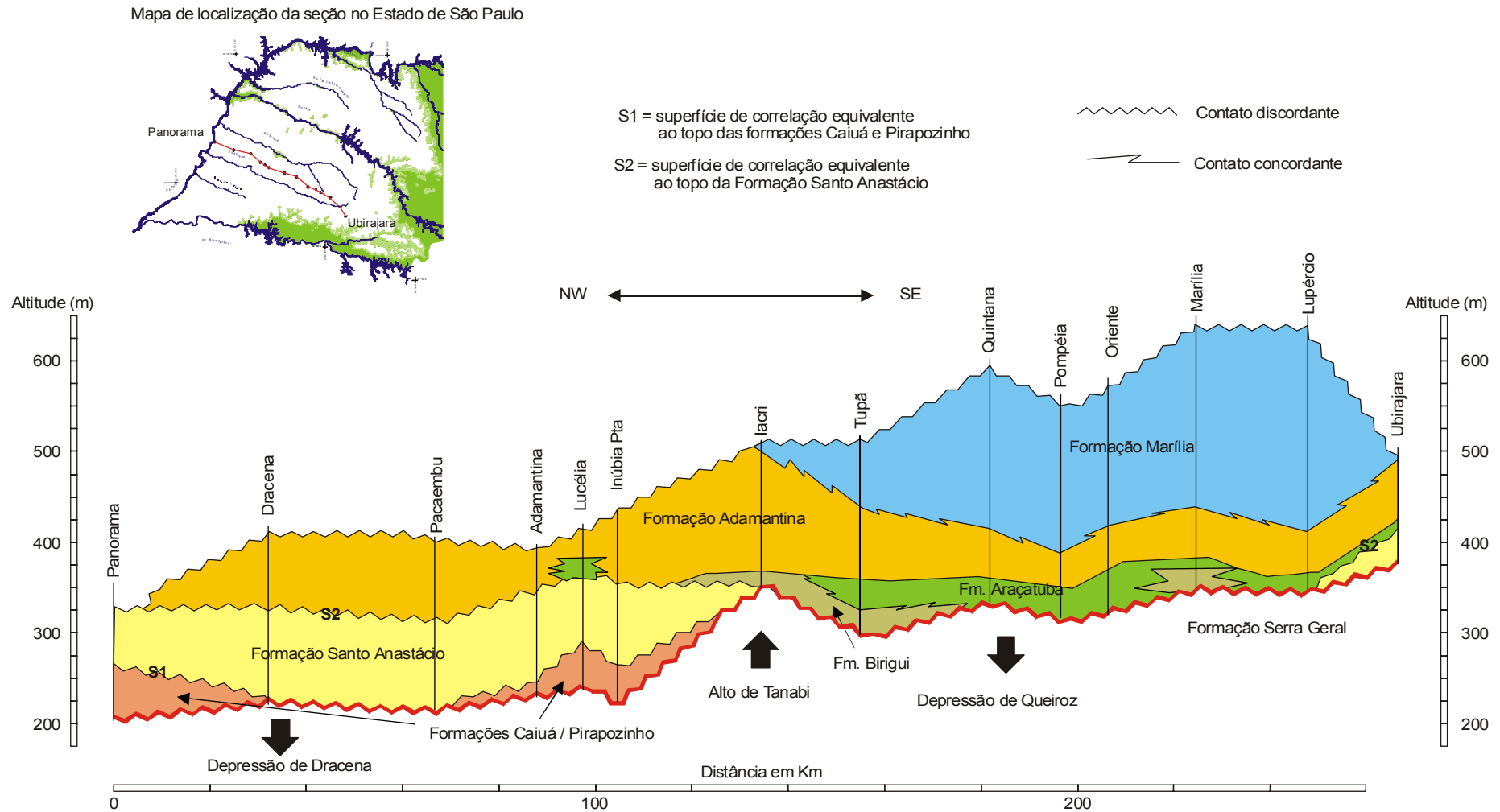


Figura 32 – Seção geológica NW-SE, entre as cidades de Panorama e Ubirajara, cruzando a Depressão de Dracena e a Depressão de Queiroz, separadas pelo prolongamento SW do Alto de Tanabi. Observar que as superfícies S1 e S2 coincidem com o topo do basalto em direção ao Alto de Tanabi, no compartimento NW da bacia..

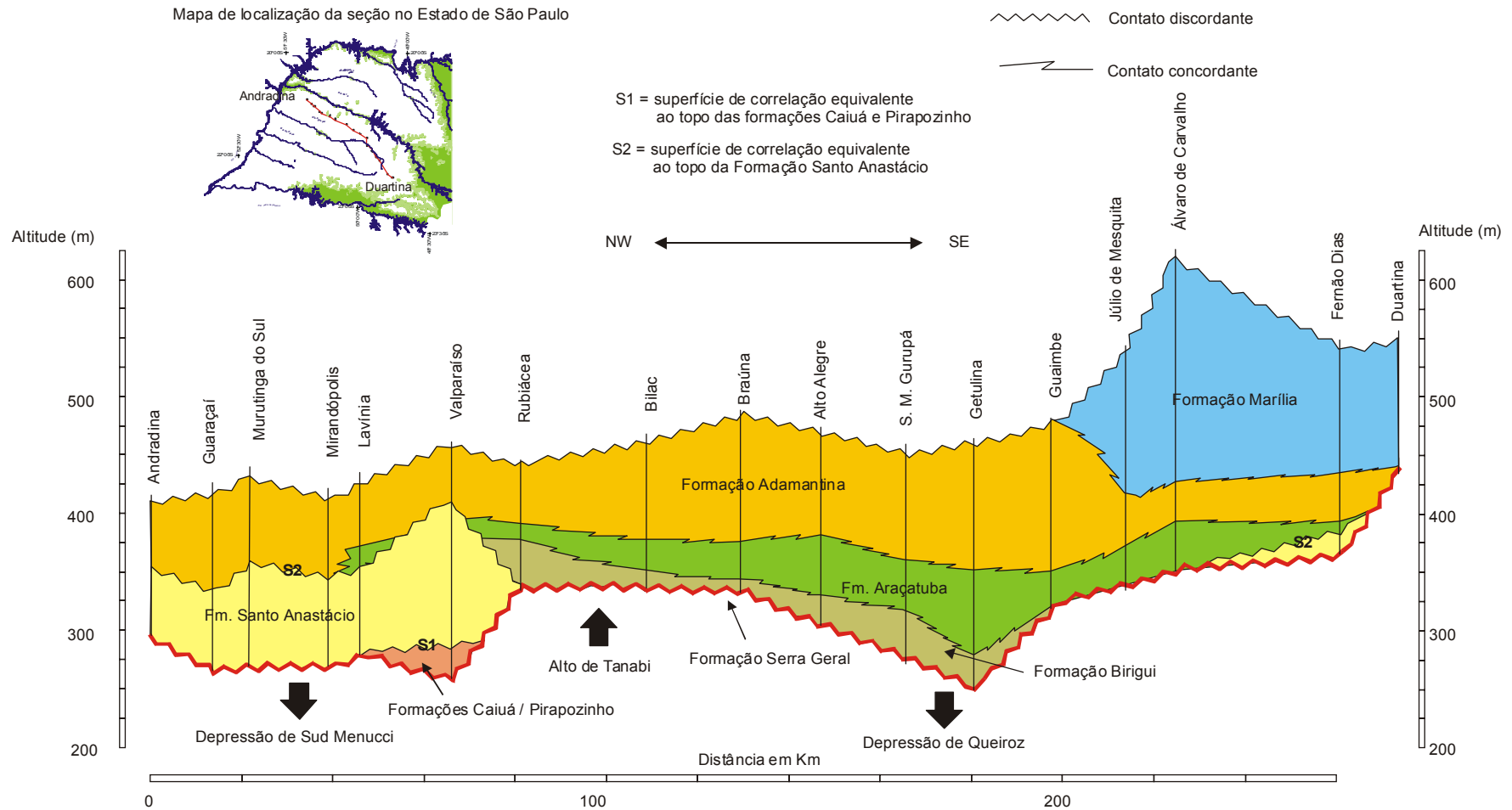


Figura 33 – Seção geológica NW-SE entre as cidades de Andradina e Duartina, cruzando a Depressão de Sud Menucci, o Alto de Tanabi e a Depressão de Queiroz. Observar que as superfícies S1 e S2 coincidem com o topo do basalto em direção ao Alto de Tanabi, no compartimento NW da bacia.

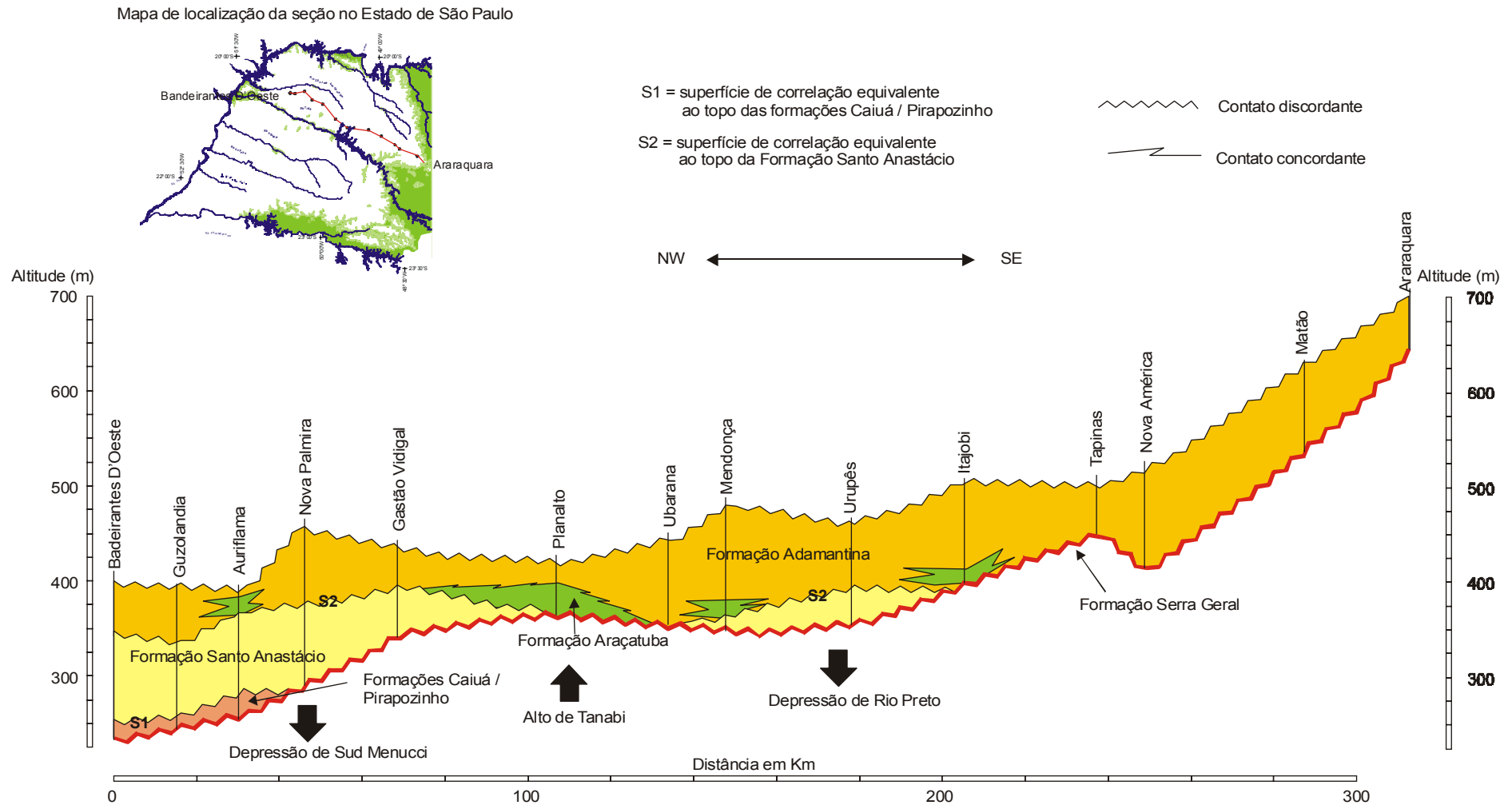


Figura 34 – Seção geológica NW-SE, entre as localidades de Bandeirantes D'Oeste (Município de Sud Menucci) e Araraquara, cruzando a Depressão de Sud Menucci, o Alto de Tanabi, a Depressão de Rio Preto e o soerguimento leste do basalto. Observar que as superfícies S1 e S2 coincidem com o topo do basalto em direção ao Alto de Tanabi, no compartimento NW da bacia.

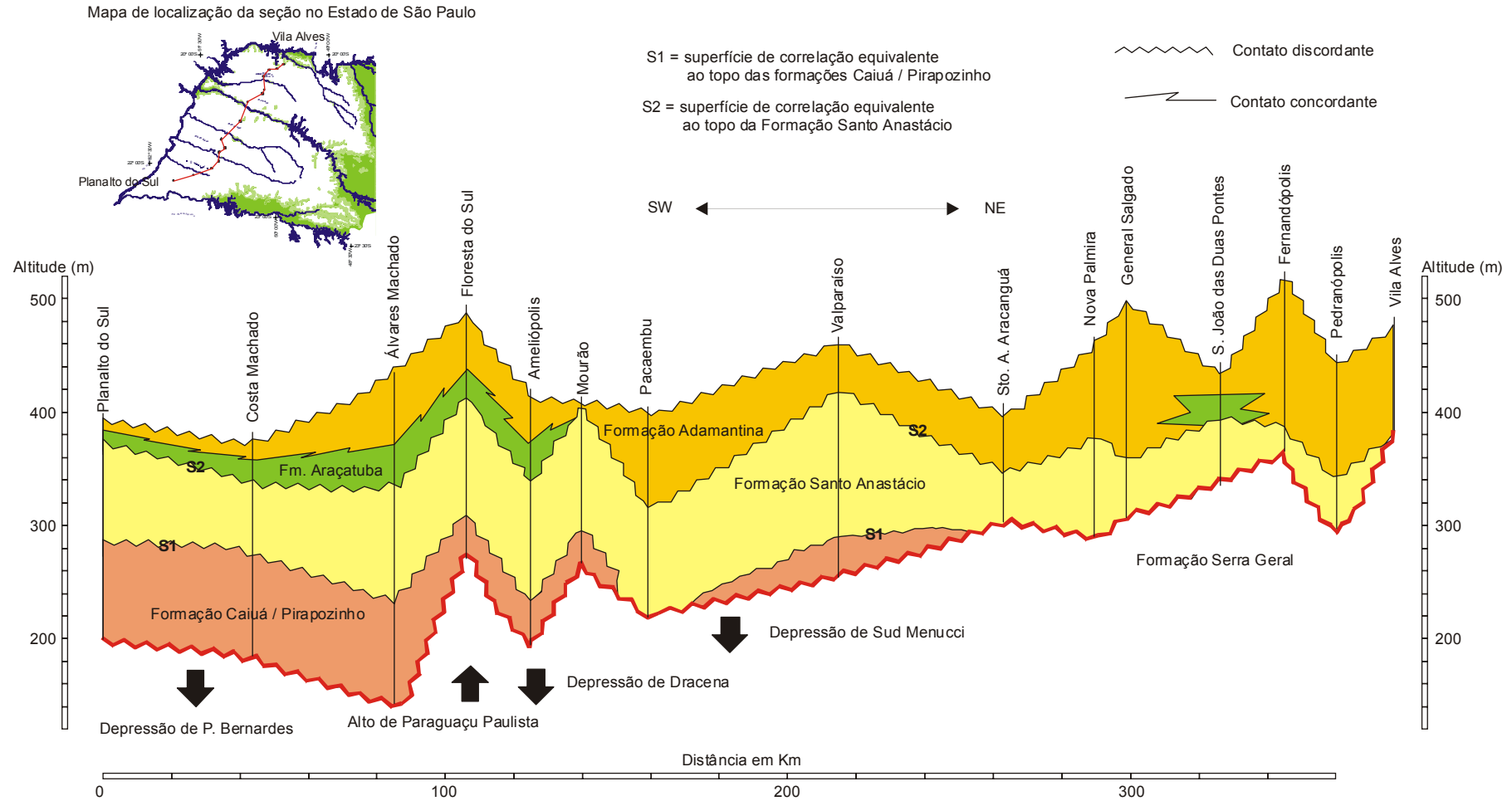


Figura 35 – Seção geológica SW-NE, entre as localidades de Planalto do Sul (Município de Mirante do Paranapanema) e Vila Alves (Município de Cardoso), cruzando a Depressão de Presidente Bernardes, Depressão de Dracena e a Depressão de Sud Menucci. Observar que a superfície S1 coincide com o topo do basalto em direção NE e o condicionamento da Formação Araçatuba às depressões de P. Bernardes e Dracena.

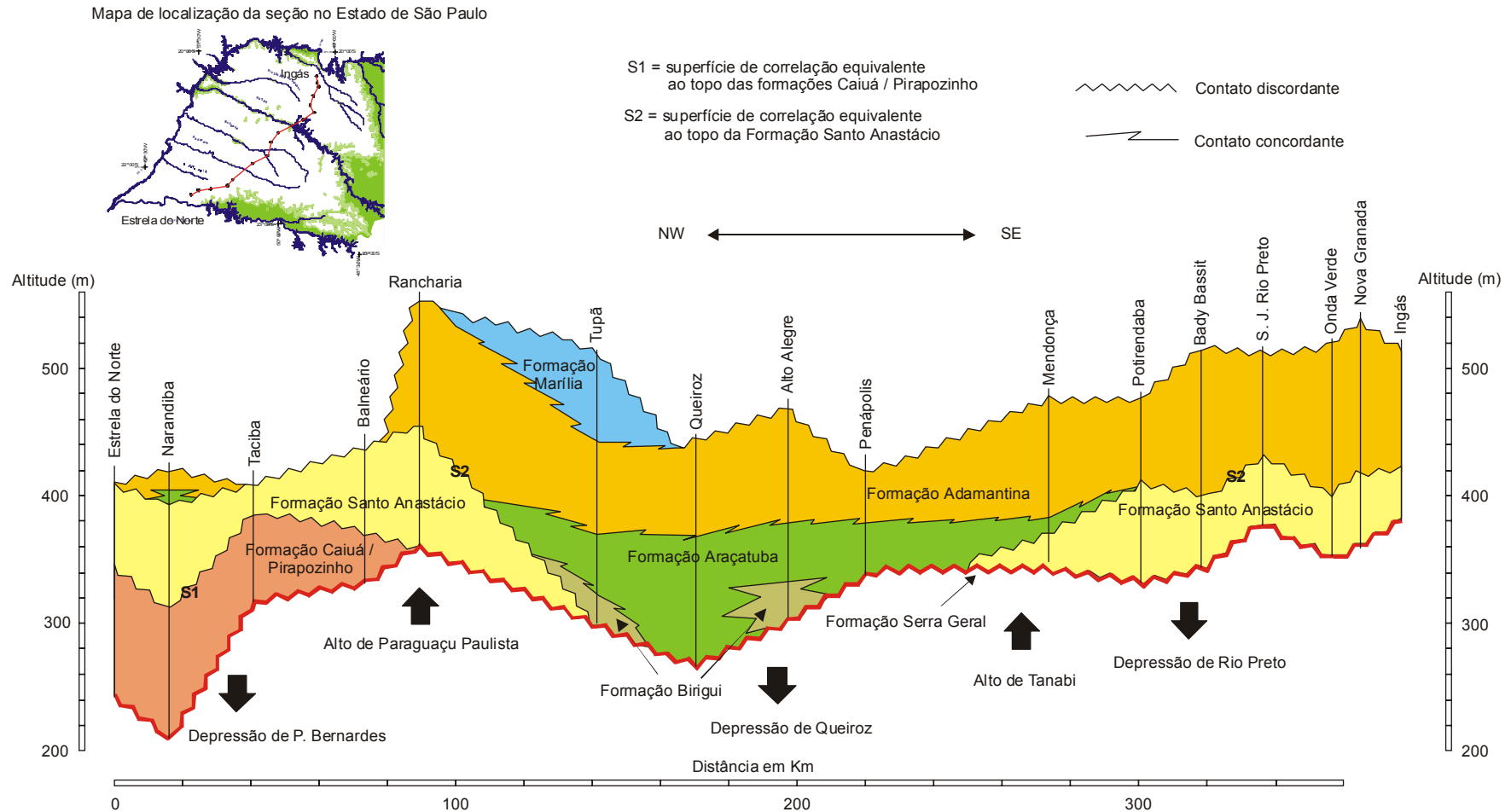


Figura 36 – Seção geológica SW-NE, entre as localidades de Estrela do Norte e Ingás (Município de Nova Granada), cruzando a Depressão de Presidente Bernardes, o Alto de Paraguaçu Paulista, a Depressão de Queiroz, o Alto de Tanabi e a Depressão de Rio Preto. Observar que a superfície S1 coincide com o topo do basalto em direção ao Alto de Paraguaçu Paulista e a superfície S2 coincide com o topo do basalto na Depressão de Queiroz e Alto de Tanabi.

5.4.1. Formações Caiuá e Pirapozinho

Estas duas unidades mostram um inter-relacionamento cíclico entre fácies pelíticas lacustres e fluxos arenosos fluviais, governados por um nível de base local, materializado pela deposição da Formação Pirapozinho (Paula e Silva *et al.*, 1999).

A Formação Caiuá, *stricto sensu*, tem suas melhores exposições em superfície, no Estado de São Paulo, na região do Pontal do Paranapanema, nas margens do Rio Paraná e no canal de Pereira Barreto (Soares *et al.*, 1980; Fernandes & Coimbra, 2000). A Formação Pirapozinho tem ocorrência exclusiva em subsuperfície.

A unidade geofísica atribuída à Formação Caiuá tem sido caracterizada em vários estudos de subsuperfície, baseados em perfis de poços para extração de água subterrânea (Paula e Silva *et al.*, 1992, 1994, 1999). De constituição predominantemente arenosa, na medida em que se distancia do Pontal do Paranapanema, em direção à leste e ao Rio do Peixe, vai progressivamente gradando para termos cada vez mais pelíticos. A incoerência no enquadramento formal desta litofácies, predominantemente pelítica e perfeitamente mapeável em bases geofísicas, na Formação Caiuá *stricto sensu*, deu origem à proposição da designação de Formação Pirapozinho para individualizar esta unidade lacustre cronocorrelata.

A coexistência entre estas duas unidades, Formação Caiuá e Formação Pirapozinho, componentes de um intervalo de tempo único no registro sedimentar do Grupo Bauru, é admitida em função de que todo este pacote estratigráfico encontra-se enfeixado pelo substrato basáltico, abaixo, e pela superfície de discordância S1, acima, que por sua vez constitui-se em excelente marco de correlação, separando esta sucessão da Formação Santo Anastácio, sobrejacente. Esta superfície já havia sido reconhecida anteriormente e denominada Marco A, por Paula e Silva *et al.* (1999).

As maiores espessuras preservadas conhecidas do conjunto Caiuá / Pirapozinho, em subsuperfície, encontram-se nas cidades de Estrela do Norte (104 metros), Pirapozinho (100 metros), Tarabai (98 metros) e Presidente Bernardes (92 metros). Concentram-se na porção sudoeste do estado, em área correspondente às depressões de Presidente Bernardes e Dracena, e em menor proporção, na Depressão de Sud Menucci, mais ao norte, conforme representadas no mapa de isópacas da Figura 37.

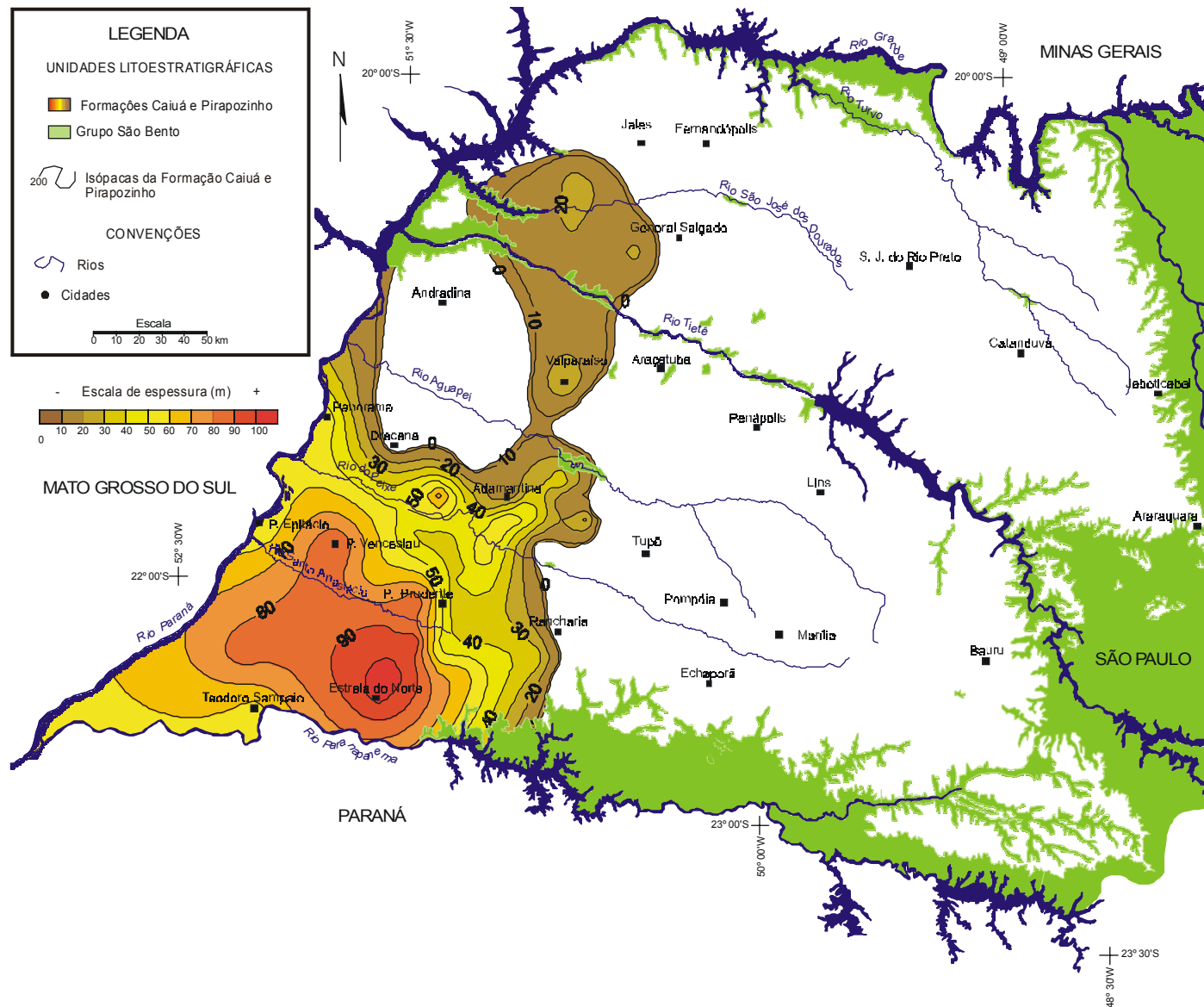


Figura 37 – Mapa de isópacas preservadas das formações Caiuá e Pirapozinho. As maiores espessuras concentram-se na porção sudoeste, na região onde se encontram as depressões de Presidente Bernardes e de Dracena.

A concentração das maiores espessuras desta sucessão ao longo da faixa oeste da bacia, nos limites do compartimento formado pelas referidas depressões, denota claramente o controle estrutural exercido pelo substrato basáltico na deposição desta unidade. O incremento de espessura nas porções deprimidas do substrato reforça o argumento do preenchimento, por esta sucessão, das irregularidades do embasamento basáltico nos primórdios da sedimentação Bauru.

Os perfis litológicos construídos a partir dos perfis geofísicos evidenciam a predominância gradativa dos termos pelíticos sobre os termos arenosos, nos sentidos norte e oriental da área de ocorrência da sucessão Caiuá / Pirapozinho, indicando que o fluxo de clásticos se dirigia de sudoeste para nordeste. Saad *et al.* (1988) manifestaram as mesmas conclusões estudando perfis de poços perfurados na Formação Caiuá, no sudoeste paulista. Esta orientação geral do sentido de fluxo para nordeste não é confirmada pelos estudos de paleocorrentes realizados por vários autores, entre eles, Landim & Soares (1976) e Fernandes & Coimbra (1994, 1999). Os referidos autores apresentaram um modelo de fluxo de correntes, interpretadas como de origem eólica, no sentido dominante para sudoeste. Estes dados não podem ser ignorados; todavia, considerando-se as exposições da unidade Caiuá em áreas restritas na porção paulista, ausência de controle do arcabouço litoestratigráfico de subsuperfície, possibilidades de interações flúvio-eólicas, existência de fácies lacustres (Formação Pirapozinho) associadas e impossibilidade de acesso direto às fácies de ocorrência exclusiva em subsuperfície, os resultados não devem ser considerados definitivos.

O contato basal da sucessão Caiuá / Pirapozinho é feito de modo discordante com os basaltos da Formação Serra Geral. A presença de brecha basal e irregularidades no topo basáltico atestam um hiato temporal entre os derrames e o início da deposição Caiuá (Riccomini *et al.*, 1981).

Com base nos perfis geofísicos, descrições de amostras de calha e de testemunhos de sondagem apresentados por Mezzalira (1974), aliados ao padrão granulométrico vertical, predominantemente em *fining upward* e localmente em *coarsening upward* da Formação Caiuá, e sua associação cíclica com os pelitos da Formação Pirapozinho, o ambiente deposicional inferido para esta sucessão é o fluvial meandrante, controlado por nível de base de sistema lacustre marginal. Esta interpretação contradiz a origem eminentemente eólica aceita atualmente pela maioria dos pesquisadores para a Formação Caiuá (por exemplo, Soares *et al.*, 1980; Fernandes *et al.*, *op. cit.*), contudo, as interações flúvio-eólicas nesta

sucessão, com predominância de sedimentos fluviais na base e eólicos em direção ao topo, como sugerido por vários autores em estudos de superfície no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (Riccomini *et al.*, 1981; Sobreiro Neto *et al.*, 1981; Almeida *et al.*, 1981a), não devem ser minoradas. Este ainda é um assunto controverso e seu esclarecimento vai depender do levantamento de novas informações e da conjugação de dados de superfície e subsuperfície.

5.4.2. Formação Santo Anastácio

Em superfície, esta unidade tem ocorrência registrada nos baixos vales dos afluentes do Rio Paraná, no Estado de São Paulo, com espessuras máximas preservadas de 70 a 100 metros (Fernandes & Coimbra, 2000), sendo que suas melhores exposições são encontradas no vale do Rio Santo Anastácio (Soares *et al.* 1980). Formalmente, foi definida por Soares *et al.* (*op. cit.*) como composta predominantemente por arenitos finos a médios, com teor de matriz inferior a 15%, com concreções carbonáticas localizadas e pobre em estruturas sedimentares.

Em subsuperfície, a unidade geofísica atribuída à Formação Santo Anastácio está preservada principalmente no compartimento formado pelas depressões de Presidente Bernardes, Dracena e Sud Menucci, posicionando-se paralelamente ao atual leito do Rio Paraná, sobre o Alto de Paraguaçu Paulista nas regiões das cidades de Rancharia e Quatá, e estendendo-se pouco mais a leste em direção às cidades de Echaporã e Ubirajara, e na Depressão de Rio Preto, até aproximadamente os limites com o Rio Tietê (Figura 38). Não foram observadas ocorrências desta unidade na região do Alto de Tanabi e na Depressão de Queiroz. Estes limites estão aproximadamente concordantes com aqueles mencionados por Soares *et al.* (*op. cit.*), segundo os quais, a Formação Santo Anastácio estaria limitada a oeste de Pirapozinho, Paraguaçu Paulista e Osvaldo Cruz, voltando a aparecer com espessura de 30 a 40 metros na região centro-ocidental e norte-ocidental do Estado de São Paulo.

As maiores espessuras preservadas foram constatadas nos poços de Valparaíso (127 metros), Aparecida D'Oeste (123 metros), Quatá (116 metros), Mariápolis (113 metros), Presidente Prudente (107 metros) e Pirapozinho (103 metros) Na região de São José do Rio Preto pode alcançar mais de 70 metros, como na cidade de Potirendada (76 metros).

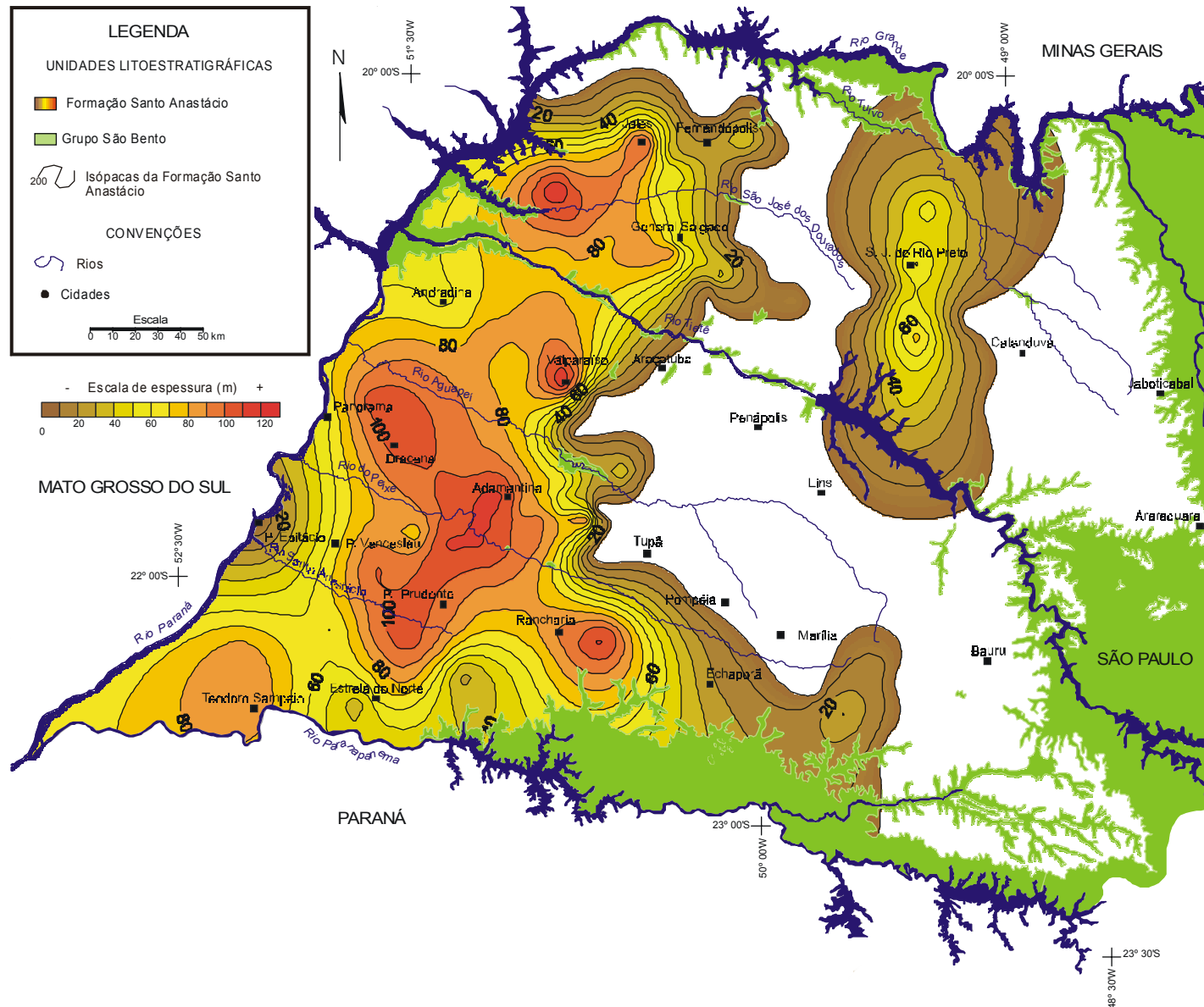


Figura 38 – Mapa de isópachos preservadas da Formação Santo Anastácio. As maiores espessuras concentram-se no compartimento onde se encontram as depressões de Presidente Bernardes, Dracena e Sud Menucci. A Depressão de Rio Preto também se constitui em área de ocorrência desta unidade em subsuperfície.

Soares *et al.* (1979) citaram uma fácies de arenitos finos, com teor de matriz síltica a lamítica variável, ocorrente nas vizinhanças da cidade de Ubirajara, a qual denominaram informalmente de Litofácies Ubirajara e que corresponderia a uma variação faciológica da Formação Santo Anastácio. As características litológicas e geofísicas observadas em poço perfurado na cidade de Ubirajara, aliadas ao seu posicionamento estratigráfico, abaixo da Formação Araçatuba e sobre o embasamento basáltico, confirmam que estes sedimentos correspondem de fato à Formação Santo Anastácio.

O contato inferior da Formação Santo Anastácio é feito de modo discordante com a Formação Caiuá ou com os basaltos Serra Geral. Seu contato superior também é discordante com as formações Birigüi, Araçatuba ou Adamantina. Evidências de evento erosivo neste contato são apresentadas por Paula e Silva *et al.* (2002), em perfis de poços perfurados na região de São José do Rio Preto.

As características litológicas e de perfis demonstram que a unidade geofísica atribuída à Formação Santo Anastácio é predominantemente arenosa, com corpos de padrão granulométrico variando de *fining upward* a cilíndrico e, eventualmente, para *coarsening upward*. Estas características apontam para um modelo deposicional fluvial entrelaçado, com transições para meandrante, com carga psamítica predominante. Fácies de barras em pontal de canais meandrantares são observadas, por exemplo, nos poços de Tarabai, Pirapozinho e Narandiba, nas porções basais da formação. Este modelo concorda com aquele proposto por Soares *et al.* (1980), diferindo apenas com relação à preponderância do sistema entrelaçado sobre o meandrante.

A sedimentação Santo Anastácio transgride os limites orientais impostos à deposição da sucessão Caiuá / Pirapozinho, avançando por sobre o Alto de Paraguaçu Paulista e aparecendo na Depressão de Rio Preto, sugerindo uma ampliação do sítio deposicional. Esta configuração demonstra que o Alto de Paraguaçu Paulista manteve-se passivo durante a sedimentação desta unidade, enquanto a calha de Rio Preto iniciou subsidência. Em razão do caráter discordante erosivo do topo da sucessão, é provável que esta formação tenha ocupado área mais extensa do que a atualmente mapeada. Medidas de paleocorrentes apresentadas por Landim & Soares (1976) e Fernandes & Coimbra (1994, 1999) apontam para direção de transporte preferencial no sentido noroeste. Pelo que o mapa de isópacas da Figura 38 sugere, a bacia nesta época recebia contribuição sedimentar de pontos variados, distribuídos ao longo das elevações que constituíam seus limites.

5.4.3. Formação Birigüi

A Formação Birigüi foi proposta neste estudo para caracterizar uma sucessão predominantemente arenosa, de granulometria fina a média, ocasionalmente grossa a conglomerática, de ocorrência exclusiva em subsuperfície, estratigraficamente posicionada acima da Formação Santo Anastácio e abaixo da Formação Araçatuba e distinguível através de perfis geofísicos.

Seu contato inferior é discordante com os basaltos da Formação Serra Geral e localizadamente com a Formação Santo Anastácio. Seu contato superior é feito de modo transicional para Formação Araçatuba e localizadamente para a Formação Adamantina. Esta unidade tem ocorrência restrita à porção central da bacia Bauru, situando-se estruturalmente no bordo noroeste da Depressão de Queiroz e sobre o prolongamento do Alto de Tanabi, região que vinha apresentando comportamento positivo até então.

Suas maiores espessuras, constatadas em perfurações de poços, são de 51 metros no Distrito de Taquari (Município de Birigüi), 48 metros em Guaiçara, 43 metros em Luiziana e 42 metros em Santa Maria do Gurupá (Município de Promissão). O mapa de isópacas da Figura 39 mostra a distribuição das espessuras desta formação na bacia Bauru. A acumulação desta sucessão, em área não ocupada pelas sedimentações Caiuá / Pirapozinho e Santo Anastácio, caracteriza a migração do depocentro para sítio de acumulação restrito na parte central da área de ocorrência do Grupo Bauru, em domínio paulista.

As características litológicas fundamentadas em amostras de calha e os padrões granulométricos verticais predominantes em cilindro, revelados pelos perfis geofísicos, apontam para deposição da Formação Birigüi em sistema fluvial de elevada energia, do tipo entrelaçado.

5.4.4. Formação Araçatuba

Esta formação ocorre na região de Araçatuba, nos vales dos rios Tietê e Aguapeí e seus afluentes (Fernandes, 1998). Batezelli *et al.* (1999) reconheceram afloramentos desta unidade no vale do Rio do Peixe e seus afluentes, a sul e sudoeste de Marília, e propuseram a redefinição de sua extensão regional, assim como de suas características litoestratigráficas.

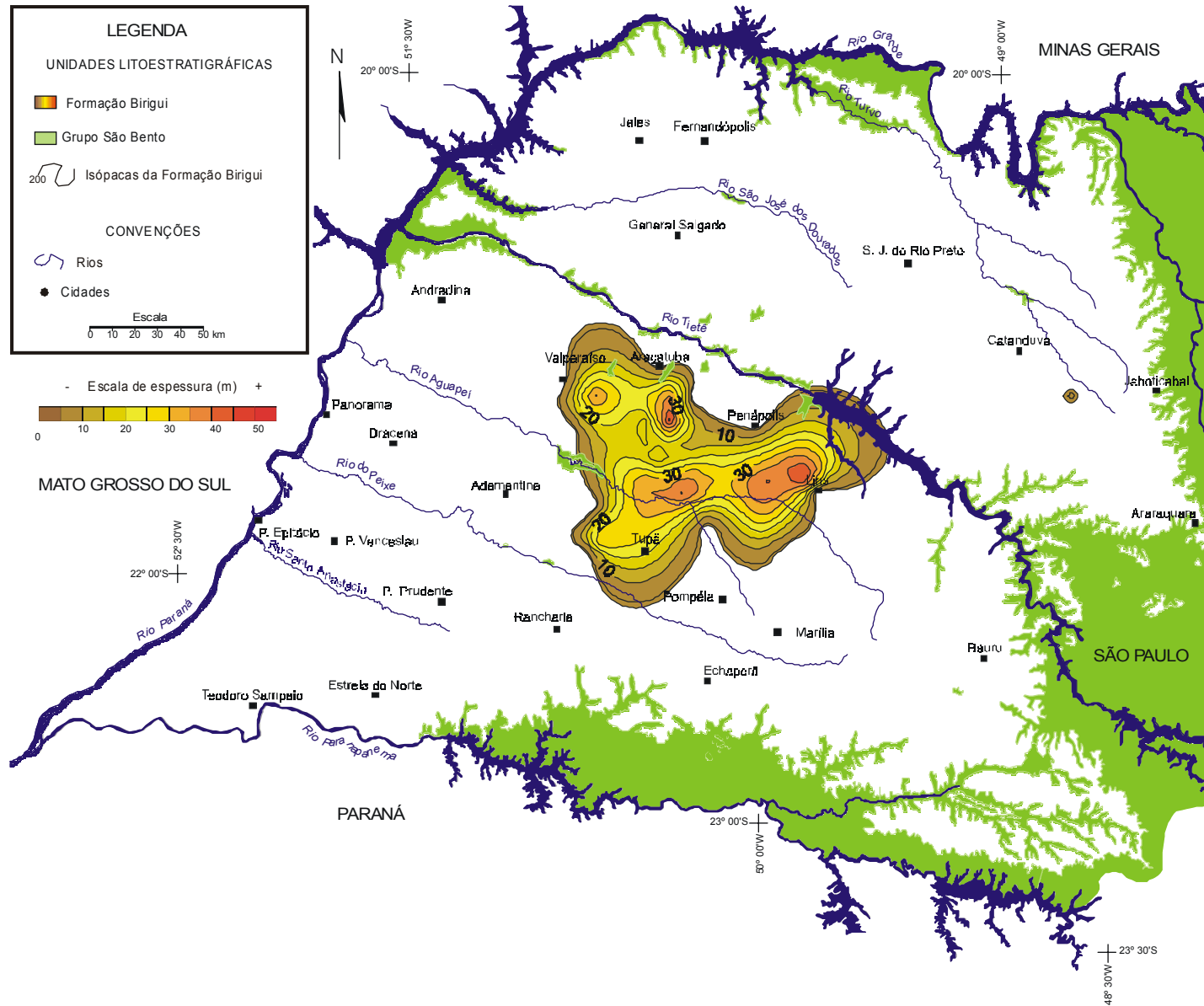


Figura 39 – Mapa de isópachas preservadas da Formação Birigui. Esta unidade ocorre exclusivamente em subsuperfície e restrita à porção central da bacia Bauru no Estado de São Paulo. Sua deposição está intimamente ligada à formação da Depressão de Queiroz.

Fernandes (1998) refere-se a ocorrências isoladas e de pequena extensão nas regiões de Flora Rica, Tarabai e Itajobi ressaltando, porém, que se encontram em posição estratigráfica, e provavelmente cronológica, pouco superior àquelas da região de Araçatuba.

Conforme definição de Batezelli *et al.* (1999), esta unidade é constituída por sucessão predominantemente silto-arenosa, de cores cinza esverdeadas, com intercalações secundárias de arenitos muito finos e siltitos argilosos, com espessura média de 30 metros.

Em subsuperfície, a unidade geofísica atribuída à Formação Araçatuba apresenta ampla distribuição na região central e na porção sudoeste, além de algumas ocorrências menos expressivas nas porções noroeste e nordeste paulistas da bacia Bauru. As maiores espessuras preservadas desta formação, alcançadas em perfurações de poços, foram registradas nas cidades de Queiroz (105 metros), Getulina (78 metros), Lins (67 metros) e Oriente (61 metros). A análise do mapa de isópacas desta formação (Figura 40) permite constatar que as maiores espessuras, em subsuperfície, encontram-se exatamente confinadas à Depressão de Queiroz.

O contato inferior da Formação Araçatuba é feito com diversas unidades estratigráficas. Com a Formação Serra Geral, este contato é feito de modo discordante, principalmente nas porções centrais e orientais de sua área de ocorrência. Com a Formação Birigüi, o contato é do tipo transicional, na passagem dos sedimentos predominantemente arenosos desta, para os sedimentos predominantemente pelíticos da Formação Araçatuba, verificado no compartimento estrutural representado pela Depressão de Queiroz. Com a Formação Santo Anastácio, o contato é discordante e observado na Depressão de Rio Preto e nas regiões noroeste e sudoeste da bacia. Seu contato superior é feito transicionalmente com a Formação Adamantina que a recobre e transgride regionalmente. Não foram verificadas relações de contato direto com a Formação Marília nos perfis.

As características litológicas registradas em descrições de amostras de calha e testemunhos de sondagem Barcha (1980), aliadas aos perfis geofísicos de poços perfurados na unidade Araçatuba, não deixam dúvidas quanto à deposição em sistemas lacustres rasos, com eventuais influxos arenosos originados por sistema fluvial progradante. Para Fernandes (1998), essa deposição ocorreu em áreas alagadiças, estagnadas, às quais preferiu referir-se como “pantanal”. Batezelli *et al.* (1999) defenderam a deposição em ambiente lacustre, em processo de assoreamento.

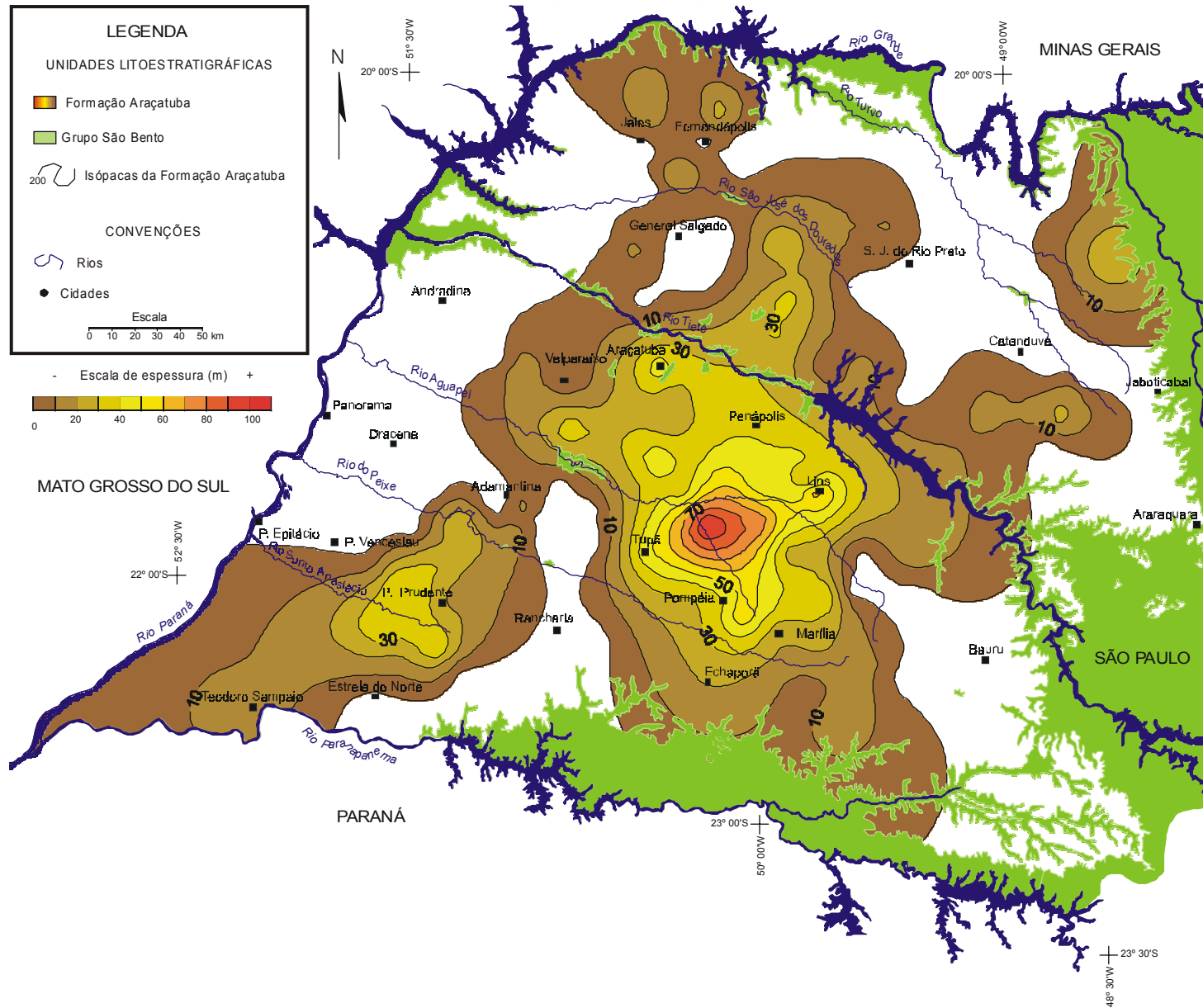


Figura 40 – Mapa de isópacas da Formação Araçatuba. Suas maiores espessuras em subsuperfície encontram-se na região da Depressão de Queiroz e na Depressão de Presidente Bernardes.

5.4.5. Formação Adamantina

A Formação Adamantina é a unidade litoestratigráfica com maior área de exposição na bacia Bauru no Estado de São Paulo, conforme representada no mapa geológico elaborado pelo IPT (1981, Figura 18). Tem ampla ocorrência em superfície em todas as regiões, menos nos extremos sudoeste, oeste e noroeste, onde a erosão expôs as formações subjacentes, e no canto sudeste, onde está recoberta pela Formação Marília. Encontra-se atualmente em franco processo de dissecação e erosão de seus planaltos.

As variações faciológicas regionais apresentadas pela Formação Adamantina têm induzido muitos pesquisadores a proporem denominações específicas para distinguir suas diferentes litofácies. Assim é que Soares *et al.* (1980) distinguiram as litofácies Taciba, Ubirajara e São José do Rio Preto e, mais tarde, Fernandes (1998) subdividiu-a nas formações Vale do Rio do Peixe, Presidente Prudente e São José do Rio Preto, abolindo a designação consagrada de Formação Adamantina. À luz dos perfis geofísicos, o que se constata é que essas subdivisões estratigráficas, por falta de controle de subsuperfície, acabam congregando unidades geneticamente dissociadas ou seccionando unidades formais. Por exemplo, Fernandes (*op. cit.*) cita espessuras de 154 metros e 170 metros, respectivamente, nas cidades de Potirendaba e Rancharia, para a Formação Vale do Rio do Peixe, enquanto Soares *et al.* (*op. cit.*) citam espessura de 182 metros na cidade de Pirapozinho para a Formação Adamantina, em intervalos que, além da Formação Adamantina, superior, abrangem também a Formação Santo Anastácio, inferior. Formalmente, a unidade Adamantina foi definida por Soares *et al.* (*op. cit.*) como bancos arenosos de granulometria fina a muito fina, alternado por bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos.

Em poços, esta unidade registrou maiores espessuras nas cidades de Mirassol (187 metros), Catanduva (170 metros) e Neves Paulista (150 metros). De acordo com o mapa de isópacas desta unidade (Figura 41), as maiores espessuras preservadas concentram-se em duas faixas situadas, respectivamente, a norte e sul do Rio Tietê. As menores espessuras são encontradas justamente na calha do médio e baixo Rio Tietê e na região sudoeste, onde foram significativamente reduzidas pela erosão cenozóica.

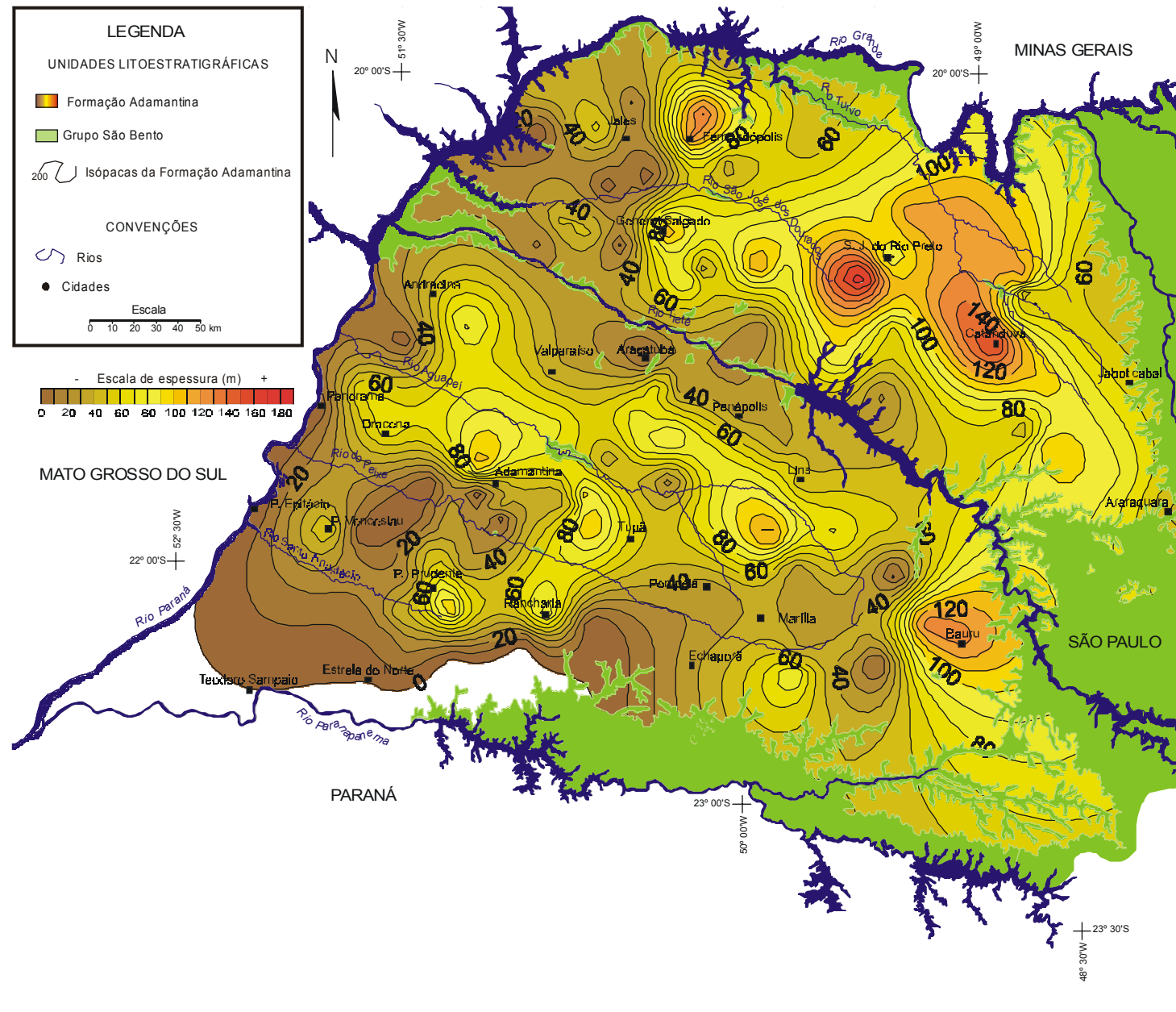


Figura 41 – Mapa de isópacas da Formação Adamantina. Esta unidade tem distribuição generalizada na bacia Bauru e suas maiores espessuras preservadas encontram-se a norte do Rio Tietê, na região de São José do Rio Preto e Catanduva e na região de Bauru, na porção sudeste da bacia.

O contato inferior da Formação Adamantina pode se dar de modo discordante ou concordante. Com os basaltos da Formação Serra Geral, o contato é discordante e ocorre no bordo oriental da bacia. Com a Formação Santo Anastácio, também apresenta relações discordantes na região das depressões de Rio Preto, Presidente Bernardes, Dracena e Sud Menucci. Com a Formação Araçatuba, faz contato concordante transicional nas áreas de ocorrência desta, situadas principalmente nas regiões sudoeste e centro-oriental da bacia. Com a Formação Birigüi, também tem contato transicional em porções restritas da bacia, como em Iacri. No topo, a Formação Adamantina é recoberta pela Formação Marília na região sudeste da bacia e na região de Monte Alto, com a qual tem relações concordantes transicionais a interdigitadas.

Os padrões verticais de variação granulométrica, evidenciados pela unidade geofísica atribuída à Formação Adamantina, compreendendo depósitos arenosos com estrutura em *fining upward* e terminação em pelitos, são indicativos de sedimentação em canais fluviais meandrantos. A frequência das intercalações silto-argilosas é variável, mas diminui, em geral, para o topo da sucessão, caracterizando um padrão global em *coarsening upward*, indicativo de sedimentação em sistemas fluviais progradantes e assoreamento do sítio deposicional.

Intercaladas nesta sucessão são descritas rochas efusivas alcalinas, de composição semelhante às rochas analcímicas intrusivas de Jaboticabal, referidas por Barcha *et al.* (1984). Fernandes (1998) menciona espessura máxima de 15 metros e distribuição em área de 100 km², limitada pelas cidades de Pirangi, Taiúva e Aparecida do Monte Alto, para estas alcalinas, as quais denominou de Analcimitos Taiúva. Relatório de perfuração de poço na cidade de Taiacu, elaborado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, registra espessura de 27 metros para estas alcalinas.

5.4.6. Formação Marília

A Formação Marília ocorre exclusivamente em superfície e tem área de exposição restrita à porção sudeste da bacia e na região de Monte Alto (Figura 18), onde sustenta relevo escarpado mantido pela forte cimentação calcífera de seus constituintes litológicos. Sua espessura máxima alcança entre 160 metros (Soares *et al.*, 1980) a 180 metros (Almeida *et al.*, 1981b).

Formalmente, foi definida como uma unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos e teor de matriz variável (Soares, *et al.*, *op.cit.*). Corresponde à Formação Echaporã, tratada como membro por Barcelos & Suguio (1987) e hierarquizada como formação por Fernandes (1998).

Em subsuperfície, a unidade atribuída à Formação Marília possui espessuras máximas constatadas em perfurações de poços de 233 metros na cidade de Lupércio, 201 metros em Marília, 192 metros em Álvaro de Carvalho e 185 metros em Quintana. O mapa de isópacas da Figura 42 mostra que as maiores espessuras preservadas concentram-se na região do eixo de Marília a Pompéia. A indisponibilidade de dados de subsuperfície na região de Monte Alto, onde ocorre em área muito restrita, não permitiu a análise da distribuição das espessuras preservadas naquela região. A erosão cenozóica deste relevo, com o conseqüente decréscimo na altitude topográfica, é responsável, em parte, pela diminuição da espessura da Formação Marília para os bordos e interior da bacia. Os resquícios da sedimentação Marília não mostram relações genéticas com as estruturas internas do embasamento basáltico. Ao contrário, suas características litológicas e posição marginal à bacia Bauru, reforçam a influência do soerguimento de seus limites externos na sedimentação por leques progradantes.

A Formação Marília apresenta contato inferior discordante com as rochas efusivas basálticas na borda oriental da bacia. Com a Formação Adamantina, apresenta contato concordante interdigitado na maior parte de sua área de ocorrência. As relações de contato apresentadas com a Formação Adamantina sugerem contemporaneidade na sedimentação destas unidades.

A análise dos perfis geofísicos de poços perfurados nesta unidade estratigráfica mostra uma sucessão bastante homogênea, predominantemente arenosa, com baixo conteúdo argiloso, intercalações delgadas de material pelítico e zonas bastante carbonatadas. De modo geral, os perfis refletem um decréscimo na frequência das intercalações silto-argilosas em direção ao topo da sucessão, sugerindo progradação deposicional e assoreamento da bacia.

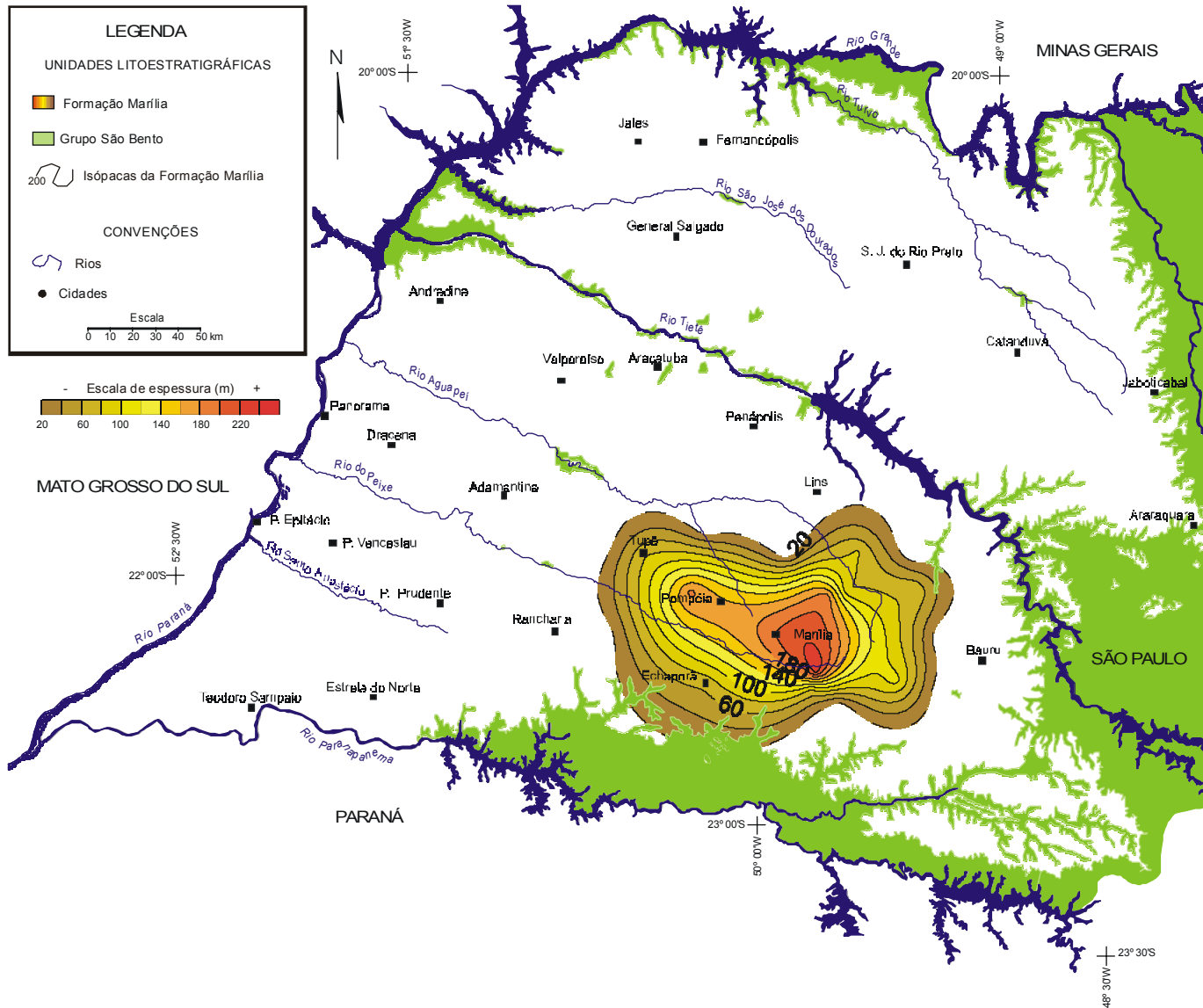


Figura 42 – Mapa de isópacas da Formação Marília. Esta unidade tem distribuição restrita à porção sudeste da bacia e na região de Monte Alto - SP. Nesta última, a indisponibilidade de dados de subsuperfície não permite uma análise da distribuição das espessuras.

6. A SEDIMENTAÇÃO DO GRUPO BAURU

A sedimentação do Grupo Bauru teve como palco precursor a fase tectônica mais marcante da evolução da Bacia do Paraná, quando enormes quantidades de lava basáltica cobriram praticamente toda essa depressão, influenciada pela ruptura do Gondwana e pela abertura do Atlântico Sul, no Jurássico-Cretáceo (Zalán *et al.*, 1990). Essas manifestações magmáticas ocorreram entre 137 a 127 Ma (Turner, 1994, *apud* Milani, 1997), traduzindo-se em espessa cobertura de basaltos e intrincada rede de diques e soleiras. Este evento tectônico reativou antigas linhas de fraqueza do embasamento com direções principais NE-SW e NW-SE, condicionando os corpos ígneos intrusivos e extrusivos e causando a última fase de subsidência importante da bacia, em decorrência do peso exercido pelas lavas sobre a crosta, além da criação de um terceiro *trend* estrutural, de direção E-W (Zalán *et al.*, 1987). Este conjunto complexo de fenômenos tectônicos e magmáticos, extensivo a todo o território brasileiro, foi denominado de Reativação Wealdeniana por Almeida (1967, *apud* Ferreira, 1982).

Para Milani (*op. cit.*), a posição geográfica do depocentro da sucessão Bauru, coincidente com as maiores espessuras da Formação Serra Geral, sugere que a subsidência da bacia Bauru tenha se dado pelos reajustes flexurais negativos da litosfera, após resfriamento e acomodação mecânica das rochas magmáticas. A implantação da bacia Bauru teria sido condicionada pela zona de falha de Guapiara, em São Paulo, e pelo lineamento de São Sebastião, no Paraná (Zalán *et al.*, *op. cit.*) A manutenção das direções estruturais no substrato basáltico, com reflexo na cobertura sedimentar neocretácea, constitui exemplo notável de herança tectônica (Fernandes *et al.*, 1993).

Considerando o término do vulcanismo basáltico entre 137 e 127 Ma, no Cretáceo Inferior, e a idade senoniana (89 Ma) para os sedimentos do Grupo Bauru (Fernandes & Coimbra, 2000), teriam se passado 38 Ma até que houvesse condições de acumulação dos primeiros depósitos neocretáceos. Já para Soares *et al.* (1980) e Dias-Brito *et al.* (2001), que admitem a idade aptiana para esses sedimentos, teriam se passado apenas 6 Ma, o que na concepção do primeiro corresponderia a um rápido ciclo erosivo.

A questão sobre a idade do início da sedimentação Bauru é assunto que ainda carece de estudos bioestratigráficos pormenorizados, que utilizem amostras extraídas das formações pelíticas efetivamente correspondentes às porções basais da unidade, como por exemplo, a

Formação Pirapozinho, definida neste trabalho, de ocorrência exclusiva em subsuperfície e cronologicamente associada à Formação Caiuá, por sua vez considerada a unidade mais antiga deste quadro litoestratigráfico. Dias-Brito *et al.* (2001) destacam a importância desta fácies lacustre inserida na Formação Caiuá como a chave para definir, com segurança, a idade destes depósitos, recomendando a exploração microfossilífera desta sucessão em futuras sondagens. Cabe aqui salientar que o registro fossilífero assinalado no Grupo Bauru, agrupado por Fernandes & Coimbra (1994) nos compartimentos de Peirópolis (MG), São José do Rio Preto (SP) e Presidente Prudente (SP), representado por restos vegetais, vertebrados e invertebrados, é aceito como pertencente na maior parte às formações Adamantina e Marília, com exceção de icnofósseis achados na Formação Caiuá. Desta forma, os achados fósseis corresponderiam à idade mínima do Grupo Bauru. Mezzalira & Arid (1981) reconheceram a dificuldade em associar os achados fossilíferos com os níveis estratigráficos do Grupo Bauru, em razão da inexistência de um controle de subsuperfície. Do mesmo modo, Fúlfaro & Perinotto (1996) argumentaram que as limitações paleontológicas e o incompleto conhecimento do arcabouço estrutural dificultam as interpretações cronológicas e paleogeográficas. Com a configuração do arcabouço estratigráfico de subsuperfície esboçado neste trabalho, os fósseis catalogados poderão ser relacionados à litoestratigrafia proposta, e a partir daí, contribuir para o biozoneamento estratigráfico das rochas cretáceas suprabasálticas.

A despeito do início incerto, se no Cretáceo Inferior ou Superior, a sucessão Bauru foi depositada sobre substrato basáltico intensamente desnivelado, referido assiduamente na literatura técnica (p. ex., Arid, 1966; Mezzalira, 1974; Suguio *et al.*, 1977; Brandt Neto *et al.*, 1978; Barcha, 1980 e 1985; Soares *et al.*, 1979). Essas irregularidades têm sido atribuídas a causas tectônicas ou erosivas diferenciais. A presença de brecha de basalto e conglomerados basais, detectadas no contato com os sedimentitos Bauru (Salamuni *et al.*, 1981; Riccomini *et al.*, 1981; Sobreiro Neto *et al.*, 1981; Brandt Neto, 1984 e Barcha, 1985; Fernandes & Coimbra, 1994), apontam para um ambiente deposicional inicialmente aquoso, sugerindo que as irregularidades de natureza erosiva poderiam ter sido originadas pela ação de correntes fluviais atuando sobre o substrato basáltico, tectonicamente desnivelado.

Sobre este pavimento, na porção então mais deprimida da bacia, na região sudoeste paulista, foram depositados os primeiros clásticos areno-argilosos da sucessão mais antiga da bacia Bauru, representada pelas formações Caiuá e Pirapozinho (Figura 43).

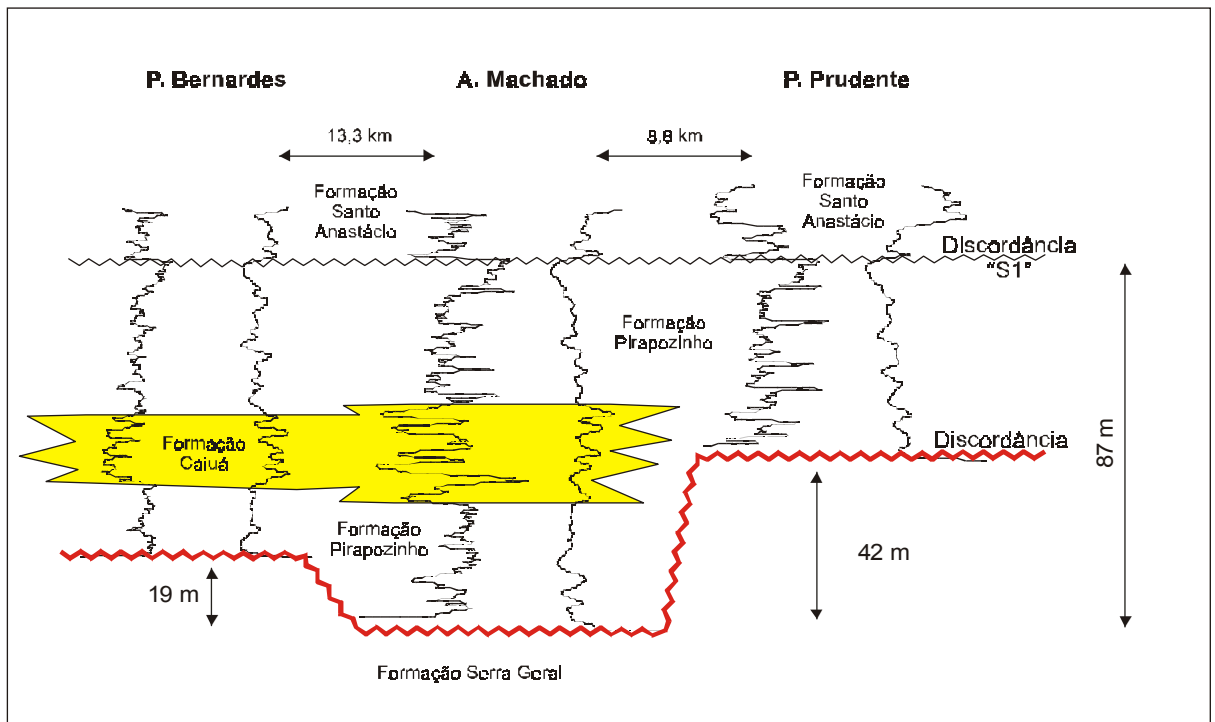


Figura 43 – Correlação estratigráfica com *datum* na superfície de discordância S1 (base da Formação Santo Anastácio), mostrando os relacionamentos entre as formações Caiuá e Pirapozinho na região de Presidente Bernardes e as irregularidades pré-deposicionais do substrato basáltico.

Esta primeira sucessão compreendia um sistema fluvial endorreico, com rios meandantes alcançando corpos lacustres rasos que atuavam como nível de base desta sedimentação. Este sistema de paleolagos deveria ter dimensões reduzidas e seus sedimentos ficaram melhores preservados na região abrangida aproximadamente pelas localidades de Santo Anastácio, Ameliópolis, Iubatinga, Caiabu, Regente Feijó, Taciba, Tarabai e Pirapozinho, onde sua área de ocorrência subsuperficial foi estimada em 3500 km².

O afluxo sedimentar principal viria, provavelmente, de sudoeste para nordeste, e cunhas arenosas prograriam por sobre os sedimentos lacustres, com avanços e recuos controlados pelas oscilações do nível de base local (Figura 44). Nos perfis geofísicos disponíveis não ficou caracterizada a presença de sedimentação eólica nesta sucessão, contudo, face aos estudos realizados por outros pesquisadores, é provável que tenham existido interações flúvio-eólicas, principalmente em direção ao topo da unidade Caiuá e marginalmente ao sistema lacustre Pirapozinho.

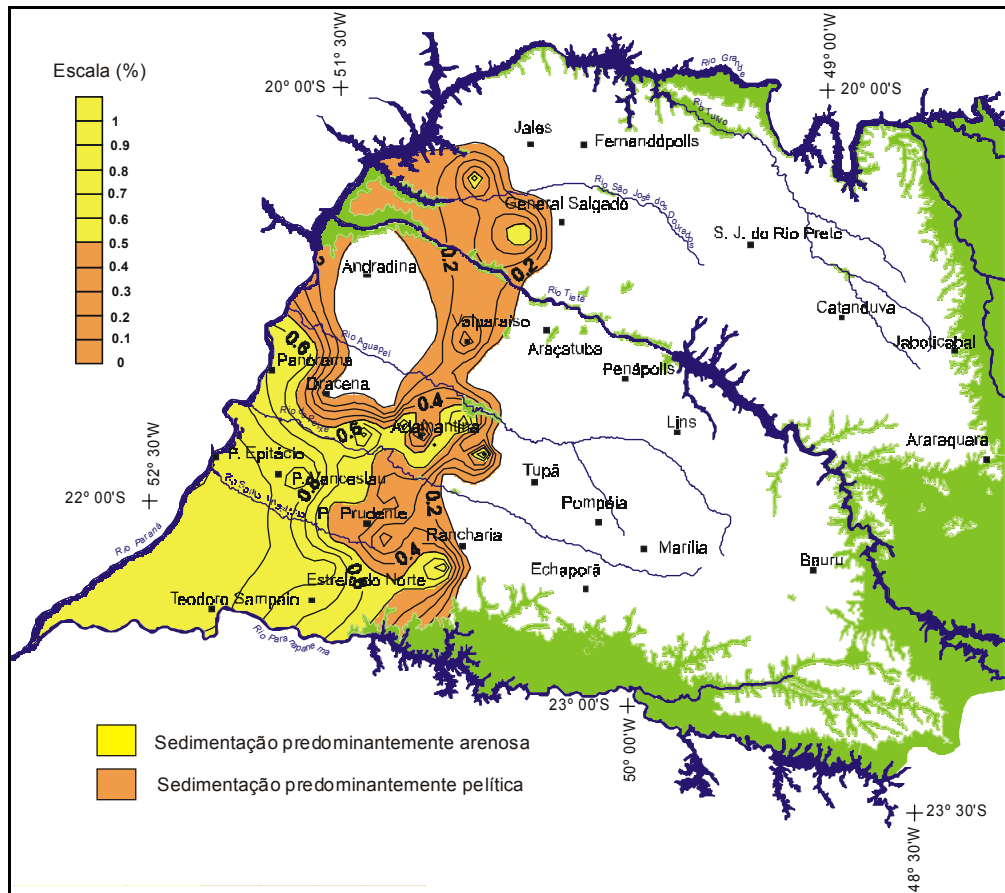


Figura 44 – Mapa de porcentagem de areia da sucessão Caiuá / Pirapozinho.

A sedimentação da sucessão Caiuá / Pirapozinho preencheu as irregularidades do substrato basáltico e expandiu seus limites para nordeste, ocupando também as depressões de Dracena e Sud Menucci que, juntamente com a Depressão de Presidente Bernardes, configuravam uma calha alongada na direção nordeste, limitada no bordo oriental pelo encontro do prolongamento do Alto de Tanabi e o Alto de Paraguaçu Paulista. Essa disposição e caráter localizado dos depósitos teriam induzido Fúlvaro & Barcelos (1993) a considerarem uma fase *rifte* para a deposição das formações Caiuá e Santo Anastácio. Conforme já referido anteriormente, o Alto de Paraguaçu Paulista representa, em subsuperfície, a expressão morfológica da extremidade final do Alinhamento de Guapiara refletido no embasamento basáltico. Esta estrutura manteve-se ligeiramente saliente, o

suficiente para não permitir a transgressão da sucessão Caiuá / Pirapozinho na direção oriental.

Após esta primeira fase de deposição e acomodação dos sedimentos aos espaços criados, a bacia entra em processo de *by-pass*, com saída possivelmente para sudoeste, e não permite a fixação de novos depósitos. Gera-se então, uma discordância regional, aqui designada de superfície S1, que representa um hiato temporal e provavelmente erosivo, encerrando esta primeira fase deposicional na bacia Bauru.

Retornando às condições de subsidência, a segunda fase deposicional da bacia é marcada pela homogeneidade da sedimentação arenosa da Formação Santo Anastácio. Esta monotonia é quebrada apenas localmente como, por exemplo, na região sudoeste do estado, onde coexistem depósitos fluviais de sistemas tipicamente meandrantares, com fácies de barra em pontal bem delineadas, notadamente nas porções inferiores e intermediárias da sucessão, com depósitos de sistemas tipicamente entrelaçados (Figura 24). Esta característica parece indicar variações na energia do transporte fluvial, que por sua vez controla a distribuição granulométrica dos sedimentos depositados.

As condições endorreicas persistem durante esta fase e o sítio deposicional amplia sua área de cobertura a norte e a sudeste, e aparece na calha representada pela Depressão de Rio Preto. Na direção sudeste, os sedimentos desta unidade transgridem por sobre o Alto de Paraguaçu Paulista e avançam para a região de Rancharia, Quatá, Gália e Ubirajara, onde comparecem com 34 metros de espessura. Soares *et al.* (1979) haviam enquadrado esses sedimentos, ocorrentes nas vizinhanças da cidade de Ubirajara e constituídos por arenitos de granulação fina a muito fina, com teor de matriz variável, na litofácies Ubirajara, que seria uma variação, a leste, da Formação Santo Anastácio.

A ocorrência de 92 metros de sedimentos predominantemente arenosos, constatados no poço de Rancharia, atribuídos à Formação Santo Anastácio, jazendo diretamente sobre o embasamento basáltico e ocupando a região do Alto de Paraguaçu Paulista, demonstra que, nesta fase da história deposicional da bacia Bauru, esta estrutura não apresentava comportamento positivo. Por outro lado, a distribuição dos sedimentos desta unidade observada no mapa de isópacas (Figura 38) indica que o Alto de Tanabi permanecia elevado, enquanto a Depressão de Queiroz ainda não havia se manifestado como sítio de acumulação.

Tudo indica que a Formação Santo Anastácio tenha ocupado área maior do que a representada atualmente no mapa de isópacas e que parte tenha sido removida por erosão,

principalmente fluvial, anteriormente à deposição das formações Araçatuba e Adamantina. Os efeitos erosivos deste evento ficaram bem marcados na região de São José do Rio Preto, onde a natureza brusca do contato com a Formação Adamantina, sobrejacente, observado através da análise de perfis geofísicos e descrições de amostras de calha de poços perfurados na área, sugere nitidamente a existência de um hiato temporal entre a sedimentação dessas duas unidades litoestratigráficas (Paula e Silva *et al.*, 2002). A ênfase no processo erosivo pode ser demonstrada pela correlação apresentada na Figura 45, entre dois poços situados na cidade de São José do Rio Preto, onde nota-se que o topo do embasamento basáltico alcançado pelas perfurações posiciona-se aproximadamente na mesma altitude (~ 350 metros), evidenciando inexistência de movimentos verticais do substrato, enquanto o topo da Formação Santo Anastácio está desnivelado cerca de 29 metros. Outros exemplos podem ser observados na correlação apresentada na Figura 25. Esta situação geológica atesta a magnitude do evento erosivo que deu origem à discordância que separa a Formação Santo Anastácio das formações mais jovens.

Um novo ciclo não deposicional se instala na bacia com o final da sedimentação da Formação Santo Anastácio e o incremento da aridez climática, quando então os espaços de acumulação foram totalmente preenchidos e a bacia entra novamente em processo de *by-pass*. Esta situação persiste até que novo rearranjo tectônico e prováveis mudanças climáticas, com elevação dos bordos, movimentação das estruturas internas da bacia e incremento da quantidade de água no sistema, dêem início à intensa erosão fluvial nos sedimentos pré-depositados, e no substrato basáltico exposto nas regiões do Alto de Tanabi e da futura Depressão de Queiroz, responsável pela origem da superfície de discordância S2, posicionada no topo da Formação Santo Anastácio.

É nesta fase que tem início a subsidência da Depressão de Queiroz, exemplo marcante da atuação conjunta dos processos tectônicos e erosivos, o primeiro criando desníveis e dando origem a gradientes topográficos elevados, e o segundo favorecendo o entalhe da superfície e remoção dos materiais. Quando novamente a bacia apresentou condições de acumulação sedimentar, as cicatrizes desse entalhamento erosivo foram preenchidas primeiramente por depósitos fluviais de sistemas provavelmente entrelaçados, atribuídos à Formação Birigüi, e constituídos, majoritariamente, por sedimentos arenosos de granulometria desde fina até conglomerática. Na medida em que os entalhes eram preenchidos, ampliava-se a área deposicional e formava-se um grande sistema lacustre, raso, que funcionava como nível de

base regional, associado a um sistema fluvial meandrante marginal, correspondentes, respectivamente, às formações Araçatuba e Adamantina (Figura 46).

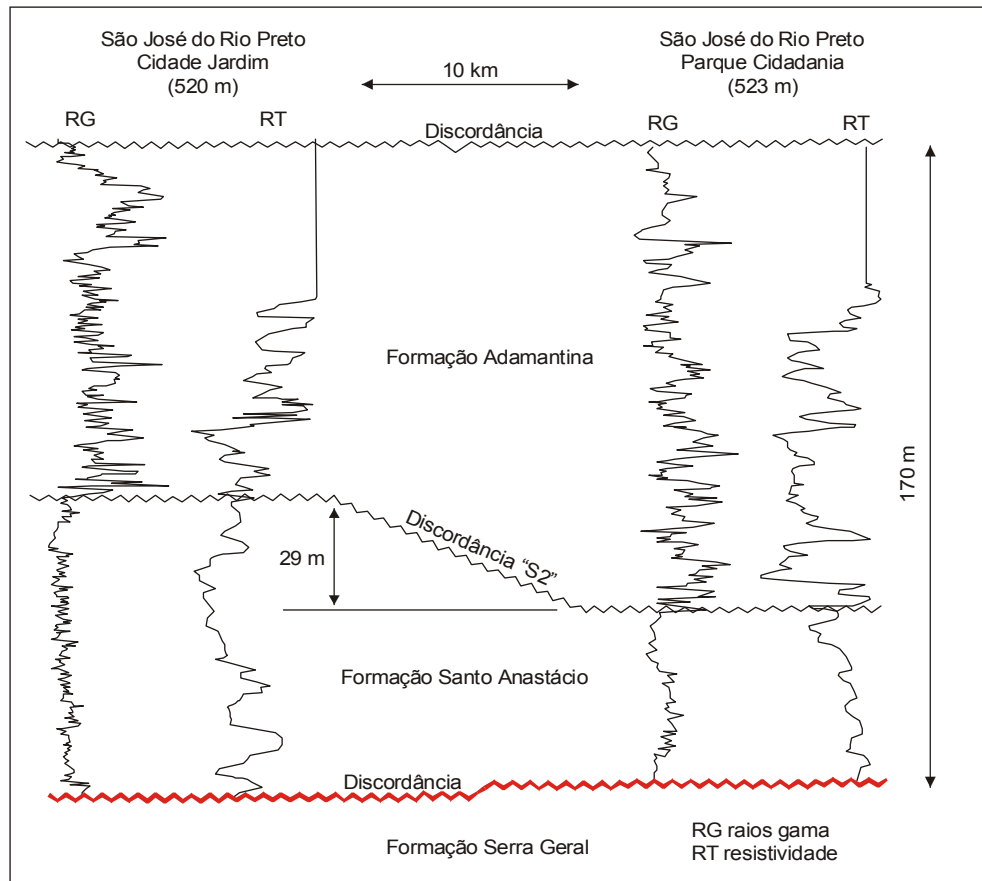


Figura 45 – Correlação entre dois poços situados na cidade de São José do Rio Preto, com *datum* no nível do mar, evidenciando que o desnivelamento do topo da Formação Santo Anastácio na região é decorrente de processos erosivos e não de movimentações verticais do substrato basáltico.

O depocentro da Formação Araçatuba localiza-se na Depressão de Queiroz e seus sedimentos cobrem toda parte central, sudoeste e porções localizadas da bacia Bauru. É provável que existisse separação física entre os paleolagos da parte central e da parte sudoeste, além de conjuntos de lagos menos expressivos, espalhados por outras áreas. Assim, a Formação Araçatuba representa um intervalo de tempo na estratigrafia do Grupo Bauru em que condições de clima úmido prevaleceram e o substrato deposicional estava relativamente aplainado, favorecendo a acumulação de água nas partes mais deprimidas, provenientes do

sistema fluvial marginal. O afluxo de clásticos seria multidirecional e caracterizaria a fase de maior endorreísmo da bacia. Nesse sentido, a expressão “pantanal”, proposta por Fernandes & Coimbra (2000) para designar este amplo sistema lacustre, parece ser adequada, considerando “o contexto de águas salinas rasas, pouco agitadas, sujeitas a períodos de exposição”. Este sistema seria propício à formação de moldes salinos, identificados por Mezzalira (1974), Etchebehere *et al.* (1991) e Fernandes (1998).

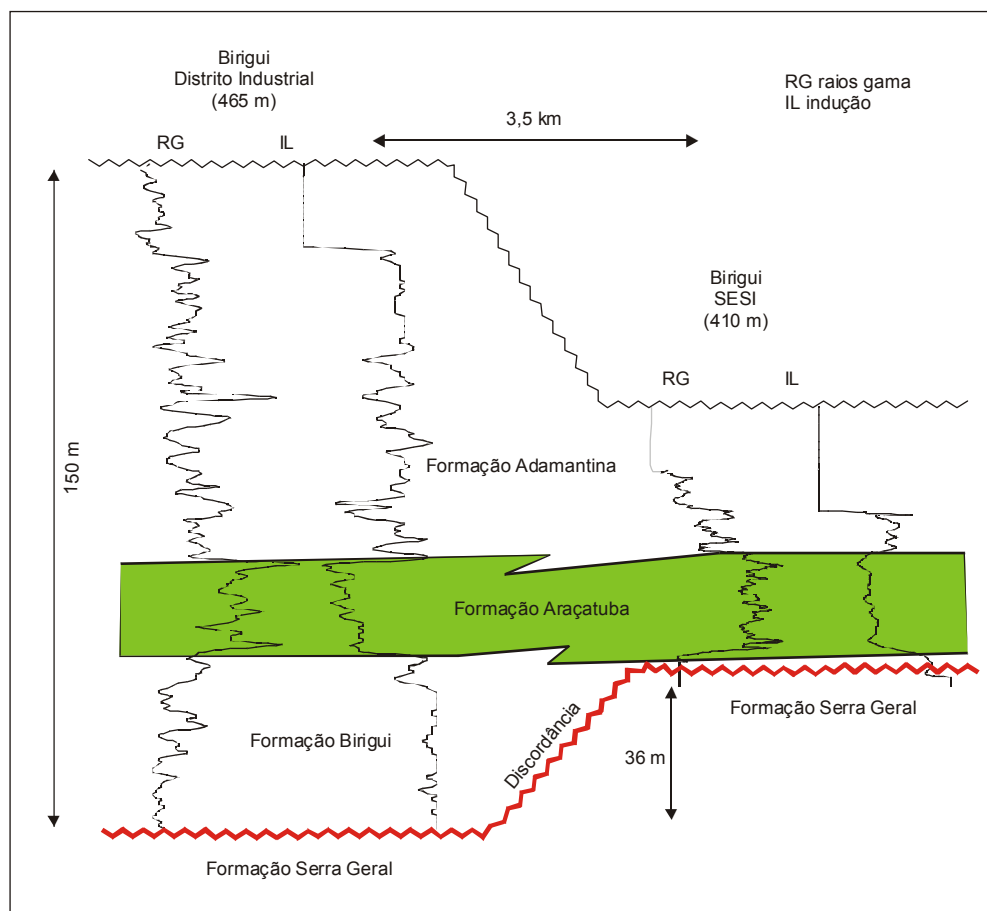


Figura 46 – Correlação entre dois poços perfurados na cidade de Birigüi, com *datum* no nível do mar, mostrando o desnivelamento do substrato basáltico compensado pelo preenchimento da Formação Birigüi. O nivelamento da Formação Araçatuba sugere ampliação da área de deposição com a instalação de sistema lacustre.

O prosseguimento da sedimentação Bauru, com os depósitos fluviais da Formação Adamantina transgredindo sobre a Formação Araçatuba, representa o início do estágio de assoreamento final da bacia. Nesta fase, o sistema fluvial avança primeiramente sobre os sedimentos da Formação Santo Anastácio, a oeste, preservados nas porções marginais do sistema lacustre, e os basaltos a leste e, em seguida, sobre os depósitos pelíticos da Formação Araçatuba, nas áreas centrais. A sedimentação se processa inicialmente através de um sistema fluvial meandrante, em canais bem definidos, dando origem a depósitos arenosos característicos em padrões de *fining upward*, do tipo barra em pontal migrando, vertical e lateralmente, para um sistema entrelaçado, pobre em materiais pelíticos, representando o entulhamento derradeiro da bacia. Essas mudanças no sistema deposicional refletem as transformações climáticas que acompanharam a bacia nesta fase, em princípio submetida a um clima mais úmido, gradualmente passando para um clima mais árido ao final da deposição. Essa passagem é confirmada pela predominância de argilominerais de caulinita na base, passando a montmorilonita no topo (Brandt Neto, 1984). Esta tendência também é confirmada por Petri (1998).

A sedimentação da Formação Adamantina foi um evento extensivo a toda a bacia Bauru. Enquanto as formações mais antigas ocuparam compartimentos bem delineados, fortemente controlados pelos altos e baixos internos, os depósitos Adamantina encontraram uma planície suavizada, transgrediram os limites das unidades preexistentes e avançaram na direção leste por sobre os basaltos, ampliando sua área de ocorrência na bacia. Esta fase de sedimentação é marcada pela intensificação do alçamento generalizado de suas bordas, definidas por importantes altos tectônicos, como a Antéclise de Rondonópolis, a noroeste, o Alto Paranaíba, a nordeste e a Serra do Mar, a leste (Figura 47) (Fernandes & Coimbra, 1996). Pereira *et al.* (1986) reforçam esta argumentação, citando três episódios neocretáceos fortemente progradantes na Bacia de Santos, associados a movimentações verticais da Serra do Mar.

As únicas ocorrências de rochas vulcânicas alcalinas, intercaladas na sucessão Bauru e designadas de Analcimitos Taiúva (Coimbra *et al.*, 1981), ocorrem inseridas na Formação Adamantina, na porção nordeste da bacia. Sua idade está associada às rochas alcalinas do Maciço de Poços de Caldas, datadas entre 87 e 60 Ma, ou seja, entre o Coniaciano e o Paleoceno (Almeida, 1983). Paula e Silva *et al.* (2002) correlacionaram a radioatividade anômala da curva de raios gama de perfis geofísicos de poços perfurados na região de São José do Rio Preto com a forte contribuição de produtos vulcânicos na sedimentação da

Formação Adamantina (Figura 48) e aventaram uma possível correspondência cronológica com a Formação Uberaba, de ocorrência restrita ao Triângulo Mineiro (Hasui, 1969).

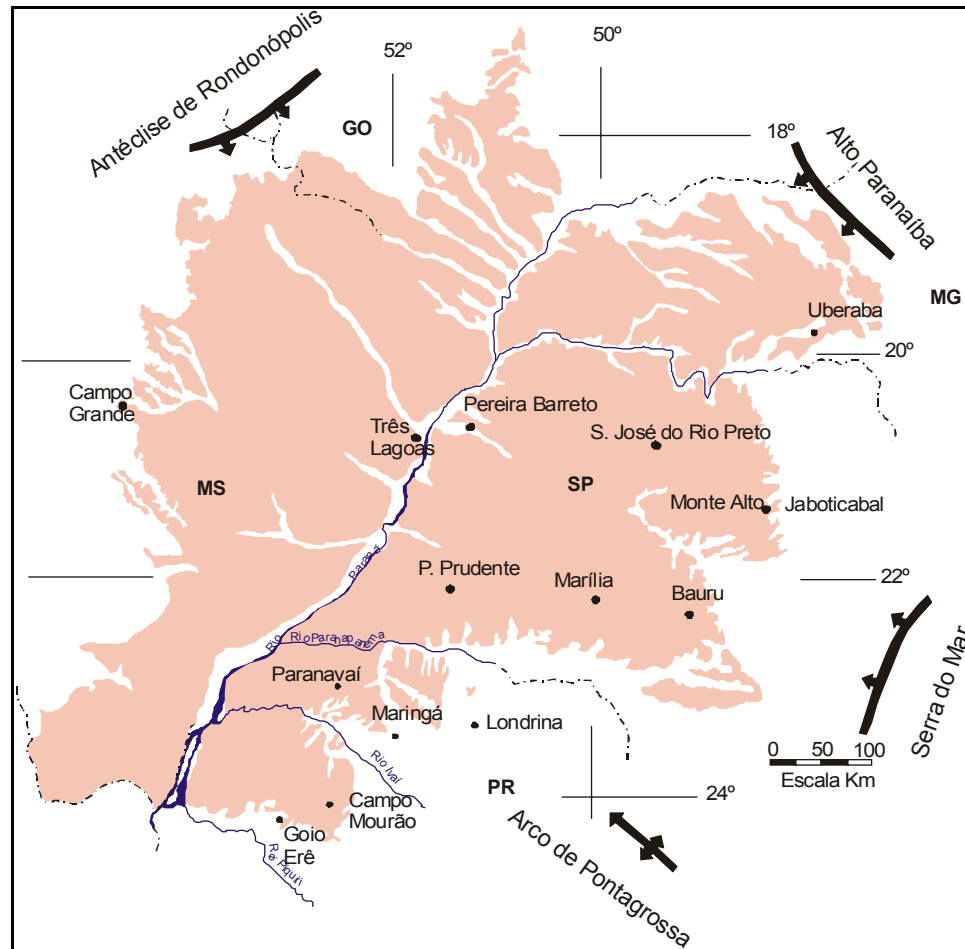


Figura 47 - Principais elementos tectônicos das bordas da bacia Bauru (modificado de Riccomini, 1997).

Ao final do Cretáceo Superior, a continuação dos movimentos ascensionais dos bordos da bacia expôs rochas do embasamento pré-cambriano e paleozóicas, responsáveis pelo fornecimento de clásticos para os depósitos de leques marginais da Formação Marília (Fernandes & Coimbra, 1996). Estes devem ter ocupado área bem maior do que a cartografada atualmente, considerando sua aparente transgressão sobre as formações mais antigas, inclusive sobre o embasamento basáltico, embora para o centro da bacia os perfis indiquem interdigitação com a Formação Adamantina. Como a erosão cenozóica arrasou grande parte dos sedimentos Bauru, principalmente na direção do eixo da bacia, as eventuais

relações de contato entre estas formações podem ter sido destruídas. O fato é que sua pequena área de exposição preservada é mantida até hoje graças à intensa carbonatação de seus constituintes, o que lhe confere uma certa resistência à erosão. Caso contrário, já teria sido totalmente removida.

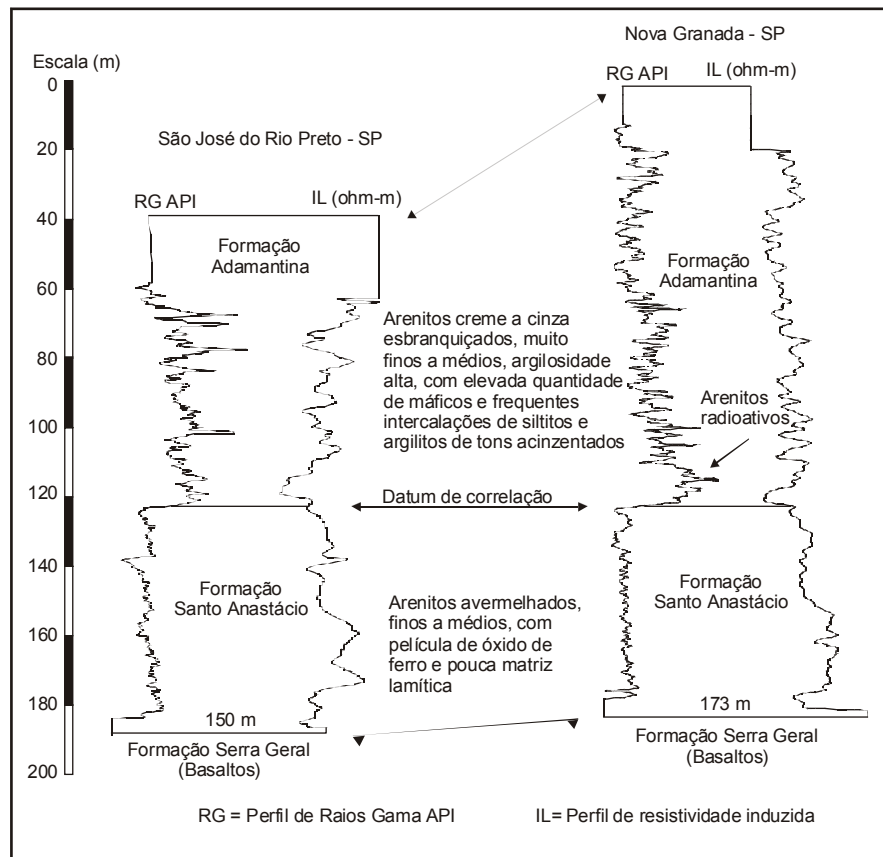


Figura 48 – Radioatividade anômala apresentada pelos perfis de raios gama da Formação Adamantina na região de São José do Rio Preto, sugerindo contribuição de rochas vulcânicas alcalinas e possível relacionamento cronológico com a Formação Uberaba (extraído de Paula e Silva *et al.*, 2002).

A sedimentação Marília representa o apogeu do assoreamento da bacia Bauru. A maioria dos pesquisadores admite sedimentação por leques aluviais, em lençóis não confinados, sob clima semi-árido (p. ex., Soares *et al.*, 1980; Barcelos & Suguio, 1987; Fernandes, 1998). Evidências de paleoclima seco são fornecidas pela presença de calcretes, de paligorsquita, de sedimentos textural e mineralogicamente imaturos, e de carófitas, indicadoras de águas

alcalinas, próprias deste clima (Petri, 1998). Manzini (1999) registrou expressiva quantidade de litossomas nesta unidade, relacionados a ambientes francamente fluviais, aliados à predominância de argilominerais detríticos do grupo da esmectita, sugerindo que a interpretação mais correta seria a de fases quente/úmida, intercaladas a fases quente/seca, e que clima semi-árido só teria ocorrido ao final da sedimentação.

No início do Terciário, a bacia Bauru perde seu caráter subsidente e os movimentos epirogênicos positivos passam a dominar, expondo seus depósitos a um progressivo arrasamento erosivo que persiste até hoje. Durante o Paleoceno e o Eoceno, o flanco leste da bacia passa por uma fase erosiva intensa que resulta no desenvolvimento da Superfície do Japi (Almeida, 1976). Essa ampla discordância regional é correlacionável à discordância que marca o fim do Cretáceo na Bacia de Santos (Macedo, 1989). A atividade tectônica prosseguiu com a fragmentação da Superfície do Japi e instalação das bacias tafrogênicas do sudeste, em antigas zonas de falha com orientação NE (Macedo *et al.*, 1991). A contínua ascensão da margem leste é corroborada pela deposição de duas seqüências progradacionais terciárias na Bacia de Santos (Pereira *et al.*, 1986). O soergimento da área correspondente à Bacia do Paraná no interior continental, durante todo o Cenozóico, parece corresponder ao restabelecimento do equilíbrio isostático devido à subsidência das bacias marginais. Soares *et al.* (1979) apontam que a deposição de novos sedimentos, na área da bacia Bauru, ocorreu em vales entalhados na superfície mesozóica pela erosão fluvial, em decorrência da pulsação dos altos marginais. Os eventos e feições geológicas relativas à reativação de falhas profundas, formação de montanhas, de bacias sedimentares, vulcanismo e sismos recentes, constatados do Cenozóico até o presente, atestam a magnitude do tectonismo ocorrente na região sudeste durante este período (Macedo *et al.*, 1991).

O substrato da bacia Bauru sofreu modificações em seu desenho original para se ajustar aos novos eventos tectônicos impostos. Os traços tectônicos principais, herdados de fases anteriores, foram mantidos, porém, assumindo comportamentos diferenciais durante sua evolução. Exemplo desta afirmativa pode ser observado na Figura 49. Nesta, o Alto de Paraguaçu Paulista, prolongamento oeste do Alinhamento de Guapiara, assume um comportamento ascensional, desnivelando as unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru no pós-Cretáceo. A análise da figura permite observar que já existia um desnivelamento no topo do basalto à época da deposição da Formação Pirapozinho. As espessuras aproximadamente iguais das formações Santo Anastácio e Araçatuba, nos poços de correlação, indicam que não

houve movimentação diferencial durante a deposição dessas unidades, ou seja, o alto permaneceu inativo nesse período, assim como durante a deposição da Formação Adamantina. Com as movimentações epirogênicas terciárias, as unidades litoestratigráficas foram todas desniveladas, configurando a situação atualmente conhecida. Neste exemplo, os desníveis alcançaram cerca de 53 metros em 12,3 quilômetros, resultando num gradiente de 4,3 m/km.

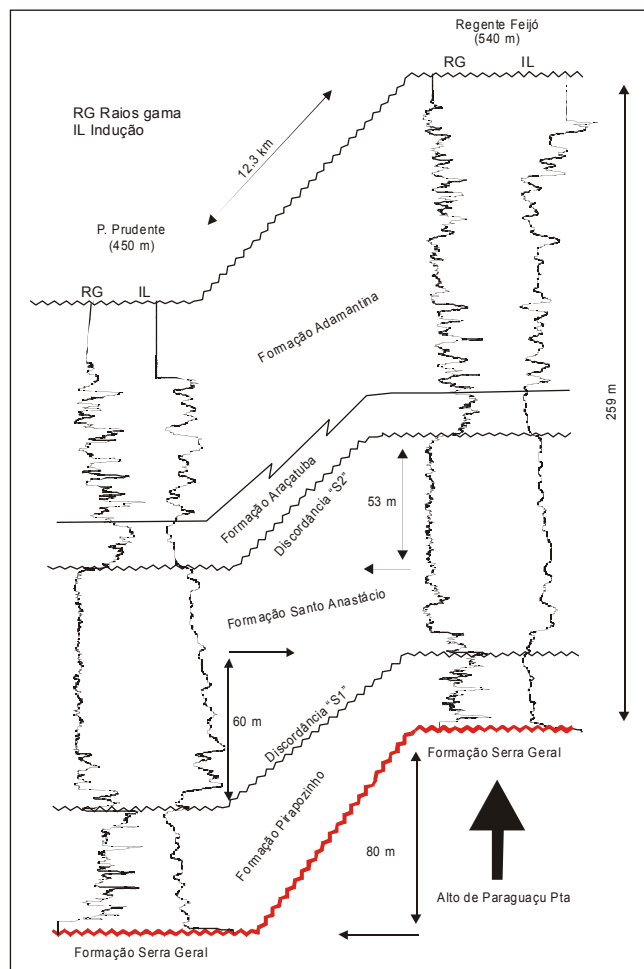


Figura 49 – Correlação entre perfis de poços perfurados nas cidades de Presidente Prudente e Regente Feijó, com *datum* no nível do mar, indicando o desnivelamento das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru em razão dos movimentos epirogênicos atuantes durante o período Cenozóico.

O Cenozóico marca o final da deposição do Grupo Bauru e encerra o último período de subsidência efetiva da Bacia do Paraná, predominando a partir daí os eventos de entalhe e arrasamento desta superfície.

7. HIDROESTRATIGRAFIA DO GRUPO BAURU

7.1. Aspectos gerais do conhecimento sobre o Aquífero Bauru

O imenso reservatório natural subterrâneo formado pelas rochas predominantemente siliciclásticas, enquadradas formalmente na coluna estratigráfica da Bacia do Paraná como Grupo Bauru (Soares *et al.*, 1980) ou grupos Caiuá e Bauru, segundo proposta de Fernandes (1998), foi designado Sistema Aquífero Bauru pelo DAEE (1976, 1979), para distinguir essa unidade hidrogeológica de extensão regional, contínua, livre a semiconfinada, com espessura média de 100 metros, mas que pode alcançar 300 metros.

Assenta-se normalmente em território paulista sobre o embasamento basáltico, tido como impermeável, muito irregular, com caimento geral para sudoeste (Figura 29) (DAEE, 1976 e 1979). Localmente, tem como substrato rochas pertencentes às formações Botucatu e Pirambóia, como nas regiões de Bauru e Agudos (Paula e Silva & Cavaguti, 1992, 1994).

As vazões obtidas em perfurações no Aquífero Bauru são extremamente variáveis, em virtude da diversidade litofaciológica existente, que coloca em contato lateral e vertical sedimentos com diferentes características de porosidade e permeabilidade. Vieira (1981) salientou esses aspectos ao destacar que a utilização da expressão "Aquífero Bauru" nem sempre é adequada, já que representa mais de um aquífero ou autênticos aquícludes.

Barcha (1980) alertou que a variedade das condições ambientais que presidiu a deposição dos sedimentos Bauru, na região norte-ocidental do Estado de São Paulo, permitiu o aparecimento de litologias distintas, com comportamento hidrogeológico peculiar, salientando que a unidade não pode ser considerada homogênea, nem mesmo do ponto de vista da exploração de água subterrânea.

Como aquífero, o Bauru é considerado moderadamente permeável devido ao teor relativamente alto de material argiloso e siltoso, e às intercalações de camadas permeáveis e impermeáveis no perfil (DAEE, 1976).

Para Rebouças (1976), o Grupo Bauru comporta-se como um sistema hidrogeológico geralmente de natureza livre, compondo zonas aquíferas e assentado sobre um substrato cristalino ígneo, com o qual praticamente não tem relações hidráulicas, a não ser em locais onde o topo do basalto é fraturado ou rico em vesículas. Para Mezzalira (1974), o Bauru constitui ótimo reservatório de água subterrânea e o substrato basáltico, quando atingido pelas perfurações, contribui para o incremento da produtividade dos poços. Carvalho (1980) aventou a possibilidade da existência de uma rede de comunicações hidráulicas entre os sistemas Bauru e Botucatu, através da barreira de derrames basálticos da Formação Serra Geral, em virtude dos valores de vazão relativamente maiores obtidos em poços perfurados no Grupo Bauru que penetraram o basalto.

Nos estudos de águas subterrâneas do DAEE (1976), nas regiões administrativas de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba, as vazões específicas obtidas foram da ordem de 0,5 até 3 m³/h/m. O estudo concluiu que naquele estágio de conhecimento não se tinha “condições de demarcar claramente as regiões mais permeáveis, e nem correlacioná-las com a situação geológica”.

Posteriormente, nos estudos realizados nas regiões administrativas de Presidente Prudente e Marília, no Estado de São Paulo, o DAEE (1979) distinguiu o Sistema Aquífero Bauru em duas unidades: aquífero Bauru Inferior / Caiuá, abrangendo as formações Caiuá e Santo Anastácio; aquífero Bauru Médio e Superior, abrangendo as formações Adamantina e Marília. O aquífero Bauru Médio / Superior foi caracterizado como livre a localmente confinado, de porosidade granular, contínuo e heterogêneo, com condutividade hidráulica variando entre 0,1 a 0,4 m/dia e transmissividade aparente entre 10 e 50 m²/dia. O aquífero Bauru Inferior / Caiuá foi caracterizado como livre a localmente semiconfinado, granular, contínuo e homogêneo, com condutividade hidráulica variando de 1 a 3 m/dia e transmissividade aparente entre 100 e 300 m²/dia.

Barcha (1980) delineou, na região norte-ocidental do Estado de São Paulo, três compartimentos hidrogeológicos distintos, relacionados às litofácies Araçatuba, São José do Rio Preto (Sugiuo *et al.*, 1977) e Pereira Barreto, esta última proposta no referido trabalho. Para a litofácies Araçatuba, as vazões médias variam entre 5 a 8 m³/h; para a litofácies São José do Rio Preto as vazões variam entre 15 a 30 m³/h e para a litofácies Pereira Barreto variam entre 8 a 15 m³/h.

Em estudo posterior na região norte-ocidental do Estado de São Paulo, avaliando o comportamento do Aquífero Bauru através de mais de duas centenas de poços, Barcha *et al.* (1981) demonstraram que a litofácies São José do Rio Preto possuía características hidrodinâmicas superiores às da litofácies Taciba. Da mesma maneira, argumentaram que a Formação Santo Anastácio, a leste da região estudada, possuía características hidrodinâmicas melhores do que em relação à parte oeste. Em outro estudo, Barcha (1985) confirmou a Formação Santo Anastácio, na região de São José do Rio Preto, como excelente reservatório de água subterrânea.

Dados hidrodinâmicos gerais, apresentados por Rebouças (1988), mostraram que a unidade hidrogeológica correspondente ao Grupo Bauru pode fornecer vazões da ordem de 1,3 a 80 m³/h, com vazões específicas entre 0,03 e 3 m³/h/m.

Em relatório referente ao Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos, o DAEE (1990) salienta ser possível destacar um zoneamento do potencial exploratório por poços, a partir da espessura do aquífero e de suas características litológicas. Assim, para a área mais extensa de ocorrência da unidade Bauru, onde predominam sedimentos das formações Marília e Adamantina, estabelece vazões variando de 3 a 20 m³/h. Nas áreas mais restritas, onde predominam os sedimentos da Formação Santo Anastácio, as vazões atingem valores mais significativos, variando de 20 a 50 m³/h. Já na área de ocorrência da Formação Caiuá, as vazões dos poços variam entre 20 a 200 m³/h.

A produtividade heterogênea do Aquífero Bauru, segundo Barcha (1980) e Barcha *et al.* (1981), não é senão o resultado da combinação da textura, do teor de cimento, da porosidade e da permeabilidade da rocha, muito mais do que as condições técnicas e construtivas dos poços.

Estudos de porosidade, realizados por Barcha (1980) em amostras extraídas de poços perfurados na unidade Bauru, apontaram valores classificados como muito altos (> 25%) a altos (15 a 25%), de acordo com a classificação de Chilingar *et al.* (1972, *apud* Barcha, 1980). Já os valores de permeabilidade das mesmas amostras mostraram grande variabilidade vertical, desde zero a 2.000 milidarcies, na mesma sondagem. Contudo, a maior parte dos valores encontrados traduz permeabilidade alta (100 a 1.000 milidarcies), de acordo com a classificação de Chilingar (*op. cit.*). A Formação Santo Anastácio, na região de São José do Rio Preto, mostrou elevada porosidade (25%) e ótima permeabilidade (300 a 1.000 milidarcies); já para a Formação Adamantina, as amplas variações litológicas, de porosidade,

de permeabilidade, de cimentação carbonática e de teor de matriz são responsáveis pelas condições hidrogeológicas heterogêneas (Barcha, 1985).

Barcha *et al.* (1981) salientaram ainda, que porcentagens de silte e argila acima de 10% são suficientes para reduzir a permeabilidade das rochas a tal ponto de poderem ser consideradas impermeáveis, do ponto de vista prático. Analogamente, o cimento carbonático exerce influência sobre a permeabilidade, de tal modo que concentrações acima de 10% podem representar eficaz barreira à movimentação da água. Denson, Shindale e Fenn (1968, *in* Custódio & Llamas, 1986) ressaltam que um teor de apenas de 3% de argila montmorilonítica pode reduzir em 50% a permeabilidade de um arenito.

Mais recentemente, Iritani *et al.* (2000) apresentaram mapas de isolinhas de transmissividade e capacidade específica a partir de dados de testes de bombeamento realizados pelo DAEE, entre 1972 e 1983, reinterpretados com auxílio de *softwares* específicos, para Grupo Bauru como um todo. Os resultados apontaram valores acima de 100 m²/dia para a região de ocorrência da Formação Caiuá, e entre 1 e 20 m²/dia para o restante da área.

Em termos hidroquímicos, as águas do Grupo Bauru têm salinidade baixa, com valores de resíduo seco inferiores a 240 mg/L, com dois tipos predominantes: bicarbonatadas cálcicas e cálcico-magnesianas, além do tipo químico bicarbonatada sódica (Campos, 1987). Coelho (1996) também concluiu pela predominância destes tipos hidroquímicos e destacou a presença de nitrato nestas águas, associada a problemas de contaminação antrópica. Campos (*op. cit.*) salientou que as águas atribuídas à Formação Caiuá são inteiramente distintas das demais formações, pois são ácidas, fracamente bicarbonatadas e com concentração salina inferior a 50 mg/L.

Na maioria das pesquisas com objetivo de distinguir zonas de características hidrodinâmicas ou hidroquímicas similares em rochas do Grupo Bauru, realizadas pelos diversos pesquisadores, o arcabouço litoestratigráfico de subsuperfície não foi devidamente considerado, em razão do seu desconhecimento. Os resultados obtidos naquelas pesquisas são válidos; porém, refletem tão somente condições hidrogeológicas gerais, representativas da coluna estratigráfica atravessada pelos poços, podendo englobar mais de uma unidade hidroestratigráfica. A vinculação das propriedades hidráulicas e hidroquímicas, extraídas de poços, às formações geológicas identificadas somente por seus aspectos de afloramento,

resultam em caracterizações impróprias que não representam as propriedades reais das unidades hidroestratigráficas.

7.2. Parâmetros diretos de avaliação hidrodinâmica dos aquíferos

São considerados parâmetros hidrodinâmicos diretos de avaliação dos aquíferos as propriedades que governam a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas no subsolo, responsáveis pela quantidade de água acumulada e explorável desses reservatórios, representadas pela porosidade efetiva, condutividade hidráulica e transmissividade. Constituem também parâmetro auxiliar de avaliação de aquíferos e do rendimento de poços a capacidade específica e a própria vazão de produção.

7.2.1. Porosidade efetiva

A porosidade vem definida pela relação entre o volume de vazios (poros) e o volume total da rocha. No que se refere ao movimento das águas, interessam somente os poros interconectados. Desse modo, define-se porosidade efetiva pela relação entre o volume de poros interconectados e o volume total da rocha, que expressa a quantidade de água que efetivamente pode ser drenada por gravidade, como se segue:

$$\varnothing_e = \frac{V_p}{V_t} \times 100$$

onde \varnothing_e é a porosidade efetiva (em porcentagem), V_p é o volume de poros interconectados e V_t é o volume total da rocha.

Valores de porosidade efetiva podem ser obtidos em testes laboratoriais ou através de testes de bombeamento *in situ*, com a utilização de poços de observação, os quais são mais representativos do aquífero como um todo. Também podem ser estimados através das leituras do perfil sônico, com as correções necessárias para a argilosidade.

7.2.2. Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica é definida como a capacidade da rocha em transmitir fluido. Seu valor é constante para cada material e tipo de fluido, nas mesmas condições de pressão e temperatura, e vem definido, segundo Darcy (1856, *apud* Custódio & Llamas, 1986) como:

$$K = \frac{Q}{i.A}$$

onde K é a condutividade hidráulica, Q é a vazão, i é o gradiente hidráulico e A é a área da seção através da qual passa a vazão Q.

Os valores de condutividade hidráulica podem ser obtidos em laboratório ou através de ensaios de bombeamento *in situ*, com a utilização de poços de observação, conhecendo-se a espessura do aquífero e utilizando-se das metodologias derivadas das formulações de Theis (1935, *apud* Custódio & Llamas, 1986). Os valores de permeabilidade variam com a anisotropia do terreno, sendo menores perpendicularmente à estratificação dos materiais sedimentares.

7.2.3. Transmissividade

Este conceito foi introduzido por Theis (1935, *apud* Custódio & Llamas, 1986) e é definido como a vazão que passa por uma seção vertical do terreno, de largura unitária e altura igual à espessura do aquífero, sob gradiente hidráulico unitário e temperatura constante, como se segue:

$$T = k.b = \frac{Q}{i.L}$$

onde T é a transmissividade, K é a condutividade hidráulica, b é a espessura do aquífero, Q é a vazão, i é o gradiente hidráulico e L é largura da seção por onde passa a vazão Q.

Os valores de T são obtidos diretamente *in situ* através de testes de bombeamento com auxílio de poços de observação, ou estimados a partir de testes num único poço, utilizando-se da metodologia de Theis.

7.2.4. Capacidade específica

A vazão específica ou capacidade específica (q/s) é um parâmetro de avaliação que fornece uma idéia do rendimento do poço, definido como o quociente da vazão extraída (Q) pelo correspondente rebaixamento (s), como se segue:

$$q/s = \frac{Q}{s}$$

É um parâmetro de fácil obtenção, extraído diretamente dos testes de produção realizados rotineiramente nos poços, e constitui-se em muitos casos, na única forma de avaliação disponível. Embora não seja um parâmetro de avaliação das propriedades físicas do aquífero é freqüentemente utilizado para estimar o potencial hidráulico subterrâneo, uma vez que reflete, grosso modo, as características de permeabilidade dos aquíferos. Obtidos em poços bem projetados e construídos, e analisados em bases estatísticas, podem ser correlacionados com os parâmetros específicos dos aquíferos.

7.2.5. Vazão de produção

A vazão de produção representa a volume total de água extraída do poço num determinado intervalo de tempo. É um parâmetro de avaliação direto da capacidade de produção de uma captação. Por si só é um parâmetro difícil de analisar, uma vez que está relacionado com a capacidade de recalque da bomba, com a intensidade de rebaixamento e tempo de bombeamento no poço, fatores que influem diretamente na quantidade de água extraída. De qualquer maneira, fornece uma ordem de grandeza da capacidade de produção do aquífero em poços bem construídos tecnicamente.

7.3. Discussão sobre os parâmetros hidrodinâmicos de avaliação

A caracterização hidrodinâmica envolve a realização de testes de bombeamento, cujo objetivo é obter-se parâmetros hidrodinâmicos fundamentais para análise do potencial hídrico dos aquíferos e poços, além de se determinar as vazões máximas admissíveis, estimativa das

reservas explotáveis e interferência entre captações. Os referidos parâmetros, integrados com as características físicas (área de ocorrência, espessura e porosidade), hidroquímicas (qualidade e classificação das águas) e hidrogeológicas (posicionamento estratigráfico, presença de camada confinante, nível potenciométrico, etc.) dos aquíferos, fornecem todos os elementos necessários ao conhecimento e à gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Os parâmetros condutividade hidráulica (K), transmissividade (T) e porosidade efetiva ($\emptyset e$) são obtidos a partir de testes de bombeamento, denominados *testes de aquífero*, pois têm a finalidade de determinar os parâmetros hidráulicos do meio poroso. Consistem no bombeamento de um poço, com descarga constante, e acompanhamento da evolução do rebaixamento, ao longo do tempo, em um ou mais poços de observação. São de difícil consecução, em razão dos requisitos técnicos necessários à sua realização, como a utilização simultânea de no mínimo dois poços, condição raramente disponível nos serviços habituais.

Outro tipo são os *testes de produção*. Nestes, os registros de rebaixamento são realizados no próprio poço de bombeamento. Os testes de produção têm o objetivo único de determinar a vazão máxima de exploração e as perdas de carga, lineares e exponenciais, envolvidas no rebaixamento dos níveis de água do poço em operação. Esta é uma atividade rotineira quando os poços são postos em funcionamento. Por ser um tipo de teste relativamente simples de se executar e interpretar, o parâmetro hidrodinâmico denominado de vazão específica ou capacidade específica (q/s) é facilmente extraído, razão pela qual a maioria dos estudos hidrogeológicos utiliza-o para estimativa do potencial hídrico dos aquíferos.

Vários são os problemas envolvidos na aquisição dos parâmetros hidrodinâmicos obtidos em testes de bombeamento realizados no próprio poço. Apesar de sua facilidade de obtenção, o parâmetro capacidade específica e, por extensão, a vazão de produção, têm o inconveniente de serem fortemente influenciados pelas características construtivas do poço, refletindo também, em sua grandeza, as perdas de carga devidas ao dano de formação, exigindo-se certa dose de cautela na sua utilização como parâmetros de avaliação.

Da mesma forma, os valores de transmissividade e condutividade hidráulica, calculados com base nas curvas de rebaixamento e de recuperação do próprio poço de bombeamento, método muito comum utilizado nos trabalhos hidrogeológicos, refletem igualmente os rebaixamentos adicionais devidos às perdas de carga construtivas e ao dano de formação.

Obtidos dessa forma, os parâmetros hidrodinâmicos não representam com fidelidade as características hidráulicas dos aquíferos. Uma vez que são calculados com base nas mesmas

curvas de rebaixamento dos poços, é certo que apresentem uma boa correlação entre os parâmetros transmissividade e capacidade específica.

Quando se trata de estimar a condutividade hidráulica, grandes erros também são introduzidos nestes cálculos, pois conceitualmente este parâmetro é obtido pelo quociente da transmissividade pela espessura saturada do aquífero. Desconhecendo-se a espessura efetiva das unidades aquíferas, e tendo o poço vários aquíferos intercalados, a condutividade hidráulica estará sendo subestimada ao se considerar a espessura total do intervalo saturado.

Não é objetivo do presente estudo um aprofundamento deste tema, mas é interessante ressaltar que todos os trabalhos hidrogeológicos desenvolvidos sobre o Aquífero Bauru, ainda hoje, utilizam-se dos mesmos dados de capacidade específica, transmissividade e condutividade hidráulica obtidos pelo DAEE em décadas passadas e representativos, em sua maioria, dos poços bombeados e não propriamente dos aquíferos (p.ex., Iritani *et al.*, 2000). Desde o início da década de 80, os investimentos no conhecimento e caracterização dos principais aquíferos do Estado de São Paulo foram praticamente extintos e, passado mais de 20 anos, ainda se está longe do mínimo necessário para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos do Sistema Aquífero Bauru e demais aquíferos.

7.4. Dano de formação

Este tema é oportuno para complementar o anterior, discutindo como a questão da construção do poço, mais especificamente em seus aspectos ligados à perfuração, pode influenciar negativamente na sua produção, rebaixamento e características hidrodinâmicas.

O dano de formação em captações de água pode ser definido, de modo geral, como qualquer alteração prejudicial na permeabilidade ou porosidade originais das rochas circunvizinhas ao poço, que impeça ou dificulte o fluxo de água para o seu interior, refletindo em perda de vazão e diminuição de rendimento. O dano de formação, em poços produtores de água, é causado pelas atividades decorrentes do processo de perfuração, tendo como causa principal a ausência de controle dos fluidos de perfuração.

De acordo com Schecter (1984, *apud* Branco *et al.*, 1987), os mecanismos de dano podem ser divididos em: processos físicos, químicos e biológicos. Entre os processos predominantemente físicos, destaca-se a formação de reboco, filtração e migração de finos; entre

os processos químicos, destaca-se a incompatibilidade química da água de formação e do fluido de perfuração, e entre os processos biológicos destaca-se a proliferação de bactérias.

A formação de reboco ocorre quando um fluido de perfuração com partículas suspensas e/ou viscosificado é submetido a um diferencial de pressão frente a uma camada porosa. Neste caso, a formação “bebe” o filtrado de lama (porção líquida do fluido de perfuração) até que haja um equilíbrio de pressões, ou que haja formação de reboco com uma permeabilidade mínima. Este tipo de dano é inevitável, contudo, a utilização de fluidos com menor teor de sólidos e redutores de filtrado minimizam-no. O reboco originado nas perfurações cria uma película, geralmente argilosa, nas paredes do poço, que obstrui o fluxo da água para seu interior e dificilmente é removido no processo de desenvolvimento (estimulação do fluxo). Por isso, desde a década de 80, o DAEE exige das empresas perfuradoras de poços para abastecimento de municípios a utilização de lama de perfuração à base de polímeros e controlada em suas propriedades reológicas, de modo a diminuir a espessura deste reboco.

A filtração é um processo associado à formação de reboco. Durante o processo de filtração, partículas em suspensão, oriundas do fluido de perfuração (p. ex., partículas de argila), invadem a rocha e vão tamponar o espaço poroso, causando uma diminuição da permeabilidade do aquífero. Um aumento na concentração de eletrólitos do fluido de perfuração diminui o alcance dos finos no interior da formação. Sob esta ótica, Paula e Silva & Passerini (1986) incentivaram o emprego de fluido de perfuração levemente inibitivo em poços para captação de água subterrânea, obtendo bons resultados.

A migração de finos também está associada ao processo de filtração, com a diferença que os finos migrantes estão presentes na própria formação. Esses finos, representados principalmente por argilominerais, são susceptíveis à movimentação no meio poroso, indo tamponar os espaços vazios das rochas, causando perda de permeabilidade. Acredita-se que a migração de finos da formação seja o principal mecanismo de dano, segundo Branco *et al.* (1987). Bandeira Jr. *et al.* (1980) descreveram o comportamento migrante das argilas antigênicas no tamponamento de poros e redução da permeabilidade das rochas reservatório.

O processo de filtração também desloca a água de formação ao redor do poço, substituindo-a pelo filtrado da lama. A modificação do ambiente químico natural das formações geológicas produtoras, contendo argilominerais expansíveis como aqueles do grupo da montmorilonita, provoca um desequilíbrio químico, que na presença de filtrado de

baixa concentração iônica (água doce), proporciona reações de hidratação e inchamento dessas argilas, com conseqüente redução da permeabilidade.

Schecter (1984, *apud* Branco *et al.*, 1987) observou que a presença de bactérias na água pode ocasionar o tamponamento das rochas-reservatório, de modo semelhante ao que ocorre com a filtração de fluidos particulados, reduzindo a permeabilidade das formações. Uma das causas de proliferação de bactérias em poços produtores de água pode ser a utilização de produtos orgânicos à base de celulose (carboximetilcelulose) no preparo do fluido de perfuração, sem uma desinfecção eficiente posteriormente. Presença de bactérias na água de formação, durante a perfuração de poço na cidade de São José do Rio Preto, ocasionou a deterioração da lama à base de polímeros e o aparecimento de gás sulfídrico (Loffredo *et al.*, 1987).

O dano de formação ocorre somente nas porções próximas ao poço, reduzindo a permeabilidade das rochas nesta região e intensificando os rebaixamentos, como esquematizado na Figura 50. Como todo fluxo que se dirige ao poço atravessa obrigatoriamente esta zona deteriorada, sua produtividade será afetada proporcionalmente à intensidade do dano, ou em outras palavras, a vazão produzida será grandemente influenciada pela condutividade hidráulica da zona danificada. Exemplo do grau de danificação causado pelo fluido de perfuração pode ser avaliado com base no parâmetro vazão específica (q/s), maior em poços perfurados com lama controlada, comparativamente aos poços perfurados com lama à base de bentonita não controlada, de acordo com relatórios do DAEE.

7.5. Avaliação de aquíferos através de perfis geofísicos

De acordo com as explanações anteriores, os parâmetros hidrodinâmicos extraídos no próprio poço de bombeamento (em testes de produção) estão severamente influenciados pelos aspectos construtivos e pelo dano de formação. Essas constatações fazem com que as caracterizações baseadas em parâmetros obtidos desse modo devam ser analisadas com ressalvas, pois não refletem as propriedades reais dos aquíferos.

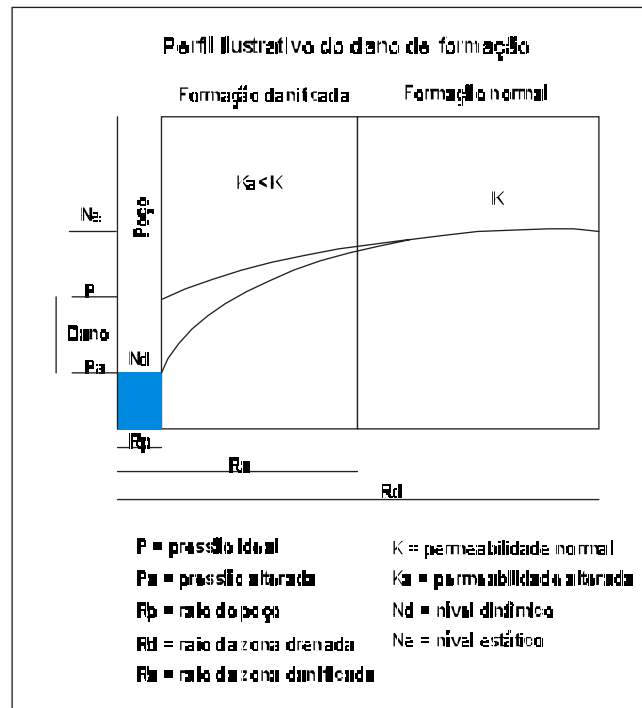


Figura 50 – Perfil ilustrativo do dano de formação ocorrente nas proximidades da parede dos poços. Notar diferença entre a pressão ideal e a pressão alterada, refletindo o dano de formação.

A inexistência de dados hidrodinâmicos (K , T e ϕ_e), obtidos *in situ*, que reflitam fidedignamente as características das unidades aquíferas, tornam os perfis geofísicos calibrados uma ferramenta auxiliar de grande importância na avaliação das formações produtoras de água. Estas ferramentas, desenvolvidas e amplamente empregadas na indústria petrolífera mundial, encontram-se atualmente disponíveis para utilização na pesquisa de água subterrânea.

Os perfis geofísicos não fornecem medidas diretas da produtividade e nem de valores de condutividade hidráulica (permeabilidade) e de porosidade efetiva, mas permitem estabelecer, com precisão, as espessuras das camadas aquíferas e fornecer indicações sobre a granulometria e as zonas mais permeáveis do arcabouço sedimentar.

Archie (1941, *apud* Balan *et al.*, 1995), através de seu estudo clássico, proporcionou as bases para a interpretação quantitativa de perfis. Analisando as resistividades, em laboratório, de grande número de testemunhos saturados por água salgada, introduziu o conceito de *fator de formação* (F), de acordo com a relação:

$$F = \frac{R_o}{R_w}$$

onde F = fator de formação
 Ro = resistividade da formação saturada com água
 Rw = resistividade da água de formação

Archie (*apud* Bala *et al.*, *op. cit.*) estabeleceu que o fator de formação (F) é função do tipo e características da formação, e varia entre outras propriedades com a porosidade efetiva e a permeabilidade das rochas reservatório, chegando então a:

$$F = \frac{a}{\phi^m}$$

onde: a = coeficiente litológico ou de tortuosidade
 Ø = porosidade efetiva da formação
 m = coeficiente de cimentação

Expressando-se as duas equações anteriores em termos da resistividade da formação tem-se:

$$R_o = \frac{a.R_w}{\phi^m}$$

Assim expressa, a resistividade de uma formação totalmente saturada por água é diretamente relacionada com a resistividade da água contida em seus poros e inversamente relacionada com a porosidade da rocha. O expoente “m” e o coeficiente “a” variam de rocha para rocha e podem ser determinados em medidas laboratoriais. Para rochas pouco ou nada cimentadas, os valores destes parâmetros são definidos em Schlumberger (1972) como:

$$a = 0,62 \quad e \quad m = 2,15$$

Assim, a resistividade da formação será dada por:

$$R_o = \frac{0,62 \cdot R_w}{\phi^{2,15}}$$

Estas relações empíricas estão bem estabelecidas para formações portadoras de águas salinas, uma vez que todas as pesquisas neste campo foram desenvolvidas para atender a atividade exploratória petrolífera. Para formações portadoras de água doce, o efeito da condutância superficial dos grãos do arcabouço rochoso não pode ser desprezado. Esta propriedade física é incrementada com a diminuição da salinidade da água intersticial e faz com que o fator de formação decresça com o aumento da resistividade da água e com a diminuição da granulometria dos sedimentos. Neste caso, o fator de formação torna-se dependente da resistividade da água intersticial e do tamanho dos grãos, bem como da porosidade (Figura 51).

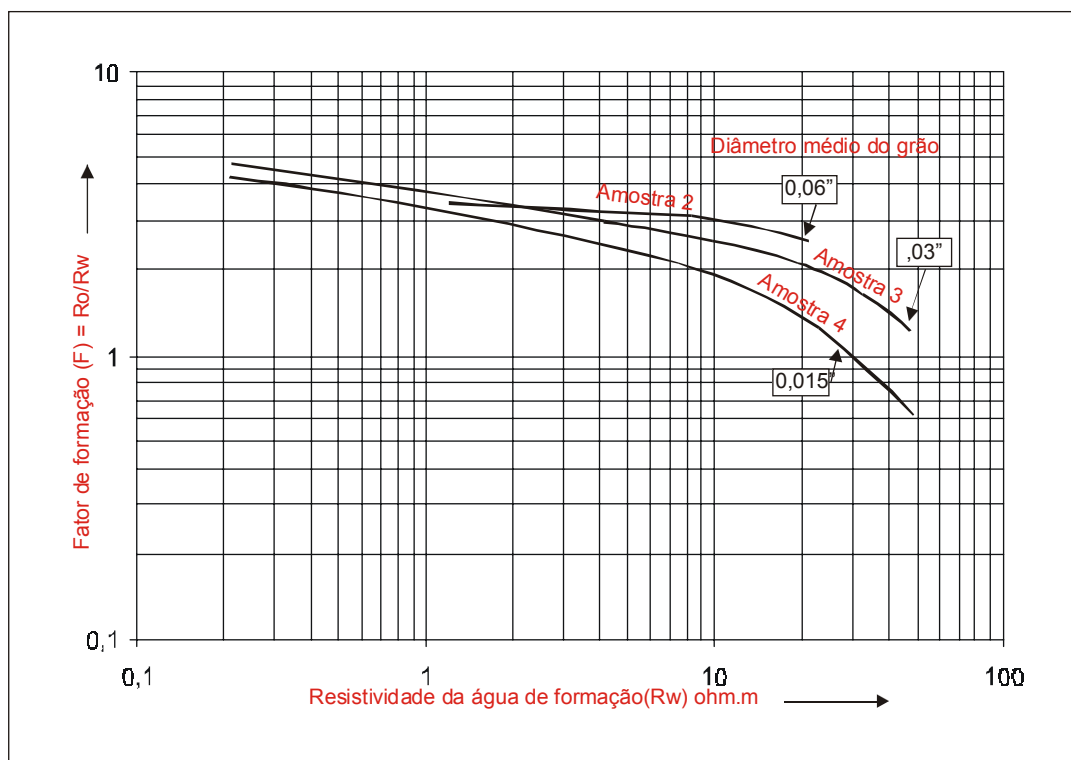


Figura 51 – Relação entre fator de formação (F), resistividade da água de formação (Rw) e diâmetro dos grãos (modificado de Sarma & Rao, 1963, *in* Schlumberger, 1974).

A variação do fator de formação com a granulometria, assim como a clássica relação entre aumento da granulometria e incremento da permeabilidade, têm sido reportadas por diversos autores (Schlumberger, 1974). Para uma certa resistividade da água e porosidade do aquífero, o efeito da condutância superficial aumentará com a diminuição da granulometria e, por extensão, da permeabilidade do sedimento.

Na prática, todos estes fatores, como concentração baixa de sólidos dissolvidos na água, aumento da granulometria (e conseqüentemente da permeabilidade) e baixo conteúdo argiloso, produzirão um incremento do fator de formação, correspondente a um incremento da resistividade registrada pelos perfis. Desse modo, as melhores zonas aquíferas serão indicadas pelas maiores resistividades (Schlumberger, 1974). Ressalvas devem ser feitas no caso de sedimentos arenosos com alto grau de cimentação, ou seja, pouco porosos, os quais podem apresentar elevadas resistividades; todavia, os perfis de porosidade poderão resolver esta questão. Já os sedimentos pelíticos mostram alta porosidade, águas intersticiais proporcionalmente mais ricas em sais e elevada condutância superficial, o que os faz mais condutivos do que os aquíferos arenosos. Da mesma forma, os argilominerais disseminados nos espaços porosos do arcabouço sedimentar reduzem a resistividade dos aquíferos, proporcionalmente à quantidade de argila presente (Guyod, 1966).

Esta relação direta entre resistividade e permeabilidade fornece as bases para a interpretação qualitativa de perfis. Interpretações quantitativas, contudo, necessitam de calibrações rocha-perfil, as quais devem ser feitas preferencialmente em áreas com quantidade razoável de dados confiáveis, de acordo com metodologia descrita por Nery (1995), não podendo prescindir de parâmetros extraídos dos testemunhos de sondagem. No estágio atual do desenvolvimento das pesquisas sobre as águas subterrâneas no Estado de São Paulo, ainda não é possível a realização de estudos de natureza quantitativa, baseados em perfis geofísicos de poços profundos, de modo que as avaliações conduzidas neste trabalho foram baseadas somente em seus aspectos qualitativos.

A identificação das zonas potencialmente mais permeáveis foi feita através da análise dos perfis de resistividade, com auxílio dos perfis de raios gama, potencial espontâneo e porosidade.

As correlações entre leituras de raios gama *versus* resistividade e tempo de trânsito sônico *versus* resistividade, mostradas na Figura 52, demonstram quase sempre que os valores mais altos de resistividade associam-se aos valores mais baixos de argilosidade, indicados pelos raios gama, e aos valores mais baixos de porosidade, indicados pelo tempo de trânsito sônico. Estas relações atestam que o conteúdo argiloso representa o principal fator na diminuição dos valores de resistividade das formações aquíferas. Conseqüentemente, as zonas mais permeáveis são aquelas com maiores resistividades. Seguindo esta lógica, foram estabelecidos valores limites de resistividade para intervalos considerados impermeáveis, pouco permeáveis e muito permeáveis, de acordo com a análise individual dos perfis de cada poço. Não existem valores padronizados para este tipo de análise, mas de modo geral, valores de resistividade inferiores a 10 ohm.m são indicativos de materiais predominantemente pelíticos, acima de 20 ohm.m são indicativos de areias bem permeáveis e entre 10 e 20 ohm.m são indicativos de areias relativamente menos permeáveis.

Este procedimento permitiu extrair, de cada poço, as espessuras totais dos intervalos correspondentes aos sedimentos relativamente impermeáveis, moderadamente permeáveis e muito permeáveis e expressar esses resultados através de mapas de isólitais, além de permitir o cálculo volumétrico desses materiais. Uma vez que transmissividade é definida como o produto da espessura pela condutividade hidráulica, os mapas de isólitais de permeabilidade relativa dos arenitos refletem, diretamente, as zonas hidraulicamente mais favoráveis à produção de água, ainda que no atual estágio do conhecimento hidrogeológico do Sistema Aquífero Bauru não estejam disponíveis dados reais destes parâmetros hidrodinâmicos.

7.6. O Sistema Aquífero Bauru

O Sistema Aquífero Bauru, na área pesquisada, compreende aproximadamente 110.700 km², abrangendo quase metade do Estado de São Paulo. De constituição predominantemente siliciclástica, este sistema apresenta espessura média de 100 metros e volume rochoso estimado em 11.200 km³, de acordo com cálculos efetuados com auxílio do programa Surfer 8.0, tendo como base as variações altimétricas de sua superfície de exposição e o mapa de contorno estrutural do topo do embasamento basáltico, apresentado na Figura 28.

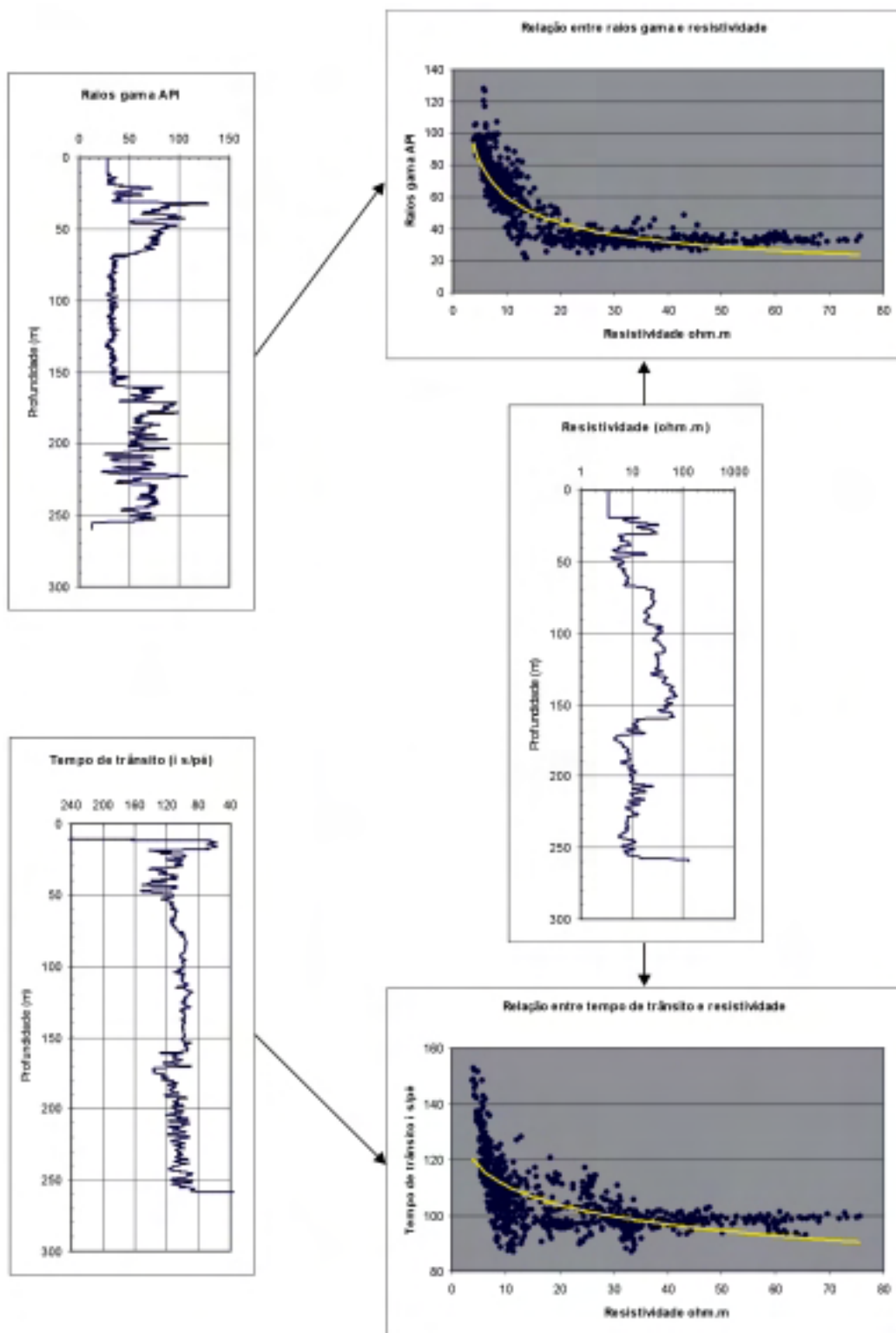


Figura 52 – Correlação raios gama API *versus* resistividade e tempo de trânsito *versus* resistividade. Resistividades mais altas indicam zonas mais permeáveis. Conteúdo argiloso diminui a resistividade e aumenta o tempo de trânsito.

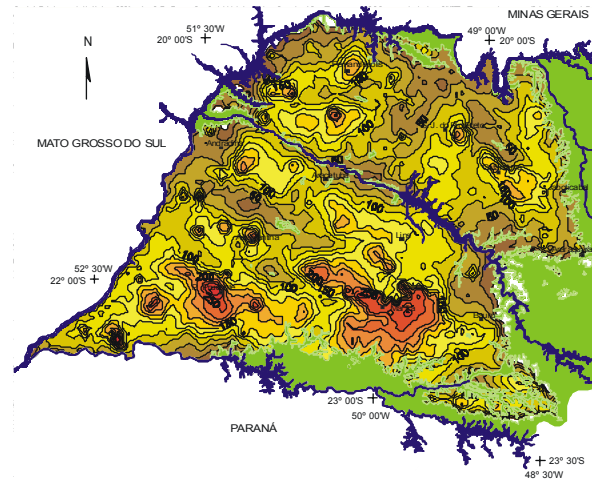
As variações de espessura deste sistema aquífero refletem a maior ou menor resistência das litologias presentes aos processos erosivos diferenciais, e a configuração do embasamento basáltico receptor dos sedimentos. As maiores espessuras preservadas encontram-se na região de Marília, onde o relevo é sustentado pela forte carbonatação dos sedimentos, e de Presidente Prudente, onde se localiza a Depressão de Presidente Bernardes, atingindo cerca de 300 metros (

Figura 53a).

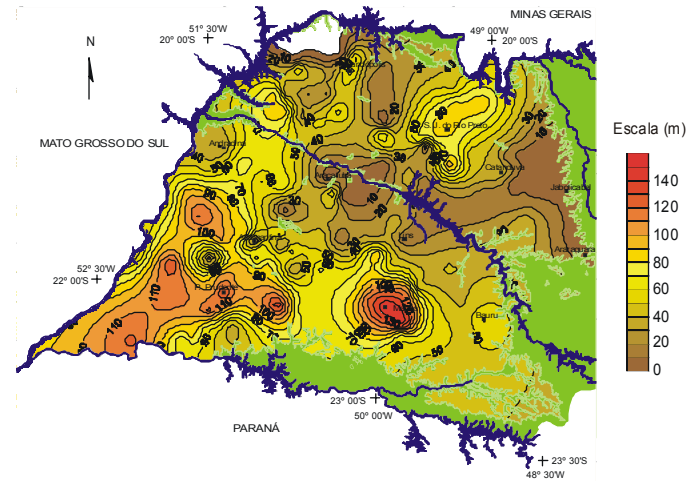
Através da análise de perfis geofísicos, as rochas do Sistema Aquífero Bauru foram diferenciadas entre sedimentos relativamente muito permeáveis, moderadamente permeáveis e impermeáveis, os dois primeiros correspondendo a unidades aquíferas e o último a aquíardos, como mostrado nas figuras 53b, 53c e 53d. Observa-se que as isólitais de arenito muito permeável concentram os maiores valores na porção sudoeste do estado e na região de Marília. Neste último local, os perfis de resistividade analisados estão refletindo, principalmente, a intensa cimentação carbonática dos sedimentos da Formação Marília e não os valores relativamente maiores de permeabilidade. A distribuição dos sedimentos de moderada permeabilidade relativa do Grupo Bauru mostra disposição similar aos sedimentos mais permeáveis, acusando igualmente concentração de valores elevados na região de Marília, pelo motivo já referido. A distribuição das isólitais de sedimentos impermeáveis (argilitos, siltitos argilosos e lamitos), como não poderia deixar de ser, concentra seus maiores valores na região sudoeste do estado e na região da Depressão de Queiroz, onde predominam os sedimentos lacustres, respectivamente das formações Pirapozinho e Araçatuba.

Os volumes rochosos estimados de acordo com sua permeabilidade aparente, através dos perfis geofísicos, estão apresentados no Gráfico 3. As rochas bem permeáveis representam aproximadamente 43%, enquanto as rochas moderadamente permeáveis representam cerca de 40% do volume total, sendo os 17% restantes atribuídos aos sedimentos impermeáveis, confirmando desse modo, o domínio da deposição arenosa na bacia Bauru.

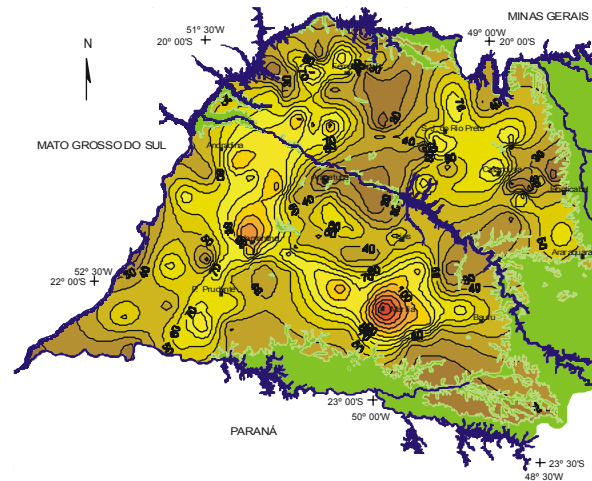
A grande extensão aflorante do Sistema Aquífero Bauru permite recarga direta através das precipitações atmosféricas anuais, da ordem de 1.300 mm (DAEE, 2000). Com base nas estimativas do DAEE (*op. cit.*), somente 3% da precipitação, ou seja 39 mm/ano, constitui a reserva explotável do aquífero, correspondente a uma extração de 136 m³/s, ou o equivalente a 48.960 poços operando continuamente com vazão de 10 m³/h.



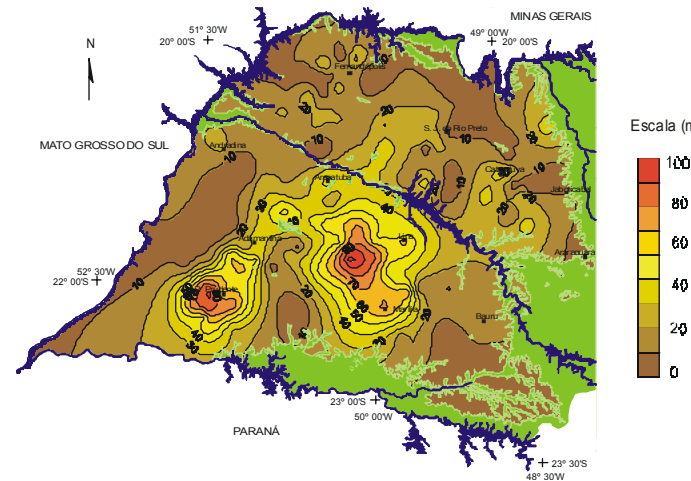
a) Isópachas do Grupo Bauru (em metros).



b) Isólitas de arenito muito permeável do Grupo Bauru (em metros).



c) Isólitas de arenito moderadamente permeável do Grupo Bauru (em metros).



d) Isólitas de sedimentos impermeáveis do Grupo Bauru (em metros).

**Figura 53 –
Mapa de
isópachas e de
isólitas dos
sedimentos
muito
permeáveis,
moderadamente
permeáveis e
impermeáveis do
Grupo Bauru.**

Gráfico 3 – Estimativa do volume de rochas do Grupo Bauru, no Estado de São Paulo, de acordo com a permeabilidade aparente estimada através dos perfis geofísicos.

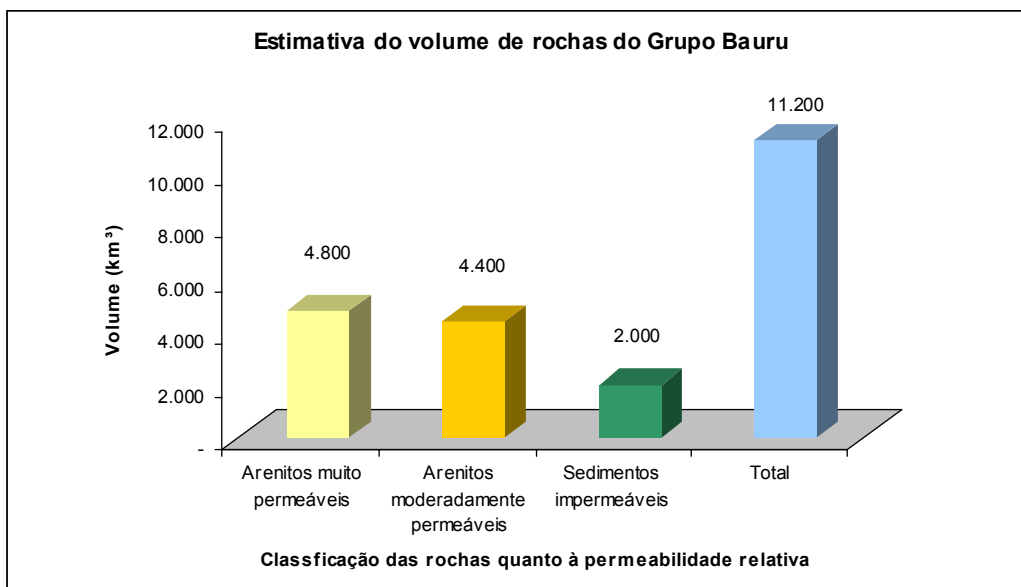
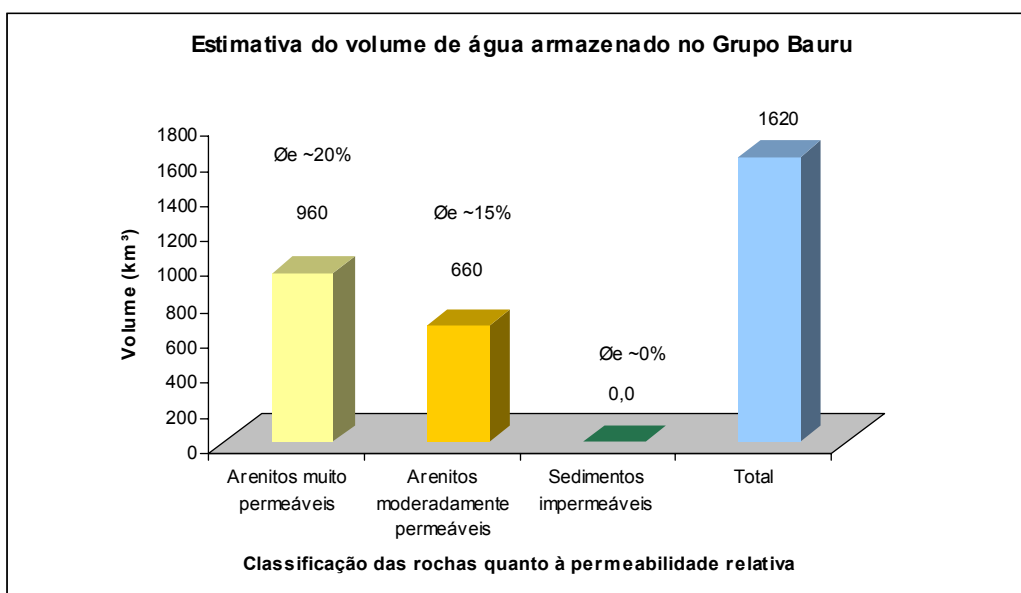


Gráfico 4 – Estimativa do volume de água armazenado nas rochas do Grupo Bauru, no Estado de São Paulo, de acordo com a permeabilidade aparente estimada através dos perfis geofísicos.



As porosidades sônicas, obtidas de arenitos pouco argilosos do Sistema Aquífero Bauru, alcançam valores médios da ordem de 25%, calculados com base na fórmula de Raymer (1980, *apud* Nery, 1997), compatíveis com os valores apresentados por Barcha (1980). Para efeito de estimativa da reserva estática, ou seja, da reserva armazenada nos poros dos sedimentos e passível de ser extraída, foi considerada uma porosidade efetiva média da ordem de 20% para os arenitos mais permeáveis, e de 15% para os arenitos moderadamente permeáveis, uma vez que porosidades sônicas são superestimadas pelo efeito da argilosidade. Os resultados desta estimativa são apresentados no Gráfico 4, onde constata-se que 60% da água passível de extração do Aquífero Bauru encontra-se nos arenitos muito permeáveis, e os 40% restantes nos arenitos moderadamente permeáveis, perfazendo um volume total de 1.629 km³ de água, suficiente para abastecer cerca de 180 milhões de pessoas, durante cem anos.

Regionalmente, o Sistema Aquífero Bauru é considerado livre a semiconfinado, contínuo e classificado como multi-camadas. Sua superfície piezométrica pode ser representada pelos níveis de água mais superficiais do terreno e que acompanham ligeiramente a configuração da superfície topográfica, conforme observado nos estudos realizados pelo DAEE (1976, 1979). Dados piezométricos registrados em poços profundos, por outro lado, refletem situações particulares de confinamento das diferentes unidades aquíferas exploradas. Assim, numa mesma região, o aproveitamento de diferentes unidades aquíferas resulta em diferentes níveis piezométricos. Por exemplo, na região de Presidente Prudente o aquífero aflorante é o Adamantina, isolado do Aquífero Santo Anastácio pelo Aquífero Araçatuba (Figuras 23 e 24). A perfuração de poços no Aquífero Adamantina encontrará um nível piezométrico próximo à superfície do terreno, em profundidade da ordem de 15 a 20 metros; a perfuração de poços com colocação de filtros principalmente no Aquífero Santo Anastácio, resultará num nível piezométrico menor, como exemplificado na Tabela 4.

Tabela 4 – Variações do nível piezométrico do Aquífero Santo Anastácio, na região de Presidente Prudente.

Local	Altitude (m)	Aquífero captado	Nível estático (m)	Nível piezométrico (m)
Regente Feijó	490	Santo Anastácio	60,50	429,50
Regente Feijó	540	Santo Anastácio	73,00	467,00
Presidente Prudente	480	Santo Anastácio	87,00	393,00
Presidente Prudente	450	Santo Anastácio	111,35	338,65

Sendo o nível piezométrico uma combinação das pressões existentes em cada zona aquífera, percebe-se a dificuldade em se estabelecer uma superfície piezométrica para as unidades hidroestratigráficas individuais, ou mesmo para o Sistema Aquífero Bauru como um todo.

7.7. As unidades hidroestratigráficas regionais do Sistema Aquífero Bauru

As unidades hidroestratigráficas regionais do Sistema Aquífero Bauru foram distinguidas em estudos realizados com perfis geofísicos de poços tubulares profundos, perfurados para captação de água subterrânea no Estado de São Paulo. Estes estudos permitiram compor o arcabouço litoestratigráfico de subsuperfície das rochas cretáceas suprabasálticas, representado esquematicamente pela Figura 30, mostrando o relacionamento entre as formações geológicas nos diferentes compartimentos da bacia.

De modo similar, a subdivisão hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Bauru, nos aquíferos Marília, Adamantina, Birigüi, Santo Anastácio e Caiuá, e aquíferos Araçatuba e Pirapozinho, é apresentada na Figura 54.

Esta subdivisão hidroestratigráfica, fundamentada na litoestratigrafia de subsuperfície proposta nesta pesquisa, justifica-se em razão das particularidades litológicas presentes em cada formação, as quais, por sua vez, governam as propriedades hidráulicas dessas unidades. Portanto, é aqui admitida a correspondência entre unidades litoestratigráficas e hidroestratigráficas, na partição do Sistema Aquífero Bauru.

7.7.1. Aquífero Caiuá / Aquífero Pirapozinho

O Aquífero Caiuá e o Aquífero Pirapozinho são representados pelos sedimentos atribuídos às formações homônimas. Compreendem um inter-relacionamento cíclico entre fácies psamíticas e pelíticas, retratadas respectivamente por pacotes de arenitos depositados em ambiente fluvial, com eventuais interações eólicas mais proeminentes em direção ao topo da sucessão, e pacotes argilo-siltosos, depositados em ambiente lacustre. Este sistema aflora em pequena extensão na região do Pontal do Paranapanema e nas proximidades do Rio

Paraná, estando encoberto pelas unidades aquíferas mais jovens no restante dos 31.000 km² de sua área de ocorrência.

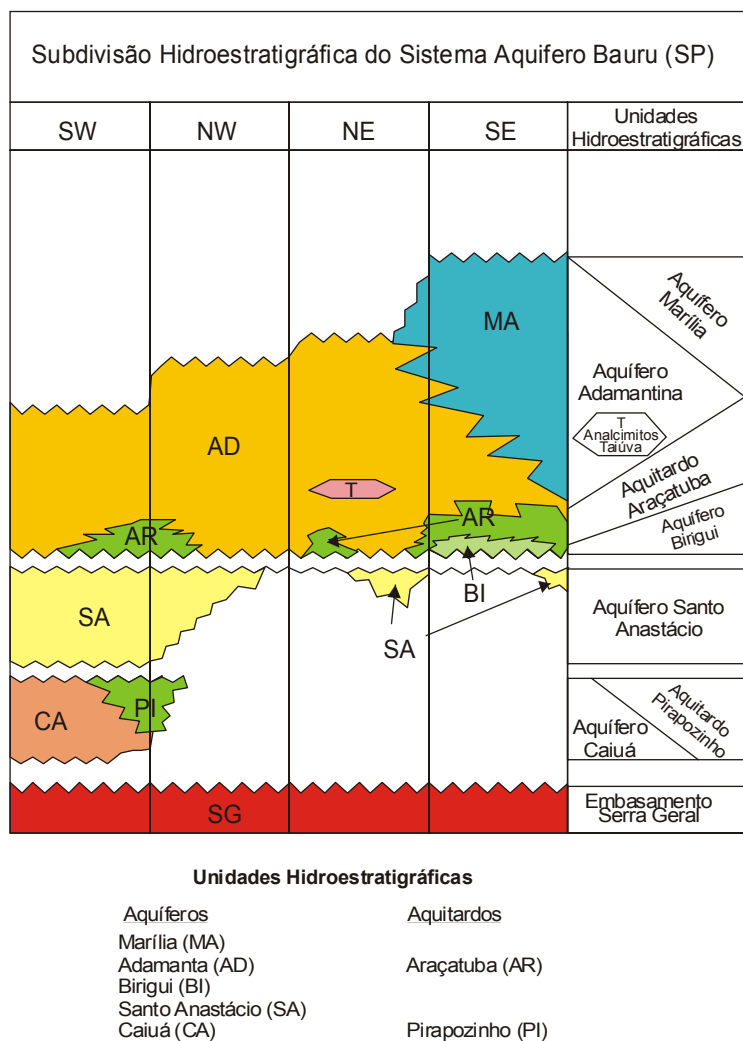


Figura 54 – Subdivisão hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Bauru.

O Aquífero Caiuá foi considerado de extensão regional, livre a semiconfinado e contínuo. Condições de semiconfinamento são observadas nas porções onde a Formação Pirapozinho intercala-se com a Formação Caiuá, ou onde esta última encontra-se encimada por outras

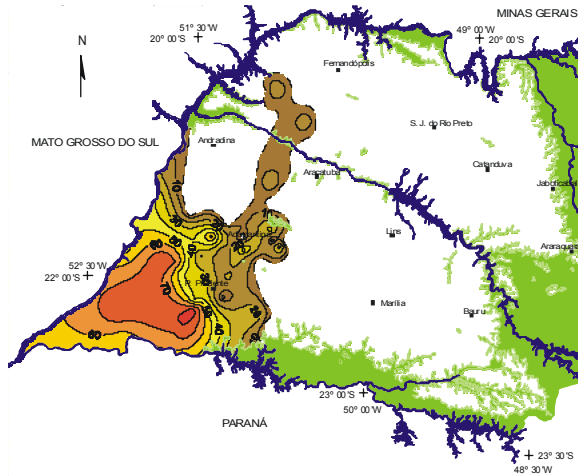
unidades aquíferas do Sistema Bauru. O inter-relacionamento entre fácies arenosas e fácies pelíticas, observado nos perfis geofísicos disponíveis, torna o Aquífero Caiuá heterogêneo e anisotrópico, ao menos na área considerada nesta pesquisa, a exemplo dos demais aquíferos do Grupo Bauru (figuras 23 ,24, 31,35 e 36).

As isólitais totais máximas de arenitos da unidade hidroestratigráfica composta pelas formações Caiuá e Pirapozinho concentram-se na porção sudoeste do estado, alcançando valores da ordem de 80 metros na região de Tarabai (Figura 55a). As isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente, desta sucessão, também mostram maiores valores concentrados na região sudoeste (Figura 55c), enquanto as maiores espessuras de arenitos de moderada permeabilidade aparente mostram-se ligeiramente deslocadas para sudeste (Figura 55c). As isólitais de sedimentos impermeáveis correspondem principalmente aos sedimentos pelíticos constituintes do Aquífero Pirapozinho (Figura 55b). Esta disposição das isólitais arenosas distingue a região do Pontal do Paranapanema como de melhor potencial hídrico exploratório para a sucessão Caiuá / Pirapozinho.

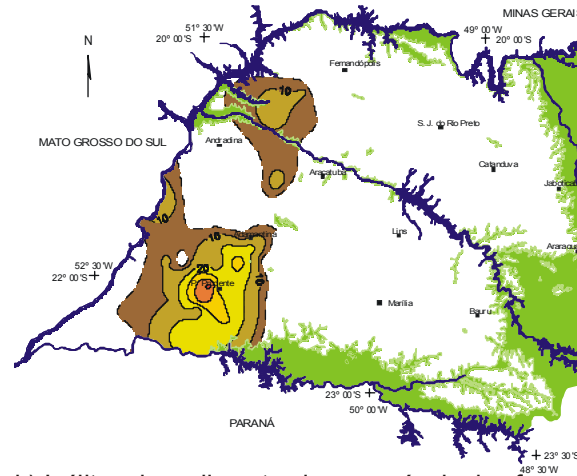
7.7.2. Aquífero Santo Anastácio

O Aquífero Santo Anastácio é representado pelos sedimentos preponderantemente arenosos da formação homônima, depositados por num sistema fluvial entrelaçado, com variações para meandrante, geralmente com raras intercalações pelíticas. Sua área de afloramentos estende-se em estreita faixa paralela ao Rio Paraná, mas em subsuperfície avança na direção oriental até os limites do Alto de Tanabi, e sobre as regiões que constituem o Alto de Paraguaçu Paulista e a Depressão de Rio Preto, atingindo área de cerca de 67.000 km².

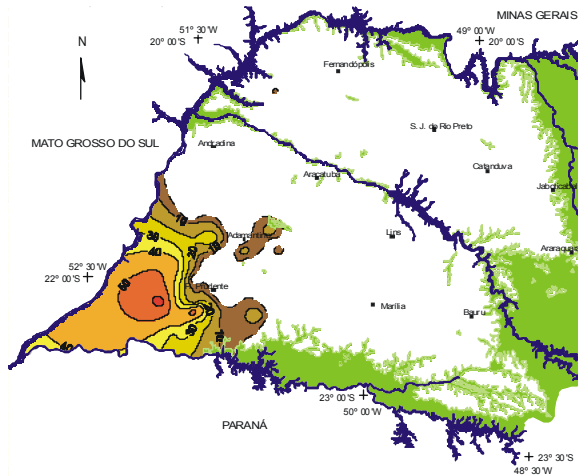
O Aquífero Santo Anastácio foi considerado de extensão regional, livre a semiconfinado e contínuo. Condições de semiconfinamento são encontradas nas porções onde está recoberto pelo Aquífero Araçatuba ou camadas pelíticas atribuídas ao Aquífero Adamantina (figuras 23 a 25 e 31 a 36) Onde as intercalações argilo-siltosas ocorrem com mais frequência, manifesta comportamento heterogêneo a anisotrópico, mas pode mostrar certa homogeneidade em áreas quase exclusivamente dominadas por termos arenosos.



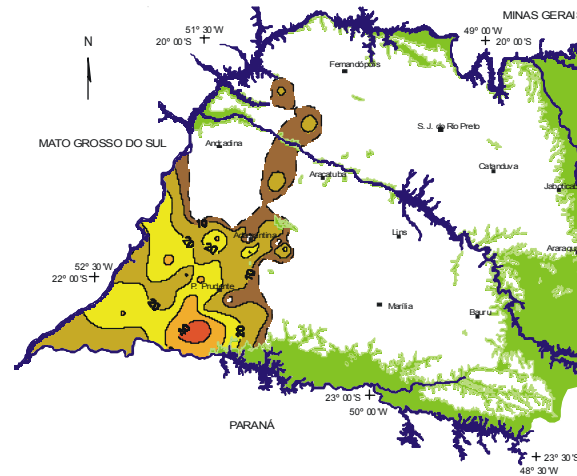
a) Isólitais totais de arenito das formações Caiuá e Pirapozinho (em metros).



b) Isólitais de sedimentos impermeáveis das formações Caiuá e Pirapozinho (em metros).



c) Isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente das formações Caiuá e Pirapozinho (em metros).



d) Isólitais de arenito de moderada permeabilidade aparente das formações Caiuá e Pirapozinho (em metros).

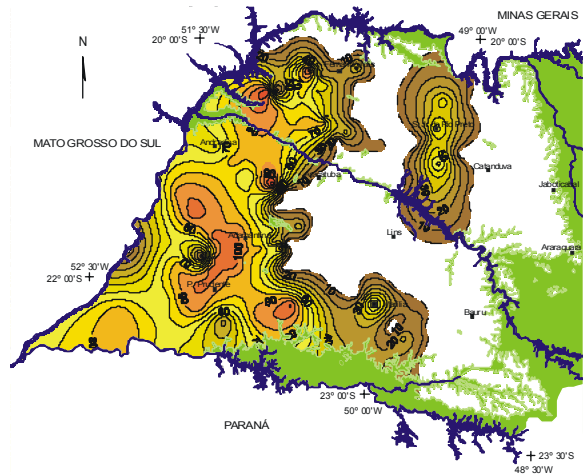
**Figura 55 –
Mapa de
isólitais dos
sedimentos
permeáveis e
impermeáveis
das formações
Caiuá e
Pirapozinho.**

A distribuição das isólitais totais de arenito da unidade hidroestratigráfica atribuída à Formação Santo Anastácio é mostrada na Figura 56a, onde podem ser individualizadas algumas zonas de valores máximos. Comportamento bastante similar apresentam as zonas de valores máximos das isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente, indicando potencial hídrico exploratório maior na porção sudoeste da área (Figura 56c). Já o mapa de isólitais de arenito de moderada permeabilidade aparente apresenta distribuição aproximadamente homogênea, com máximos em pontos restritos, como mostra a Figura 56d. As isólitais de sedimentos impermeáveis comprovam a ocorrência reduzida de camadas pelíticas intercaladas no Aquífero Santo Anastácio (Figura 56b). A exemplo do Aquífero Caiuá, a região sudoeste paulista comporta o melhor potencial hídrico exploratório com relação ao Aquífero Santo Anastácio.

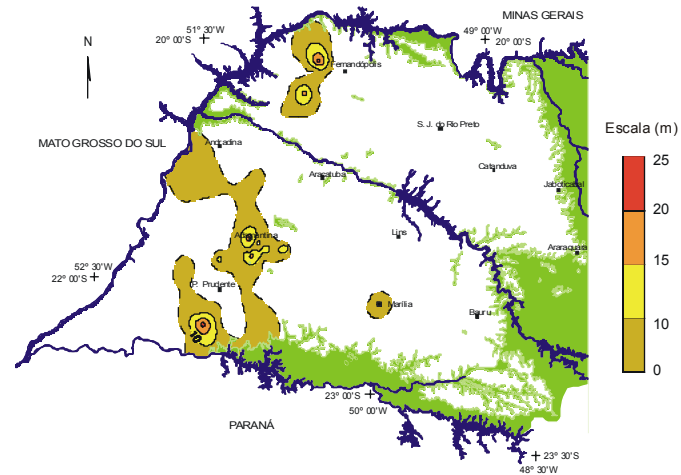
7.7.3. Aquífero Birigüi

O Aquífero Birigüi é representado por sedimentos arenosos de granulometria desde fina até conglomerática, depositados em ambiente fluvial de elevada energia, do tipo entrelaçado, atribuídos à Formação Birigüi, conforme proposta nesta pesquisa. De ocorrência exclusiva em subsuperfície na porção central da bacia Bauru no Estado de São Paulo, esta formação ocupa área total estimada em 10.500 km². Estratigráfica e hidraulicamente, mostra-se confinada pela Formação Araçatuba (figuras 26, 32,33 e 36).

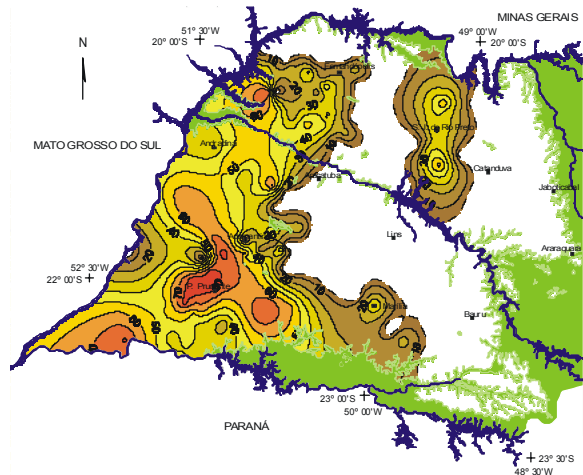
Como aquífero pode ser considerado de extensão local, confinado e contínuo. Variações nas suas características granulométricas conferem heterogeneidade e anisotropia aos parâmetros hidrodinâmicos desta unidade hidroestratigráfica. A distribuição dos arenitos de elevada e moderada permeabilidades aparentes, e de sedimentos impermeáveis, é mostrada respectivamente, nos mapas de isólitais das figuras 57c, 57d e 57b. A Figura 57a mostra as isólitais totais de arenito do Aquífero Birigüi. Neste aquífero, as zonas com melhor potencial hídrico concentram-se em faixa alongada na região central de ocorrência da unidade hidroestratigráfica.



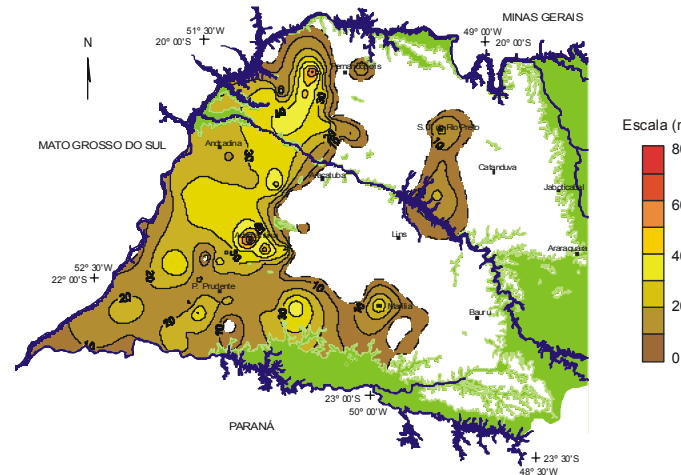
a) Isólitas totais de arenito da Formação Santo Anastácio em metros).



b) Isólitas de sedimentos impermeáveis da Formação Santo Anastácio (em metros).

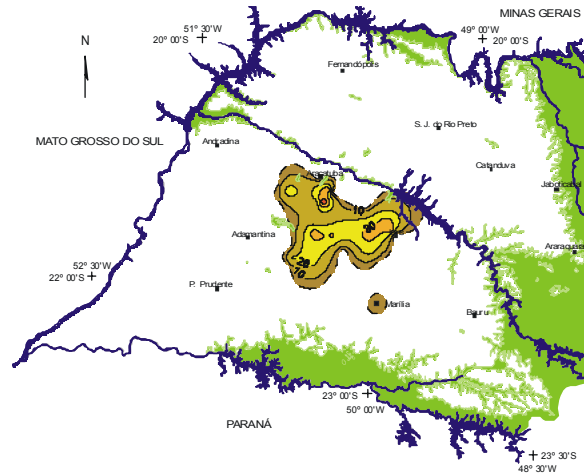


c) Isólitas de arenito de elevada permeabilidade aparente da Formação Santo Anastácio (em metros).

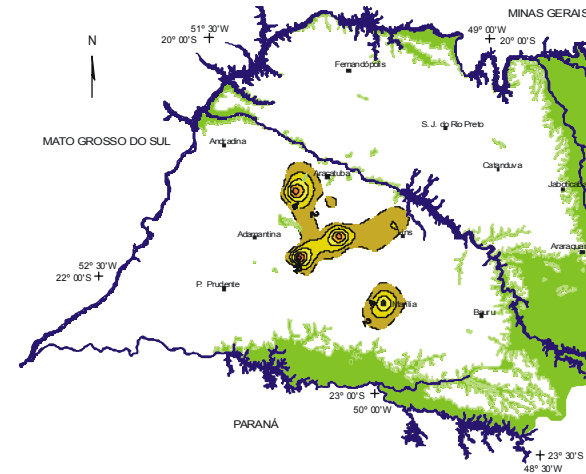


d) Isólitas de arenito de moderada permeabilidade aparente da Formação Santo Anastácio (em metros).

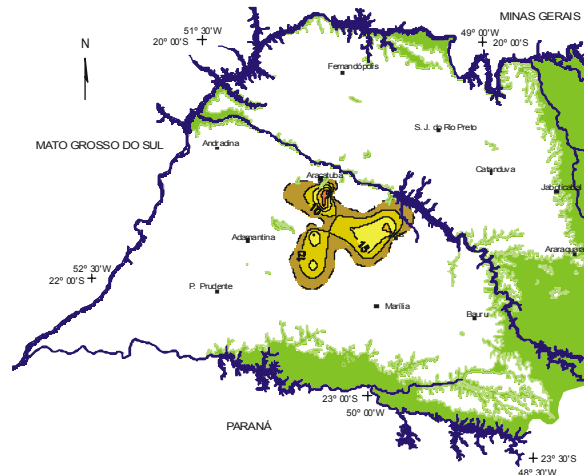
Figura 56 - Mapa de isólitas dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Santo Anastácio.



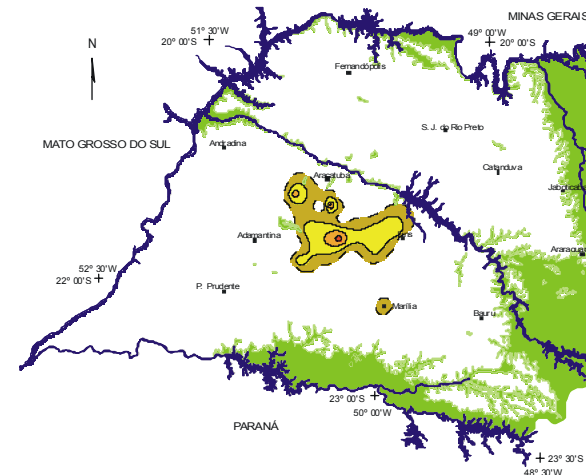
a) Isólitais totais de arenito da Formação Birigui (em metros).



b) Isólitais de sedimentos impermeáveis da Formação Birigui (em metros).



c) Isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente da Formação Birigui (em metros).



d) Isólitais de arenito de moderada permeabilidade aparente da Formação Birigui (em metros).

**Figura 57 -
Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Birigui.**

7.7.4. Aqüitardo Araçatuba

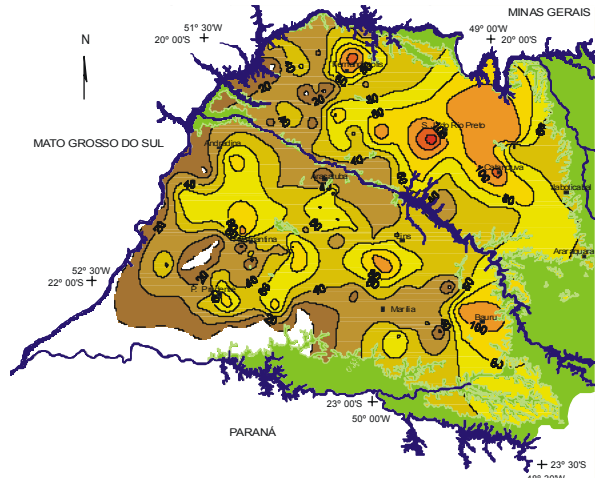
O Aqüitardo Araçatuba, representado pela formação homônima, constitui uma barreira de permeabilidade negativa que isola as unidades hidroestratigráficas subjacentes, em sua área de ocorrência, estimada em cerca de 54.600 km² do Estado de São Paulo, como mostrado na Figura 40. Em parte da região sudoeste, isola os aquíferos Caiuá e Santo Anastácio (figuras 23, 24, 31 e 35); na região central da bacia confina os sedimentos do Aquífero Birigüi (figuras 26, 32, 33 e 36); nas demais áreas, assenta-se sobre o embasamento basáltico ou cobre esporadicamente o Aquífero Santo Anastácio (figuras 25, 27, 34).

7.7.5. Aquífero Adamantina

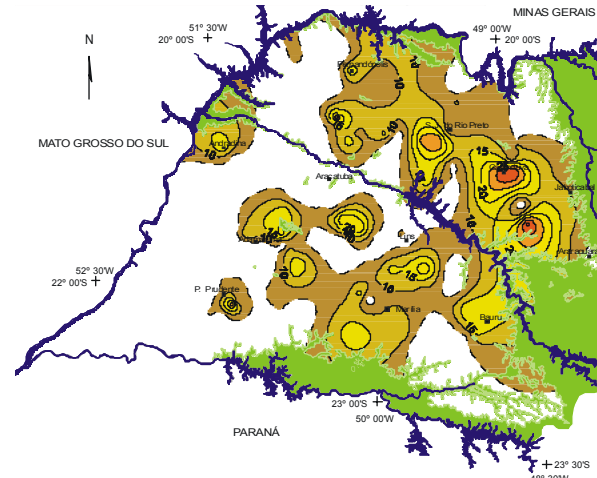
O Aquífero Adamantina é representado por depósitos arenosos em *fining upward* com terminação em pelitos, indicativos de sedimentação em canais fluviais meandranes. Ocorre extensivamente em superfície, compreendendo área de aproximadamente 99.600 km², estando coberto apenas localmente pela Formação Marília e ausente, por erosão, no extremo sudoeste paulista (figuras 31 a 36).

O Aquífero Adamantina foi considerado de extensão regional, livre a semiconfinado e contínuo. O semiconfinamento é decorrente principalmente das variações de permeabilidade dos sedimentos em função do maior ou menor teor de argila da matriz, ou de camadas pelíticas que se intercalam aos corpos arenosos (figuras 23 a 26). A frequência das camadas lamíticas e as variações de argilosidade dos arenitos determinam o comportamento, bastante heterogêneo e anisotrópico, desta unidade hidroestratigráfica, mesmo em localidades relativamente próximas.

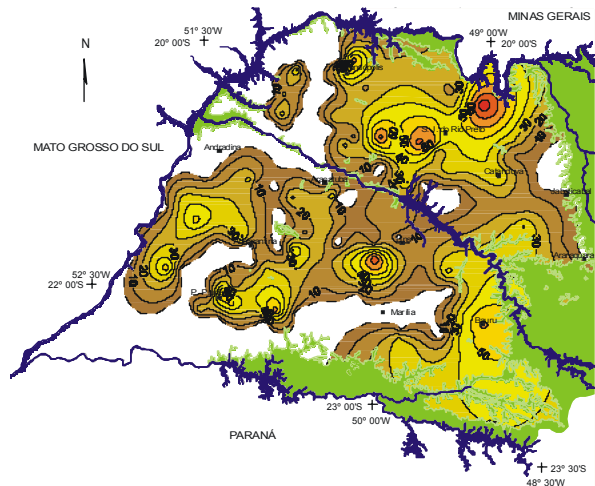
Nesta unidade aquífera, predominam os sedimentos de permeabilidade aparente moderada, com pontos de máximos irregularmente distribuídos em faixas paralelas, a sul e a norte do Rio Tietê (Figura 58d). Os arenitos de elevada permeabilidade aparente ocorrem em menor escala e também apresentam isólitais irregularmente distribuídas, pouco mais concentradas na região de São José do Rio Preto (Figura 58c). Os sedimentos impermeáveis, presentes nesta unidade aquífera, concentram-se mais claramente em faixa a norte do Rio Tietê (Figura 58b).



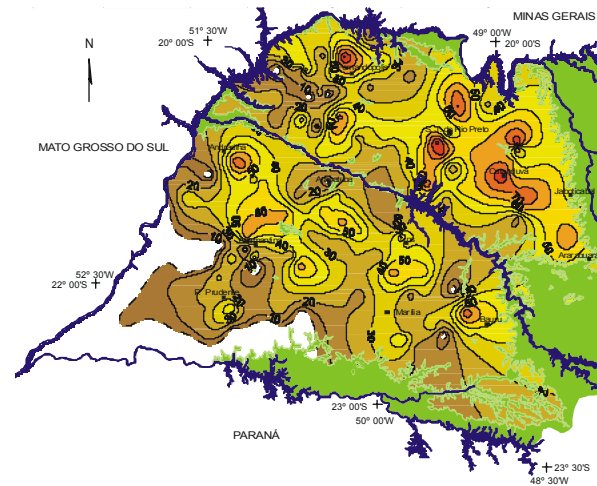
a) Isólitais totais de arenito da Formação Adamantina (em metros).



b) Isólitais de sedimentos impermeáveis da Formação Adamantina (em metros).



c) Isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente da Formação Adamantina (em metros).



d) Isólitais de arenito de moderada permeabilidade aparente da Formação Adamantina (em metros).

Figura 58 - Mapa de isólitais dos sedimentos permeáveis e impermeáveis da Formação Adamantina.

As isólitais totais de arenito do Aquífero Adamantina também mostram máximos concentrados na região de São José do Rio Preto, indicando maior potencialidade hídrica nesta região (Figura 58a).

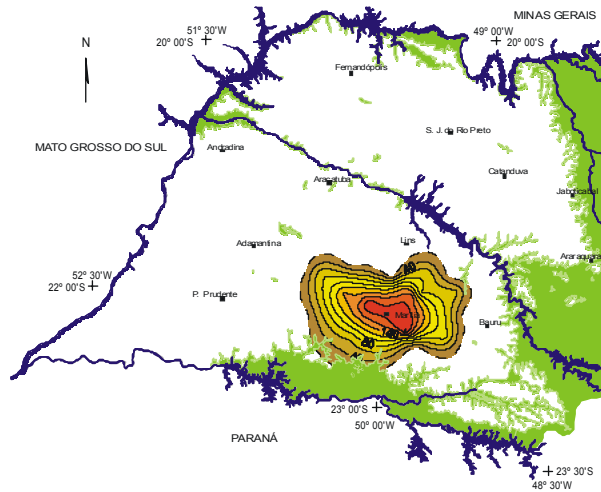
7.7.6. Aquífero Marília

O Aquífero Marília mostra extensão reduzida, com área preservada estimada de cerca de 15.000 km², situado aproximadamente na porção centro-oriental da bacia, entre os rios Tietê e Paranapanema. Comporta uma sucessão bastante homogênea, predominantemente arenosa, de granulometria fina a grossa, com baixo conteúdo argiloso, intercalações delgadas de material pelítico e zonas bastante carbonatadas (Figura 26).

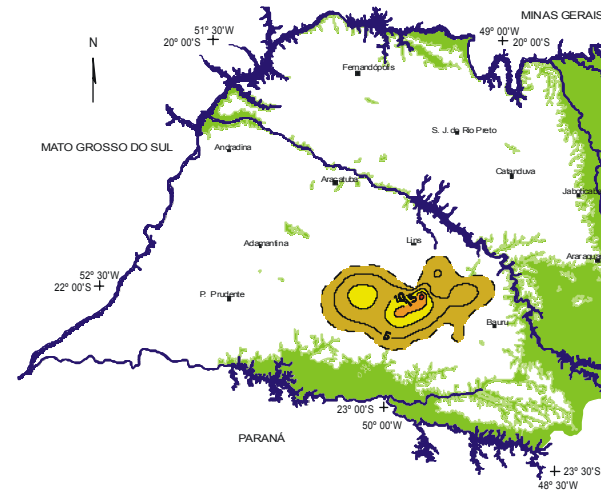
O Aquífero Marília pode ser considerado de extensão regional, livre a semiconfinado e contínuo. A intensidade variável da cimentação de seu arcabouço litológico conduz a variações de permeabilidade que o tornam heterogêneo e anisotrópico, e podem dar origem a situações de confinamento hidráulico. Também é comum, nesta sucessão, a formação de aquíferos suspensos nas zonas de alteração superficiais da unidade, devido à presença de estratos subjacentes, relativamente impermeáveis, isolando o corpo aquoso principal.

Este aquífero mostra isólitais totais de arenito, com máximos concentrados na região de Marília (Figura 59a), com predominância de arenitos classificados como de permeabilidade aparente moderada, sobre aqueles de permeabilidade aparente elevada (figuras 59c,d). Como já referido, os perfis geofísicos neste caso estão refletindo, principalmente, a intensa cimentação carbonática dos constituintes litológicos, e não as porções mais permeáveis da unidade aquífera. Esta questão poderia ser solucionada com o estudo das relações entre o fator de formação e a resistividade da água das zonas aquíferas. De acordo com mapa de isólitais de sedimentos impermeáveis da Figura 59b, a quantidade de pelitos presentes neste aquífero é pequena e homogeneamente distribuída.

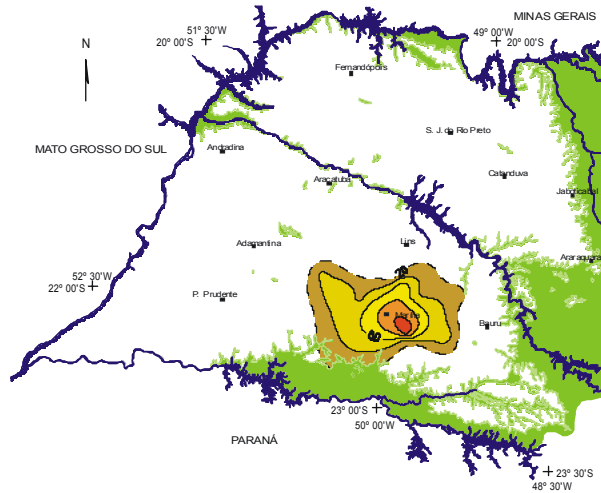
Embora esta unidade hidroestratigráfica seja predominantemente arenosa e tenha grande espessura, as características hidráulicas estão fortemente afetadas pela cimentação carbonática, resultando em significativa diminuição dos seus valores de permeabilidade.



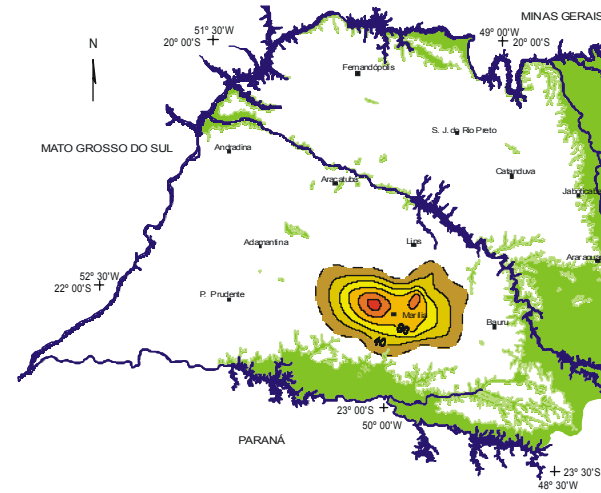
a) Isólitais totais de arenito da Formação Marília (em metros).



b) Isólitais de sedimentos impermeáveis da Formação Marília (em metros).



c) Isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente da Formação Marília (em metros).



d) Isólitais de arenito de moderada permeabilidade aparente da Formação Marília (em metros).

**Figura 59 -
Mapa de
isólitais dos
sedimentos
permeáveis e
impermeáveis
da Formação
Marília.**

8. CONCLUSÕES

Duas importantes superfícies de descontinuidade, de caráter regional, denominadas de S1 e S2, foram identificadas através da análise de perfis geofísicos extraídos de poços perfurados para captação de água subterrânea, na sucessão sedimentar correspondente ao Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Essas superfícies, de caráter cronoestratigráfico, constituíram-se em excelentes horizontes-guia para distinção e delimitação de unidades geofísicas e sua associação com as unidades litoestratigráficas formais.

A superfície S1 delimita o contato entre os estratos atribuídos às formações Caiuá / Pirapozinho, abaixo, e Santo Anastácio, acima, constituindo o limite superior da sucessão sedimentar compreendida no intervalo de tempo entre o final do vulcanismo Serra Geral e o início da deposição da Formação Santo Anastácio. A superfície S2 marca o contato entre os depósitos atribuídos à Formação Santo Anastácio, abaixo, e os sedimentos das formações Araçatuba e Adamantina, acima, delimitando os sedimentos depositados no “tempo” Santo Anastácio.

Sucessões de fácies com distintos padrões de variação granulométrica vertical, exibidas pelos perfis, e descrições de amostras de calha e de testemunhos de sondagem, permitiram a identificação de unidades geofísicas peculiares e sua associação com as unidades litoestratigráficas formalizadas, representadas pelas formações Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília. Também foram reconhecidas duas novas unidades litoestratigráficas, denominadas de Formação Pirapozinho e Formação Birigüi, definidas neste trabalho. A aplicação dos critérios de correlação e interpretação, baseados em superfícies de discordância regionais, permitiu compor novas relações litoestratigráficas nos diferentes compartimentos do Grupo Bauru, no âmbito do Estado de São Paulo.

As formações Caiuá e Pirapozinho, cronocorrelatas, mostram um inter-relacionamento cíclico entre fácies arenosas e lacustres, respectivamente, governado por nível de base materializado pela última. A Formação Caiuá, em perfis, evidencia seqüência de fácies em *fining upward*, com deficiência de material pelítico, freqüentes intercalações silto-argilosas e ocasionais padrões em *coarsening upward*, que sugerem deposição em sistemas fluviais meandrantos. A Formação Pirapozinho é constituída por litologias predominantemente silto-argilosas, indicativas de deposição em sistemas lacustres rasos. A coexistência entre estas

duas unidades é admitida em função de que toda a sucessão encontra-se enfeixada pelo substrato basáltico, abaixo e pela superfície de discordância S1, acima.

A Formação Santo Anastácio, em perfis, configura padrão granulométrico principalmente em cilindro, atestado pela predominância dos termos arenosos. Localmente, seções com teor de argila e frequência de intercalações pelíticas intensificadas constituem intervalos característicos de depósitos em *fining upward*. Estes padrões são sugestivos de depósitos fluviais do tipo entrelaçado, com variações locais para meandrante.

A Formação Birigui tem ocorrência exclusiva em subsuperfície e caracteriza-se por sucessão de corpos arenosos com padrão granulométrico predominante do tipo cilindro, com raras intercalações de corpos pelíticos e baixa argilosidade. Suas características granulométricas sugerem deposição por correntes de alta energia, em sistemas fluviais predominantemente entrelaçados.

A Formação Araçatuba, em perfis, compreende uma sucessão predominantemente pelítica, depositada provavelmente em ambiente lacustre, de águas rasas. Apresenta ampla distribuição na região central e na porção sudoeste, além de algumas ocorrências menos expressivas nas porções noroeste e nordeste da bacia Bauru.

A Formação Adamantina, em perfis, é composta de fácies com padrão típico de *fining upward*, indicativas de depósitos em canais meandranes, com deficiência de material pelítico. O enriquecimento em termos arenosos em direção ao topo da unidade indica progradação fluvial e assoreamento do sítio deposicional.

A Formação Marília, em perfis, apresenta característicos formatos lineares e serrilhados das curvas de raios gama e resistividade, indicando a ocorrência de depósitos predominantemente arenosos, com delgadas intercalações de material pelítico e baixo conteúdo argiloso. Eventualmente pode revelar, em trechos localizados, padrões sutis de *fining upward* e *coarsening upward*. Em termos paleoambientais, essas características se harmonizam com as inferências de um ambiente deposicional em leque aluvial.

O embasamento da bacia Bauru no Estado de São Paulo, em sua configuração atual, representa a expressão morfológica do substrato, predominantemente basáltico, modelado pela ação conjunta de processos erosivos e tectônicos, atuantes desde o Cretáceo Inferior. Sua configuração mostra uma bacia compartimentada em depressões e altos internos, distinguindo-se dois embaciamentos principais, orientados NE-SW (com mergulho para SW), separados por alto estrutural interno, também orientado NE-SW, com caimento para SW e um

alto interno orientado NW-SE, com mergulho para NW. Esta conformação demonstra a influência maior dos *trends* nordeste, em relação aos *trends* noroeste.

As principais estruturas identificadas no substrato da bacia Bauru são as depressões de Presidente Bernardes, Dracena, Sud Menucci, Queiroz e Rio Preto, e os altos internos de Tanabi, Pereira Barreto e Paraguaçu Paulista, para a quais foram propostas formalmente as referidas designações. Estas estruturas governaram a acumulação e preservação das unidades cretáceas suprabasálticas. O Alto de Paraguaçu Paulista representa a expressão morfológica da extremidade final do Alinhamento de Guapiara. Por outro lado, a influência do Alinhamento do Rio Tietê no condicionamento da sedimentação do Grupo Bauru ficou descartada, uma vez que o relevo de subsuperfície não revela esta feição.

O início da sedimentação Bauru deu-se em período ainda incerto, após término do vulcanismo Serra Geral, datado entre 137 a 127 Ma (Cretáceo Inferior), sobre substrato basáltico intensamente desnivelado por processos tectônicos e erosivos.

Sobre este pavimento, na porção então mais deprimida da bacia, correspondente à Depressão de Presidente Bernardes, foram depositados os clásticos areno-argilosos da sucessão mais antiga, representada pelas formações Caiuá e Pirapozinho. Esta primeira sucessão compreendia um sistema fluvial endorreico, com rios meandantes alcançando corpos lacustres rasos que atuavam como nível de base desta sedimentação. O afluxo sedimentar principal viria, provavelmente, de sudoeste para nordeste, e cunhas arenosas progrediam por sobre os sedimentos lacustres, com avanços e recuos controlados pelas oscilações do nível de base.

Após esta primeira fase de deposição e acomodação dos sedimentos aos espaços criados, a bacia entra em processo de by-pass e não permite a fixação de novos depósitos. Gera-se então, a discordância regional designada S1 que representa um hiato temporal e provavelmente erosivo, encerrando a primeira fase deposicional na bacia Bauru.

A segunda fase deposicional da bacia é marcada pela homogeneidade da sedimentação fluvial arenosa da Formação Santo Anastácio. As condições endorreicas persistem e o sítio deposicional amplia sua área de cobertura, a norte e a sudeste, e aparece na calha representada pela Depressão de Rio Preto. Na direção sudeste, os sedimentos desta unidade transgridem por sobre o Alto de Paraguaçu Paulista, que atuou como barreira á sedimentação da sucessão anterior. Nesta fase, o Alto de Tanabi permanecia elevado, enquanto a Depressão de Queiroz ainda não havia se manifestado como sítio de acumulação.

Novo ciclo erosivo se instala na bacia com o final da sedimentação da Formação Santo Anastácio e o incremento da aridez climática, quando então os espaços de acumulação foram totalmente preenchidos e a bacia entra novamente em processo de by-pass. Evidências em perfis sugerem que a unidade Santo Anastácio tenha ocupado área maior do que a representada atualmente e que parte tenha sido removida por erosão, principalmente fluvial, durante este ciclo.

A terceira fase deposicional foi precedida de novo rearranjo tectônico e de prováveis mudanças climáticas, com elevação dos bordos, movimentação das estruturas internas e incremento da quantidade de água no sistema. Nesta fase teve início a subsidência da Depressão de Queiroz, dando origem a gradientes topográficos elevados que favoreceram, inicialmente, a acumulação dos depósitos fluviais de sistemas entrelaçados da Formação Birigüi. Na medida em que os desníveis foram preenchidos, ampliou-se a área deposicional e formou-se um grande sistema lacustre representado pela Formação Araçatuba, que funcionou como nível de base regional, associado a um sistema fluvial meandrante marginal, correspondente à Formação Adamantina.

A sedimentação Bauru prosseguiu com os depósitos fluviais da Formação Adamantina transgredindo sobre a Formação Araçatuba, dando seguimento ao estágio de assoreamento final da bacia. Nesta fase, este sistema fluvial avançou primeiramente sobre os sedimentos da Formação Santo Anastácio, expostos à oeste, e os basaltos a leste e, em seguida, sobre os depósitos pelíticos da Formação Araçatuba, nas áreas centrais da bacia.

A intensificação da aridez climática e do alçamento generalizado das bordas deu início à deposição dos leques marginais, atribuídos à Formação Marília, no estágio final de assoreamento da bacia Bauru.

No início do Terciário, a bacia Bauru perdeu seu caráter subsidente e os movimentos epirogênicos positivos passaram a dominar, expondo seus depósitos a um progressivo arrasamento erosivo. Os traços tectônicos principais, estampados no substrato da bacia e herdados de fases anteriores, foram mantidos, porém, assumiram comportamentos diferenciais durante sua evolução, resultando na configuração atualmente conhecida.

A evolução da sedimentação do Grupo Bauru é marcada, portanto, pelo controle tectônico do substrato basáltico na localização e migração dos depocentros, e pela atuação expressiva de processos erosivos.

Como aquífero, o Grupo Bauru apresenta comportamento hidrodinâmico heterogêneo em razão de sua diversidade litofaciológica. Através dos estudos realizados com perfis, foi possível distinguir unidades hidroestratigráficas regionais do Sistema Aquífero Bauru, no Estado de São Paulo. Esta subdivisão hidroestratigráfica, fundamentada na litoestratigrafia de subsuperfície proposta nesta pesquisa, justifica-se em razão das particularidades litológicas presentes em cada formação, as quais, por sua vez, governam as propriedades hidráulicas dessas unidades.

O Sistema Aquífero Bauru, na área pesquisada, compreende 110.711 km², abrangendo quase metade do Estado de São Paulo. Sua espessura média é de 100 metros e o volume ocupado por seus sedimentos alcança 11.244 km³. Suas maiores espessuras encontram-se na região de Marília e Presidente Prudente, atingindo cerca de 300 metros. O volume de água armazenado neste sistema, passível de extração, atinge cerca de 1.600 km³.

A avaliação das unidades aquíferas é um processo bastante dificultado, em razão da indisponibilidade de dados hidrodinâmicos que reflitam a realidade das propriedades hidráulicas do meio poroso. Parâmetros estimados no próprio poço bombeado são fortemente afetados pelas características construtivas e pelo dano de formação, devendo por isso mesmo, ser utilizados com cautela. Estes fatos tornam os perfis geofísicos ferramenta valiosa na avaliação das formações produtoras de água.

As unidades hidroestratigráficas, distinguidas no Sistema Aquífero Bauru, foram os aquíferos Marília, Adamantina, Birigüi, Santo Anastácio e Caiuá, e aquíferos Araçatuba e Pirapozinho. As unidades foram diferenciadas, em termos de isólitais de permeabilidade aparente relativa dos sedimentos, em muito permeáveis, moderadamente permeáveis e impermeáveis. Uma vez que transmissividade é definida como o produto da espessura pela condutividade hidráulica, os mapas de isólitais refletem, diretamente, as regiões hidraulicamente mais favoráveis à produção de água.

As isólitais de arenito de elevada permeabilidade aparente do Aquífero Caiuá mostraram maiores valores concentrados na região sudoeste, a exemplo do Aquífero Santo Anastácio. No Aquífero Birigüi, as zonas com melhor potencial hídrico concentram-se em faixa alongada no centro de sua área de ocorrência. Para o Aquífero Adamantina, as isólitais de moderada a elevada permeabilidade aparente mostraram zonas de maior potencial hídrico distribuídas em faixas paralelas, a sul e a norte do Rio Tietê. Para o Aquífero Marília, as isólitais mostram predominância de arenitos de permeabilidade aparente, contudo, o perfis geofísicos nesta

unidade estão refletindo, principalmente, a intensa cimentação carbonática dos seus constituintes litológicos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGER, R. P.** - 1966 - Interpretation of electric logs in a fresh water wells in unconsolidated formations. SPWLA Symposium. Houston, Texas: p. 246-270.
- ALMEIDA, F. F. M.** - 1976 - The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *In: Anais Academia Brasileira de Ciências.* **48:** p. 15-26.
- ALMEIDA, F. F. M.** - 1983 - Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. *In: Revista Brasileira de Geociências.* **13** (3): p. 139-158.
- ALMEIDA, M. A.; FERNANDES, L. A.; DANTAS, A. S. L.; SAKATE, M. T.; GIMENEZ, A. F.; TEIXEIRA, A. L.; BISTRICHI, C. A. & ALMEIDA, F. F. M.** - 1981a - Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. *In: Simpósio Regional de Geologia,* **3,** Curitiba - PR, Atas...p.77-89.
- ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; HASUI, Y. & ALMEIDA, F. F. M.** - 1981b - Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos Estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. *In: Mesa redonda: a Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes, Sociedade Brasileira de Geologia.*p. 31-43.
- ARID, F. M.** - 1966 - A Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. *Geociências.* **1:** p. 1-126.
- ARID, F. M.; BARCHA, S. F. & MEZZALIRA, S.** - 1981 - Contribuição ao estudo da Formação Caiuá. *In: Revista do Instituto Geológico, São Paulo - SP.* **2** (1): p. 5-20.
- BALAN, B.; MOHAGHEGH, S. & AMERI, S.** - 1995 - State-of-the-art in permeability determination from well log data: part 1 - a comparative study, model development. Society of Petroleum Engineers - SPE, Morgantown, West Virginia, SPE 30978.p. 1-10.
- BANDEIRA JR., A. N.; VIEIRA, L. O.; REHIM, H. A. A. & JOCHIMECK, M. R.** - 1980 - Contribuição do microscópio eletrônico de varredura para o estudo das rochas-reservatório. *In: Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro - RJ.* **32** (4): p. 327-340.

- BARCELOS, J. H.** - 1990 - Ensaio de caracterização litoestratigráfica e paleoambiental da Formação Caiuá, Cretáceo da Bacia do Paraná. *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras*, **1**, Rio Claro - SP, Boletim de resumos.p. 22-23.
- BARCELOS, J. H.** - 1991 - Formação Caiuá (Cretáceo da Bacia Sedimentar do Paraná): implicações paleoambiental, paleoclimática e tecto-sedimentar. *In: Revista Geociências, UNESP*. **10** (1): p. 79-99.
- BARCELOS, J. H. & SUGUIO, K.** - 1987 - Correlação e extensão das unidades estratigráficas do Grupo Bauru definidas em território paulista, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. *In: Simpósio Regional de Geologia*, **6**, Rio Claro - SP, Atas...p. 313-321.
- BARCHA, S. F.** - 1980 - Aspectos geológicos e províncias hidrogeológicas da Formação Bauru na Região norte-ocidental do Estado de São Paulo. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP. São José do Rio Preto - SP, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP: 209 p.
- BARCHA, S. F.** - 1981 - Estratigrafia do Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. *In: Mesa redonda: A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia.p. 48-59.
- BARCHA, S. F.** - 1985 - Condicionamento geológico da água subterrânea em São José do Rio Preto, SP. *In: Revista Geociências, UNESP*. **4** (1): p. 57-68.
- BARCHA, S. F.; ARID, F. M. & MEZZALIRA, S.** - 1981 - Sub-províncias hidrogeológicas do Grupo Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. *In: Revista do Instituto Geológico - IG, São Paulo - SP*. **2** (2): p. 17-33.
- BARCHA, S. F.; ELLERT, N.; VALARELLI, J. V. & BONI, N. R.** - 1984 - Intrusão alcalina de Jaboticabal, SP. *In: Revista Geociências, UNESP*. **3**: p. 21:38.
- BATEZELLI, A.; PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; FULFARO, V. J. & SAAD, A. R.** - 1999 - Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, **5** e *Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur*, **1**, Serra Negra - SP, Boletim...p. 195-200.
- BRANCO, C. C. M.; BONET, L. & SHACAIRA, F. S.** - 1987 - Dano de formação: mecanismos e prevenção. *In: Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro - RJ*. **30** (4): p. 191-199.

- BRANDT NETO, M.** - 1984 - O Grupo Bauru na região centro-norte do Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo: 106 p.
- BRANDT NETO, M.; COIMBRA, A. M.; BARELLI, N. & SPILLER, L. R.** - 1981 - Sedimentos da Serra de Itaqueri. In: Mesa redonda: A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia.p. 63-80.
- BRANDT NETO, M.; PETRI, S. & COIMBRA, A. M.** - 1978 - Considerações sobre a estratigrafia e ambiente de sedimentação da Formação Bauru. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, **30**, Recife - PE, Anais...p. 557-566.
- CAMPOS, H. C. N. S.** - 1987 - Contribuição ao estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. São Paulo - SP, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP: 157 p.
- CAMPOS, J. E.; TAKYA, H.; BELLONI, M. C. & FERREIRA, L. M. R.** - 1992 - Contorno estrutural do topo da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná - Estado de São Paulo). *In*: Revista Geociências, UNESP. **11** (1): p. 63-73.
- CARVALHO, M.** - 1980 - Considerações sobre alguns aspectos hidrogeológicos da Formação Bauru. *In*: Revista do Instituto Geológico - IG, São Paulo - SP. **1** (1): p. 35-52.
- CASTRO, J.; DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; SUAREZ, J. M.; MARANHÃO, M. S. A. & RODRIGUES, R.** - 1999 - Arcabouço estratigráfico do Grupo Bauru no oeste paulista. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, **5** e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur, **1**, Serra Negra - SP, Boletim...p.509-515.
- COELHO, R. O.** - 1996 - Estudo hidroquímico e isotópico do Aquífero Bauru, sudoeste do Estado de São Paulo. São Paulo - SP, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP: 103 p.
- COIMBRA, A. M.; BRANDT NETO, M. & PETRI, S.** - 1977 - O alinhamento estrutural do Tietê. *In*: Simpósio de Geologia Regional, **1**, São Paulo - SP, Atas...p. 145-152.
- COIMBRA, A. M.; COUTINHO, J. M. V.; BRANDT NETO, M. & ROCHA, G. A.** - 1981 - Lavas fonolíticas associadas ao Grupo Bauru no Estado de São Paulo. *In*: Simpósio Regional de Geologia, **3**, Curitiba - PR, Atas...p. 324-327.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB** - 1997 - Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo. São Paulo - SP: 48 p.

- COTTAS, L. R. & BARCELOS, J. H.** - 1981 - Novas considerações sobre a geologia da região de Itaqueri da Serra, SP. *In*: Simpósio Regional de Geologia, **3**, Curitiba - PR, Atas...p.70-76.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R.** - 1996 - Hidrologia subterrânea. Barcelona, Espanha, Ediciones Omega S.A.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE** - 1976 - Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 7, 8 e 9: Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba. São Paulo - SP: v.1 e v.2.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE** - 1979 - Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília. São Paulo - SP: v.1 e v.2.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE** - 1990 - Plano estadual de recursos hídricos: Primeiro plano do Estado - Síntese. São Paulo - SP: 97 p.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE** - 2000 - Sistema de informações para gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo. São Paulo - SP.
- DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; CASTRO, J. C.; MARANHÃO, M. S. A. S.; SUÁREZ, J. M. & RODRIGUES, R.** - 2001 - Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil - concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. *In*: *Revue Paléobiol.*, Genève. **20** (1): p. 245-304.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; TADEO, J. S. A. & HELLMEISTER JR., Z.** - 1991 - Moldes de cristais salinos no Grupo Bauru, Estado de São Paulo: implicações econômicas e paleoclimáticas. *Geociências*. **10**: p. 101-117.
- FERNANDES, L. A.** - 1992 - A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo: 129 p.
- FERNANDES, L. A.** - 1998 - Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo - SP, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP: 216 p.

- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M.** - 1994 - O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. *In: Revista Brasileira de Geociências, São Paulo.* **24** (3): p. 164-176.
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M.** - 1996 - A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* **68** (2): p. 195-205.
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M.** - 1999 - Paleocorrentes da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5 e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur,* **1**
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M.** - 2000 - Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *In: Revista Brasileira de Geociências.* **30** (4): p. 717-728.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. & BRANDT NETO, M.** - 1993 - Silicificação hidrotermal neocretácea na porção meridional da Bacia Bauru. *In: Revista do Instituto Geológico - IG.* **14** (1): p. 35-52.
- FERREIRA, J. F. F.** - 1982 - Alinhamentos estruturais magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. *In: Geologia da Bacia do Paraná: reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.* São Paulo - SP, Paulipetro: Consórcio CESP/IPT: p. 143-166.
- FREITAS, R. O.** - 1973 - Geologia e petrologia da Formação Caiuá no Estado de São Paulo. *In: Boletim do Instituto Geográfico e Geológico - IGG, São Paulo - SP.* **50**: 122 p.
- FREITAS, R. O.** - 1982 - Definição estratigráfica do Grupo Bauru por sedimentogramas. *In: Boletim do Instituto Geológico - São Paulo.* **nº 6**: 86 p.
- FÚLFARO, V. J.** - 1974 - Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. *In: Boletim Instituto Geológico - USP.* **5**: p. 129-138.
- FÚLFARO, V. J. & BARCELOS, J. H.** - 1992 - A tectônica pós-deposicional e a reconstituição paleogeográfica: o exemplo no Grupo Bauru. *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras, 2,* Rio Claro - SP, Resumos expandidos. p. 132-133.
- FÚLFARO, V. J. & BARCELOS, J. H.** - 1993 - Fase rifte na Bacia Sedimentar do Paraná: a Formação Caiuá. *In: Geociências.* **12** (1): p. 33-45.
- FÚLFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; PERINOTTO, J. A. J. & SAAD, A. R.** - 1999 - Anastácio: um geossolo cretácico na Bacia Caiuá. *In: Simpósio sobre o*

- Cretáceo do Brasil, **5** e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur, **1**, Serra Negra - SP, Boletim...p. 125-130.
- FÚLFARO, V. J. & PERINOTTO, J. A. J.** - 1996 - A Bacia Bauru: estado da arte. *In*: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, **4**, Águas de São Pedro - SP, Boletim...p.297-303.
- FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V. & VIANNA, R. B.** - 1982 - Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *In*: Revista Brasileira de Geociências, São Paulo - SP. **12** (4): p. 590-610.
- GUYOD, H.** - 1966 - Interpretation of electric and gamma ray logs in water wells. *In*: The Log Analyst. **6** (5): p. 29-44.
- HASUI, Y.** - 1969 - O Cretáceo do oeste mineiro. *In*: Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo. **18** (1): p. 39-56.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT** - 1981 - Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo - SP, IPT: Vol. 1 e Vol. 2.
- IRITANI, M. A.; ODA, G. H.; KAKAZU, M. C.; CAMPOS, J. E.; FERREIRA, L. M. R.; SILVEIRA, E. L. & AZEVEDO, A. A. B.** - 2000 - Zoneamento das características hidrodinâmicas (transmissividade e capacidade específica) do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo - Brasil. *In*: Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, **1** e (ABAS, **11** e ALHSUD, **5**), Fortaleza - CE, Brasil, Boletim de Resumos.p.147.
- LANDIM, P. M. B. & SOARES, P. C.** - 1976 - Estratigrafia da Formação Caiuá. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, **29**, Ouro Preto - MG, Anais...195-206.
- LIMA, M. R.; MEZZALIRA, S.; DINO, R. & SAAD, A. R.** - 1986 - Descoberta de microflora em sedimentos do Grupo Bauru, Cretáceo do Estado de São Paulo. *In*: Revista do Instituto Geológico - IG, São Paulo. **7** (1/2): p. 5-9.
- LOFFREDO, L. F.; GUIDORZI, L. A.; PAULA E SILVA, F. & SILVA, R. B. G.** - 1987 - Ocorrência de gás sulfídrico durante a perfuração de poço tubular profundo em São José do Rio Preto - SP. Revista DAE, São Paulo - SP. **vol. 47** (150): p. 249-252.
- MACEDO, J. M.** - 1989 - Evolução tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. *In*: Boletim de Geociências. Petrobrás, Rio de Janeiro. **3** (3): p. 159-173.

- MACEDO, J. M.; BACOCOLI, G. & GAMBOA, L. A. P.** - 1991 - O tectonismo Mesozoico da região sudeste. *In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2*, São Paulo, Atas...p. 429-437.
- MANZINI, F. F.** - 1999 - Redefinição da Formação Marília em seu local-tipo: estratigrafia, ambiente de sedimentação e paleogeografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp. Rio Claro - SP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP: 120 p.
- MANZINI, F. F.; BRANDT NETO, M.; FÚLFARO, V. J. & BARCELOS, J. H.** - 1992 - Aspectos tectono-sedimentares no Grupo Bauru (K), na região de Monte Alto (SP). *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras, 2*, Rio Claro - SP, Resumos expandidos.p. 145-146.
- MEZZALIRA, S.** - 1974 - Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. *In: Boletim do Instituto Geográfico e Geológico - IGG, São Paulo - SP. 51: 162 p.*
- MEZZALIRA, S.** - 1981 - Aspectos paleoecológicos da Formação Bauru. *In: Mesa redonda: A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia.p. 1-9.*
- MEZZALIRA, S. & ARID, F. M.** - 1981 - Contribuição preliminar à bioestratigrafia da Formação Bauru. *In: Mesa redonda: A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia.p. 116-127.*
- MIALL, A. D.** - 1982 - Analysis of fluvial depositional systems. *In: American Association of Petroleum Geologists Fall Education Conference. Calgary, Canada.*
- MILANI, E. J.** - 1997 - Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Porto Alegre - RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 255 p.
- NERY, G. G.** - 1995 - A Perfilagem geofísica em poços tubulares para suprimento de água subterrânea. Hydrolog Serviços de Perfilagem Ltda.
- NERY, G. G.** - 1997 - A perfilagem geofísica em poços tubulares para suprimento de água subterrânea. *In: Hidrogeologia: Conceito e Aplicações. CPRM, LABHID-UFPE. Fortaleza.: p.203-241.*
- PAULA E SILVA, F.; BIANCHI NETO, C.; RICARDI, A. E. M. & SAPIO, A. J.** - 1992 - Estudo estratigráfico do Grupo Bauru na região de Presidente Prudente - SP, em

- perfis geofísicos de poços para água. *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras*, 2. Rio Claro - SP.: p. 147-150.
- PAULA E SILVA, F.; BIANCHI NETO, C.; RICARDI, A. E. M. & SAPIO, A. J.** - 1994 - Estudo estratigráfico do Grupo Bauru na região de Presidente Prudente com base em perfis geofísicos de poços para água. *In: Revista Geociências, UNESP*. 13 (1): p. 63-82.
- PAULA E SILVA, F. & CAVAGUTI, N.** - 1992 - Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na Cidade de Bauru - SP. *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras*, 2.p. 141-144.
- PAULA E SILVA, F. & CAVAGUTI, N.** - 1994 - Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na Cidade de Bauru - SP. *In: Revista Geociências, UNESP*.p. 83-99.
- PAULA E SILVA, F.; KIANG, C. H. & CAETANO-CHANG, M. R.** - 2002 - Caracterização das unidades cretáceas da Bacia do Paraná na região de São José do Rio Preto (SP) com base na análise de perfis geofísicos e suas implicações estratigráficas. *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 6 e *Simpósio sobre el Cretáceo de America del Sur*, 2, São Pedro - SP, *Boletim...*p. 345-349.
- PAULA E SILVA, F. & PASSERINI, R. J.** - 1986 - O emprego de fluido de perfuração levemente inibitivo em poços de água subterrânea. *In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Brasília, Anais...*p. 342-352.
- PAULA E SILVA, F.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J. & FULFARO, V. J.** - 1999 - Arquitetura deposicional do Grupo Bauru (Ks) na região sudoeste do Estado de São Paulo. *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 5 e *Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur*, 1, Serra Negra - SP, *Boletim...*p. 45-49.
- PEREIRA, M. J.; BARBOSA, M. C.; AGRA, J.; GOMES, J. B.; ARANHA, L. G. F.; SAITO, M.; RAMOS, M. A.; CARVALHO, M. D.; STAMATO, M. & BAGNI, O.** - 1986 - Estratigrafia da Bacia de Santos: análise das sequências, sistemas deposicionais e revisão litoestratigráfica. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 34, Goiânia - GO, Anais...
- PETRI, S.** - 1998 - Paleoclimas da Era Mesozóica no Brasil: evidências paleontológicas e sedimentológicas. *In: Revista Universidade de Guarulhos - Geociências*. 3 (6): p. 22-38.

- PIERUCETI, J. A.** - 1981 - Proposição de uma divisão estratigráfica da Formação Bauru no baseada no teor de calcário da rocha. *in*: Craton & Intracraton, São José do Rio Preto - SP.p. 1-20.
- READING, H. G.** - 1986 - Sedimentary environments and facies. Oxford, Blackwell Scientific Publications, second edition.
- REBOUÇAS, A. C.** - 1976 - Recursos hídricos subterrâneos na Bacia do Paraná: Análise de pré-viabilidade. Instituto de Geociências - USP. São Paulo - SP, Instituto de Geociências - USP: 143 p.
- REBOUÇAS, A. C.** - 1988 - Groundwater in Brazil. *In*: Episodes. **11** (3): p.209-214.
- RICCOMINI, C.** - 1995 - Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondvânicos da porção centro-oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. (Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo). São Paulo - SP.100 p.
- RICCOMINI, C.** - 1997 - Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. *In*: Revista Brasileira de Geociências. **27** (2): p. 153-162.
- RICCOMINI, C.; GIMENEZ, A. F.; STEIN, D. P.; ALMEIDA, F. F. M.; PIRES NETO, A. G.; DEHIRA, L. K.; MELO, M. S.; BRAGA, T. O. & PONÇANO, W. L.** - 1981 - Características da porção basal da Formação Caiuá no noroeste do Paraná. *In*: Simpósio Regional de Geologia, **3**, Curitiba - PR, Atas....p. 25-33.
- SAAD, A. R. C., V.A.; CABRAL JR., M.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; PULEGHINI FILHO, P.; MOTTA, J.F.M. & PAULA E SILVA, F.** - 1988 - Cenários do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, **35**, Belém - PA, Anais..Sociedade Brasileira de Geologia.p. 894-904.
- SALAMUNI, R.; LANDIM, P. M. B.; SLONGO, T. T.; SOBREIRO NETO, A. F. & PAIVA FILHO, A.** - 1981 - Observações sobre o ambiente de deposição da Formação Caiuá no noroeste do Estado do Paraná. *In*: Simpósio Regional de Geologia, **3**, Curitiba - PR, Atas...p.25-33.
- SANTORO, J. & MASSOLI, M.** - 1985 - Mapa de contorno estrutural do topo do basalto subjacente ao Grupo Bauru no Estado de São Paulo. *In*: Revista do Instituto Geológico - IG, São Paulo - SP. **6** (1/2): p. 39-44.

- SCHLUMBERGER LTD.** - 1972 - Log interpretation: Principles. New York - USA, Schlumberger Ltd: Vol. 1.
- SCHLUMBERGER LTD.** - 1974 - Log interpretation: Applications. New York - USA, Schlumberger Ltd: Vol. 2.
- SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F. & NOGUEIRA, A. A.** - 1974 - Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, **28**, Porto Alegre - RS, Anais...p. 41:65.
- SEABER, P. R.** - 1988 - Hydrostratigraphic units. *Hydrogeology, The Geology of North America*, Geological Society of America.p. 9-14.
- SELLEY, R. C.** - 1982 - Ancient sedimentary environments. Ithaca, New York, Cornell University Press.
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; AMARAL, G.; SUGUIO, K.; COIMBRA, A. M.; SOBREIRO NETO, A. F.; GIANCURSI, F.; CORREA, W. A. G. & CASTRO, C. G. J.** - 1979 - Geologia da região sudoeste do Estado de São Paulo. *In: Simpósio Regional de Geologia*, **2**, Rio Claro - SP, Botetim de resumos.p. 307-319.
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J. & SOBREIRO NETO, A. F.** - 1980 - Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *In: Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo - SP.p. 177-185.
- SOBREIRO NETO, A. F.; PAIVA FILHO, A.; ARAÚJO, C. H. A.; SEIGNEMARTIN, C.; COUTO, E. A.; SALAMUNI, R. & SLONGO, T. T.** - 1981 - Estruturas sedimentares primárias de ambiente flúvio-deltaico da Formação Caiuá. *In: Simpósio Regional de Geologia*, **3**, Curitiba - PR, Atas....p. 47-59.
- STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A.; HASUI, Y.; PONÇANO, W. L. & ALMEIDA, F. F. M.** - 1979 - Geologia de parte dos vales dos rios Paraná e Paranapanema. *In: Simpósio Regional de Geologia*, **2**, Rio Claro - SP, Atas...p. 291-306.
- SUGUIO, K.** - 1981 - Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. *In: Mesa redonda: a Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia.p. 15-26.

- SUGUIO, K.; BARCELOS, J. H.; GUEDES, M. G. & VERDIANI, A. C.** - 1984 - Canal de Pereira Barreto: local de transição entre os arenitos Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. *In: Revista do Instituto Geológico, São Paulo.* **5** (1/2): p. 25-37.
- SUGUIO, K.; FULFARO, V. J.; AMARAL, G. & GUIDORZI, L. A.** - 1977 - Comportamentos estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. *In: Simpósio Regional de Geologia, 1, São Paulo - SP, Atas...*p.231-247.
- VIEIRA, P. C.** - 1981 - Sugestões para estudo de captação de água subterrânea no Grupo Bauru: considerações tectônicas. *In: Revista do Instituto Geológico - IG, São Paulo - SP.* **2** (2): p. 5-16.
- ZAINE, J. E.** - 1980 - Geologia do Bloco 38: região de Araçatuba e Tupã. São Paulo, Paulipetro (Consórcio CESP/IPT): 2 vol.
- ZALÁN, P. V.; WOLF, 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. *In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3, Curitiba - PR, Atas...*p. 441-477.
- ZALÁN, P. V.; WOLF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T. & ZANOTTO, O. A.** - 1990 - Bacia do Paraná. *In: Origem e Evolução de Bacias Sedimentares, Rio de Janeiro - RJ, Publicação Petróleo Brasileiro S.A.*p. 135-168.

10. ANEXOS

Anexo I – Dados de poços tubulares utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto

Anexo II – Perfis geofísicos analisados

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
1	Adamantina	Adamantina	490,05	7601,75	390	154	236
2	Adolfo	Adolfo	640,25	7651,45	440	74	366
3	Adolfo	Adolfo	639,50	7651,90	420	18	402
4	Agudos	Agudos	707,90	7513,55	580	89	491
5	Agudos	Paulistânia	664,00	7502,05	530	56	474
6	Alfredo Marcondes	Alfredo Marcondes	457,25	7572,50	450	234	216
7	Altair	Altair	701,95	7729,30	560	139	421
8	Altair	Suinana	694,75	7726,70	510	74	436
9	Alto Alegre	Jatobá	578,50	7608,45	470	197	273
10	Alto Alegre	S. M. D'Oeste	574,35	7614,35	450	148	302
11	Alto Alegre	Alto Alegre	585,85	7614,15	470	166	304
12	Alvares Machado	Coronel Goulart	444,20	7543,65	430	274	156
13	Álvares Machado	Álvares Machado	453,15	7556,90	400	258	142
14	Alvaro de Carvalho	Alvaro de Carvalho	632,25	7557,12	620	266	354
15	Alvinlândia	Alvinlândia	625,30	7516,50	540	176	364
16	Américo de Campos	Américo de Campos	631,70	7755,45	440	54	386
17	Andradina	Andradina	461,50	7687,70	410	108	302
18	Anhumas	Anhumas	459,77	7534,18	400	220	180
19	Aparecida D'Oeste	Aparecida D'Oeste	511,84	7738,66	420	170	250
20	Araçatuba	Engenheiro Taveira	552,50	7660,50	360	31	329
21	Araçatuba	Major Prado	555,25	7692,60	420	96	324
22	Araçatuba	Araçatuba	547,80	7664,90	340	68	272
23	Araçatuba	Araçatuba	528,25	7686,40	392	95	297
24	Araçatuba	Araçatuba	557,65	7658,50	410	50	360
25	Araçatuba	Vicentópolis	568,40	7686,80	398	94	304
26	Araraquara	Araraquara	792,60	7590,05	685	49	636
27	Araraquara	Araraquara	794,15	7589,10	700	48	652
28	Ariranha	Ariranha	729,61	7654,88	585	160	425
29	Aspásia	Aspásia	527,60	7770,00	400	26	374

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
30	Aspásia	Aspásia	527,85	7767,60	420	80	340
31	Auriflama	Auriflama	547,50	7724,55	445	163	282
32	Auriflama	Auriflama	547,10	7710,00	390	134	256
33	Avai	Avai	673,30	7549,80	430	41	389
34	Bady Bassit	Bady Bassit	661,40	7685,95	520	172	348
35	Balbinos	Balbinos	669,80	7577,40	450	79	371
36	Bálsamo	Bálsamo	648,90	7705,50	550	149	401
37	Barretos	Adolfo Pinto	752,45	7749,75	500	25	475
38	Barretos	Barretos	753,90	7728,75	560	69	491
39	Bastos	Bastos	526,10	7574,50	410	95	315
40	Bauru	Aimorés	709,80	7529,80	580	90	490
41	Bauru	Bauru	700,85	7529,25	580	133	447
42	Bauru	Tibiriçá	683,13	7539,85	585	141	444
43	Bebedouro	Bebedouro	759,30	7676,25	580	80	500
44	Bilac	Bilac	553,65	7633,85	463	125	338
45	Birigui	Birigui	566,05	7646,15	465	150	315
46	Birigui	Birigui	569,20	7644,65	410	67	343
47	Birigui	Taquari	560,85	7634,75	435	143	292
48	Borborema	Vila Orestina	688,20	7609,50	415	26	389
49	Botucatu	Botucatu	761,90	7463,35	870	39	831
50	Braúna	Braúna	570,35	7622,00	485	148	337
51	Buritama	Buritama	578,60	7669,90	375	23	352
52	Cabrália Paulista	Cabrália Paulista	670,50	7516,25	500	22	478
53	Cafelândia	Bacuriti	661,45	7612,25	410	71	339
54	Cafelândia	Cafelândia	644,00	7589,00	460	113	347
55	Cafelândia	Simões	662,00	7603,60	440	103	337
56	Caiabu	Iubatinga	479,35	7577,25	440	216	224
57	Caiabu	Caiabu	475,25	7565,80	480	189	291
58	Cajobi	Monte Verde Pta	729,82	7693,94	590	124	466

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
59	Cajobi	Cajobi	730,00	7689,40	520	44	476
60	Cândido Rodrigues	Cândido Rodrigues	746,05	7639,95	590	134	456
61	Cardoso	Vila Alves	607,50	7769,20	470	82	388
62	Cardoso	S. J. do Marinheiro	600,25	7784,25	390	30	360
63	Cardoso	Cardoso	613,50	7778,95	424	22	402
64	Castilho	Junqueira	442,10	7689,65	366	91	275
65	Castilho	Castilho	448,85	7692,80	382	136	246
66	Catanduva	Catanduva	716,40	7665,35	605	170	435
67	Catanduva	Catanduva	710,70	7662,86	500	98	402
68	Catiguá	Catiguá	701,35	7670,00	480	102	378
69	Cerqueira César	Cerqueira César	703,65	7464,55	670	23	647
70	Clementina	Clementina	557,15	7617,60	490	149	341
71	Colina	Colina	757,25	7706,50	580	88	492
72	Coroados	Brejo Alegre	584,35	7659,00	405	53	352
73	Coroados	Coroados	572,40	7638,60	370	46	324
74	Cosmorama	Cosmorama	626,70	7735,05	491	65	426
75	Cuiabá Paulista	Cuiabá Paulista	392,94	7533,20	387	216	171
76	Dirce Reis	Dirce Reis	541,10	7737,10	400	101	299
77	Dois Córregos	Dois Córregos	769,75	7523,20	722	28	694
78	Dolcinópolis	Dolcinópolis	553,15	7774,45	430	64	366
79	Dourado	Santa Clara	779,50	7556,65	705	32	673
80	Dracena	Dracena	444,40	7622,85	420	265	155
81	Duartina	Duartina	662,77	7520,37	550	108	442
82	Echaporã	Echaporã	578,79	7519,45	540	148	392
83	Elisiário	Elisiário	696,05	7658,00	480	105	375
84	Embaúba	Embaúba	724,50	7678,40	560	79	481
85	Emilianópolis	Emilianópolis	450,00	7584,90	330	110	220
86	Espirito Santo do Turvo	Espirito S. do Turvo	661,50	7489,50	500	26	474
87	Estrela do Norte	Faz. Rebojo	425,15	7511,25	370	127	243

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
88	Estrela do Norte	Sede	432,05	7513,20	410	165	245
89	Estrela D'Oeste	B. Esperança	563,10	7766,30	455	70	385
90	Estrela D'Oeste	Estrela D'Oeste	562,25	7754,80	430	58	372
91	Euclides da Cunha Pta	Euclides da Cunha Pta.	336,75	7504,30	290	67	223
92	Fernando Prestes	Agulha	734,38	7635,68	520	107	413
93	Fernando Prestes	Fernando Prestes	739,65	7645,85	560	135	425
94	Fernandópolis	Brasitânia	571,40	7773,20	495	88	407
95	Fernandópolis	Fernandópolis	577,90	7758,05	520	152	368
96	Flora Rica	Flora Rica	460,20	7602,65	340	179	161
97	Floreal	Floreal	590,55	7715,50	450	86	364
98	Florida Paulista	Indaiá do Aguapeí	484,35	7633,20	360	57	303
99	Florida Paulista	Florida Paulista	483,15	7610,30	400	233	167
100	Gabriel Monteiro	Gabriel Monteiro	543,70	7619,50	405	64	341
101	Gália	Fernão Dias	652,15	7527,00	540	174	366
102	Garça	Jafa	631,00	7542,90	670	302	368
103	Gastão Vidigal	Gastão Vidigal	583,95	7700,40	435	87	348
104	Gavião Peixoto	Gavião Peixoto	752,45	7584,75	510	20	490
105	General Salgado	Nova Castilho	568,40	7703,85	420	124	296
106	General Salgado	Nova Palmira	562,79	7709,36	460	169	291
107	General Salgado	Prudêncio e Moraes	552,70	7730,85	405	107	298
108	General Salgado	São João de Iracema	567,25	7731,50	420	124	296
109	General Salgado	General Salgado	566,80	7717,50	505	197	308
110	Getulina	Getulina	603,20	7589,70	460	211	249
111	Glicério	Glicério	583,25	7635,70	370	18	352
112	Guaíçara	Guaíçara	624,62	7609,25	460	146	314
113	Guaimbê	Guaimbê	614,55	7577,20	490	161	329
114	Guapiaçu	Guapiaçu	684,75	7699,35	510	125	385
115	Guaraçaí	Guaraçaí	478,30	7673,70	455	182	273
116	Guaraçaí	Guaraçaí	450,75	7654,75	290	27	263

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
117	Guaraci	Guaraci	716,35	7731,27	455	40	415
118	Guarani D'Oeste	Arabá	562,35	7801,85	415	26	389
119	Guarani D'Oeste	Ouroeste	569,50	7790,20	440	52	388
120	Guarani D'Oeste	Guarani D'Oeste	563,80	7776,80	418	16	402
121	Guarantã	Guarantã	645,80	7577,20	530	167	363
122	Guararapes	Guararapes	538,35	7649,40	365	42	323
123	Guzolandia	Guzolandia	527,60	7720,50	395	125	270
124	Guzolândia	Guzolândia	533,25	7715,80	390	145	245
125	Iacri	Iacri	531,70	7582,70	510	153	357
126	Ibirá	Ibirá	682,81	7667,78	435	78	357
127	Ibirá	Termas de Ibirá	688,15	7665,15	430	48	382
128	Icem	Icem	687,70	7750,10	425	10	415
129	Iepê	Iepê	491,35	7494,70	370	10	360
130	Ilha Solteira	Ilha Solteira	459,78	7736,30	320	43	277
131	Indiana	Indiana	473,40	7547,80	500	215	285
132	Indiaporã	Vila Tupinambá	579,50	7785,50	460	85	375
133	Inúbia Paulista	Inúbia Paulista	504,05	7592,75	465	210	255
134	Irapuã	Irapuã	664,80	7643,50	410	74	336
135	Irapuru	Irapuru	464,00	7615,50	426	200	226
136	Itajobi	Itajobi	702,35	7642,50	505	103	402
137	Itápolis	Nova América	738,80	7618,90	520	109	411
138	Itápolis	Itápolis	725,40	7610,25	510	58	452
139	Itápolis	Tapinas	729,55	7626,00	505	50	455
140	Itápolis	Itápolis	728,05	7615,75	565	75	490
141	Itapura	Entre Rios	459,78	7716,88	345	16	329
142	Jaboticabal	Jaboticabal	781,00	7649,10	563	15	548
143	Jaboticabal	Jaboticabal	777,05	7647,50	640	62	578
144	Jaci	Jaci	648,45	7689,45	550	170	380
145	Jales	Vitória Brasil	554,50	7766,90	480	94	386

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
146	Jales	Jales	549,10	7758,20	470	137	333
147	João Ramalho	João Ramalho	523,75	7539,50	550	170	380
148	João Ramalho	João Ramalho	519,15	7526,33	464	110	354
149	José Bonifácio	José Bonifácio	610,30	7655,70	425	64	361
150	José Bonifácio	José Bonifácio	635,75	7671,75	420	49	371
151	Júlio de Mesquita	Júlio de Mesquita	624,70	7565,20	537	200	337
152	Lavínia	Lavínia	495,40	7658,75	435	152	283
153	Lençóis Paulista	Lençóis Paulista	725,00	7505,00	600	46	554
154	Lins	Lins	628,75	7603,00	465	129	336
155	Lins	Lins	627,71	7603,66	455	114	341
156	Lucélia	Pracinha	491,70	7585,80	360	160	200
157	Lucélia	Lucélia	497,85	7597,25	430	185	245
158	Lucianópolis	Lucianópolis	651,95	7518,28	520	89	431
159	Luiziânia	Luiziânia	569,25	7603,45	400	97	303
160	Lupércio	Sta. Terezinha	627,52	7524,83	640	290	350
161	Lutécia	Lutécia	560,20	7524,80	540	97	443
162	Macaubal	Macaubal	608,60	7700,50	540	140	400
163	Macedonia	Macedonia	583,99	7771,30	510	172	338
164	Magda	Magda	580,45	7717,15	500	143	357
165	Marapoama	Marapoama	693,77	7648,35	480	130	350
166	Mariópolis	Mourão	481,80	7598,20	408	134	274
167	Mariópolis	Mariópolis	490,15	7589,55	400	231	169
168	Marília	Amadeu Amaral	598,69	7533,35	432	95	337
169	Marília	Marília	610,27	7541,03	640	286	354
170	Marinópolis	Marinópolis	518,45	7739,80	405	154	251
171	Matão	Matão	775,05	7605,90	630	89	541
172	Mendonça	Mendonça	646,70	7657,20	480	128	352
173	Meridiano	Meridiano	587,75	7748,75	470	76	394
174	Mira Estrela	Mira Estrela	593,75	7790,25	380	45	335

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
175	Mira Estrela	Mira Estrela	589,21	7784,80	472	109	363
176	Mirandópolis	Mirandópolis	496,70	7663,50	410	140	270
177	Mirandópolis	Mirandópolis	478,30	7656,15	345	98	247
178	Mirandópolis	Mirandópolis	489,95	7661,25	360	80	280
179	Mirante do Paranapanema	Costa Machado	414,20	7543,25	370	180	190
180	Mirassol	Mirassol	656,70	7695,80	550	202	348
181	Mirassolandia	Mirassolandia	659,70	7719,40	530	143	387
182	Monções	Monções	594,65	7693,30	415	55	360
183	Monte Alto	Ap. do Monte Alto	744,80	7650,05	540	117	423
184	Monte Alto	Ibitirama	765,25	7652,20	640	139	501
185	Monte Alto	Monte Alto	760,20	7645,30	650	130	520
186	Monte Alto	Monte Alto	761,25	7650,90	585	55	530
187	Monte Aprazível	Eng. Balduino	635,65	7712,45	570	144	426
188	Monte Azul Paulista	Monte Azul Paulista	746,05	7686,40	600	115	485
189	Murutinga do Sul	Murutinga do Sul	471,20	7678,90	415	150	265
190	Narandiba	Narandiba	446,26	7521,66	420	210	210
191	Neves Paulista	Neves Paulista	642,75	7694,90	555	151	404
192	Nhandeara	Ida Iolanda	609,40	7710,80	530	156	374
193	Nhandeara	Nhandeara	599,60	7712,25	490	127	363
194	Nipoã	Nipoã	622,55	7687,90	490	93	397
195	Nova Aliança	Nova Aliança	655,40	7675,70	460	136	324
196	Nova Canaã	Nova Canaã	504,95	7745,75	385	104	281
197	Nova Canaã	Socimba	511,00	7747,75	375	95	280
198	Nova Europa	Nova Europa	751,25	7589,75	530	28	502
199	Nova Granada	Ingás	673,90	7741,36	510	124	386
200	Nova Granada	Mangaratú	674,05	7740,05	470	84	386
201	Nova Granada	Nova Granada	675,05	7728,60	540	173	367
202	Nova Independência	Nova Independência	449,10	7665,75	320	86	234
203	Nova Luzitânia	Nova Luzitânia	576,50	7693,20	460	96	364

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
204	Novo Horizonte	Novo Horizonte	683,60	7624,30	452	60	392
205	Novo Horizonte	Vale Formoso	666,70	7624,95	460	115	345
206	Ocaçu	Ocaçu	610,20	7518,20	520	128	392
207	Olímpia	Olímpia	717,35	7706,70	500	24	476
208	Olímpia	Olímpia	718,20	7711,00	500	57	443
209	Onda Verde	Onda Verde	677,15	7720,95	520	170	350
210	Oriente	Oriente	594,10	7549,36	590	266	324
211	Orindiuva	Orindiuva	672,25	7767,60	450	18	432
212	Oscar Bressane	Oscar Bressane	576,30	7530,65	480	99	381
213	Osvaldo Cruz	Lagoa Azul	516,75	7598,90	360	78	282
214	Ouro Verde	Ouro Verde	427,35	7622,90	340	122	218
215	Pacaembu	Pacaembu	473,82	7615,90	400	182	218
216	Palestina	Duplo Céu	650,70	7760,00	440	6	434
217	Palestina	Palestina	663,72	7744,65	545	122	423
218	Palmares Paulista	Palmares Paulista	727,35	7666,75	565	117	448
219	Palmeira D'Oeste	Dalas	527,50	7731,20	360	96	264
220	Palmeiras D'Oeste	Palmeiras D'Oeste	523,70	7742,15	400	128	272
221	Panorama	Panorama	410,80	7636,90	325	113	212
222	Paraguaçu Paulista	Paraguaçu Paulista	543,00	7521,55	525	79	446
223	Paranapuã	Distrito Mesópolis	539,40	7795,10	380	6	374
224	Parapuã	Parapuã	523,50	7593,00	460	190	270
225	Paulicéia	Paulicéia	422,65	7655,60	322	94	228
226	Paulicéia	Paulicéia	413,75	7642,50	360	108	252
227	Pederneiras	Pederneiras	726,62	7528,07	570	51	519
228	Pedranópolis	Pedranópolis	593,80	7760,60	430	134	296
229	Penápolis	Penápolis	594,40	7630,10	415	104	311
230	Penápolis	Penápolis	600,15	7632,50	415	72	343
231	Pereira Barreto	Pereira Barreto	489,90	7697,70	380	111	269
232	Pereira Barreto	Pereira Barreto	489,78	7719,08	365	62	303

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
233	Pereira Barreto	Pereira Barreto	479,30	7731,55	375	39	336
234	Suzanápolis	Suzanápolis	497,40	7733,50	343	41	302
235	Piçatu	Piçatu	540,60	7612,50	390	119	271
236	Piquerobi	Piquerobi	425,25	7579,25	400	210	190
237	Pirajuí	Corredeira	641,95	7560,15	460	135	325
238	Pirajuí	Pirajuí	659,25	7566,10	500	146	354
239	Pirangi	Pirangi	742,30	7666,05	530	83	447
240	Pirapozinho	Pirapozinho	448,60	7537,42	435	271	164
241	Piratininga	Brasília Paulista	683,75	7515,95	540	86	454
242	Piratininga	Piratininga	692,05	7519,50	545	105	440
243	Pitangueiras	Ibitiúva	777,60	7675,70	625	79	546
244	Planalto	Planalto	610,00	7672,90	420	50	370
245	Poloni	Poloni	622,85	7699,55	510	101	409
246	Pompéia	Pompéia	585,77	7554,95	575	258	317
247	Pongai	Pongai	670,15	7596,20	395	50	345
248	Pontalinda	Pontalinda	550,25	7739,85	380	72	308
249	Pontes Gestal	Pontes Gestal	635,20	7768,90	445	26	419
250	Populina	Populina	548,85	7794,30	415	39	376
251	Populina	Povoado do Sol	556,60	7739,25	410	53	357
252	Populina	Populina	552,25	7805,20	440	43	397
253	Potirendaba	Potirendaba	668,65	7671,50	480	154	326
254	Potirendaba	Potirendaba	670,55	7671,48	475	140	335
255	Pratânia	Pratânia	739,40	7475,70	670	14	656
256	Presidente Alves	S. L. Guaricanga	671,90	7560,50	500	76	424
257	Presidente Bernardes	Nova Pátria	433,90	7542,85	420	252	168
258	Presidente Bernardes	Presidente Bernardes	442,40	7564,65	400	228	172
259	Presidente Epitácio	Presidente Epitácio	380,60	7590,40	290	82	208
260	Presidente Prudente	Ameliópolis	469,10	7590,00	410	222	188
261	Presidente Prudente	Floresta do Sul	468,40	7571,50	490	212	278

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
262	Presidente Prudente	Montalvão	464,40	7561,10	480	230	250
263	Presidente Prudente	Presidente Prudente	461,65	7554,55	450	249	201
264	Presidente Venceslau	Presidente Venceslau	414,10	7580,90	415	237	178
265	Promissão	S. M.Gurupá	602,45	7604,90	450	174	276
266	Promissão	Promissão	619,65	7617,20	430	121	309
267	Promissão	Promissão	625,98	7645,25	380	10	370
268	Quatá	Quatá	532,60	7539,85	500	116	384
269	Queiroz	Queiroz	578,75	7588,55	440	172	268
270	Quintana	Quintana	572,15	7559,45	600	262	338
271	Rancharia	Balneário	502,50	7530,70	440	106	334
272	Rancharia	Gardênia	509,60	7498,05	375	36	339
273	Rancharia	Rancharia	512,50	7542,20	540	173	367
274	Regente Feijó	Regente Feijó	470,20	7545,65	540	260	280
275	Regente Feijó	Regente Feijó	469,90	7543,90	490	228	262
276	Reginópolis	Fazenda São Roque	690,43	7601,98	400	31	369
277	Ribeirão dos Índios	Ribeirão dos Índios	437,62	7584,95	420	149	271
278	Rinópolis	Rinópolis	521,42	7605,42	408	153	255
279	Rinópolis	Rinópolis	528,65	7596,80	420	105	315
280	Rosana	Rosana	288,00	7502,00	260	38	222
281	Rubiácea	Caramuru	518,05	7630,95	400	121	279
282	Rubiácea	Rubiácea	527,95	7645,10	440	100	340
283	Rubinéia	Rubinéia	495,05	7755,35	340	34	306
284	Sabino	Sabino	648,50	7625,55	415	113	302
285	Sagres	Sagres	504,30	7579,80	439	142	297
286	Sales	Sales	655,76	7639,00	450	120	330
287	Salmourão	Salmourão	514,85	7608,90	460	181	279
288	Salmourão	Salmourão	514,15	7610,60	395	104	291
289	Santa Albertina	Santa Albertina	528,90	7783,70	385	46	339
290	Santa Bárbara do Rio Pardo	Iaras	688,20	7468,50	640	30	610

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
291	Santa Clara D'Oeste	Santa Clara D'Oeste	507,00	7778,90	370	19	351
292	Santa Clara D'Oeste	Santa Clara D'Oeste	507,60	7778,15	400	46	354
293	Santa Ernestina	Santa Ernestina	770,80	7624,00	550	19	531
294	Santa Fé do Sul	Santa Fé do Sul	507,85	7765,95	378	67	311
295	Santa Mercedes	Santa Mercedes	422,30	7638,10	350	153	197
296	Santa Mercedes	Terra Nova D'Oeste	428,75	7644,25	410	190	220
297	Santa Rita D'Oeste	Santa Rita D'Oeste	517,75	7772,60	430	96	334
298	Santana da Ponte Pensa	Santana da P. Pensa	521,50	7760,20	410	68	342
299	Santo Anastácio	Santo Anastácio	427,96	7578,88	355	161	194
300	Santo Anastácio	Santo Anastácio	431,15	7568,45	400	198	202
301	Santo Antonio do Aracanguá	S. A. Aracanguá	530,80	7692,15	340	55	285
302	Santo Antônio do Aracanguá	S. A. Aracanguá	551,80	7685,00	395	89	306
303	Santo Expedito	Santo Expedito	461,20	7582,25	400	187	213
304	Santópolis do Aguapeí	Santópolis do Aguapeí	552,00	7607,50	420	123	297
305	São Francisco	São Francisco	532,10	7749,15	420	140	280
306	São João das Duas Pontes	S. J. das Duas Pontes	565,07	7744,62	430	94	336
307	São João de Iracema	S. J. de Iracema	567,25	7731,50	420	124	296
308	São José do Rio Preto	S. J. do Rio Preto	667,50	7703,75	532	166	366
309	São Manuel	São Manuel	745,09	7482,64	750	44	706
310	Sebastianópolis do Sul	Sebastianópolis do Sul	610,50	7724,60	450	90	360
311	Sebastianópolis do Sul	Sebastianópolis do Sul	612,60	7715,90	460	51	409
312	Severínia	Severínia	728,85	7697,45	605	140	465
313	Sud Menucci	Bandeirantes D'Oeste	518,90	7721,05	400	172	228
314	Sud Menucci	Sud Menucci	510,30	7711,50	350	110	240
315	Suzanápolis	Suzanápolis	497,40	7733,50	343	41	302
316	Tabapuã	Novais	716,40	7677,30	550	110	440
317	Tabapuã	Tabapuã	703,80	7680,20	540	147	393
318	Taciba	Taciba	464,30	7530,15	496	251	245
319	Taciba	Taciba	469,90	7524,10	410	91	319

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
320	Taiacu	Taiacu	759,35	7660,40	580	104	476
321	Taiacu	Taiacu	757,85	7659,60	530	71	459
322	Taiuva	Taiuva	764,45	7662,40	600	120	480
323	Tanabi	Ecatu	633,10	7727,70	540	90	450
324	Tanabi	Tanabi	640,90	7718,10	500	61	439
325	Taquaritinga	Guariroba	746,20	7623,50	540	71	469
326	Taquaritinga	Taquaritinga	759,80	7631,80	540	61	479
327	Tarabai	Tarabai	430,68	7527,88	383	193	190
328	Tarabai	Tarabai	441,85	7533,90	430	234	196
329	Teodoro Sampaio	Planalto do Sul	372,20	7531,80	390	193	197
330	Teodoro Sampaio	Santa Rita do Pontal	362,80	7504,30	320	103	217
331	Teodoro Sampaio	Teodoro Sampaio	378,70	7508,45	365	158	207
332	Três Fronteiras	Atlântida	511,00	7747,75	375	94	281
333	Três Fronteiras	Três Fronteiras	510,80	7762,50	380	43	337
334	Tupã	Arco Íris	555,50	7592,10	440	138	302
335	Tupã	Tupã	551,48	7576,49	430	148	282
336	Tupã	Varpa	548,65	7557,70	340	34	306
337	Tupã	Tupã	550,60	7573,00	510	232	278
338	Tupi Paulista	Tupi Paulista	440,90	7634,25	420	175	245
339	Turiuba	Turiuba	591,40	7683,10	420	85	335
340	Turmalina	Turmalina	555,00	7780,90	420	36	384
341	Turmalina	Fátima Paulista	556,85	7777,25	435	54	381
342	Ubarana	Ubarana	633,15	7658,80	441	82	359
343	Ubirajara	Ubirajara	637,00	7508,40	490	107	383
344	Uchoa	Uchoa	689,75	7681,00	510	130	380
345	União Paulista	União Paulista	614,85	7689,90	480	123	357
346	Urânia	Santa Salete	532,60	7761,20	435	123	312
347	Urânia	Urânia	536,50	7761,30	460	117	343
348	Uru	Uru	678,25	7590,15	400	40	360

ANEXO I - Dados de poços tubulares profundos utilizados para elaboração do contorno estrutural do topo do basalto							
<i>* valor mínimo</i>							
Número	Município	Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)	Espes. basalto (m)	Topo basalto (m)
349	Urupês	S. J. do Itaguaçu	687,50	7656,90	410	32	378
350	Urupês	Urupês	677,40	7653,40	460	104	356
351	Valentim Gentil	Valentim Gentil	594,95	7740,45	470	136	334
352	Valentim Gentil	Valentim Gentil	594,65	7746,25	440	42	398
353	Valparaíso	Valparaíso	515,45	7652,60	460	203	257
354	Valparaíso	Valparaíso	514,85	7652,65	440	186	254
355	Vera Cruz	Vera Cruz	621,31	7541,70	650	306	344
356	Votuporanga	Votuporanga	607,45	7740,00	520	143	377
357	Zacarias	Zacarias	598,90	7671,40	390	27	363

ANEXO II - Perfis geofísicos analisados					
Nº	Município	Distrito / Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)
1	Adamantina	Adamantina	490,05	7601,75	390
2	Agudos	Agudos	707,90	7513,55	580
3	Alfredo Marcondes	Alfredo Marcondes	457,25	7572,50	450
4	Altair	Altair	701,95	7729,30	560
5	Alto Alegre	S. Martinho D'Oeste	574,35	7614,35	450
6	Alto Alegre	Alto Alegre	585,85	7614,15	470
7	Alvares Machado	Cel. Goulart	444,20	7543,65	430
8	Álvares Machado	Álvares Machado	453,15	7556,90	400
9	Alvaro de Carvalho	Alvaro de Carvalho	632,25	7557,12	620
10	Alvinlândia	Alvinlândia	625,30	7516,50	540
11	Américo de Campos	Am. de Campos	631,70	7755,45	440
12	Andradina	Andradina	461,50	7687,70	410
13	Anhumas	Anhumas	459,77	7534,18	400
14	Aparecida D'Oeste	Aparecida D'Oeste	511,84	7738,66	420
15	Araçatuba	Araçatuba	557,65	7658,50	410
16	Araraquara	Araraquara	794,15	7589,10	700
17	Ariranha	Ariranha	729,61	7654,88	585
18	Aspásia	Aspásia	527,85	7767,60	420
19	Auriflama	Auriflama	547,10	7710,00	390
20	Bady Bassit	Bady Bassit	661,40	7685,95	520
21	Balbinos	Balbinos	669,80	7577,40	450
22	Bastos	Bastos	526,10	7574,50	410
23	Bauru	Bauru	700,85	7529,25	580
24	Bauru	Tibiriçá	683,13	7539,85	585
25	Bilac	Bilac	553,65	7633,85	463
26	Birigui	Birigui	566,05	7646,15	465
27	Birigui	Birigui	569,20	7644,65	410
28	Birigui	Taquari	560,85	7634,75	435
29	Braúna	Braúna	570,35	7622,00	485
30	Caiabu	Caiabu	475,25	7565,80	480
31	Caiabu	Iubatinga	479,35	7577,25	440
32	Cajobi	Monte Verde Pta	729,82	7693,94	590
33	Cajobi	Cajobi	730,00	7689,40	520
34	Cardoso	Vila Alves	607,50	7769,20	470
35	Catanduva	Catanduva	716,40	7665,35	605
36	Clementina	Clementina	557,15	7617,60	490
37	Colina	Colina	757,25	7706,50	580
38	Dirce Reis	Dirce Reis	541,10	7737,10	400
39	Dolcinópolis	Dolcinópolis	553,15	7774,45	430
40	Dracena	Dracena	440,40	7624,50	410
41	Duartina	Duartina	662,77	7520,37	550
42	Echaporã	Echaporã	578,79	7519,45	540
43	Embaúba	Embaúba	724,50	7678,40	560
44	Emilianópolis	Emilianópolis	450,00	7584,90	330
45	Estrela do Norte	Faz. Rebojo	425,15	7511,25	370
46	Estrela do Norte	Estrela do Norte	432,05	7513,20	410
47	Estrela D'Oeste	Estrela D'Oeste	562,25	7754,80	430
48	Fernando Prestes	Fernando Prestes	739,65	7645,85	560

ANEXO II - Perfis geofísicos analisados					
Nº	Município	Distrito / Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)
49	Fernando Prestes	Agulha	734,38	7635,68	520
50	Fernandópolis	Brasitânia	571,40	7773,20	495
51	Fernandópolis	Fernandópolis	577,90	7758,05	520
52	Flora Rica	Flora Rica	460,20	7602,65	340
53	Floreal	Floreal	590,55	7715,50	450
54	Florida Paulista	Florida Paulista	483,00	7609,30	440
55	Gália	Fernão Dias	652,15	7527,00	540
56	Gastão Vidigal	Gastão Vidigal	583,95	7700,40	435
57	General Salgado	General Salgado	566,80	7717,50	505
58	General Salgado	Nova Palmira	562,79	7709,36	460
59	General Salgado	General Salgado	566,01	7716,19	470
60	Getulina	Getulina	603,20	7589,70	460
61	Guaiçara	Guaiçara	624,20	7608,80	460
62	Guaimbê	Guaimbê	614,60	7577,21	480
63	Guaraçaí	Guaraçaí	478,30	7673,70	455
64	Guarantã	Guarantã	645,80	7577,20	530
65	Guzolândia	Guzolândia	533,25	7715,80	390
66	Iacri	Iacri	531,70	7582,70	510
67	Indiana	Indiana	473,40	7547,80	500
68	Inúbia Paulista	Inúbia Paulista	504,05	7592,75	470
69	Irapuã	Irapuã	664,80	7643,50	410
70	Itajobi	Itajobi	702,35	7642,50	505
71	Itápolis	Nova América	738,80	7618,90	520
72	Itápolis	Tapinas	729,55	7626,00	505
73	Jaboticabal	Jaboticabal	777,05	7647,50	640
74	Jaci	Jaci	648,45	7689,45	550
75	Jales	Vitória Brasil	554,50	7766,90	480
76	Jales	Jales	549,10	7758,20	470
77	Júlio de Mesquita	Júlio de Mesquita	624,70	7565,20	537
78	Lavínia	Lavínia	495,40	7658,75	435
79	Lins	Lins	627,71	7603,66	455
80	Lucélia	Pracinha	491,70	7585,80	360
81	Lucélia	Lucélia	497,85	7597,25	430
82	Luiziânia	Luiziânia	569,25	7603,45	400
83	Lupércio	Sta. Terezinha	627,52	7524,83	640
84	Macaubal	Macaubal	608,60	7700,50	540
85	Macedonia	Macedonia	583,99	7771,30	510
86	Mariápolis	Mourão	481,80	7598,20	408
87	Mariápolis	Mariápolis	490,15	7589,55	400
88	Marília	Marília	610,27	7541,03	640
89	Marinópolis	Marinópolis	518,45	7739,80	405
90	Matão	Matão	775,05	7605,90	630
91	Mendonça	Mendonça	646,70	7657,20	480
92	Mira Estrela	Mira Estrela	593,75	7790,25	380
93	Mirandópolis	Mirandópolis	489,95	7661,25	360
94	Mirante do Paranapanema	Costa Machado	414,20	7543,25	370
95	Mirassol	Mirassol	656,70	7695,80	550
96	Mirassolandia	Mirassolandia	659,70	7719,40	530

ANEXO II - Perfis geofísicos analisados					
Nº	Município	Distrito / Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)
97	Monte Alto	Ap. do Monte Alto	744,80	7650,05	540
98	Murutinga do Sul	Murutinga do Sul	471,20	7678,90	415
99	Murutinga do Sul	Murutinga do Sul	471,30	7679,00	415
100	Narandiba	Narandiba	446,26	7521,66	420
101	Neves Paulista	Neves Paulista	642,75	7694,90	555
102	Nhandeara	Ida Iolanda	609,40	7710,80	530
103	Nova Granada	Onda Branca	668,40	7736,30	560
104	Nova Granada	Ingás	673,90	7741,36	510
105	Nova Granada	Nova Granada	675,05	7728,60	540
106	Nova Independência	Nova Independência	449,10	7665,75	320
107	Nova Luzitânia	Nova Luzitânia	576,50	7693,20	460
108	Onda Verde	Onda Verde	677,15	7720,95	520
109	Oriente	Oriente	594,10	7549,36	590
110	Osvaldo Cruz	Lagoa Azul	516,75	7598,90	360
111	Pacaembu	Pacaembu	473,82	7615,90	400
112	Palmares Paulista	Palmares Paulista	727,35	7666,75	565
113	Panorama	Panorama	410,80	7636,90	325
114	Parapuã	Parapuã	523,50	7593,00	460
115	Pedranópolis	Pedranópolis	593,80	7760,60	430
116	Penápolis	Penápolis	600,15	7632,50	415
117	Piacatu	Piacatu	540,60	7612,50	390
118	Pirajuí	Corredeira	641,95	7560,15	460
119	Pirapozinho	Pirapozinho	448,60	7537,42	435
120	Piratininga	Piratininga	692,05	7519,50	545
121	Piratininga	Brasília Paulista	683,75	7515,95	540
122	Planalto	Planalto	610,00	7672,90	420
123	Poloni	Poloni	622,85	7699,55	510
124	Pompéia	Pompéia	585,77	7554,95	550
125	Pontalinda	Pontalinda	550,25	7739,85	380
126	Populina	Povoado do Sol	556,60	7739,25	410
127	Potirendaba	Potirendaba	670,55	7671,48	475
128	Presidente Alves	S. L. do Guaricanga	671,90	7560,50	500
129	Presidente Bernardes	Nova Pátria	433,90	7542,85	420
130	Presidente Bernardes	P. Bernardes	442,40	7564,65	400
131	Presidente Epitácio	P. Epitácio	380,60	7590,40	290
132	Presidente Prudente	Ameliópolis	469,10	7590,00	410
133	Presidente Prudente	Floresta do Sul	468,40	7571,50	490
134	Presidente Prudente	Montalvão	464,40	7561,10	480
135	Presidente Prudente	Presidente Prudente	461,65	7554,55	450
136	Presidente Venceslau	Presidente Venceslau	414,10	7580,90	415
137	Promissão	S. M.do Gurupá	602,45	7604,90	450
138	Promissão	Promissão	619,65	7617,20	430
139	Quatá	Quatá	532,60	7539,85	500
140	Queiroz	Queiroz	578,75	7588,55	440
141	Quintana	Quintana	572,15	7559,45	600
142	Rancharia	Balneário	502,50	7530,70	440
143	Rancharia	Rancharia	512,50	7542,20	560
144	Regente Feijó	Regente Feijó	470,20	7545,65	540

ANEXO II - Perfis geofísicos analisados					
Nº	Município	Distrito / Bairro	Coord. EW (km)	Coord. NS (km)	Cota (m)
145	Rinópolis	Rinópolis	528,65	7596,80	420
146	Rubiácea	Caramuru	518,05	7630,95	400
147	Rubiácea	Rubiácea	527,95	7645,10	440
148	Sagres	Sagres	504,30	7579,80	439
149	Salmourão	Salmourão	514,85	7608,90	460
150	Salmourão	Salmourão	514,15	7610,60	395
151	Santa Clara D'Oeste	Santa Clara D'Oeste	507,60	7778,15	400
152	Santa Mercedes	Terra Nova D'Oeste	428,75	7644,25	410
153	Piquerobi	Piquerobi	427,96	7578,88	355
154	Santo Anastácio	S. Anastácio	431,15	7568,45	400
155	Santo Antônio do Aracanguá	S. A. do Aracanguá	551,80	7685,00	395
156	Santo Expedito	S. Expedito	461,20	7582,25	400
157	Santópolis do Aguapeí	Santópolis do Aguapeí	552,00	7607,50	420
158	São João das Duas Pontes	S. J. das Duas Pontes	565,07	7744,62	430
159	São José do Rio Preto	S. J. do Rio Preto	667,50	7703,75	532
160	Sud Menucci	Sud Menucci	510,30	7711,50	350
161	Sud Menucci	Bandeirantes D'Oeste	518,90	7721,05	400
162	Tabapuã	Tabapuã	703,80	7680,20	540
163	Taciba	Taciba	469,90	7524,10	410
164	Taiapu	Taiapu	757,85	7659,60	530
165	Taiuva	Taiuva	764,45	7662,40	600
166	Tarabai	Tarabai	441,85	7533,90	430
167	Teodoro Sampaio	Planalto do Sul	372,20	7531,80	390
168	Teodoro Sampaio	Teodoro Sampaio	378,70	7508,45	365
169	Três Fronteiras	Três Fronteiras	510,80	7762,50	380
170	Tupã	Tupã	551,48	7576,49	510
171	Ubarana	Ubarana	633,15	7658,80	441
172	Ubirajara	Ubirajara	637,00	7508,40	490
173	Uchoa	Uchoa	689,75	7681,00	510
174	União Paulista	União Paulista	614,85	7689,90	480
175	Urânia	Santa Salete	532,60	7761,20	435
176	Urânia	Urânia	536,50	7761,30	460
177	Urupês	Urupês	677,40	7653,40	460
178	Valentim Gentil	Valentim Gentil	594,65	7746,25	440
179	Valparaíso	Valparaíso	515,45	7652,60	460
180	Votuporanga	Votuporanga	607,45	7740,00	520