

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**MÉTODO DE ELETRORRESISTIVIDADE APLICADA AO ESTUDO DO
CONTORNO ESTRUTURAL DA REGIÃO DO DOMO DE PIRATININGA-SP**

Vinícius Zoratti Ferreira

Prof(a).Dr(a). Antônio Celso de Oliveira Braga

Rio Claro (SP)

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

VINÍCIUS ZORATTI FERREIRA

**MÉTODO DE ELETRORRESISTIVIDADE APLICADO AO
ESTUDO DO CONTORNO ESTRUTURAL DA REGIÃO
DO DOMO DE PIRATININGA-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do título
de grau em Geologia.

Rio Claro - SP

2016

551 Zoratti, Vinicius Ferreira
Z88m Método de eletrorresistividade aplicado ao estudo do
contorno estrutural da região do Domo de Piratininga-SP /
Vinicius Ferreira Zoratti. - Rio Claro, 2016
32 f. : il., figs.

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Antônio Celso de Oliveira Braga

1. Geofísica. 2. Embasamento cristalino. 3. Sondagem
Elétrica Vertical. 4. IX1D. 5. Convênio CESP/IPT-
Paulipetro.. I. Título.

RESUMO - A área de estudo abrange a região ao Sul do município de Bauru, representado pelo Domo de Piratininga. No centro desse alto estrutural afloram rochas do Permiano (Grupo Passa Dois) e do Triássico (Formação Pirambóia), em contraste com as formações do Cretáceo (Grupo Bauru) que estão nos arredores da área. Na década de 80 ocorreram diversos estudos e pesquisas no Domo de Piratininga, pois este apresenta ausência da Formação Serra Geral, o que seria propício para a formação de uma armadilha de hidrocarbonetos. O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de mapas de contorno estrutural e a interação entre a anomalia do embasamento com as unidades ausentes. Os dados geofísicos de Sondagem Elétrica Vertical (SEV's) foram processados e utilizados para a elaboração dos mapas. Foram elaborado diversos mapas para a interpretação do alto estrutural, principalmente o mapa de contorno estrutural da Formação Serra Geral e do embasamento cristalino. A anomalia existente no embasamento cristalino da Bacia do Paraná é o fator fundamental para a irregularidade da Formação Serra Geral e a causa da ausência dessa unidade.

PALAVRAS CHAVES: Domo de Piratininga. Embasamento Cristalino. SEV. IX1D. Convênio CESP/IPT-Paulipetro.

ABSTRACT - The study area covers a region to the south of the municipality of Bauru, represented by the Piratininga Dome. In the center of this structural high, outcrop Permian (Pirambóia Formation) and Triassic (Pirambóia Formation), in contrast to the Cretaceous formations (Bauru Group), in the vicinity of the area. In the 1980s, several studies and research were developed on the Piratininga Dome, since this one shows absence of the Serra Geral formation, being conducive to a hydrocarbon trap. The general objective of this work is structural contour mapping and interaction between the anomaly of the basement and the missing units. The geophysical data of Vertical Electrical Survey (VES) were processed and used for mapping. Several maps were elaborated for an interpretation of the structural high, mainly the structural map of the Serra Geral Formation and the crystalline basement. The anomaly in the crystalline basement of the Paraná Basin is the fundamental factor for the irregularity of the Serra Geral Formation and the cause of the absence of this unit.

KEY WORDS: Piratininga dome. Crystalline Basement. SEV; IX1D; Agreement CESP / IPT-Paulipetro.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVO	1
1.2. OBJETIVO	1
2. BACIA DO PARANÁ	3
2.1. EMBASAMENTO DA BACIA DO PARANÁ	4
2.2. CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO	6
2.3. ESTRUTURAS GEOLÓGICAS	8
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	9
3.1. GEOLOGIA LOCAL.....	9
3.1.1. Grupo Passa Dois (Supersequência Gondwana I)	11
3.1.1.1. Formação Teresina	12
3.1.2. Grupo São Bento (Supersequência Gondwana II)	12
3.1.2.1. Formação Teresina	13
3.1.2.2. Formação Pirambóia	13
3.1.2.3. Formação Serra Geral.....	13
3.1.3. Grupo Bauru (Supersequência Bauru)	14
3.1.3.1. Formação Adamantina	14
3.1.3.2. Formação Marília	15
3.2. DOMO DE PIRATININGA	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1. MATERIAIS	17
4.1.1. Dados do CESP/IPT-Paulipetro	17
4.1.2. Softwares	17
4.2. PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS.....	18
4.2.1. Métodos Geométricos	18
4.2.2. Método de Eletroresistividade	18
4.2.2.1. Sondagem Elétrica Vertical - (SEV)	20
4.2.3. Geração dos Mapas de Contorno Estrutural	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1. FORMAÇÃO SERRA GERAL.....	22
5.2. EMBASAMENTO CRISTALINO	25
5.3. PERFIL A-B	26
6. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da bacia sedimentar do Paraná encontram-se feições singulares que são chamadas de altos estruturais, as quais constituem testemunhos da evolução tectônica que a região sofreu. Essas feições estruturais são resultado da reativação de zonas de cisalhamentos do embasamento pré-Cambriano, sendo estas relativamente comuns em bacias do tipo intracratônicas.

Inúmeros trabalhos relacionam essas estruturas envolvendo as suas litologias e tectonismo, com a evolução da Bacia do Paraná. Estes estudos variam desde o levantamento de campo em uma grande escala (SOARES, 1974 e 1996; RICCOMINI, 1995 e 1997; ARAÚJO *et al.*, 2005), como também estudos de semi-detalle, focando em certas áreas como mapeamento geológico (SOARES, 1974), ou evolução tectônica.

Os altos estruturais do estado de São Paulo já foram alvos de diversos estudos e pesquisas na década de 80 (IPT, PauliPetro, Petrobrás, Companhia Energética de São Paulo), que foram estimulados pelo incentivo da prospecção de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná (IPT, 2013) e, mais recentemente, a procura de gás natural. Levantamentos geofísicos a partir do método da eletrorresistividade e da técnica da sondagem elétrica vertical, foram realizados para a investigação do embasamento cristalino.

O Domo de Piratininga, foco deste projeto, é um alto estrutural representado por um horst limitado por falhas, aflorando unidades litoestratigráficas mais velha, como os grupos Passa Dois e São Bento, em contraste com as formações do Grupo Bauru.

1.1. JUSTIFICATIVA

O Domo de Piratininga tem sido alvo de estudos desde a década de 80, esses estudos são de diversos tipos de trabalhos realizados, porém há uma carência de estudos sobre mapas estruturais das formações relacionado ao Domo de Piratininga.

Este trabalho tem o intuito de recuperar e preservar o acervo de dados geofísica de sondagem elétrica Vertical (SEV's), realizado na década de 70 e 80 pelo convênio CESP/IPT-Paulipetro.

1.2. OBJETIVO

O trabalho tem como o objetivo principal a investigação do Domo de Piratininga, localizado no município de Piratininga-SP, procurando identificar sequência estratigráfica,

analisar o alto estrutural e a configuração mapas temáticos, a partir da técnica da Sondagem Elétrica Vertical (SEV), pelo método de eletrorresistividade.

Tem como os objetivos específicos:

- Elaboração do mapa de contorno estrutural do embasamento cristalino da Bacia do Paraná na área de estudo.
- Elaboração do mapa de contorno estrutural da Formação Serra Geral
- Interpretação estrutural sobre o Domo de Piratininga

2. BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná se inclui no contexto das bacias sedimentares brasileiras como uma bacia interior e pode ser classificada como uma bacia intracratônica fanerozóica. Possui um formato alongado na direção NNE-SSW, com 1.750 km de comprimento e 900 km de largura (ZALÁN *et al.*, 1990). Segundo o trabalho da CPRM (BIZZI *et al.*, 2003) a Província Paraná (Província Sedimentar Meridional) abrange vários países e bacias. Esta província, com cerca de 1.050.000 km² apenas em território brasileiro, se estende para os territórios da Argentina, Paraguai e Uruguai, onde recebe o nome de Chaco-Paraná.

No Brasil a Província Paraná compreende três áreas de sedimentação independentes separadas por profundas discordâncias: Bacia do Paraná, a Bacia Serra Geral e a Bacia Bauru, e localiza-se no Sul – Sudeste do território brasileiro compreendendo os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O pacote que corresponde ao registro estratigráfico da Bacia do Paraná (Figura 1) possui uma espessura total máxima em torno dos 7 mil metros, coincidindo geograficamente o depocentro estrutural da sinéclise com a região da calha do rio Paraná (MILANI *et al.*, 2007). Os limites da referida Bacia são dados à norte pelo Arco de Goiânia/Alto Parnaíba, à noroeste pelo cinturão de dobramentos Paraguai-Araguaia, à nordeste pela flexura de Goiânia, à oeste pelo Arco de Assunção, à leste pelo Arco de Ponta Grossa e à sul pelo Arco do Rio Grande.

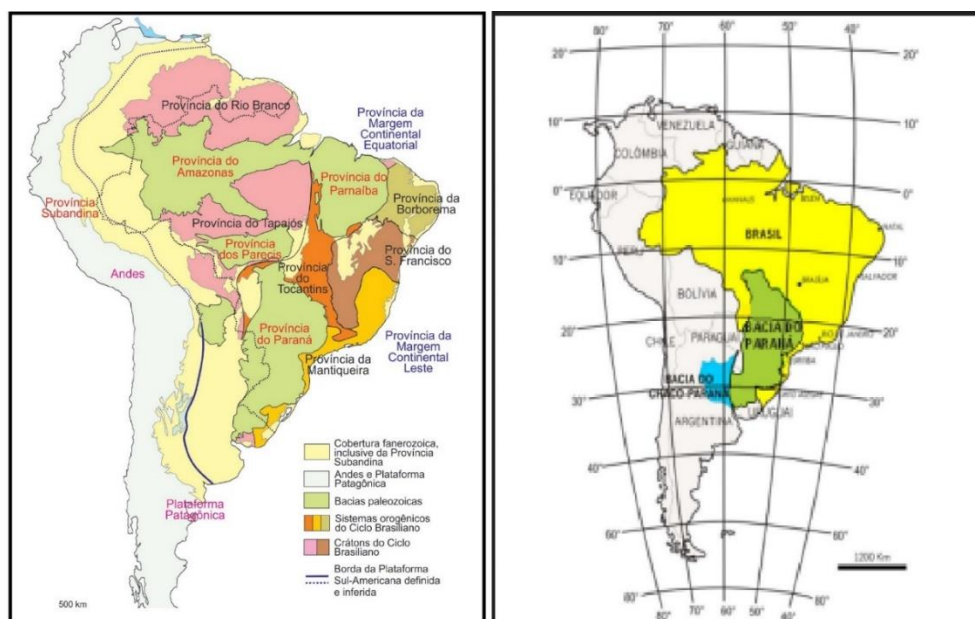


Figura 1:(esquerda) As províncias estruturais do Brasil. 13 províncias no total, três a mais o que foi proposto por Almeida *et al.* (1977, 1981). (Modificado de HASUI, 2012); (direita) - Localização da Bacia do Paraná no continente sul-americano. (Modificado de ZALÁN *et al.*, 1990)

São reconhecidos, segundo Milani *et al.* (2007), no registro estratigráfico da Bacia do Paraná seis unidades de ampla escala ou supersequências: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), essas três supersequências são representadas por sucessões sedimentares que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados a oscilações do nível relativo do mar no Paleozóico. As outras três: Gondwana II (Mesotriássico a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico - Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo), correspondem a pacotes de rochas sedimentares continentais com rochas ígneas associadas.

2.1. EMBASAMENTO DA BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná é do tipo sinéclise e é um dos 5 grandes depocentros individuais na América do Sul (MILANI e ZALÁN, 1999). O arcabouço estrutural da bacia é caracterizado por um conjunto de elementos tectonomagmáticos do Ciclo Brasileiro (ALMEIDA, 1980; MILANI, 1997), e apresenta uma dominância de elementos tectônicos lineares em três direções diferentes (NW-SE, NE-SW, W-E), de acordo com Zalán *et al.* (1990).

Os trabalhos de Milani (1997) e Milani & Ramos (1998) realizaram dez furos de sondagens atingindo o arcabouço, e foi possível identificar como rochas gnáissicas o pré-Brasiliano e assim o primeiro modelo para o embasamento da Bacia do Paraná foi proposto, onde se distingue o embasamento em três blocos que são delimitados por zonas de falhas, visto na figura 2.

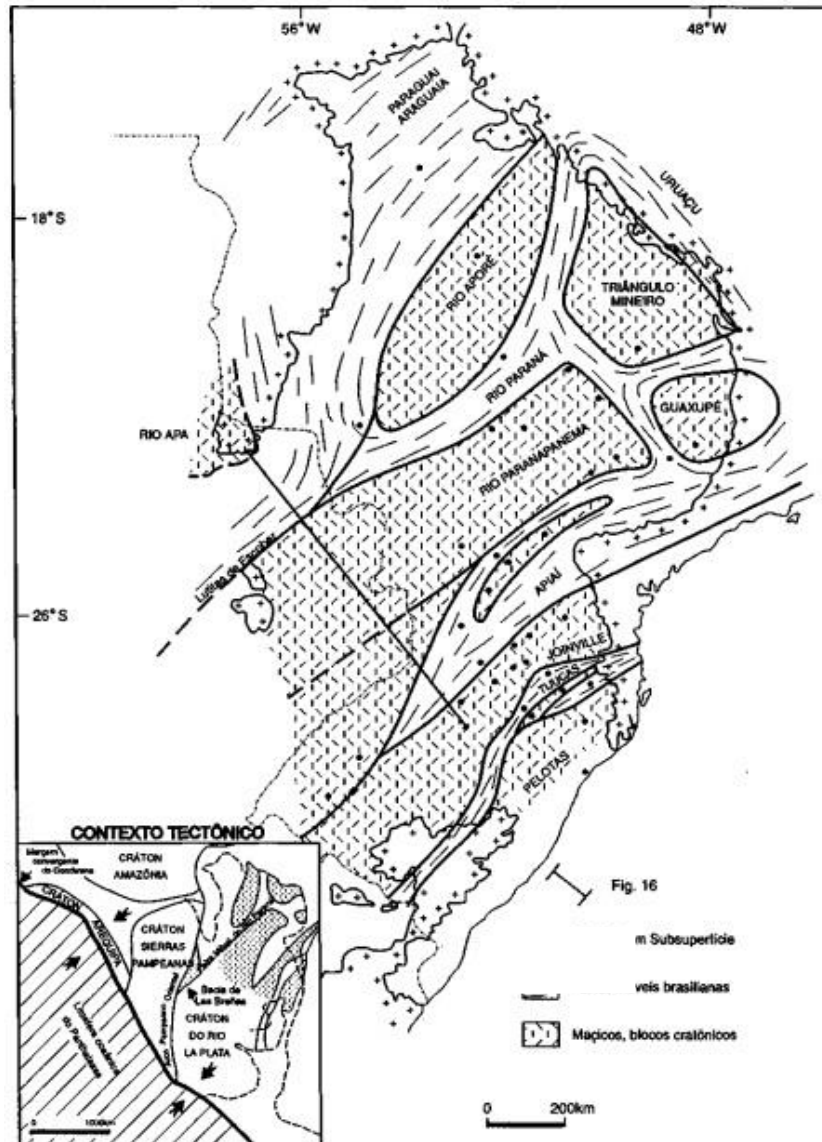


Figura 2: Compartimentação do embasamento da Bacia do Paraná segundo Milani (1997), Milani e Ramos (1998).

Quintas (1995) e Mantovani *et al.* (2005) confirmaram por dados de geofísica a existência de um núcleo cratônico central sob a Bacia do Paraná, definidas pelos padrões de assinatura de gravimetria. Estes trabalhos tinham o intuito de delimitar o embasamento, os quais foram processados retirando as influências das anomalias relativas as fontes profundas (manto) e das camadas sedimentares da bacia (fontes superficiais).

A partir dos dados gravimétricos confirmou-se a existência de um crâton, nomeado de Paranapanema (MANTOVANI e BRITO NEVES, 2005 e 2009; MANTOVANI *et al.*, 2005). (Figura 3).

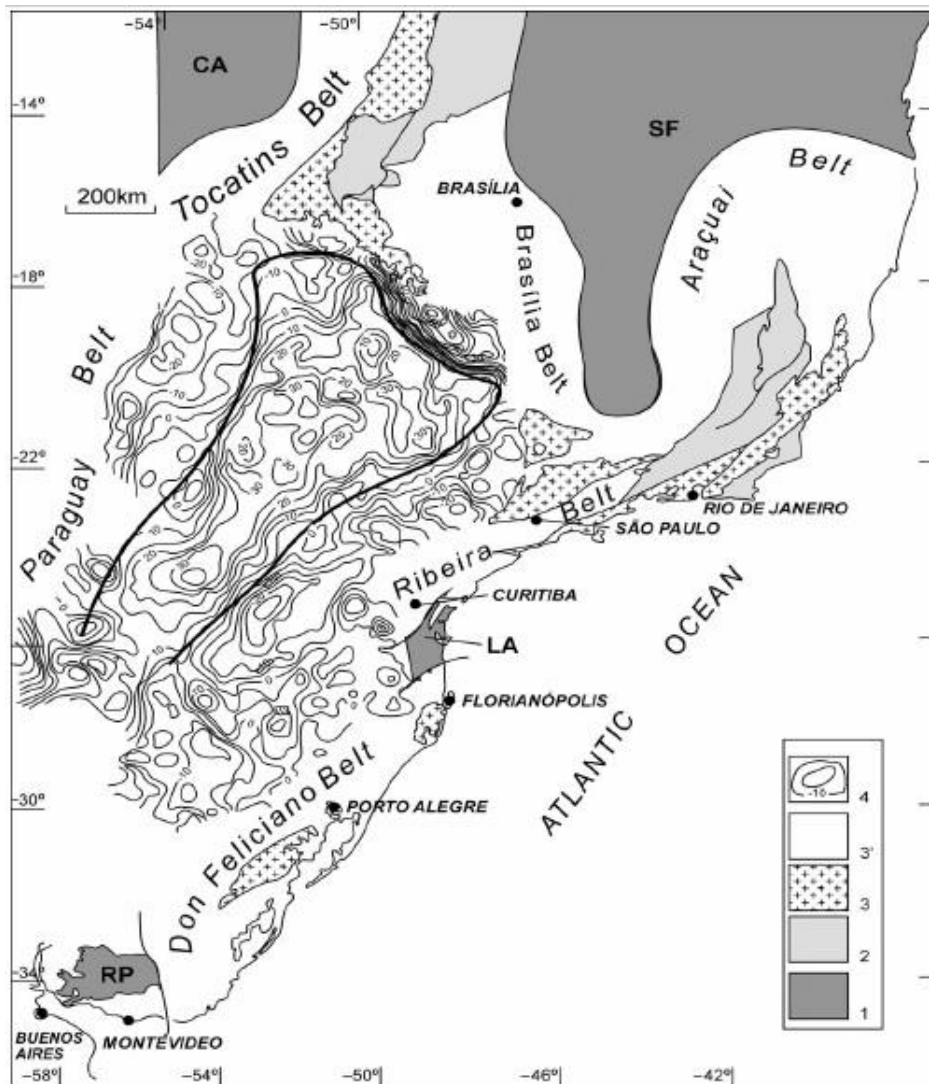


Figura 3: Mapa gravimétrico do embasamento. A linha contínua representa a delimitação do Bloco Parapanema. (1) Crátons: São Francisco (SF), Amazônico (CA), Luis Alves (LA), Rio de La Plata (RP); (2) Blocos Pré-Brasileiros retrabalhados; (3) Arcos magmáticos Brasiliano Proterozóicos; (3') Cinturões de rochas Supracrustais indiferenciadas; (4) Isolinhas gravimétricas. Fonte: MANTOVANI *et al.* (2005).

2.2. CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO

A coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná apresenta distintas formações geológicas (MILANI *et al.*, 2007), e na região da área de estudo, afloram diversas unidades em sub-superfície. As unidades expostas estão relacionadas a um conjunto de rochas sedimentares referentes a um determinado ciclo característico. As rochas sedimentares, na área, estão relacionadas às três Supersequências do Gondwana, ou seja, aflora as rochas do Permiano (Grupo Passa Dois), do Mesozoico (Grupo São Bento) e até o Eocretáceo, além da Supersequência Bauru (Neocretáceo). A seguir são descritas sucintamente as unidades da Bacia do Paraná aflorantes na região (Figura 4).

BR PETROBRAS										BACIA DO PARANÁ				
Ma	GEOCRONOLOGIA			NATUREZA DA SEDIMENTAÇÃO	AMBIENTE DEPOSICIONAL	DISCORDÂNCIAS	LITOESTRATIGRAFIA			ESPESSURA MÁXIMA (m)	SEQÜÊNCIAS			
	ERA PERÍODO	ÉPOCA	IDADE				GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO					
65	MESOZOICO	CRETÁCEO	NEO	MASTRICHTIANO	CONT.	ALÚVIO-FLUVIAL EÓLICO		BAURU/CAIUA	S. J. RIO PRETO		260	BAURU		
				CAMPANIANO										
				SANTONIANO										
				CONIACIANO										
				TURONIANO										
100			EO	CENOMANIANO	CONT.	MAGMAT. FISSURAL INTRA CONTINENTAL	EOCRETÁCICA		SERRA GERAL	N. PRATA	1700	GONDWANA III		
		ALBIANO												
		APTIANO												
		BARREMIANO												
		HAUTERIVIANO												
150		NEO	VALANGIANO	CONT.	EÓLICO	NEOJURÁSSICA		BOTUCATU		450				
	BERRIASIANO													
	TITHONIANO													
	KIMMERIDGIANO													
	OXFORDIANO													
200		MESO	CALLOVIANO	CONT.	FLÚVIO-LACUSTRE	EOTRIÁSSICA		SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	BATHONIANO													
	BAJOCIANO													
	BALENIANO													
	TOARGIANO													
250		EO	PLIENSCHACHIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			RIO DO RASTO	MORRO PELADO SERRINHA	650	GONDWANA I			
	SINEMURIANO													
	HETTANGIANO													
	RHAETIANO													
	NORIANO													
300		MESO	CARNIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	LADINIANO													
	ANISIANO													
	OLENEKIANO													
	INDUANO													
350		EO	CHANGHSINGIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			RIO DO RASTO		650	GONDWANA I			
	WUCHIANGIANO													
	CAPTANIANO													
	WORDIANO													
	ROADIANO													
400		MESO	KUNGURIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	ARTINSKIANO													
	SAKMARIANO													
	ASSELIANO													
	GZHELIANO													
450		EO	KASIMOVIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	MOSCOVIANO													
	BASHKIRIANO													
	SERPUKHOVIANO													
	VISEANO													
500		MESO	TOURNAISIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	GLACIAL													
	FAMENIANO													
	FRASNIANO													
	GIVETIANO													
550		EO	EIFELIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	PLATAFORMA RASA PLATAF. DISTAL													
	EMSIANO													
	PRAGUIANO													
	LOCHKOVIANO													
600		MESO	PRIDOLI	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	FLUV. / COST.													
	LUDLOW													
	WENLOCK													
	LIANDOVERY													
650		EO	LUDFORDIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	GLACIAL													
	GORSTIANO													
	HOMERIANO													
	SHENWOODIANO													
700		MESO	TELYCHIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	PLATAFORMA RASA PLATAF. DISTAL													
	AERONIANO													
	RHUDDANIANO													
	HIRNANIANO													
750		EO	KATIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	GLACIAL													
	SANDBIANO													
	DARRIWILIANO													
	DAPINGIANO													
800		MESO	FLOIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	FLUV. / COST.													
	TREMADOCIANO													
	PLATAFORMA RASA													
	NEOSSILURIANA													
850		EO	PRÉ-CAMBRIANO	CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	GLACIAL													
	VILA MARIA													
	IAPÓ													
	ALTO GARÇAS													
900		MESO		CONTINENT.	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS			SANTA MARIA		300	GONDWANA II			
	GLACIAL													
	PLATAFORMA RASA													
	NEOSSILURIANA													
	EMBASAMENTO													

Figura 4: Coluna representativa das unidades da Bacia do Paraná e suas respectivas Superseqüências. Fonte: modificado de MILANI et al. (2007).

2.3. ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

A evolução tectônica da Bacia do Paraná no estado de São Paulo pode ser dividida em três etapas distintas: (i) referente ao substrato pré-bacia, pois as atividades no Pré-Cambriano são muito complexas e intensas; (ii) durante o Paleozoico, ocorreram condições de ortoplateformas, na qual ocorreu a sedimentação em ambientes que passaram de marinhos para continental; (ii) as reativações no interior do continente a partir do Jurássico, que estão ligadas ao Ciclo Brasileiro.

A Bacia do Paraná, segundo Zalán *et al.* (1991), apresenta dois principais contextos estruturais: (i) o basculamento devido a intrusão magmática; (ii) reativação, no Jurássico, de alinhamento de falhas. Os alinhamentos estruturais na Bacia do Paraná, no estado de São Paulo, apresentam três direções predominantemente de falhamentos normais, que são WNW, NE e NNW, e possuem um padrão romboidais (RICCOMINI, 1997). A rede dos alinhamentos proporcionou que se forma inúmeros “horsts” e “grabens”, com características de altos regionais (Figura 5).

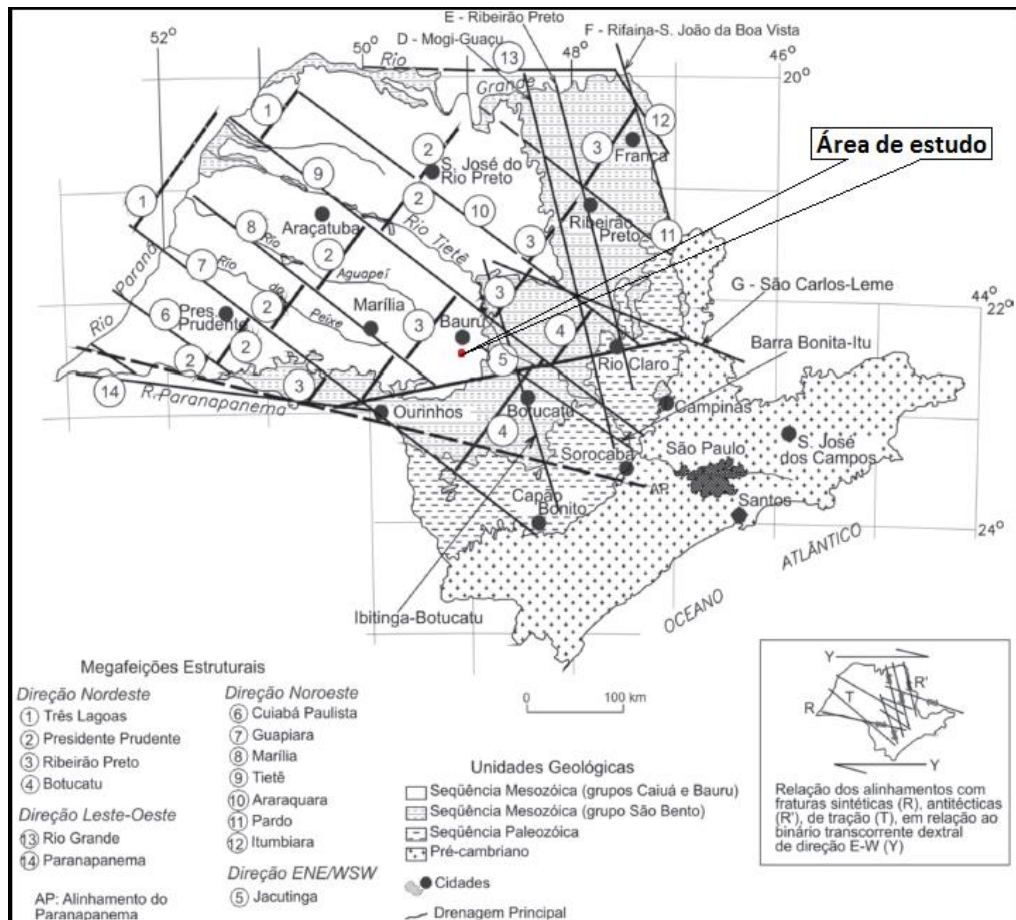


Figura 5: Principais elementos estruturais da região ocidental paulista, em destaque a área do Domo de Pitanga (SP). Fonte: ETCHEBEHRE, 2007 (Modificado de SAAD, 1997 e RICCOMINI, 1997).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na região Centro-Sul do Estado de São Paulo, e tem como principais vias de acesso às rodovias estaduais Presidente Castelo Branco (SP - 280) e Marechal Rondon (SP - 300). A área de interesse dessa pesquisa localiza-se no município de Piratininga-SP, localizado a 343 km da capital, à sudoeste do município de Bauru. O município se situa incluso na microrregião de Bauru, a qual encontra-se no centro-oeste do estado de São Paulo.

3.1. GEOLOGIA LOCAL

O município de Piratininga está inserido na região de Bauru, onde as unidades litoestratigráficas que afloram são as Formações Marília e Adamantina, do Grupo Bauru. Já na área de estudo ocorrem afloramentos de rochas desde o Paleozóico, como a Formação Teresina, até o Cenozóico. Os sedimentos cenozóicos que estão no alto estrutural são os depósitos terciários e de aluviões recentes (Figura 6).

As rochas cretáceas do Grupo Bauru, que são predominantes na região, se encontram na mesma cota que a Formação Teresina (Grupo Passa Dois), cuja idade é permiana (IPT, 1980c). Essa discordância é resultado do soerguimento que deu origem ao Domo de Piratininga e que afetou as rochas do Grupo São Bento e Grupo Passa Dois, expondo-as a erosão pré-Bauru. (PAULA E SILVA e CAVAGUTI, 1994). Este soerguimento foi responsável por variações notáveis de espessura das formações pré-Bauru, além da exclusão total das rochas da Fm. Botucatu e Serra Geral em algumas partes da cidade (PAULA E SILVA e CAVAGUTI, 1994).

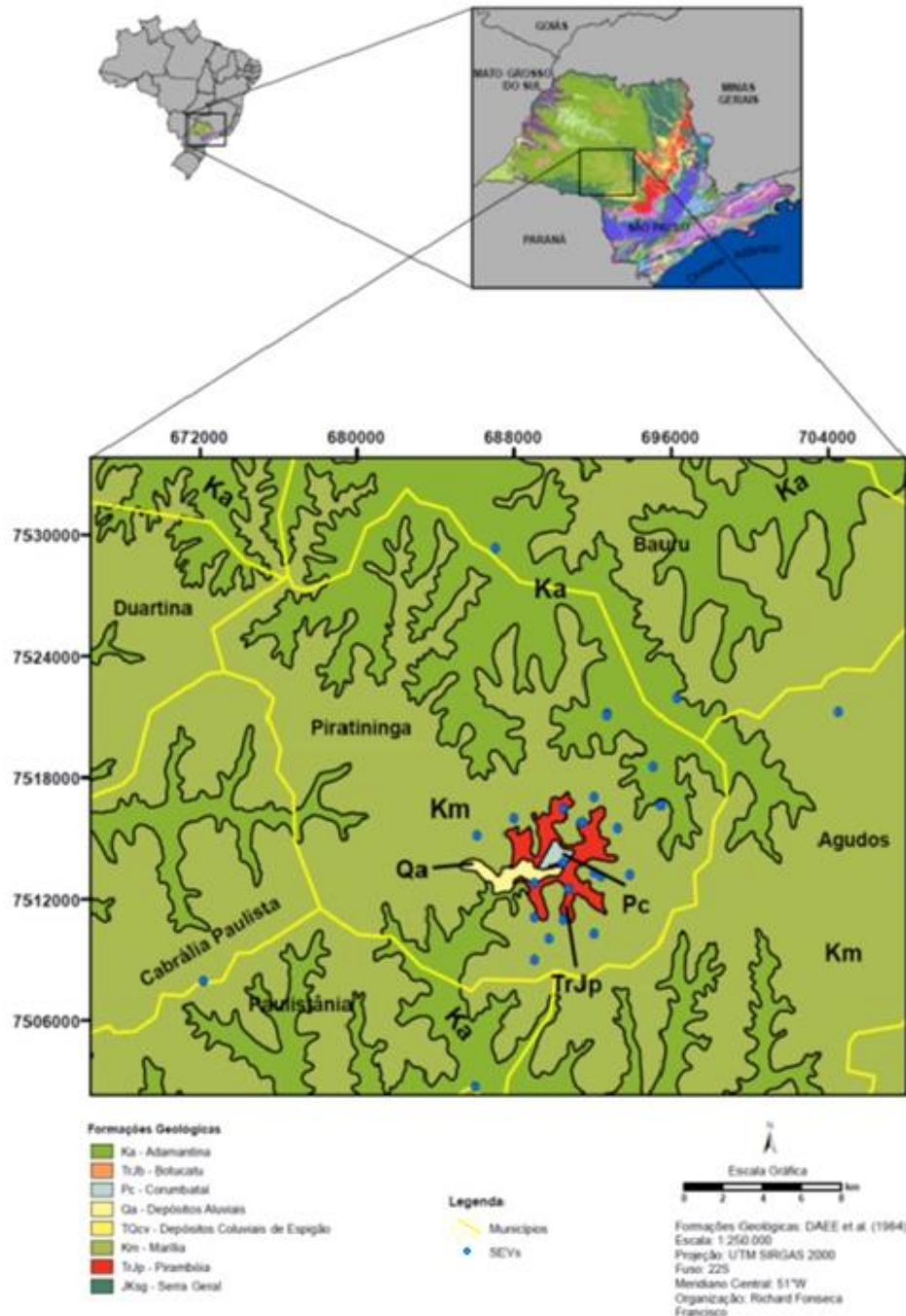


Figura 6: Mapa Geológico do Estado de São Paulo, focalizando as unidades geológicas na área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

No relatório do IPT (1980c), os autores propuseram uma coluna estratigráfica para o Domo de Piratininga, onde não contém algumas unidades do Grupo São Bento e as unidades inferiores do Grupo Bauru. Posteriormente, Silva (2009), propôs uma coluna litoestratigráfica (Figura 7) para a região do município de Bauru, e pode-se observar que a Formação Pirambóia tem o contato direto com o Grupo Bauru.

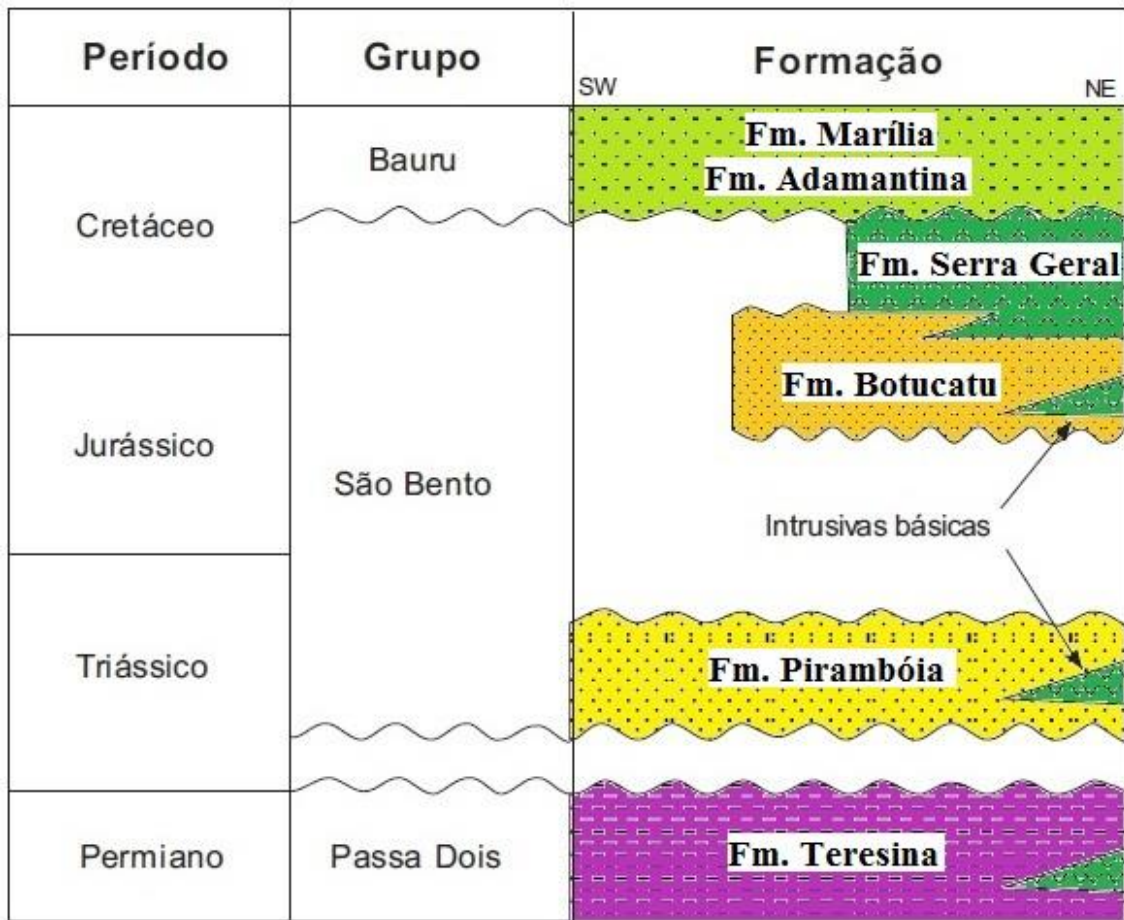


Figura 7: Coluna estratigráfica na região do município de Bauru, proposto por SILVA (2009).

3.1.1. Grupo Passa Dois (Supersequências Gondwana I)

As subdivisões do Grupo Passa Dois, proposto por Schneider *et al.* (1974), é representada pelas seguinte sequência (Figura 8), da base para o topo: Fm. Irati (folhelho intercalado com carbonato); Fm. Serra Alta (folhelho); Fm. Teresina (argilito e siltito); e Fm. Rio do Rasto (arenito, siltito e argilito) na porção central e sul da bacia e nos estados de Mato Grosso, Goiás e parte de São Paulo o grupo é representado pelas formações Irati e Corumbataí (argilito). Na área de estudo, aflora os sedimentos da Formação Teresina.

De acordo com Meghioratti, (2006), litoestratigrafia do Grupo Passa Dois não está bem definida, no Estado de São Paulo, pois não há um consenso sobre o limite entre as Formação Teresina e Formação Corumbataí.

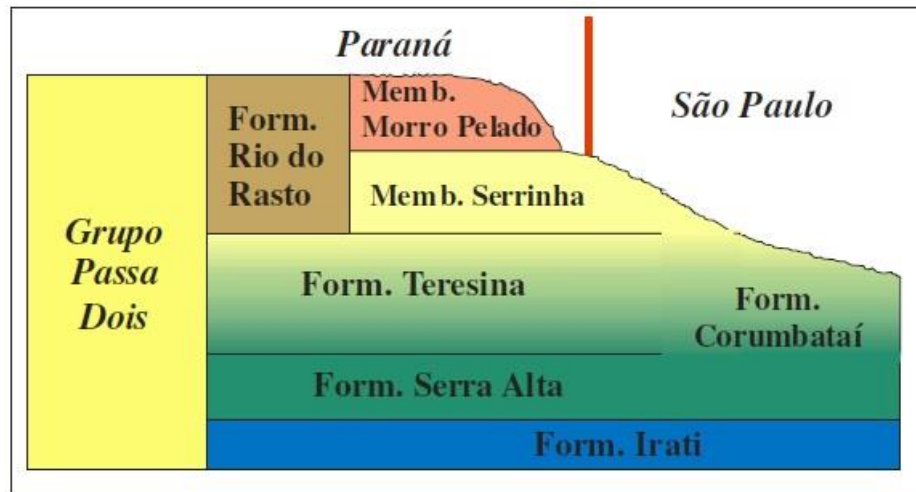


Figura 8: Litoestratigrafia do Grupo Passa Dois para os estados do Paraná e São Paulo. Fonte: (MEGLHIORATTI, 2006).

3.1.1.1. Formação Teresina

A Formação Teresina, no Domo de Piratininga, é constituída por siltitos, argilitos e arenitos fina, arroxeados a cinza claros, com presença de concentração de nódulos carbonáticos concordantes com o acamamento (IPT, 1980c).

Os sedimentos da unidade afloram na parte SW do alto estrutural, área de exposição com cerca de 4 km² (IPT, 1980d). Devido ao furo do DAEE, suponha que a espessura da Formação Teresina, no local, seja por volta de 350 m, embora que na sua área aflorante só encontra o contato com a unidade superior.

Através de interpolação realizada pelo IPT (1980d), foi possível detectar que a direção principal é no sentido NE-SW, seguido por NW-SE, N-E e E-W, com o aumento de espessura para SW. As atitudes das camadas dessa unidade estão com alto ângulo de mergulho, tendo alguns com medida de subverticais (IPT, 1980c).

O contato entre o Grupo Passa Dois e a Fm. Pirambóia foi o foco do trabalho de Matos (1995), onde o intervalo apresenta uma intercalação de brecha, micritos e pelitos, terminando com arenito pelítico na porção superior. A espessura desse intervalo varia entre 1 a 5 metros.

3.1.2. Grupo São Bento (Superequência Gondwana III)

O grupo foi dividido pelas seguintes sequencia composto, na base, por camadas areníticas de sedimentação eólica das formações Pirambóia e Botucatu, e camadas ígneas da Formação Serra Geral (basalto), no topo.

3.1.2.1. Formação Pirambóia

No Domo de Piratininga, essa unidade é composta por arenitos róseos, de granulação muito fina a fino, com silto-arenosa (IPT, 1980c). Na área do estudo, essa unidade aflora nos vales do Ribeirão do Barreiro, e nas drenagens que circundam a estrutura, e em cotas inferiores a 580 m.

A espessura estimada para essa unidade é por torna de 120 a 140 metros, devido às sondagens realizada pelo DAEE. A Formação Pirambóia também se encontra afetado pelas falhas, onde as estratificações estão verticalizadas.

3.1.2.2. Formação Botucatu

A Formação Botucatu é considerado o maior e mais árido paleodeserto na Bacia do Paraná, tanto que a formação transgredi sobre todas as camas, em Minas Gerais e sul de Goiás, recobrando as rochas do pré-Cambriano.

Na região, essa unidade não é aflorante, e a sua espessura é inferida a partir dos dados de sondagens (IPT, 1980d). Embora essa formação está contida numa sequência estratigráfica (MILANI *et al.*, 2007), onde este se encontra a cima da Formação Pirambóia, no alto estrutural, há uma ausência dessa unidade.

3.1.2.3. Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é associado ao estágio precoce a ruptura do supercontinente Gondwana e abertura do Oceano Atlântico Sul (THOMAZ FILHO *et al.*, 2008).

Na região essa unidade é apresentada como uma seção de lavas basálticas, toleíticas, com zonas amigdaloidais no topo, além de uma intercalação de arenitos na base. A sua espessura é inferida a partir dos dados de sondagens, tendo um sentido de aumento gradual na direção para oeste (IPT, 1980d).

Embora essa formação está contida numa sequência estratigráfica (MILANI *et al.*, 2007), onde este se encontra a cima dos arenitos da Formação Botucatu, no alto estrutural, há uma ausência dessa unidade.

3.1.3. Grupo Bauru (Supersequência Bauru)

As rochas do Grupo Bauru são constituídas, na maioria, por formações de rochas sedimentos siliciclásticos continentais, durante o último episódio significativo de sedimentação dessa unidade geotectônica, posterior ao Gondwana III (DAEE, 1976). Esse cenário geológico dessa sequência estratigráfica apresenta uma evolução diferenciada na Bacia do Paraná, seria justificado com um depósito geotectônico independente, a qual é chamado de “Bacia Bauru” (FERNANDES, 1992).

Paula e Silva (2003) e Paula e Silva *et al.* (2005) propõem que a subdivisão das unidades seria a seguinte sequência: Fm. Caiuá; Fm. Pirapozinho; Fm. Santo Anastácio; Fm. Birigui; Fm. Araçatuba; Fm. Adamantina; e Fm. Marília (Figura 9).

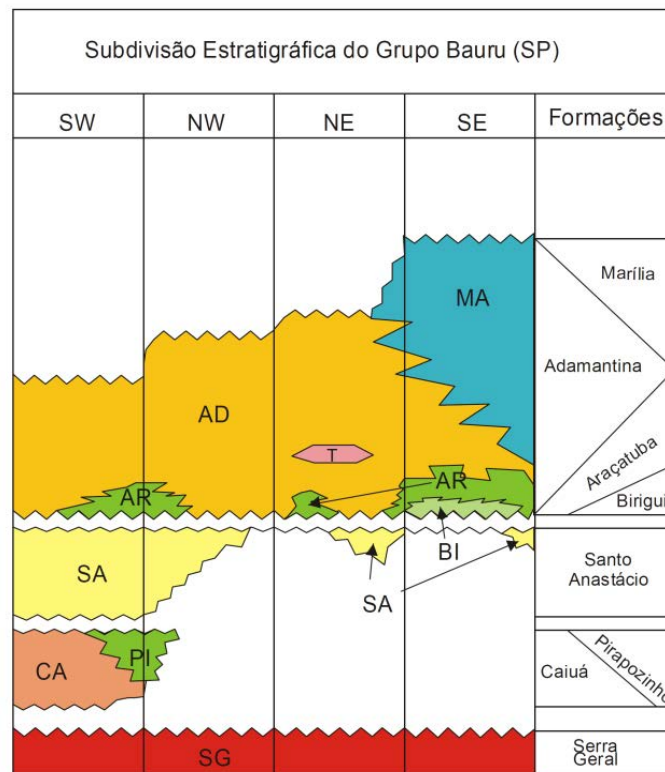


Figura 9: Coluna litoestratigráfica focando a subdivisão do Grupo Bauru, no Estado de São Paulo. Fonte: PAULA E SILVA (2003).

3.1.3.1. Formação Adamantina

Na área de estudo, foram identificadas duas fácies dessa formação (IPT, 1980d): na parte basal, arenitos rosados ou vermelhos de granulação médio a fino; e na porção de topo arenitos róseos a marrom claro de granulação médio a fino, com pelotas de argila.

Essa unidade se distribua nos vales das grandes drenagens daregião, exceto no interior do alto estrutural, e onde a sua espessura varia muito em função as cotas topográficas, não superiores a 540 m, e o substrato basáltico.

Em relação ao seu contado com a unidade inferior (Fm. Serra Geral), no estado de São Paulo, é de modo de discordância erosiva formando um contato angular, porém na área de estudo o contato também é com outras unidades mais novas como: a Fm. Botucatu, Fm. Pirambóia, Fm. Teresina (SUGIO *et al.*, 1977; PAULA E SILVA e CAVAGUTI, 1994; IPT, 1980c e 1980d).

3.1.3.2. Formação Marília

Os sedimentos da Fm. Marília estão representados por camadas de arenitos cinza-claros, de granulação fina a grossa, frequentemente conglomeráticos, com grãos subangulares a subarredondados, intercalados nessas camadas, frequentemente, ocorrem níveis argilosos com nódulos calcíferos (IPT, 1980c).

Essa unidade se encontra em topografias mais altas, predominantemente nos planaltos Garça e Marília. Em relação a sua espessura, é muito variada, por depender da cota topográfica e a cota do contato com a Formação Adamantina, mas é inferior a 200 metros (IPT, 1980d).

3.2. DOMO DE PIRATININGA

Foi através das sondagens realizadas pelo DAEE (1976), que constatou uma ausência de basaltos próxima do município de Piratininga, tendo um formato radial na área, e a partir dos mapas de isópacas da Formação Serra Geral efetuado pelo DAEE, na região Administrativas 7, pode concluir que a espessura do basalto vai diminuindo em direção para o alto estrutural.

Internamente, a estrutura é bastante complicada, mas o modelo proposto pelo IPT (1980c) é o mais simplificando, onde o de Domo de Piratininga seria de blocos falhados e escalonados. Onde os falhamentos são de idade posterior a sedimentação do Pirambóia e anterior ao derrame da Fm. Serra Geral, sendo encoberto pelas camadas do Grupo Bauru.

Esses falhamentos são associados a um conjunto de falha com orientação NE e NW, num contexto regional. Também, essas falhas foram a causa para criar um paleorelevo, que

afetou na espessura do derrame basáltico e, posterior a erosão mais recente, expondo rochas do Permiano (Formação Teresina) no centro do Domo. (Figura 10).

No relatório do IPT (1980d), descreve que o quadro estrutural apresenta uma variação brusca nas atitudes das camadas desde Norte-Sul até Leste-Oeste, e os mergulhos destes estão por volta de 50 a 60 graus. Por outro lado às camadas do Grupo Bauru, na região, estão com o comportamento horizontal e sem presença de falhas.

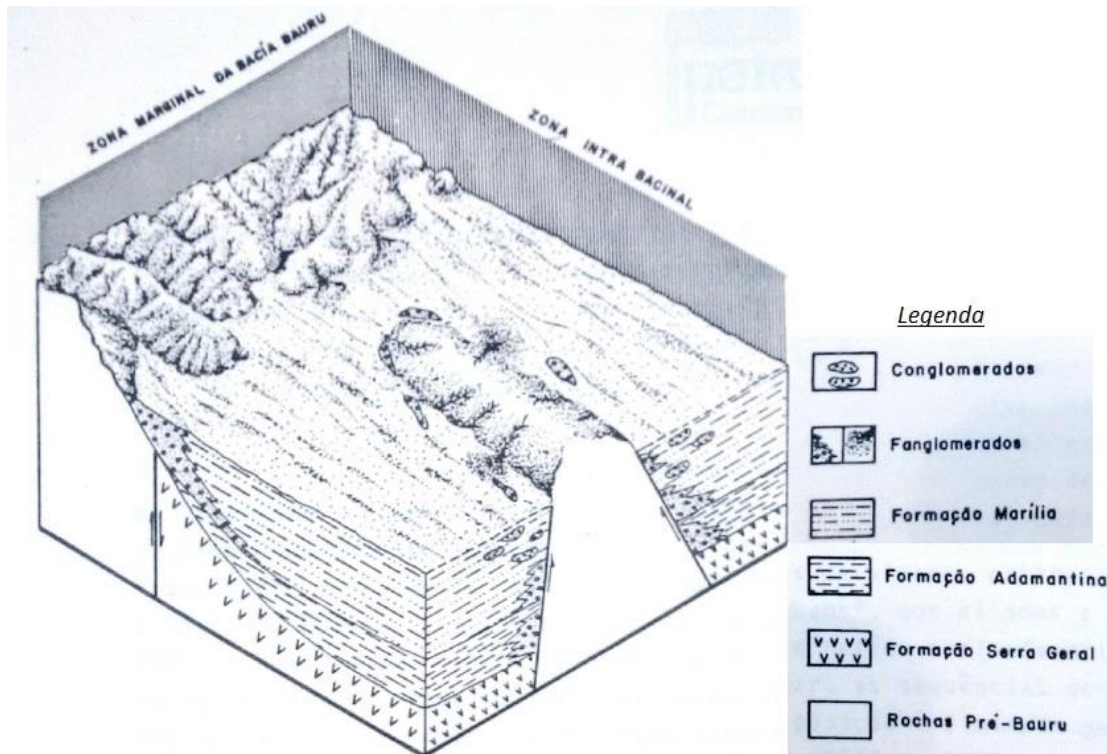


Figura 10: Diagrama esquemático do modelo estrutural do Domo de Piratininga, evidenciando o alto estrutural e conglomerados associados. Fonte: IPT (1980c).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS

4.1.1. Dados do CESP/IPT-Paulipetro

O convênio CESP/IPT-Paulipetro, realizou diversos ensaios geofísicos com objetivo de um conhecimento estratigráfico da Bacia do Paraná, foram executados 386 ensaios distribuídos nas regiões do Sudeste e Sul do Brasil e na região noroeste da República Oriental do Uruguai, nas décadas de 70 e 80.

Os ensaios geofísicos realizados pelo convênio foi a partir do método da eletrorresistividade com a técnica de sondagem elétrica vertical (SEV) – arranjo Schlumberger, dos quais permita atingir investigações com grandes profundidades, desde 500 a 10.000 metros teórica.

O convênio UNESP/IPT em 2013, tem como finalidade a geração de banco de dados geofísicos, a partir da recuperação e digitalização de dados de campo do convênio CESP/IPT-Paulipetro e outro objetivo é processar e reinterpretar esses dados com o software IX1D (Interpex), para que esse banco de dados seja disponibilizado à comunidade científica e vire material de futuros projetos.

Para a realização deste trabalho, foram utilizados 70 SEV's para a realização deste trabalho, que se encontra tanto como internamente, como no arredor do Domo de Piratininga.

4.1.2. Softwares

Para a realização deste trabalho foram utilizado dois softwares, o IX1D (INTERPEX LIMITED. **IX1D**, versão 2. Software. 2008) e o Surfer 10.

O IX1D tem a capacidade de ler num registo de poços de resistividade a partir de uma planilha e utiliza-lo para poder interpretar várias camadas discretas ajustando a linha reta para a condutância cumulativa nos dados. O modelo resultante pode ser copiado para o modelo no conjunto de dados atual para modelagem adicional.

O Surfer é um programa que possui uma função para visualização de contornos em 3D, além de um pacote para modelagem de superfície. O Surfer é amplamente utilizado para realizar sofisticados processos de interpolação de dados XYZ em mapas de alta qualidade

além do modelo de terrenos, elaborar mapeamento de contorno, gerar de mapas de superfície 3D.

4.2.. PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS

4.2.1. Métodos Geométricos

Braga (1988) propôs uma classificação sobre os métodos geométricos, que é subdividida em três critérios: (i) método geofísico; (ii) técnica de desenvolvimento; e (ii) arranjo de campo. Esses critérios, quando efetuados na prática, mostram-se de fácil compreensão e utilidade, os qual podem ser definidos pelas seguintes descrições (Figura 11):

- (i) Método - função do parâmetro físico medido (exemplo: resistividade, cargabilidade, potencial espontâneo, etc..).
- (ii) Técnica de investigação - procedimento para obtenção do parâmetro físico (exemplo: sondagem, imageamento, perfilagem).
- (iii) Arranjo de desenvolvimento - disposições dos eletrodos para o desenvolvimento da técnica (exemplo: Schlumberger, Wenner, Dipolo-Dipolo, etc..).



Figura 11: Classificação dos métodos geométricos generalizado, (BRAGA, 2006).

Xavier (2015), generaliza que os métodos de geométricas englobam diversas modalidades e técnicas de investigação, e que de tal forma podem ser adequada em função do local de estudo e de um objetivo específico. Desde modo, o resultado dos ensaios geofísicos está diretamente relacionado com o qual método a ser escolhido no trabalho.

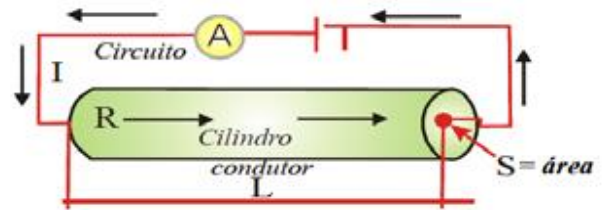
Os métodos geométricos subdividem-se em eletrorresistividade, polarização induzida (IP), potencial espontâneo (SP), eletromagnético e radar de penetração (GPR) (VELOZO, 2006).

4.2.2. Métodos Eletrorresistividade

Nesse método emprega-se uma corrente elétrica na identificação de variações de resistividade elétrica no meio. Esta corrente é introduzida na superfície do solo através de dois eletrodos de corrente (A e B) com o objetivo de medir o potencial gerado, por meio de eletrodos de potencial (M e N) nas proximidades do fluxo de corrente.

Da lei de Ohm, define-se que a relação entre a resistividade (ρ) e a resistência (R) de um condutor homogêneo, de forma cilíndrica ou prismática, é dada pela equação:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (\text{ohms})$$



onde, L é o comprimento e S a seção transversal do condutor. A magnitude ρ é um coeficiente que depende da natureza e do estado físico do corpo considerado e recebe o nome de *resistividade*. Deste modo pode-se definir a resistividade elétrica deste corpo com sendo:

$$\rho = R \frac{S}{L} \quad (\text{ohm.m})$$

Entretanto um mesmo litotipo pode apresentar uma variação de valores da sua resposta da sua resistividade (Figura 12). Na literatura considera que o subsolo seja como sendo um meio heterogêneo, pois há a média de todas resistividades das camadas litológicas, que por sua vez apresta uma resistividade verdadeira e volume real. Aplicando uma corrente nesse meio o resultado obtido será *resistividade aparente* (ρ_a), a qual é uma variável que expressa os resultados das medições de alguns dos métodos geoeletricos.

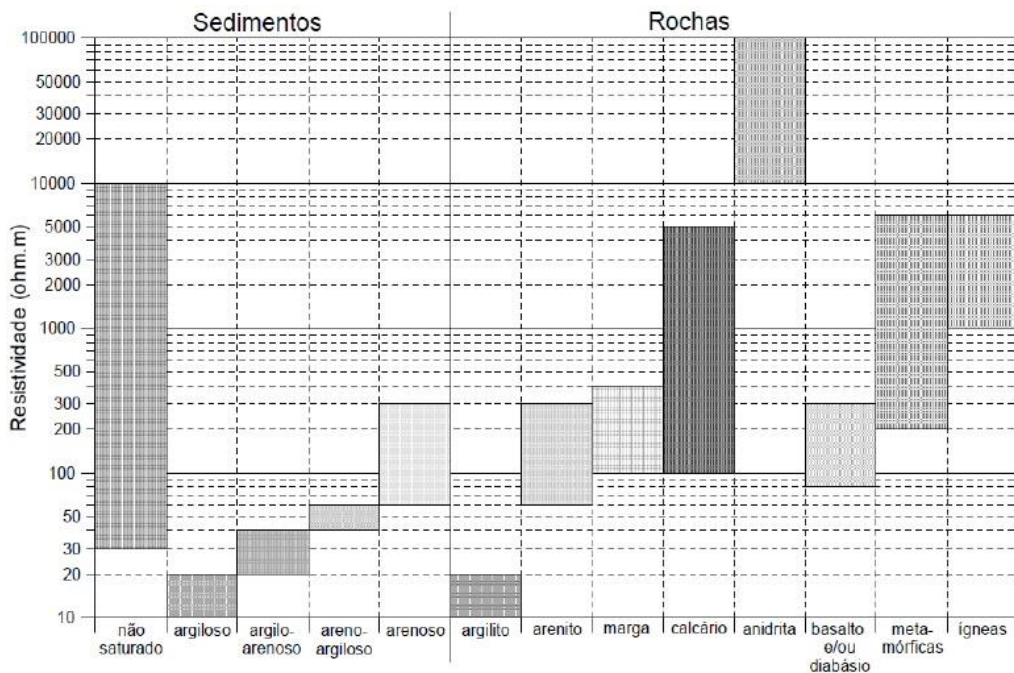


Figura 12: Faixas de variação nos valores de resistividade de materiais naturais, (BRAGA, 2006).

Em solos e rochas os mecanismos pelos quais a corrente elétrica se propaga, são caracterizados pela sua condutividade σ , que pode ser expressa como sendo o inverso da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Pertencente ao Grupo dos Métodos Geométricos, a eletrorresistividade é um método geofísico cujo princípio está baseado na determinação da resistividade elétrica dos materiais geológicos, servindo para caracterizar seus estados, em termos de alteração, fraturamento, saturação, etc., e até identificá-los litologicamente, sem necessidade de escavações físicas. Fm. Teresina (SUGIO *et al.*, 1977; PAULA E SILVA e CAVAGUTI, 1994; IPT, 1980c e 1980d).

4.2.2.1. Sondagem Elétrica Vertical – (SEV)

A técnica da sondagem elétrica consiste na determinação das variações da resistividade aparente em relação a profundidade, adquirido a partir de medidas efetuadas sob um ponto fixo centralizado na superfície.

Nesse método de SEV aplica-se um pulso de corrente elétrica artificial na identificação de variações de resistividade no meio. A corrente elétrica que é introduzida no meio subsuperfície é através de dois eletrodos de corrente (AB), com o objetivo de registrar o potencial gerado, por meio dos eletrodos de potencial (MN) na zona de influência da corrente elétrica artificial. As relações entre corrente elétrica (I), pontencial (ΔV) e a distribuição geométrica dos eletrodos (K) permitem calcular a resistividade aparente (ρ_a) no meio subsuperfície. O método de SEV, com a finalidade de alcançar valores mais profundo, é caracterizado pelo afastamento crescente dos 4 eletrodos (AMNB).

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

A ideia básica do arranjo Schlumberger é fazer com que a distância (a) que separa os eletrodos M e N se mantenha fixa e tenda a zero em relação à distância crescente de L (entre AO e OB). O modelo geométrico final obtido, através da interpretação dos dados, é atribuído ao ponto central do arranjo (Figura 13).

Nas medições de campo, pode-se adotar a norma sugerida pelo autor referido quanto à relação entre os eletrodos: $MN \leq AB/5$; então, para $MN = a$ e $AB = 2L$.

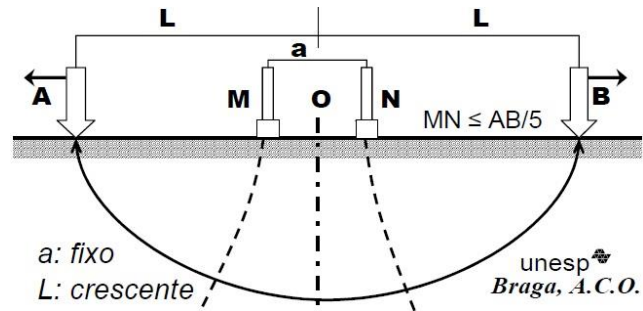


Figura 13: Modelo de técnica da SEV - Arranjo Schlumberger. (BRAGA, 2006).

4.2.3. Geração dos Mapas de Controle Estrutural

Através da utilização dos softwares IX1D, para o tratamento das informações, e do Surfer 10, foi possível a elaboração de mapas sobre três enfoques diferentes, que são Formação Serra Geral e embasamento cristalino da Bacia do Paraná.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. FORMAÇÃO SERRA GERAL

Ao longo das Sondagens Elétricas Verticais (SEV's), há uma faixa onde a resistividade elétrica apresenta valores altos, que foram atribuídos as camadas ígneas da Formação Serra Geral. Entretanto, no mapeamento há uma zona onde não se encontra esse aumento da resistividade, ou seja, atribui-se a essa área a inexistência das rochas da Fm. Serra Geral.

Como foi observado nos dados uma ausência de rochas ígneas, inicialmente foi elaborado um mapa de profundidade do topo da Fm. Serra Geral (Figura 14) com o intuito de delimitar essa área de inexistência de rochas basálticas. No mapa de profundidade, pode-se observar que a faixa predominante da espessura de pacote sedimentar posterior a Fm. Serra Geral é de 50 a 100 metros.

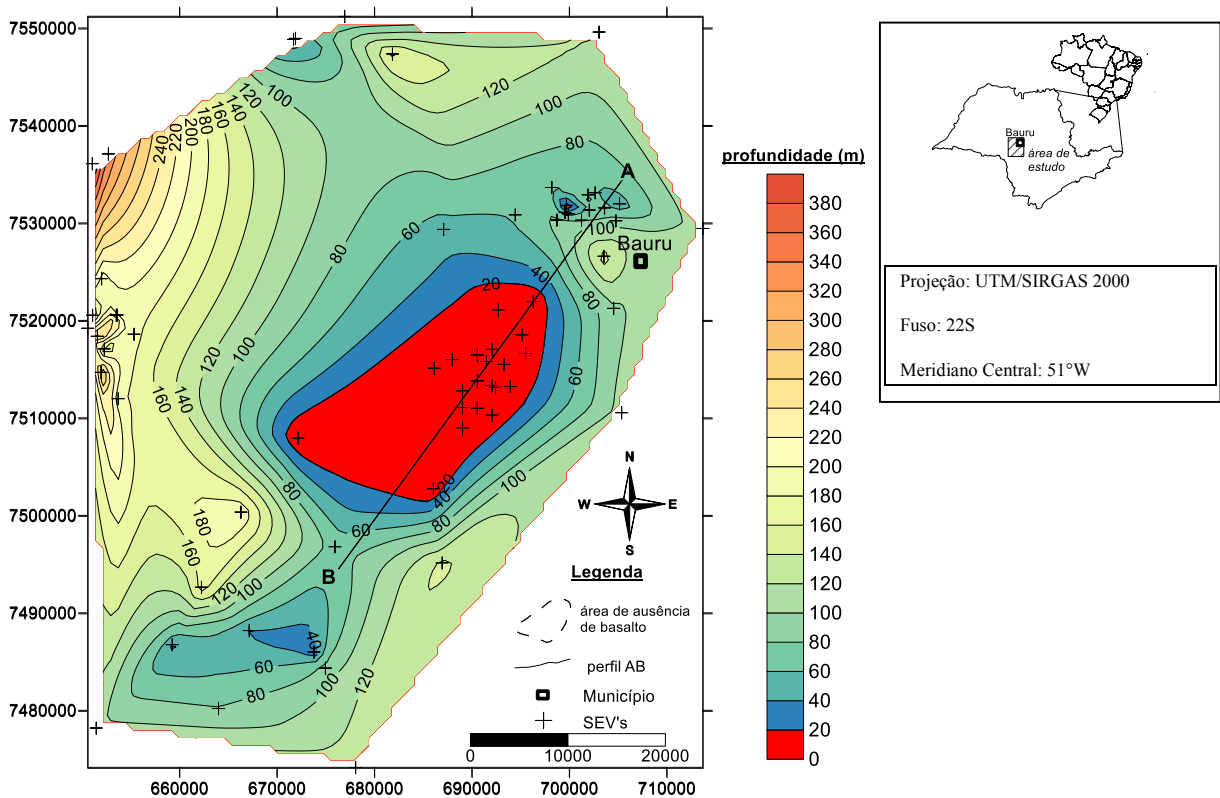


Figura 14: Mapa de profundidade do topo do basalto na área de estudo, a escala representa a variação em metros, e a área em vermelho representa a ausência da Fm. Serra Geral. Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse pacote sedimentar tem um aumento de espessura no sentido W, além que há duas zonas de baixa profundidade do topo da formação, sendo uma delas não tem a existência das rochas basálticas (demarcado pela área vermelha). A unidade estratigráfica que sedimentou

após os derrames basálticos apresenta uma variação gradacional da sua espessura e a sua irregularidade é causada pelo paleorelevo do topo da Fm. Serra Geral. A região onde tem a ausência do basalto abrange o Domo de Piratininga, onde há a exposição das rochas das formações Pirambóia e Teresina.

Posteriormente, foi elaborado o mapa de isópacas, com o objetivo de compreender o comportamento da camada da rocha ígnea. No mapa de isópacas da Fm. Serra Geral (Figura 15), pode-se observar que a espessura do basalto apresenta uma variação significativa, que vai de 360 metros até a ausência total do litotipo. Num contexto geral, pode se afirmar que a espessura da Fm. Serra Geral tem um aumento no sentido NW.

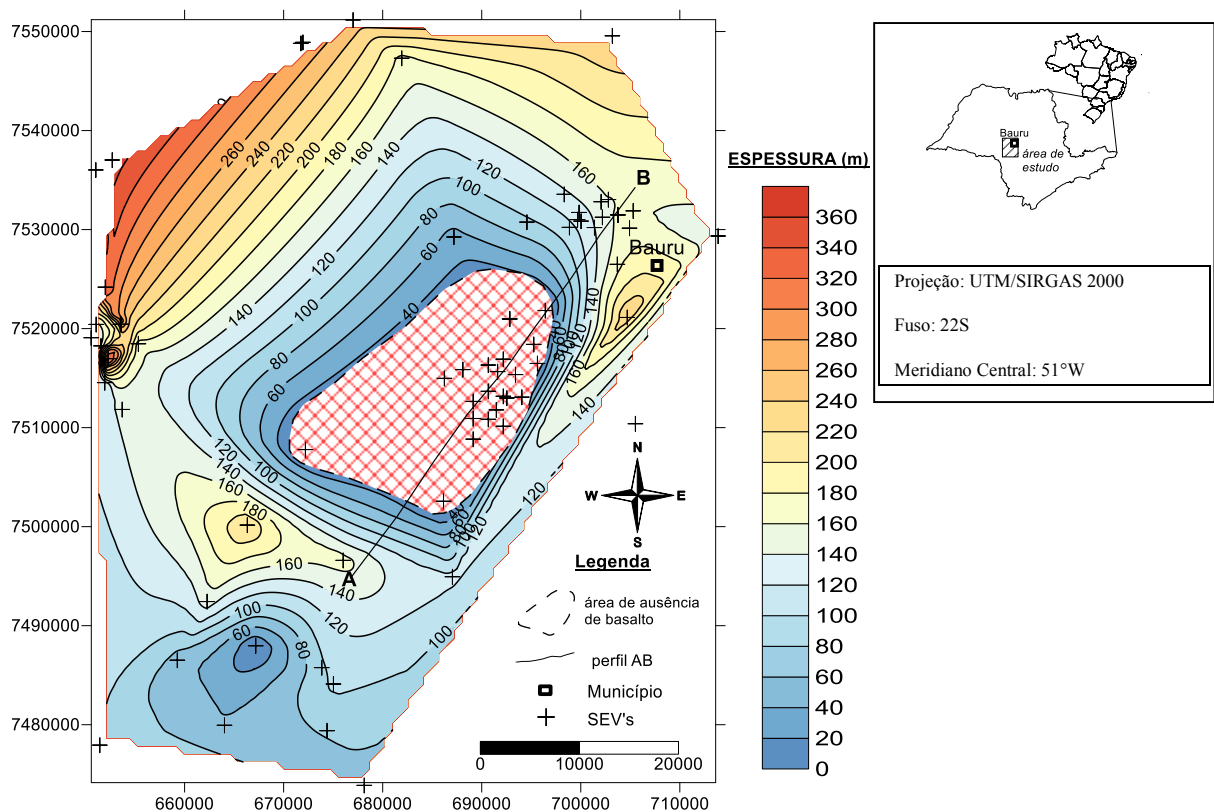


Figura 15: Mapa de Isópacas do basalto na região de estudo, a escala representa a variação da espessura em metros, e a área de hachurada é a provável ausência da Fm. Serra Geral. Fonte: Elaborado pelo autor.

A região onde a espessura do basalto é nula se encontra a SW do município de Bauru e a sua área abrange o Domo de Piratininga como também ao redor do alto estrutural. A espessura do basalto tem uma variação gradacional no sentido NE, SW e NW, provavelmente este comportamento se resultou do derrame da Fm. Serra Geral ser posterior a instalação do Domo de Piratininga. Entretanto, a variação no sentido SE tem um comportamento abrupto,

pode ser explicado pela uma reativação de uma falha após ou simultâneo o evento dos derrames basálticos.

A área onde tem a ausência da Fm. Serra Geral delimitado pelo mapa de profundidade coincide também com a área de espessura nula do basalto marcado pelo mapa de isópacas.

Por fim, após a construção dos mapas anteriores, elaborou-se o mapa de contorno estrutural, como um dos objetivo deste trabalho. Como foi delimitado a área da ausência do basalto, os pontos das SEV's inserida nela, não tiveram valores, para que não distorcesse o mapa e que tivesse um comportamento mais próximo do real.

No mapa de contorno estrutural da Fm. Serra Geral (Figura 16), num contexto geral, as rochas da Fm. Serra Geral possuem um mergulho no sentido W e NW, acompanhando a mesma direção que foram citada nas referências bibliográficas. Uma observação mais detalhada, mostra que a cota do topo do basalto 580 até 220 metros, onde a área mais baixa está a oeste da cidade de Bauru e as regiões altas estão a NW de Bauru e SW da ausência de basalto.

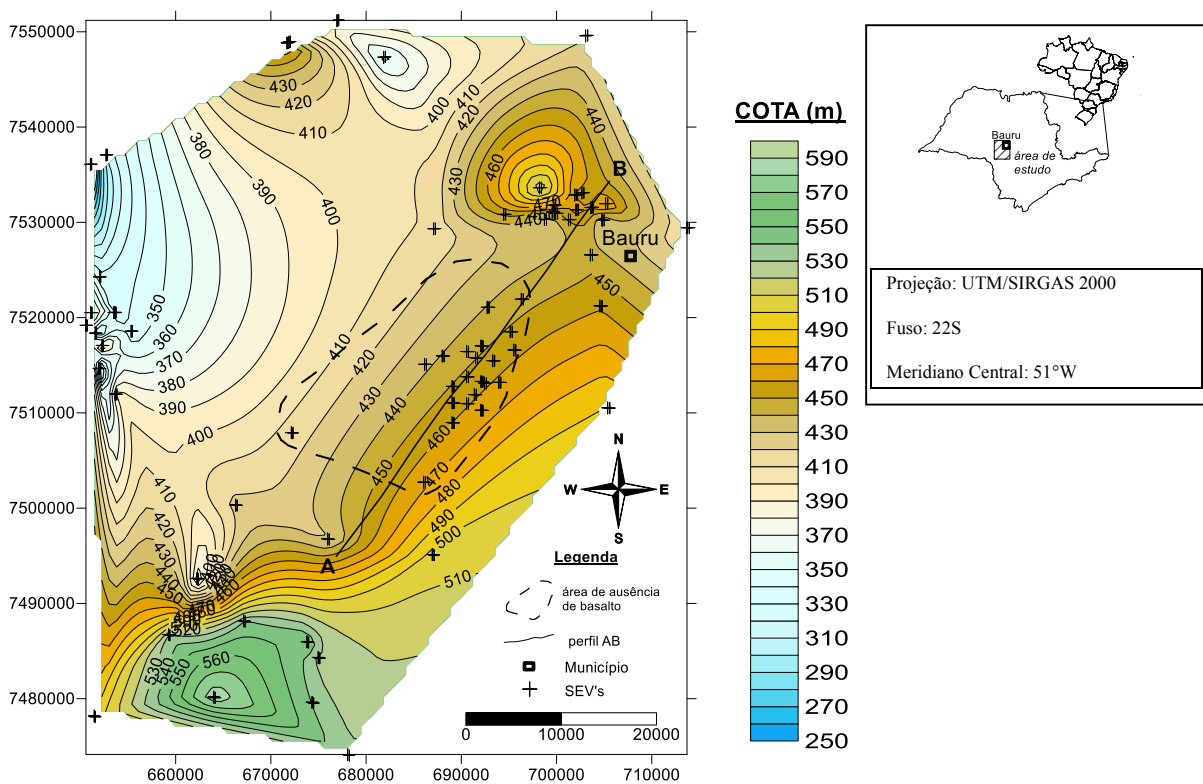


Figura 16: Mapa de Contorno Estrutural do Serra Geral, a escala representa a variação da cota onde o topo do basalto se encontra. Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que nas duas áreas onde tem os valores mais altas estão alinhados com o Domo de Piratininga, provavelmente, esses soerguimentos foram afetados pelo mesmo sistema de falhas que causou o surgimento do alto estrutural.

5.2. EMBASAMENTO CRISTALINO

No mapa de contorno estrutural (Figura 17) é possível notar as seguintes características: o mergulho do embasamento tem um sentido para SW; a amplitude da variação da cota do topo do embasamento é cerca de 2300 metros, indo de -3000 a -700; declividade neste mapa é a mais alto em relação com as demais;

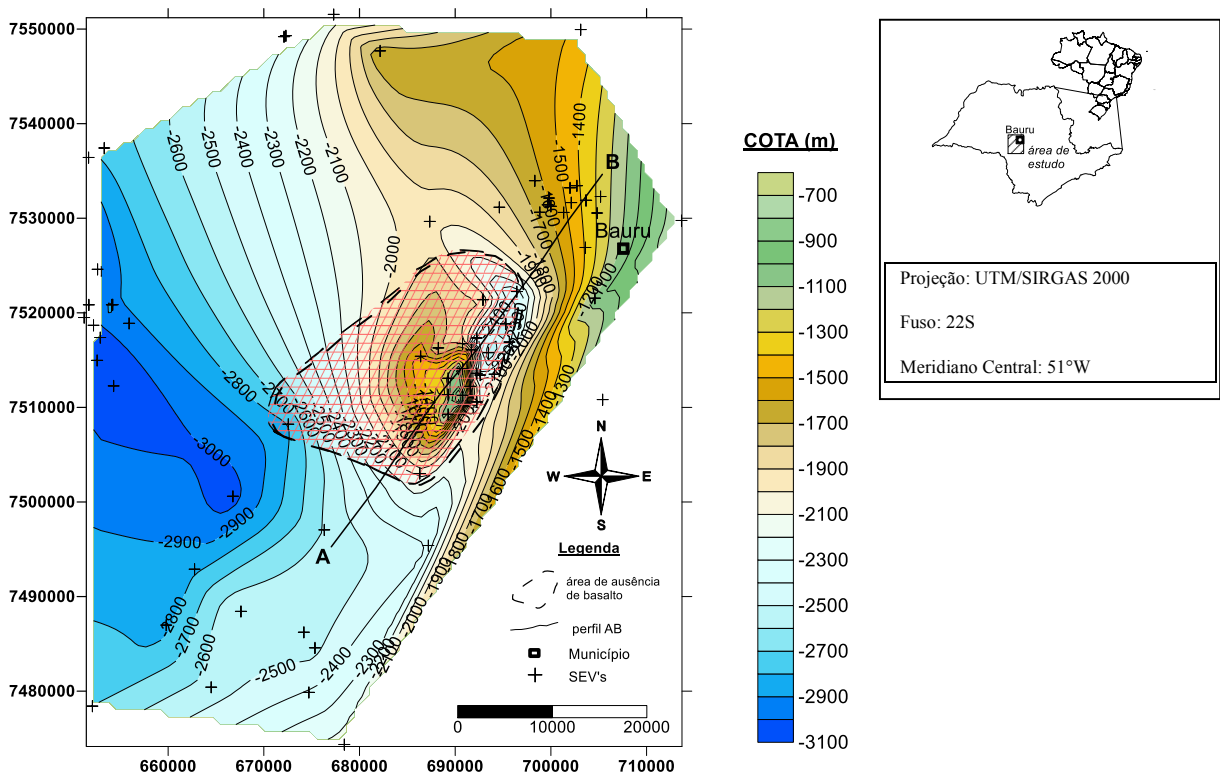


Figura 17: Mapa de Contorno Estrutural do embasamento cristalino, a escala representa a variação da cota, e a área de hachurada é a provável ausência da Fm. Serra Geral. Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma observação mais detalhada é notável que há algumas certas particularidades nessa região, como um soerguimento significativo em uma área pequena e se encontra na mesma região do Domo; entre o Domo e a cidade de Bauru há um abatimento bem proeminente atingindo cotas entre as mais baixas; e interagir a área da ausência de basalto com um modelo 3D do embasamento (Figura 18(b)), pode se dizer que tem uma interação entre os dois.

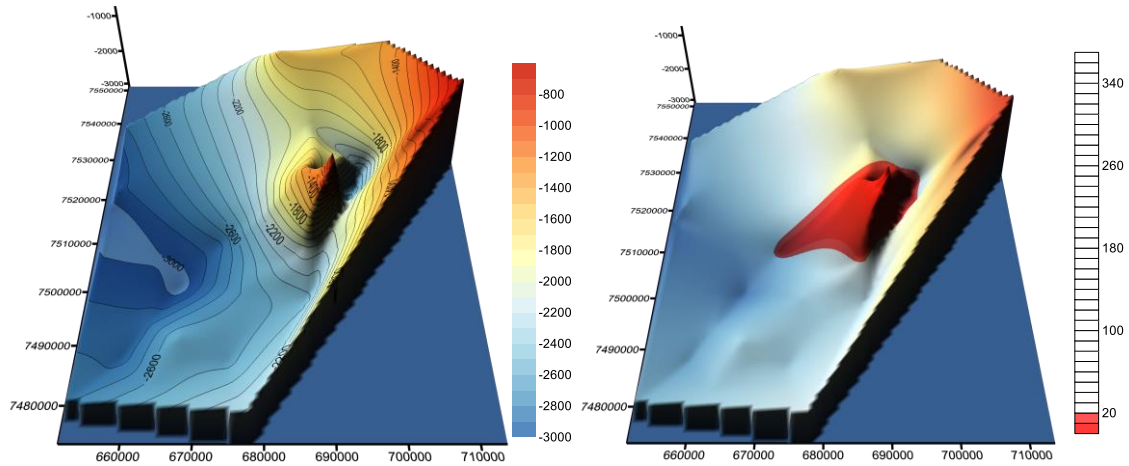


Figura 18: (a) Modelo em 3D do Contorno Estrutural do embasamento com o mapa em cima; (b) Modelo em 3D do Contorno Estrutural do embasamento, com a área da ausência da Fm. Serra Geral. Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3. PERFIL A-B

Após a construção dos mapas de contorno estrutural da Fm. Serra Geral e do embasamento cristalino, elaborou-se perfil esquemático de A-B (Figura 19), destacando o comportamento estrutural destes dois pacotes litológicos da Bacia do Paraná.

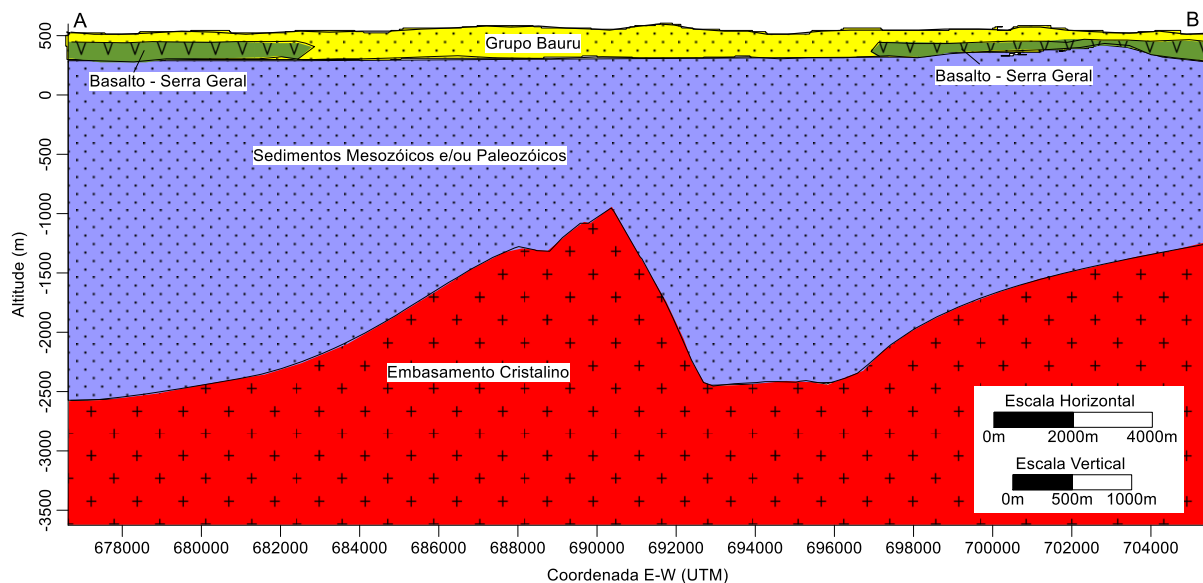


Figura 19: Perfil esquemático de A-B, destacando o contorno estrutural do embasamento cristalino (vermelho) e da Formação Serra Geral (verde). Fonte: Elaborado pelo autor

Pode observar que tanto as rochas do embasamento, tanto da Formação Serra Geral apresentam característica bem distinta. Pode-se afirmar que as duas anomalias apresenta elementos estruturais diferentes, enquanto um tem soerguimento característico de evento tectônico (embasamento), o outro tem uma ausência e um adelgaçamento da sua litologia característico de evento de acamamento.

6. CONCLUSÃO

No presente capítulo, são apresentadas as conclusões que este trabalho de conclusão de curso atingiu:

- Através dos mapas foi possível ver que existem ausência das rochas da Formação Serra Geral na área da localização do Domo de Piratininga.
- O proeminente soerguimento do embasamento da Bacia do Paraná é fator fundamental para a irregularidade do comportamento das camadas da Formação Serra Geral na região do alto estrutural e a causa da janela dessas unidades.
- Correlacionando as informações dos relatórios do IPT (1980c e 1980d) com o mapa do embasamento cristalino da Bacia do Paraná, pode se afirmar que existência do Domo de Piratininga é relacionada a falhamentos com movimentação vertical de blocos do embasamento.
- A existência de um alto estrutural relacionado a falhamentos com movimentação vertical de blocos torna propicio a construção de uma armadilha de hidrocarbonetos.

REFERÊNCIAS

- 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. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n.3, 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG/Núcleo SP. 1981. p. 77-89.
- ALMEIDA, M. D., STEIN, D. P., MELO, M. D., BISTRICHI, C. A., PONÇANO, W. L., HASUI, Y., & ALMEIDA, F. D. Geologia do Oeste Paulista e áreas fronteiriças dos Estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 31, 1980, Camboriú. **Anais...** Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. vol. 31, p. 2799-2812.
- ARAUJO, C. C., YAMAMOTO, J. K., ROSTIROLLA, S. P., MADRUCCI, V. TANKARD, A. Tar sandstones in the Paraná Basin of Brazil: structural and magmatic controls of hydrocarbon charge. **Marine and Petroleum Geology**, Guildford, vol. 22, n. 5, 671-685 p., 2005.
- ARTUR, P. C.; SOARES, P. C. Paleoestruturas e petróleo na Bacia do Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, vol. 32, n. 4, p. 433-448, 2008.
- ASSINE, M. L., SOARES, P. C., MILANI, E. J. Sequências tectono-sedimentares Mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol. 24, nº 2, p. 77-89, 1994.
- BARISON, M. R. **Estudo hidrogeoquímico da porção meridional do sistema aquífero Bauru no estado de São Paulo**. P. 153. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H.. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 692.
- BRAGA, A. C. O. **Geofísica aplicada a Geologia de Engenharia, segmentos e métodos elétricos: sondagem elétrica vertical, caminhamento elétrico**. São Paulo: Instituto de pesquisas Tecnológicas – IPT, Material didático de aperfeiçoamento em Geologia de engenharia e Mineração, p. 81,1988.
- BRAGA, A.C.O. **Métodos geoeletricos aplicados**. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Material didático interno, p. 27, 1999.
- BRAGA, A. C. O. **Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática**. 2006. 126 p. Tese (Livre-Docência na Disciplina Métodos Geoeletricos Aplicados à Hidrogeologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- CAVALLARO, F. A. **Investigação geofísica do Alto Estrutural de Anhembi –SP**. 2013. p. 146. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.
- ETCHEBEHERE, M. L. De C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J., Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no Planalto Ocidental Paulista, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, Universidade de São Paulo, São Paulo, vol. 26, n. 3, p. 229-247, 2007.
- FERNANDES, L.A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema: os grupos Bauru e Caiuá**. 1992. p. 129. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto Geológico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. p. 216. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FRANCISCO, R. F. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do sistema aquífero Bauru, na região centro-sul do estado de São Paulo**. 2013. p.116. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Revista de Geociências**. São Paulo. vol. 20, p. 141-169, 2010.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 900.

MANTOVANI, M. S. M.; DE BRITO NEVES, B. B. The Paranapanema Lithospheric Block: Its Importance for Proterozoic (Rodinia, Gondwana) Supercontinent Theories. **Gondwana Research**, vol. 8, n. 3, p. 303-315, 2005.

MANTOVANI, M. S. M. QUINTAS, M. C. L.; SHUKOWSHY, W. BRITO NEVES, B.B. de. Delimitation of the Paranapanema Proterozoic block: a geophysical contribution. **Episodes**, vol. 28, n. 1, p. 18-22, 2005.

MANTOVANI, M. S. M.; DE BRITO NEVES, B. B. de. The Paranapanema Lithospheric Block: Its Nature and Role in the Accretion of Gondwana. **Developments in Precambrian Geology**, Elsevier, vol. 16, p. 257-272, 2009.

MATOS, S. L. F., **O contato entre o Grupo Passa Dois e a Formação Pirambóia na borda leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo**. 1995. p. 75. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MEGLHIORATTI, T. **Análise tafonômica dos fósseis do Grupo Passa Dois (Permiano Bacia do Paraná) do furo de sondagem SP-23-PR da CPRM (Município de Sapopema, PR)**. Rio Claro, UNESP (Relatório final de Iniciação Científica, FAPESP Proc. nº 01/14506-6), 55p, 2003.

MEGLHIORATTI, T. **Estratigrafia do Grupo Passa Dois na região de Sapopema-Congonhinhas/PR (Permiano, Bacia do Paraná)**. 2005. p. 64. Trabalho de Conclusão (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MEGLHIORATTI, T. **Estratigrafia de seqüências das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná) na porção nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo**. 2006. p. 133. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. p. 255. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997

MILANI, E. J.; RAMOS, V. A. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 28, n. 4, p. 473-484, 1998.

MILANI, E. J.; ZALAN, P. V. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. **Episodes**, vol. 22, n. 3. p. 199-205, 1999.

MILANI, E. J.; MELLO, J. H. G.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Cartas Estratigráficas - Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, vol. 15, n. 2. p. 265-287, 2007.

MOREIRA, C. A. **Geofísica aplicada no monitoramento de área de disposição de resíduos sólidos domiciliares**. 2009. p. 169. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

PAULA E SILVA, F.; CAVAGUTI, N. Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na cidade de Bauru - SP. **Revista de Geociências**, UNESP, Rio Claro, vol. 13, n. 1, p. 83-89. 1994.

PAULA E SILVA F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 2003. p. 166. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

PAULA E SILVA F., KIANG, C. H. CAETANO-CHANG, M. R. Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. **Revista Águas Subterrâneas**, vol. 19, n. 2, p. 19-36. 2005.

QUINTAS, M. C. L., **O embasamento da Bacia do Paraná: reconstrução geofísica de seu arcabouço**. São Paulo. (Tese Doutorado em Geofísica) – Instituto Astrofísica e geofísica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995, 253 p.

RENNE, P. R.; ERNESTO, M.; PACCA, I. G., COE, R. S.; GLEN, J. M.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. 1992. The age of Paraná flood volcanism, rifting of Gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary. **Science**, vol. 258, n. 5084, p. 975-979.

RICCOMINI, C. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, USP, São Paulo, vol. 27, n. 2, p. 153-162, 1997.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. **Estudo de águas subterrâneas - regiões administrativas 7, 8 e 9 - Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba**. São Paulo: DAEE, vol. 3. 1976. [Atlas].

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE; UNESP; Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1984. Escala 1:250.000.

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Sondagens elétricas verticais**. São Paulo: IPT, 1977. (Folhas de campo e curvas originais).

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Sondagens elétricas verticais**. São Paulo: IPT, 1978. (Folhas de campo e curvas originais).

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Sondagens elétricas verticais**. São Paulo: IPT. 1980a. (Folhas de campo e curvas originais, Blocos 39, 44 e 45).

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Sondagens elétricas verticais**. São Paulo: IPT, 1980b. (Folhas de campo e curvas originais)

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Companhia Energética de São Paulo – CESP. **Estrutura de Piratininga**. São Paulo: IPT, 1980c. 1 Mapa. (BP – 005/80). Escala 1:25000

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Companhia Energética de São Paulo – CESP. **Geologia do Bloco 45**. São Paulo: IPT, 1980d. 6 Mapas. (BP – 011/80). Escala: 1:100.000

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000**. São Paulo: IPT. vol. 2, 1981a.

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Sondagens elétricas verticais**. São Paulo: IPT, 1981b. (Folhas de campo e curvas originais, Bloco 45).

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Universidade Estadual Paulista – UNESP. **Banco de dados geofísicos da bacia do Paraná**. Rio Claro: Convênio IPT/ UNESP, 9 p. 2013. (Projeto de pesquisa)

SCHNEIDER, R. L., MÜHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R. A., DAEMON, R. F., NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 28, 1974, Porto Alegre. **Anais, Sociedade Brasileiro de Geologia**, Porto Alegre, SBG. 1974, vol. 1, p. 41-66.

SILVA, S. R. da. **Hidrogeoquímica dos sistemas aquíferos Bauru e Guarani no município de Bauru**. 2009. p. 101. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

SOARES, P. C. Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol. 5, p. 229-251. 1975.

SUGUIO, K.; FULFARO, V. J.; AMARAL, G.; GUIDORZI, L. A. Comportamentos estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n. 1, 1977, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de geologia, 1977, p. 231-247.

THOMAZ-FILHO, A.; MIZUSAKI, A. M. P.; MILANI, E. J.; CESERO, P. Rifting and Magmatism Associated with the South América and África Break up. **Revista Brasileira de Geociências**, Rio de Janeiro, vol. 30, n. 1, p. 17-19, 2000.

VELOZO, R. **Caracterização geológico-geotécnica do lixão desativado de São Carlos-SP, com auxílio da geofísica**. 2006. p. 177. Dissertação (Mestrado em __) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

XAVIER, F. V. **Métodos geolétricos aplicados ao diagnóstico ambiental subsuperficial do cemitério municipal de Rio Claro, SP**. 2015. p. 180. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIERA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. Bacia do Paraná. In. RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras/SEREC/CEN-SUD, 1990, p. 135-168.

ZALÁN, P. V., WOLFF, S., CONCEIÇÃO, J. C. J., ASTOLFI, M. A. M., VIERA, I. S., APPI, V. T., ZANOTTO, A., MARQUES, A.; 1991. Tectonics and sedimentation of the Paraná Basin. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, n. 7, 1988, São Paulo, **Proceedings...** São Paulo: USP. 1991. p. 83-117.