

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

THIAGO DOMINGUES GÓES LÚCIO

CARACTERIZAÇÃO DO LINEAMENTO SOROCABA

Orientador: Prof. Dr. George Luiz Luvizotto
Co-Orientador: Dr. Iata Anderson de Souza

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)
2015

551.8
G938c Góes Lúcio, Thiago
 Caracterização do lineamento Sorocaba / Thiago Góes Lúcio. - Rio
 Claro, 2015
 102 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas + CD-ROM

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
 Geociências e Ciências Exatas
 Orientador: George Luiz Luvizotto
 Coorientador: Iata Anderson de Souza

 1. Geologia estrutural. 2. Lineamento estrutural. 3. Reativação de
 estruturas. 4. Cinturão Ribeira. 5. Bacia de Santos. 6. Bacia do Paraná. 7.
 Arco de Ponta Grossa. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

THIAGO DOMINGUES GÓES LÚCIO

CARACTERIZAÇÃO DO LINEAMENTO SOROCABA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Prof. Dr. Norberto Morales

Prof. Dr. Francisco Manoel Wohnrath Tognoli

Resultado: Aprovado

Rio Claro, SP, 23 de Fevereiro de 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente às pessoas que diretamente contribuíram para à consolidação deste trabalho, ao meu amigo e orientador Prof. Dr. George Luiz Luvizotto pelo apoio e dedicação desde o início do projeto, ao meu co-orientador Dr. Iata Anderson de Souza pelo fornecimento de dados e sugestões ao longo do mestrado, e ao Prof. Dr. Norberto Morales pela idealização do projeto e pelos esclarecimentos ao longo desses dois anos, o meu muito obrigado.

Agradeço também aos funcionários e instituições que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Ao BDEP (Banco de Dados de Exploração e Produção) pelo fornecimento de dados, à UNESP de Rio Claro pelo uso de laboratórios e materiais, à Fundação CAPES pelo incentivo financeiro ao longo de todo o mestrado, e em especial a secretária Rosangela Vacello pelas inúmeras vezes em que me ajudou no processo de tramitação da dissertação.

Aos amigos com que mais convivi durante esses dois anos, especialmente ao João Motta, Julia Favoreto, Ílio Rodarte, João Paulo Cortes, Yuri Portella, Alex Teixeira, Douglas Morais, Caio Gonçalves, Nicolás Annunciato e Camila Schweig. Agradeço pelos bons momentos de convivência e descontração.

Por fim agradeço a minha família (primos, tios e avós), e em especial aos meus pais André e Euzi, e meus irmãos Filippo e Almiria, pelo suporte e incentivo para a realização de mais esta etapa.

*“Somos o que pensamos.
Tudo que somos surge com nossos pensamentos.
Com nossos pensamentos nós fazemos o nosso mundo.”*

Buda.

RESUMO

A análise estrutural de pequena a grande escala é um dos principais suportes para o entendimento geológico de qualquer área dentro das Geociências. Esta dissertação tem como objetivo reconhecer, delimitar e contextualizar geologicamente uma estrutura linear de direção NW/SE situada na porção sudeste do estado de São Paulo, sendo ela bem visível e rastreável em distintas fontes de dados, como os SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), por exemplo. O lineamento alvo deste trabalho foi denominado aqui de Lineamento Sorocaba, devido a sua ocorrência através da cidade homônima. O Lineamento Sorocaba está localizado, em parte, no Sistema Orogênico Mantiqueira, o qual pertence ao Ciclo Brasileiro, de idade neoproterozóica. O Cinturão Ribeira corresponde ao compartimento central desse sistema orogênico, e está relacionado à colisão dos crátons São Francisco-Congo, Rio de La Plata, Luiz Alves e Paraná ou Paranapanema. Estruturas anteriores à tafrogênia que deram origem às bacias marginais brasileiras podem ter interferido na geometria das mesmas, bem como estruturas do embasamento cristalino podem ter sido reativadas. Os trabalhos de campo corroboram a presença de um conjunto de fraturas de direção NW/SE tanto nas rochas do embasamento cristalino paulista, quanto na porção da Bacia do Paraná, próxima ao limite das rochas ígneas pertencentes ao Domínio São Roque. Além disso, dados de sismologia e sísmica dão suporte para a extensão do lineamento para além da porção continental, mas que também interferem no pacote sedimentar da Bacia de Santos. É provável que o Lineamento Sorocaba seja o resultado da reativação de zonas de fraquezas pré-cambrianas de direção NW/SE durante o cretáceo, e que o Arco de Ponta Grossa tenha relação intrínseca com o Lineamento Sorocaba.

Palavras – chave: Reativação de estruturas; Cinturão Ribeira; Bacia de Santos; Bacia do Paraná; Arco de Ponta Grossa.

ABSTRACT

The structural analysis from large to small scale composes one of the main supports for the geological understanding of any area within the Geosciences. The main goal of this dissertation is to describe and interpret a linear structure of NW/SE direction in the southeastern portion of São Paulo state, it is quite visible and traceable through different data sources, such as STRM images (Shuttle Radar Topography Mission). The aimed lineament of this paper was named here “Sorocaba Lineament”, because it passes through the homonymic city. The Sorocaba Lineament is located in the Mantiqueira Orogenic System, and belongs to Brasiliano Cycle, in the Neoproterozoic age. The Ribeira Belt corresponds to the central compartment of this orogenic system, and it is related with the collision of the São Francisco-Congo, Rio de La Plata, Luiz Alves and Paraná or Paranaapanema cratons. The structures which were previous to the tectogenesis, and originated the Brazilian Marginal Basins, may have influenced in the basins' geometry, as well as the crystalline basement structures may have been reactivated. The fieldwork corroborates the presence of a brittle linear structure in the rocks of São Paulo's crystalline basement, as well as in part of the Parana Basin close to the limits of the igneous rocks. Furthermore, seismology and seismic data support the extension of the lineament beyond the continental portion, but also interfere with the sedimentary package of the Santos Basin. It probably the lineament Sorocaba is the result of reactivation zones of Precambrian weaknesses of direction NW / SE during the Cretaceous, and that the Ponta Grossa Arch has intrinsic relationship with the Lineament Sorocaba.

Key-words: Reactivation of structures. Ribeira Belt; Santos Basin; Parana Basin; Ponta Grossa's Arch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Lineamento Sorocaba.	17
Figura 2: Localização das linhas sísmicas de reflexão 2D.	20
Figura 3: Seção sísmica 0248-0097.	20
Figura 4: Seção sísmica 0247-2003.	21
Figura 5: Seção sísmica 0248-0108.	21
Figura 6: Seção sísmica 0247-2008.	22
Figura 7: Seção sísmica 0248-0114.	22
Figura 8: Dados SRTM utilizados no software Global Mapper 11.	24
Figura 9: Dado SRTM da mesma localidade (quebra do Planalto de Ibiúna) com suas estruturas de direção NW/SE e NE/SW	24
Figura 10: Mapa integrado dos sismos e o Lineamento Sorocaba.	26
Figura 11: Carta estratigráfica da Bacia de Santos e os horizontes sísmicos utilizados para interpretar as seções sísmicas.	27
Figura 12: Seções sísmicas e o intervalo de ocorrência do Lineamento Sorocaba.	28
Figura 13: Área de interpolação dos dados gravimétricos.	29
Figura 14: Área de ocorrência do Lineamento Sorocaba.	32
Figura 15: Possível configuração dos blocos continentais no Neoproterozóico e os respectivos oceanos que foram fechados durante o ciclo Brasileiro.	34
Figura 16: Localização do Sistema Orogênico Mantiqueira e sua articulação com outras províncias estruturais	35
Figura 17: Representação das idades de geração dos cinturões que culminaram com a formação dos sistemas orogênicos Mantiqueira e Tocantins.	36
Figura 18: Compartimentação do Sistema Orogênico Mantiqueira.	38
Figura 19: Compartimentação exibindo os respectivos domínios do Cinturão Ribeira e a representação do Lineamento Sorocaba.	40
Figura 20: Mapa geológico com as principais estruturas da região do Lineamento Sorocaba.	43
Figura 21: Estruturas basais da Bacia do Paraná	45
Figura 22: Localização da Bacia de Santos.	47
Figura 23: Modelo de evolução tectônica e sedimentar da Bacia de Santos.	48
Figura 24: Principais estruturas de direção aproximada NW/SE.	50

Figura 25: Representação do Arco de Ponta Grossa.....	52
Figura 26: Junção tríplice formada pelo Arco de Ponta Grossa	53
Figura 27: Predomínio e intensidade de cada direção preferencial estrutural na Bacia do Paraná ao longo do tempo geológico.....	54
Figura 28: Seção perpendicular do Arco de Ponta Grossa	54
Figura 29: Exemplo de par estereográfico da quebra do Planalto de Ibiúna.	56
Figura 30: Exemplo de par estereográfico da quebra da Serra do Mar.....	56
Figura 31: Imagem SRTM da região do entorno do Lineamento Sorocaba.....	58
Figura 32: Intersecção da ZC Taxaquara e o Lineamento Sorocaba.....	59
Figura 33: Representação dos sismos no entorno do Lineamento Sorocaba.....	60
Figura 34: Integração das seções sísmicas e o Lineamento Sorocaba.	63
Figura 35: Mapa de anomalia Bourguer na região do Lineamento Sorocaba.	65
Figura 36: Polos dos planos de fratura NW/SE encontrados.	68
Figura 37: Afloramento no ponto 4	69
Figura 38: Afloramento no ponto 8	69
Figura 39: Ponto 14 exibindo um plano de falha	70
Figura 40: Vista do efeito topográfico causado pelo lineamento na Serra do Mar. ...	70
Figura 41: Ponto 16 mostrando planos de fraturas subverticais de direção NW/SE.	71
Figura 42: Ponto 17 exibindo planos de fraturas subverticais de direção NW/SE.....	72
Figura 43: Ponto 26 mostrando um plano de fratura sub vertical de direção NW/SE.....	72
Figura 44: Ponto 28 exibindo um par de planos de fraturas sub verticais	73
Figura 45: Ponto 30 exibindo um plano de fratura de direção NW/SE.	74
Figura 46: Ponto 32 com destaque para o plano de fratura de direção NW/SE.	75
Figura 47: A esquerda, trecho do Rio Tietê de direção NW/SE, e a direita, plano de fratura de direção NW/SE destacado entre as linhas tracejadas amarelas.....	75
Figura 48: Ponto 37	76
Figura 49: Ponto 38 exibindo um plano de fratura de direção NW/SE preenchido por óxido de manganês.	77
Figura 50: Ponto 40 exibindo um plano de fratura de direção NW/SE preenchido por óxido de manganês.	77
Figura 51: Ilustração dos planos de fraturas de direção NW/SE observados nas rochas do Complexo Embu, ponto 41.	78
Figura 52: Ilustração evidenciando o plano de fratura de direção NW/SE nos ortognaisses do Complexo Embu, ponto 47.....	79

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Atitude dos planos de fratura dos pontos visitados.	66
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Apresentação e Justificativa	15
1.2 Objetivos.....	16
1.3 Área de Estudo	16
2. MÉTODOS	18
2.1 Levantamento Bibliográfico.....	18
2.2 Aquisição do Banco de Dados.....	18
2.2.1 Dados SRTM.....	19
2.2.2 Dados Sismológicos.....	19
2.2.3 Dados de Sísmica de Reflexão 2D.....	19
2.2.4 Dados Gravimétricos.....	23
2.3 Interpretação dos Dados.....	23
2.3.1 Geração de Mapas de Modelo Digital de Terreno.....	23
2.3.2 Geração do Mapa Sismológico	25
2.3.4 Geração do Mapa de Anomalia Bouguer	29
2.4 Trabalho de Campo	30
2.5 Compilação, Discussão dos Dados e Conclusão	31
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	32
3.1 Considerações Gerais	32
3.2 Sistema Orogênico Mantiqueira e o Cinturão Ribeira.....	33
3.2.1 Generalidades.....	33
3.2.2 Sistema Orogênico Mantiqueira	35
3.2.3 Cinturão Ribeira	39
3.3 Evolução pós Ciclo Brasileiro.....	44
3.3.1 Generalidades.....	44
3.3.2 Bacia do Paraná.....	44

3.3.3 Bacia de Santos	46
3.3.4 Evolução Tectônica	51
4. RESULTADOS	55
4.1 Dados de Satélite e SRTM	55
4.2 Sismicidade	59
4.3 Interpretação Sísmica	61
4.4 Mapa de Anomalia Bouguer	64
4.5 Trabalho de Campo	65
5. DISCUSSÃO DOS DADOS	80
6. CONCLUSÕES	83
BIBLIOGRAFIA	85
APÊNDICES	89

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e Justificativa

A geologia estrutural compõe um dos principais suportes para o entendimento geológico pleno de qualquer área pertencente as Geociências.

Neste trabalho, a geologia estrutural está concentrada na tectônica e na análise estrutural de planos de fraturas, uma vez que o alvo desta dissertação trata de uma estrutura linear de grande porte (lineamento) que ainda não teve sua evolução descrita através de estudos geológicos.

De acordo com O'Leary et al (1976), o termo "lineamento" é designado a uma feição linear mapeável na superfície terrestre, sendo ela retilínea ou levemente encurvada, podendo ser também simples ou composta, de modo que difere do padrão adjacente a ela, e que presumivelmente conjecture um fenômeno de subsuperfície.

O lineamento alvo desse estudo foi denominado de "Lineamento Sorocaba", devido à sua passagem pela zona urbana da cidade homônima. Localiza-se na porção sudeste do estado de São Paulo e pode ser reconhecido a partir de vários tipos de dados. Possui direção NW/SE e se estende desde a Bacia do Paraná até a Bacia de Santos.

A maior motivação e importância deste trabalho está no fato deste ser um estudo inédito para esse lineamento, tanto em questão de seu reconhecimento, delimitação, processo evolutivo e correlação com estruturas já reconhecidas na região.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivos reconhecer, caracterizar e interpretar um conjunto de estruturas lineares de direção NW/SE situada na porção sudeste do estado de São Paulo, que se destacam no relevo através de inúmeras fontes de dados, tais como imagens de satélite e modelos digitais de terreno.

O maior desafio dessa pesquisa é reconstituir seu processo evolutivo em meio às rochas cristalinas, onde ela é mais proeminente, e verificar sua continuidade nas Bacias do Paraná e Santos, segundo suas extremidades noroeste e sudeste, respectivamente.

1.3 Área de Estudo

O Lineamento Sorocaba se encontra dentro do estado de São Paulo e dista cerca de 40 km (no segmento mais próximo) do centro da capital paulista (Figura 1).

A porção em que o lineamento se mostra mais evidente no modelo digital de terreno é na faixa de exposição das rochas cristalinas, que vai desde o seu limite com a Bacia do Paraná, nos arredores da cidade de Sorocaba - SP, até a costa, próximo ao limite entre os municípios litorâneos de Itanhaém - SP e Mongaguá - SP.

A direção do lineamento é perpendicular ao principal *trend* de estruturação do sudeste brasileiro (NE/SW), que é resultante da colisão brasileira que gerou o Sistema Orogênico Mantiqueira, representado localmente pelo Orógeno Ribeira.

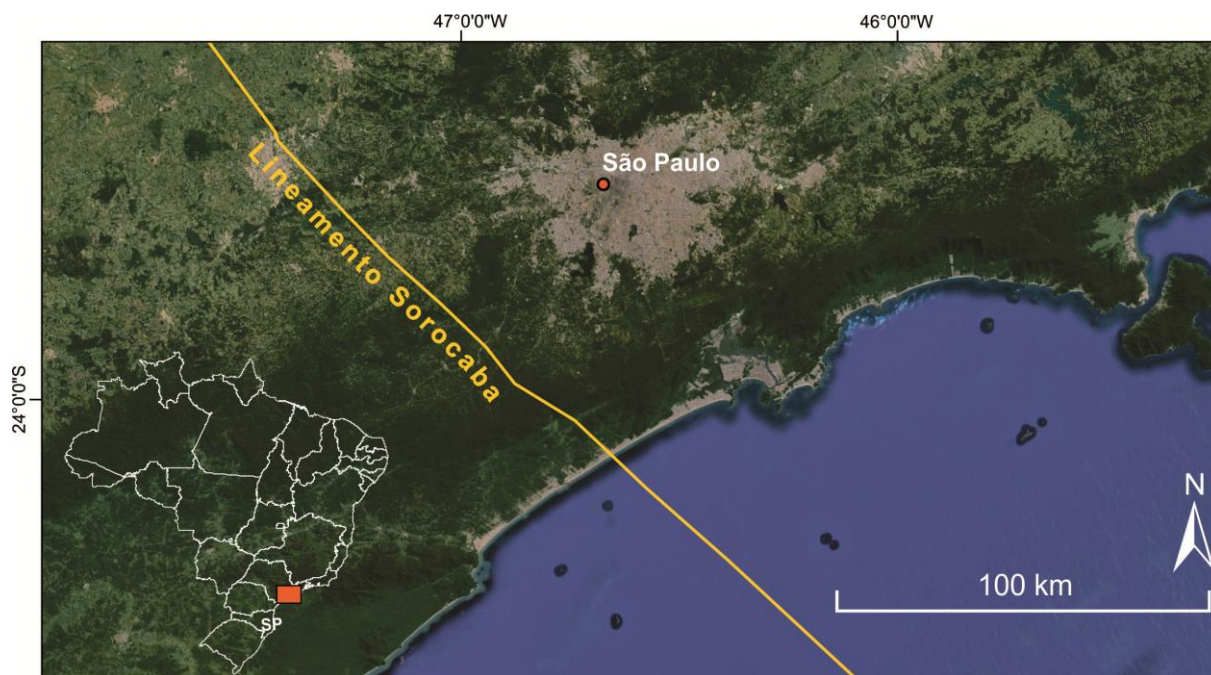


Figura 1: Localização do Lineamento Sorocaba.

2. MÉTODOS

De modo a atingir os objetivos propostos no capítulo anterior, foram adotadas as etapas descritas a seguir para um progresso contínuo e lógico de trabalho.

2.1 Levantamento Bibliográfico

Durante o desenvolvimento desta etapa foram reunidos dados sobre a evolução geológica da porção continental do sudeste brasileiro e da Bacia de Santos, com foco na compartimentação tectônica, bem como as relações entre ambos os domínios.

Inicialmente, buscou-se elaborar uma breve síntese da evolução geotectônica envolvendo os processos e componentes que estiveram presentes na formação e fragmentação da atual Placa Sul-americana, de modo que essa súmula possa ajudar nas interpretações do trabalho em questões referentes à presença de antigas estruturas que possam ter influenciado o Lineamento Sorocaba.

O detalhamento é dado principalmente na evolução do sudeste do estado de São Paulo onde ocorrem as rochas cristalinas, fortemente deformadas durante o Ciclo Brasileiro, e também a posterior separação dos continentes africano e sul-americano, que produziu grande impacto na estruturação regional. Essas noções da evolução regional são cruciais para integrar e comparar com as informações que foram adquiridas nos trabalhos de campo.

2.2 Aquisição do Banco de Dados

Nessa etapa foram adquiridos dados pertinentes tanto a porção *onshore*, quanto *offshore* (Bacia de Santos).

2.2.1 Dados SRTM

Para a área continental foram utilizados dados de modelo digital de terreno, ou dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), sendo que esses dados são fruto de uma parceria entre a NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) e o USGS (Serviço Geológico Americano). A utilização destes dados tem como finalidade dar uma prévia caracterização dos limites e aspectos geomorfológicos do Lineamento Sorocaba.

Esses dados foram importantes para balizar os trabalhos de campo realizados. Além disso, também foram utilizados para a interpretação das estruturas macroscópicas presentes na área.

2.2.2 Dados Sismológicos

Dados históricos de sismos intraplaca ocorridos principalmente na região sudeste também foram levantados, bem como os que ocorreram e ocorrem sistematicamente na margem continental da Bacia de Santos, uma vez que são importantes indicadores de descontinuidades crustais.

Esses dados sismológicos foram obtidos no Boletim Sísmico Brasileiro – Catálogo IAG-USP, e foram plotados espacialmente com o objetivo de visualizar possíveis zonas de fraqueza crustal que possam ser correlacionadas ao Lineamento Sorocaba.

2.2.3 Dados de Sísmica de Reflexão 2D

Já na porção submersa foram utilizadas 5 linhas sísmicas de reflexão 2D, as quais foram cedidas pelo BDEP (Banco de Dados de Exploração e Produção) administrado pela ANP (Agência Nacional do Petróleo). Os dados solicitados foram concedidos através da política de gratuidade para universidades.

Ao interpretar as linhas sísmicas, buscou-se reconhecer movimentações verticais no pacote sedimentar que possam ser correlacionáveis ao Lineamento Sorocaba. A Figura 2 exibe a localização e o nome das linhas sísmicas utilizadas.

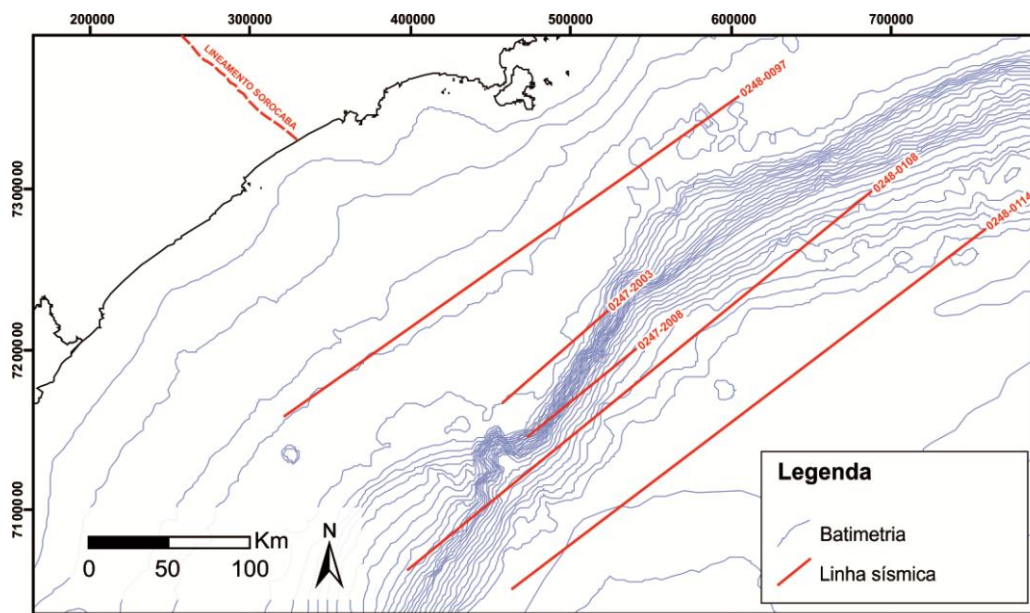
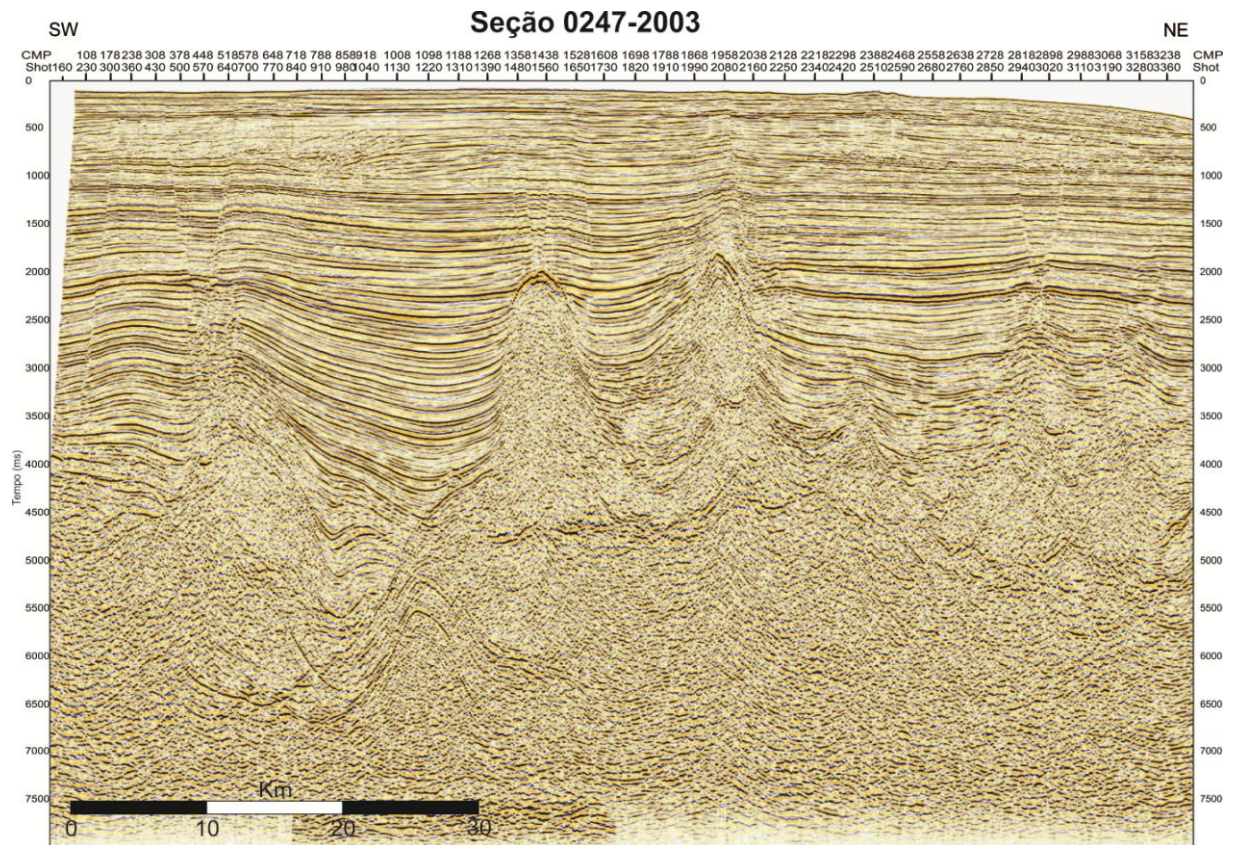


Figura 2: Localização das linhas sísmicas de reflexão 2D.

As Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 exibem as 5 seções sísmicas de reflexão 2D utilizadas, onde em cada uma delas encontra-se o nome, orientação e a profundidade em tempo (ms).



Figura 3: Seção sísmica 0248-0097.



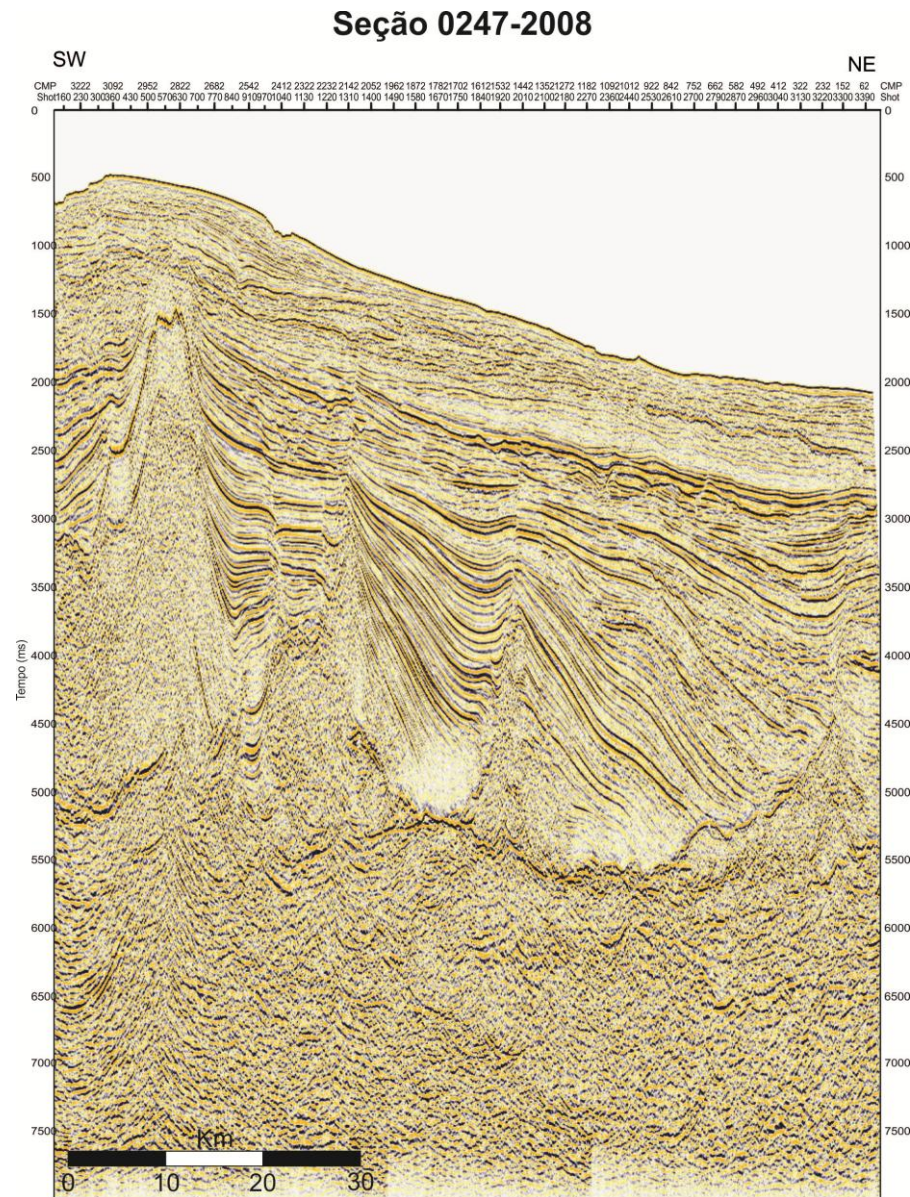


Figura 6: Seção sísmica 0247-2008.

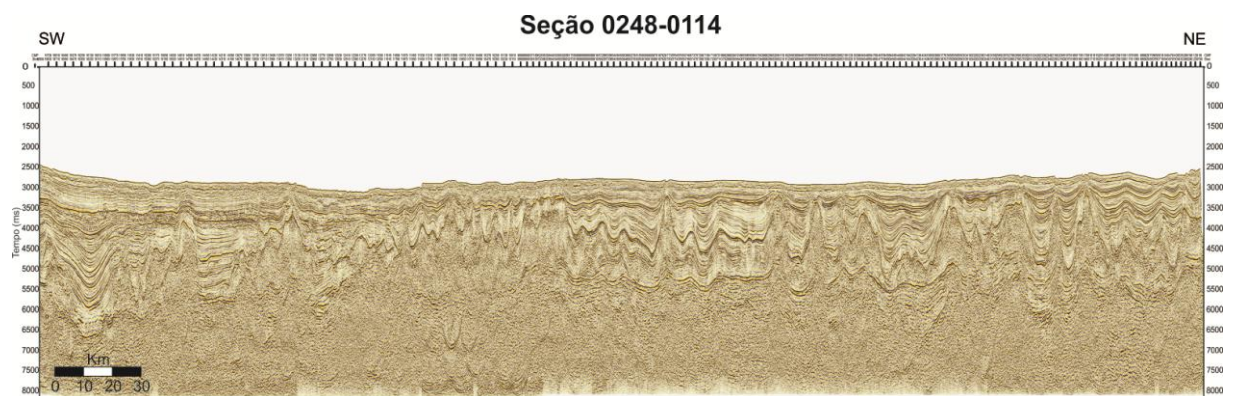


Figura 7: Seção sísmica 0248-0114.

2.2.4 Dados Gravimétricos

Neste trabalho também foram utilizados dados de gravimetria terrestre adquiridos pelo IAG-USP, os quais estão disponíveis no banco de dados do "Laboratório de Interpretação de Dados Sísmicos e Geológicos (LISG)", da Unesp - Rio Claro.

Os dados gravimétricos auxiliam na investigação indireta da subsuperfície a partir da variação do campo gravitacional terrestre, que é causada pela diferença de densidade entre as rochas.

2.3 Interpretação dos Dados

Essa etapa consiste na interpretação dos dados de satélite e geofísicos adquiridos, visando a elaboração de seções e mapas que subsidiarão o reconhecimento das principais estruturas geológicas presentes na área.

2.3.1 Geração de Mapas de Modelo Digital de Terreno

Os dados SRTM foram carregados e integrados no software "Global Mapper 11", de forma que foi possível reconhecer e explorar toda a região de ocorrência do Lineamento Sorocaba em um único arquivo.

Por meio de ferramentas como o posicionamento da incidência da luz sobre o dado SRTM, foi possível ressaltar com o uso de luz e sombra, a direção NW/SE (direção do Lineamento Sorocaba), e assim promover uma visualização mais nítida do efeito geomorfológico do lineamento na superfície terrestre. O foco de luz utilizado foi posicionado perpendicularmente a direção do lineamento (NW/SE), ou seja, o foco de luz foi disposto no azimute 45° e a uma inclinação de 45°.

A Figura 8 exibe os dados SRTM agrupados no software "Global Mapper 11", e a Figura 9 mostra a importância e diferença do correto posicionamento da luz

sobre o dado SRTM, em que a incidência da luz evidencia estruturas perpendiculares a ela.

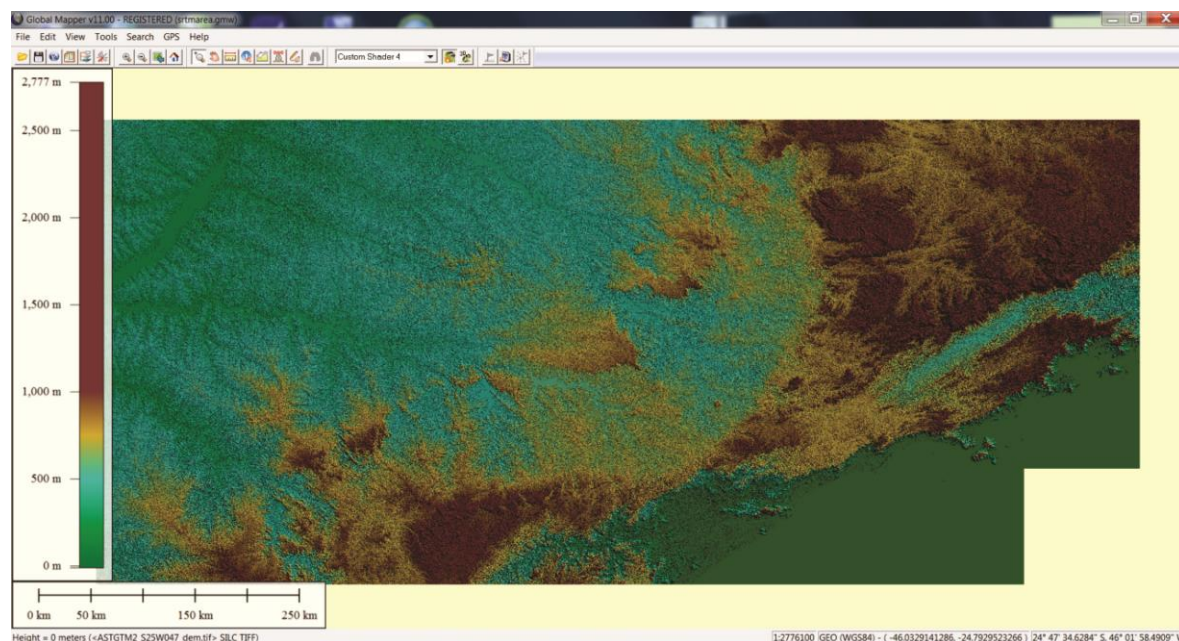


Figura 8: Dados SRTM utilizados no software Global Mapper 11.

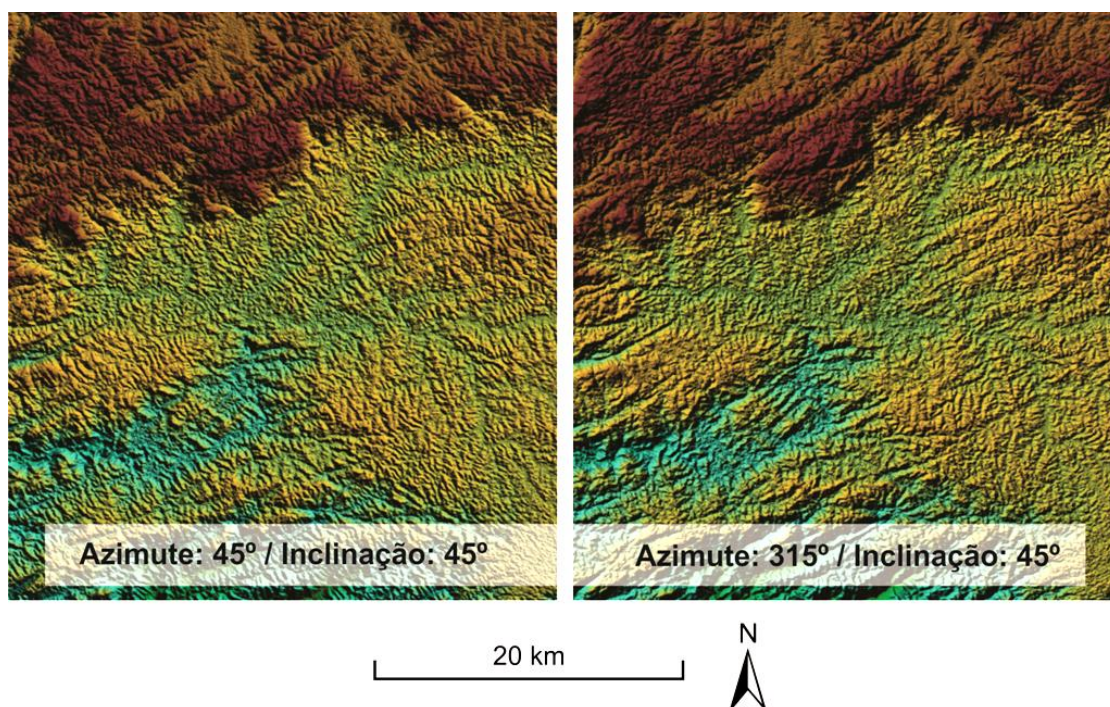


Figura 9: Dado SRTM da mesma localidade (quebra do Planalto de Ibiúna) com suas estruturas de direção NW/SE e NE/SW evidenciadas respectivamente pelas imagem à esquerda e à direita.

2.3.2 Geração do Mapa Sismológico

O acúmulo de tensões que causam os terremotos origina-se em grande parte da movimentação das placas litosféricas, e em regiões limítrofes entre placas as tensões se acumulam mais rapidamente e provocam terremotos mais frequentes, denominada sismicidade interplaca. Porém, regiões intraplacas como é o caso do Brasil, não estão livres da ocorrência de terremotos.

Para Sykes (1978) e Talwani & Rajendran (1991), abalos sísmicos intraplaca ocorrem pela reativação de zonas pré-existentes de fraqueza, localizadas próximas de zonas estruturais heterogêneas, que concentram esforços locais e se somam aos esforços regionais para gerar terremotos.

Sobre os dados sismológicos, foram selecionados e utilizados somente os dados dos sismos ocorridos dentro dos limites do estado de São Paulo ou na Margem Continental da Bacia de Santos.

Os dados foram agrupados segundo sua data, horário, localidade, latitude, longitude e magnitude na escala Richter, conforme mostra o Apêndice 1.

Originalmente os dados obtidos através do site do catálogo do IAG-USP também fornecem dados de erro (em quilômetros do epicentro), profundidade (em quilômetros), tipo de cálculo da magnitude, categoria dos dados, intensidade máxima observada (na escala de Mercalli modificada) e a área afetada, em quilômetros. Entretanto, a maioria desses dados são incompletos ou pouco precisos, optando-se por não utilizá-los neste trabalho.

Após os dados sismológicos serem agrupados em tabela, eles foram carregados em ambiente SIG através do software "ArcGIS (Esri)", sendo assim possível plotar os sismos espacialmente e agrupá-los em categorias conforme sua magnitude na escala Richter (Figura 10), sendo assim possível analisar visualmente possíveis descontinuidades crustais no entrono do Lineamento Sorocaba.

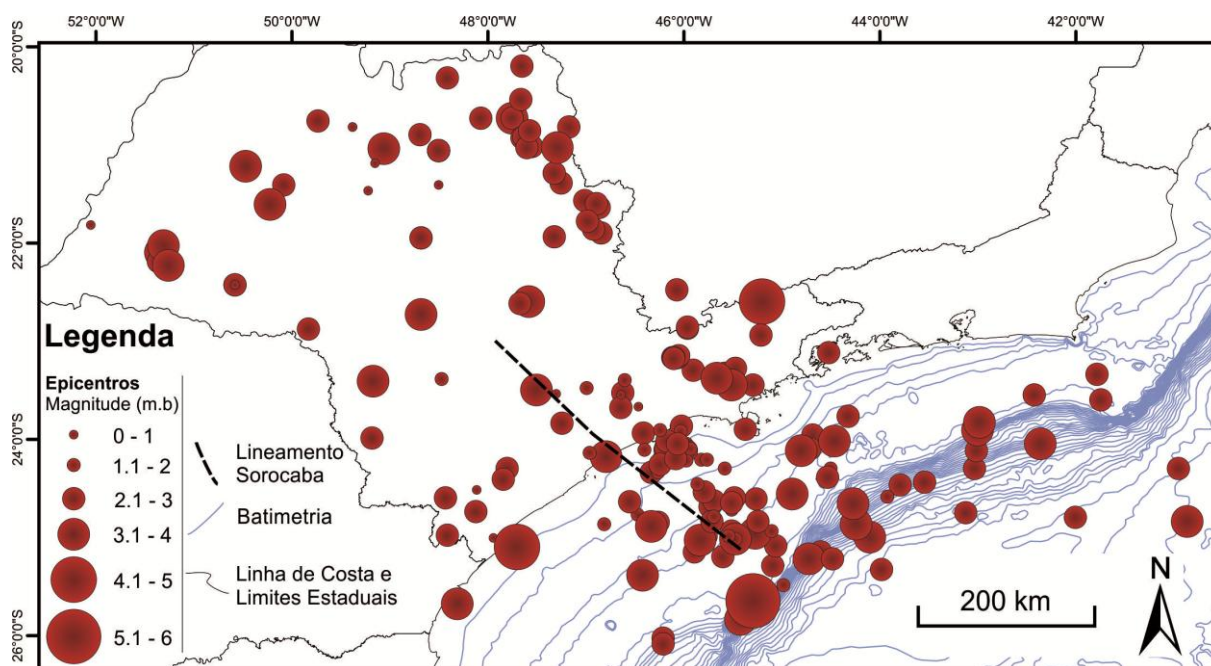


Figura 10: Mapa integrado dos sismos e o Lineamento Sorocaba.

2.3.3 Interpretação das Seções Sísmicas de Reflexão 2D

Os dados de sísmica de reflexão 2D foram carregados no software "GeoGraphix (Landmark)", e foram retrabalhados no software "CorelDRAW X6".

As 5 seções sísmicas foram escolhidas com base na qualidade dos dados (nitidez, profundidade e nível de ruído por conta da camada de sal) e de sua localização, que no caso, se localizam espaçadas uniformemente desde a região da plataforma continental até o fim da quebra do talude.

Todas as 5 seções sísmicas são perpendiculares à direção do Lineamento Sorocaba, sendo que este é o melhor modo para visualizar as possíveis zonas de falhas ou fraturas que possam ser associadas ao lineamento.

A Figura 11 mostra a carta estratigráfica da Bacia de Santos juntamente com os horizontes que foram utilizados para interpretar as seções sísmicas. Cada um dos 10 horizontes representa uma significativa discordância na sedimentação da Bacia de Santos. Consequentemente, no âmbito geofísico, isso representa um refletor sísmico de boa qualidade, possibilitando o seu rastreamento ao longo da seção sísmica.

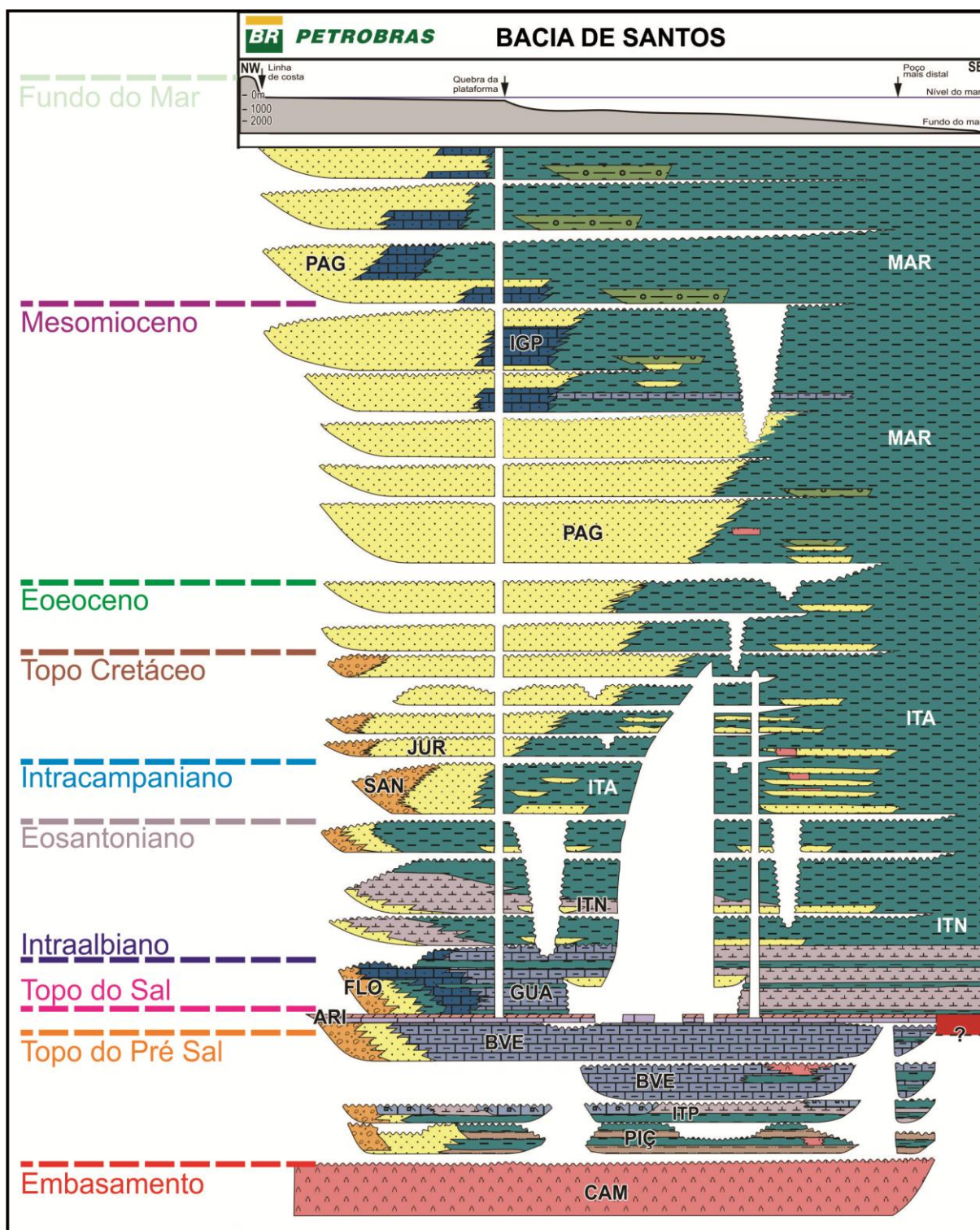


Figura 11: Carta estratigráfica da Bacia de Santos e os horizontes sísmicos utilizados para interpretar as seções sísmicas. Modificado de Moreira et al. (2007).

Além dos horizontes sísmicos, também foram localizadas e evidenciadas estruturas rúpteis que interceptam o pacote sedimentar da Bacia de Santos e alteram, por vezes, as espessuras e contatos entre os estratos.

As seções sísmicas foram selecionadas a partir do banco de dados do "Laboratório de Interpretação de Dados Sísmicos e Geológicos (LISG)" da Unesp - Rio Claro, e os horizontes sísmicos foram traçados com base nos trabalhos de Izeli (2008), Lúcio (2011) e Schweig (2013), os quais contêm dados sísmicos localizados na mesma área de interesse deste trabalho, possibilitando assim o cruzamento de informações e o correto posicionamento dos horizontes sísmicos.

A Figura 12 exibe o Lineamento Sorocaba, a localização das seções sísmicas e a projeção da passagem do lineamento dada pelas duas linhas tracejadas, totalizando um intervalo de 40km aproximadamente entre elas.

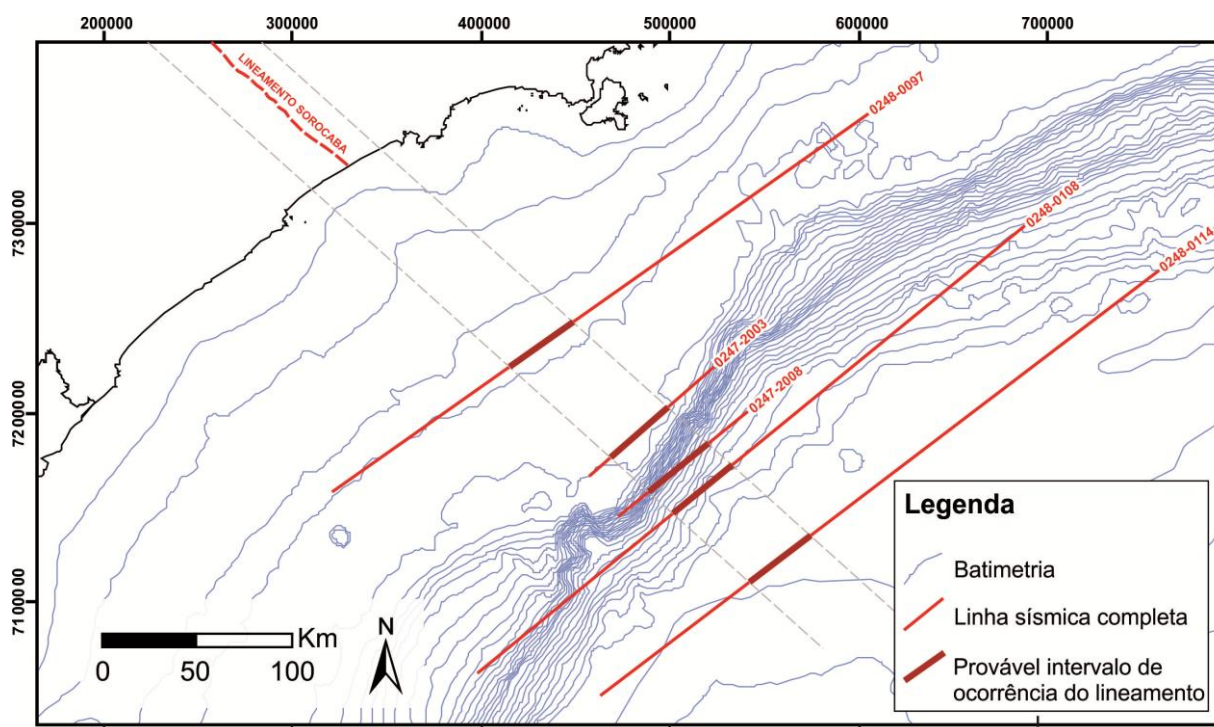


Figura 12: Seções sísmicas e o provável intervalo de ocorrência do Lineamento Sorocaba.

2.3.4 Geração do Mapa de Anomalia Bouguer

Uma área retangular foi selecionada dentro do total dos dados gravimétricos disponíveis, a Figura 13 exibe o polígono no entorno do Lineamento Sorocaba contendo os 1883 pontos que foram interpolados no software "Oasis Montaj (Geosoft)".

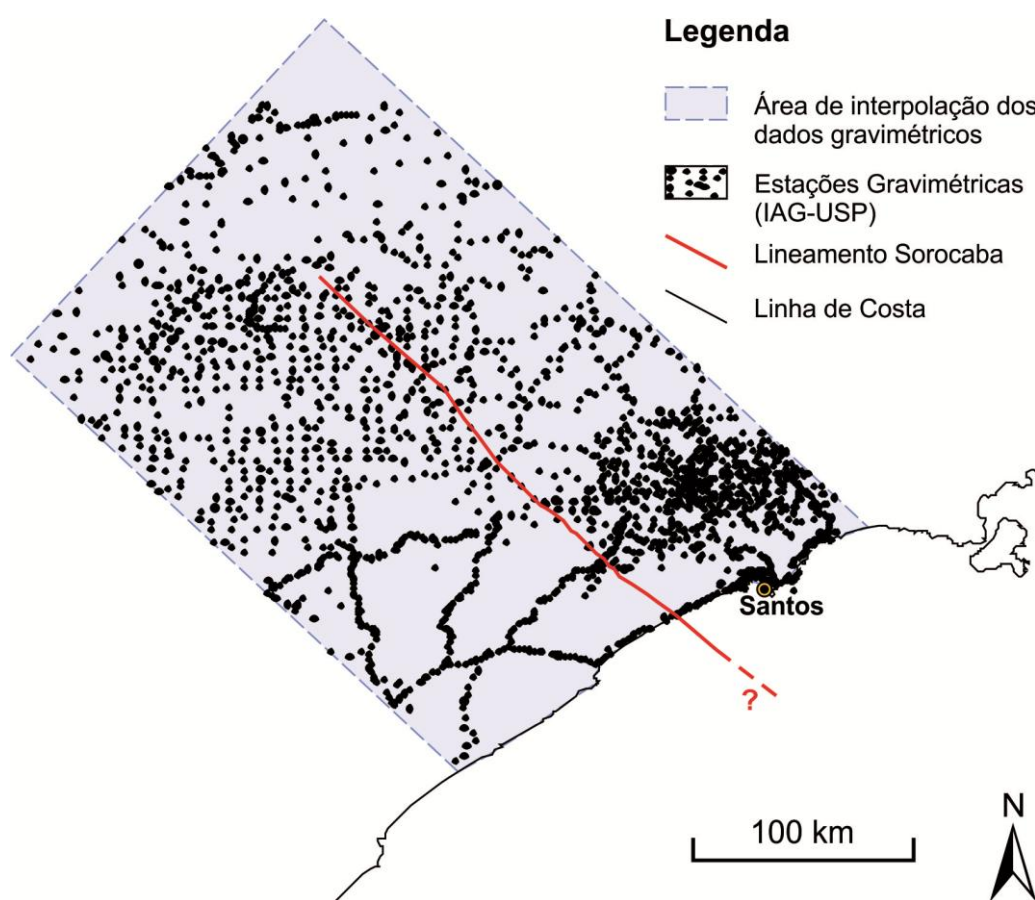


Figura 13: Área de interpolação dos dados gravimétricos.

O mapa de anomalia Bouguer foi gerado pelo do método de interpolação de mínima curvatura (esse método foi escolhido devido a falta de homogeneidade dos dados, visto que ele tende a suavizar os valores entre os pontos), em uma malha quadrada de 1,12km.

2.4 Trabalho de Campo

Após reconhecidas as principais estruturas geológicas regionais a partir dos mapas de modelo digital de terreno, essa etapa agrega dados de maior detalhe ao trabalho, pois foram verificadas em campo as estruturas reconhecidas em escala macro, possibilitando assim, a definição espacial do Lineamento Sorocaba com maior precisão.

Nesta fase foram obtidos dados diretos acerca do Lineamento Sorocaba. Os dados foram organizados em tabela segundo a localização dos pontos visitados, sendo que fotos e dados estruturais foram anexados a ela.

A partir dos dados estruturais obtidos nos planos de fratura de direção NW/SE na região próxima ao lineamento, foram gerados um estereograma e mapas com a distribuição geográfica das estruturas e dos pontos visitados, os quais auxiliaram na definição do estilo tectônico e idade do Lineamento Sorocaba a partir do cruzamento desses dados com outras feições estruturais já reconhecidas.

A primeira etapa de campo abrangeu a área entre o limite sul da Zona de Cisalhamento Taxaquara até a planície costeira, e foram visitados os pontos de 1 a 15. A segunda etapa foi realizada na região limítrofe entre as rochas cristalinas do Cinturão Ribeira e as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, percorrendo os pontos 16 a 27. A terceira e última etapa percorreu os pontos 28 a 48, e abrangeu os dois extremos do lineamento na porção continental, e teve como objetivo adensar o volume de dados estruturais e buscar evidências para estender o Lineamento Sorocaba para o interior da Bacia do Paraná.

O mapa com a localização de todos os pontos visitados pode ser visualizado no Apêndice 7.

2.5 Compilação, Discussão dos Dados e Conclusão

Envolve a análise final dos resultados obtidos e redação da dissertação de mestrado.

Essa última etapa compreende um posicionamento referente à discussão dos dados nos itens anteriores, onde foram abordados de forma objetiva os resultados e as conclusões obtidas.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

3.1 Considerações Gerais

A área de estudo abrange uma região com distintas e complexas unidades geológicas que envolvem aspectos geotectônicos que remontam uma história evolutiva que se inicia no Pré-Cambriano e se estende até o presente.

O Lineamento Sorocaba se encontra na porção sudeste do estado de São Paulo junto à faixa de ocorrência do embasamento cristalino paulista, porém, com fortes evidências de prolongamento de sua extensão para noroeste rumo as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, e para sudeste rumo a Bacia de Santos (Figura 14).

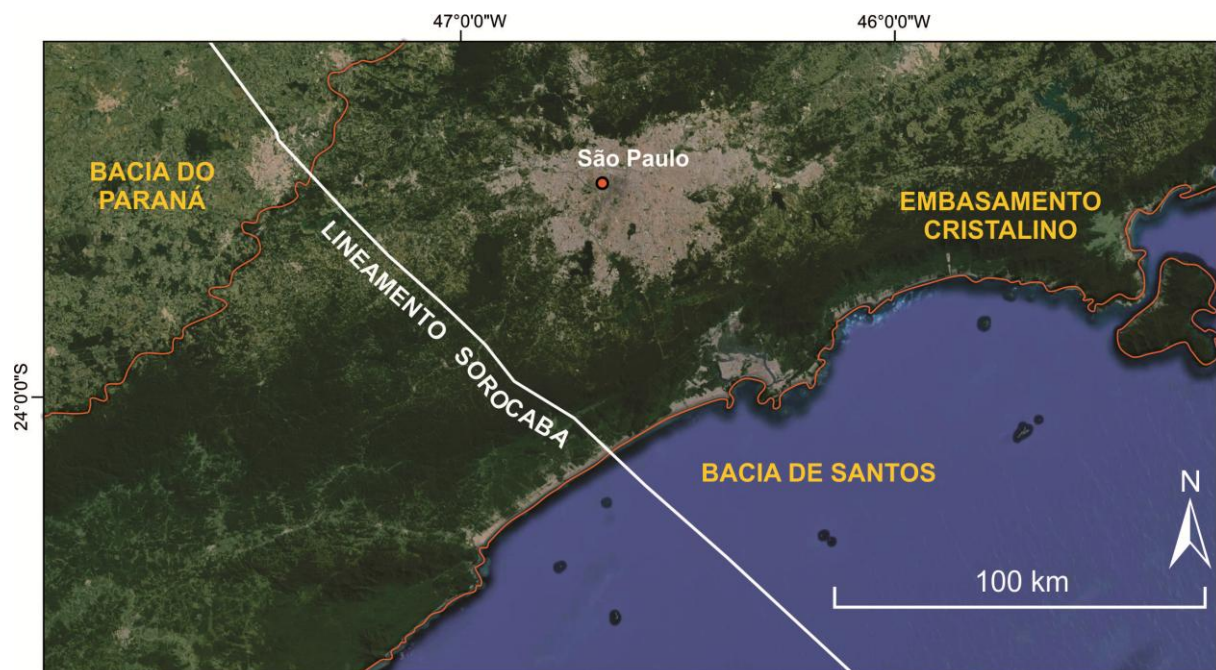


Figura 14: Área de ocorrência do Lineamento Sorocaba. (Fonte: Google Earth).

3.2 Sistema Orogênico Mantiqueira e o Cinturão Ribeira

3.2.1 Generalidades

A tafrogênese do Rodínia que se deu quase que todo durante os períodos Toniano e Criogeniano, resultou em uma assembleia paleogeográfica diversa, composta por crátons isolados, continentes, terrenos, oceanos e ambientes transicionais que imediatamente começaram a se unir novamente, dessa vez para dar origem ao continente Gondwana, evento que no Brasil recebeu o nome de Ciclo Brasileiro.

A tentativa de reconstruir a paleogeografia durante o Neoproterozoico vem sendo abordada pelos pesquisadores. Entretanto, até hoje não é consenso quais porções crustais estariam envolvidas no processo de fechamento do Gondwana, bem como o intervalo da idade dos eventos e o entendimento sobre o estágio de evolução de cada oceano/proto-oceano que foi fechado durante a aproximação dos paleocontinentes.

A Figura 15 ilustra um possível cenário paleogeográfico do Neoproterozoico com as principais entidades geotectônicas que estariam presentes no fechamento dos oceanos entre Brasil e África, e que resultaram nos paleocontinentes Gondwana ocidental.



Figura 15: Possível configuração dos blocos continentais no Neoproterozóico e os respectivos oceanos que foram fechados durante o ciclo Brasileiro. Em laranja as placas, microplacas, microcontinentes e terrenos descendentes do Rodínia. AM = Amazônia; SL-WA = São Luís - Oeste Africano; PR = Parnaíba; AA = Arequipa - Antofalla; PA = Pampia; PP = Paranapanema; LA = Luís Alves; RP = Rio de La Plata; SF-C = São Francisco - Congo; KH = Kalahari. (Simplificado de: BRITO NEVES, 1999 apud SCHOBENHAUS & BRITO NEVES, 2003).

Dentre as províncias estruturais que se formaram ao fim do Ciclo Brasileiro na porção centro-sul do Brasil, destacam-se os Sistemas Orogênicos Mantiqueira (constituído pelos Cinturões Araçuaí, Ribeira e Tijuca) e Tocantins (formado pelos Cinturões Brasília, Araguaia e Paraguai).

Como a área de estudo se encontra dentro dos limites da Província Mantiqueira, a dissertação tratará somente da evolução e detalhamento deste sistema orogênico.

3.2.2 Sistema Orogênico Mantiqueira

O Sistema Orogênico Mantiqueira é a maior e possivelmente mais complexa província estrutural decorrente da justaposição dos crátons durante o Neoproterozoico, que culminou com a formação do Gondwana ocidental (SILVA et al., 2005).

A Província Mantiqueira se localiza paralelamente à costa atlântica da América do Sul, se estendendo desde o paralelo 33°S no Uruguai até o paralelo 15°S próximo ao sul do estado da Bahia (Figura 16), totalizando cerca de 3000 km de extensão, 200 km de largura média e cerca de 700000 km² (SILVA et al. 2005; DELGADO et al., 2003).

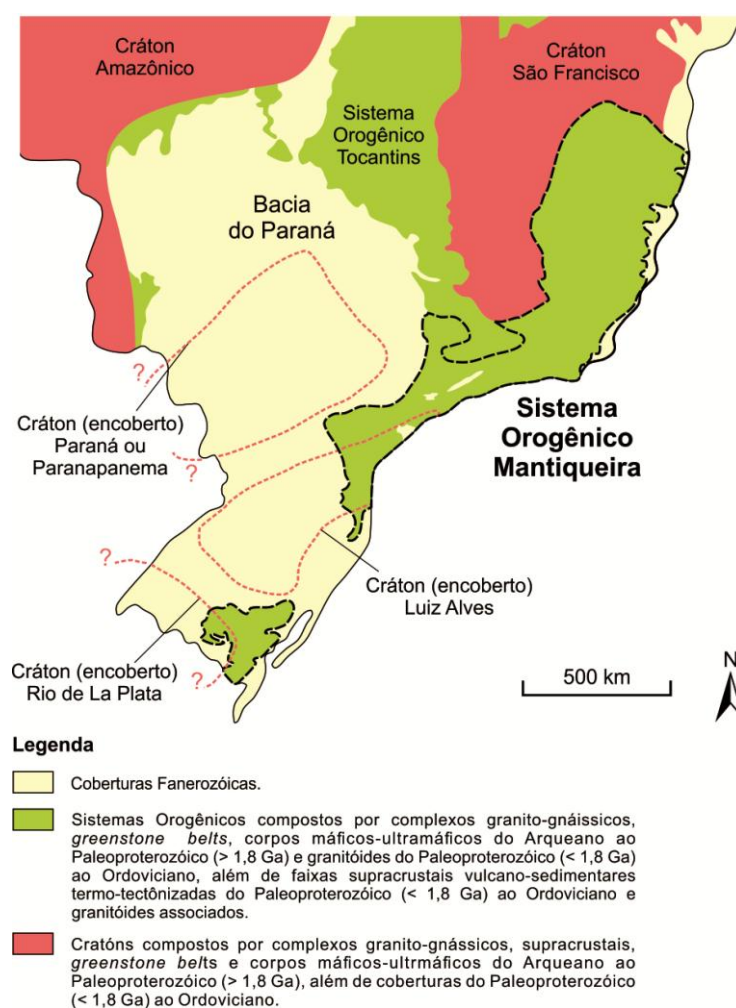


Figura 16: Localização do Sistema Orogênico Mantiqueira e sua articulação com outras províncias estruturais que se amalgamaram no Neoproterozoico. (Modificado de Hasui, 2010).

Apesar do vasto acervo bibliográfico disponível, bem como diversos estudos de datações de rochas e eventos sobre o Sistema Orogênico Mantiqueira, a discrepância entre as idades de convergência que compõe essa província estrutural ainda é significativa.

Nos trabalhos de L. C. da Silva, o autor propôs uma subdivisão do Ciclo Brasileiro válido para o Brasil em três eventos principais de convergência, que foram denominados de Brasileiro I, Brasileiro II e Brasileiro III, sendo que cada um deles foi definido com base em seus picos de colisão (SILVA et al., 2005).

A partir dessa subdivisão, por mais que a idade de algumas orogenias varie de trabalho para trabalho devido à evolução científica regional, pode-se dizer que de certa forma a repartição nos três sub eventos foi bem.

Uma extensa compilação de trabalhos geocronológicos referentes às idades de metamorfismo e intrusões de granitoides sin a tardicolisionais foi realizada e sintetizada numa tabela por Hasui (2010). A Figura 17 apresenta esses dados para os eventos de convergência dos sistemas orogênicos Mantiqueira e Tocantins.

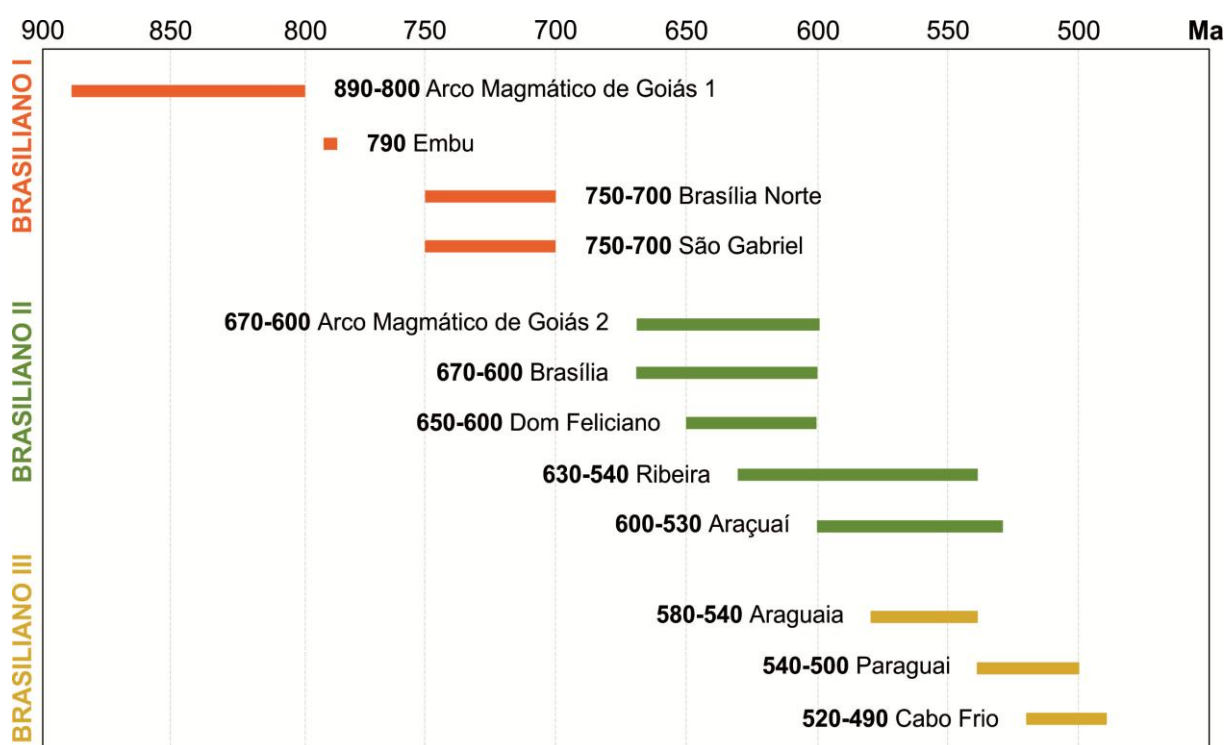


Figura 17: Representação das idades de geração dos cinturões que culminaram com a formação dos sistemas orogênicos Mantiqueira e Tocantins. (Fonte: HASUI, 2010).

O Brasileiro I, que teve seu clímax entre 790 Ma e 700 Ma (SILVA et al., 2005), é responsável por englobar os primeiros orógenos acrescionários, caracterizados por conter uma grande quantidade de material. Nesse estágio foram gerados os sistemas de convergência referentes aos processos iniciais do fechamento do Oceano Goianides, que deram origem ao Orógeno de Mara Rosa, localizado no Arco Magmático de Goiás, pertencente à Província Tocantins. Na porção mais ao sul, o Brasileiro I está representado pelo Orógeno São Gabriel e na porção oriental pelo Terreno Embu, ambos pertencentes à Província Mantiqueira (DELGADO et al., 2003).

O Brasileiro II teve seu clímax entre 640 Ma e 600 Ma (SILVA et al., 2005), e foi o sistema de orógenos que mais teve efeito na aproximação e fusão dos crátons, correspondendo a cerca de 70% dos domínios brasileiros. Tem como principal característica a predominância de orogenias associadas à colisão e reciclagem de material crustal. Nesse estágio de colisão, os orógenos gerados na Província Mantiqueira foram, de sul para norte, o de Pelotas/Dom Feliciano, Rio Piên e Paranapiacaba (Cinturão Ribeira), todos gerados pelo fechamento do Oceano Adamastor, além da amalgamação do Cinturão Granítico Costeiro (SILVA et al., 2005).

O Brasileiro III teve seu clímax entre as idades de 595 Ma e 560 Ma, e 530 Ma e 500 Ma (SILVA et al., 2005) e está representado pelos orógenos de transição entre o Pré-cambriano e o Fanerozóico, além de ser caracterizado pela pequena adição de material juvenil. Este sistema orogênico teria afetado principalmente a porção norte da Província Mantiqueira (Cinturão Araçuaí); entretanto também foi durante ele que o Cinturão Paraguai, localizado na Província Tocantins, foi formado. (DELGADO et al., 2003).

De modo geral, pode-se dizer que a geração do Sistema Orogênico Mantiqueira incluiu o fechamento do Oceano Adamastor e envolveu a colisão dos crátons Rio de La Plata, Paraná (ou Paranapanema), São Francisco - Congo, além de massas menores como a micro placa de Luis Alves e outras que ainda não são consenso entre os autores.

A Província ou Sistema Mantiqueira foi segmentada em três setores denominados setentrional, central e meridional (ALMEIDA & HASUI, 1984). Essa compartimentação sofreu pequenas mudanças ao longo do tempo devido ao

progresso de aquisição de dados geológicos e geocronológicos que foram incorporados às primeiras descrições do Sistema Mantiqueira (HASUI, 2012b).

Muitas propostas de nomenclatura e limites foram sugeridos para o Sistema Mantiqueira desde então; entretanto, se utilizará aqui a proposta de Hasui (2010) onde são individualizados os Cinturões Araçuaí, Ribeira e Tijucas como correspondentes dos setores setentrional, central e meridional, respectivamente (Figura 18). Cabe salientar que apesar da compartimentação nos três cinturões, esses não podem ter sua evolução analisada de modo individual, uma vez que os processos que compõem a evolução do Sistema Mantiqueira são diácronos e com superposições entre si (HASUI, 2010).



Figura 18: Compartimentação do Sistema Orogênico Mantiqueira.

3.2.3 Cinturão Ribeira

O Cinturão Ribeira corresponde à porção central do Sistema Orogênico Mantiqueira e se limita com outras províncias estruturais tais como o Cinturão Araçuaí, próximo ao limite estadual entre São Paulo e Rio de Janeiro, Cinturão Brasília, tendo seu limite na porção sul do estado de Minas Gerais e Cinturão Tijucas, com limite na região leste do estado de Santa Catarina. Além disso, o Cinturão Ribeira tem seus domínios noroeste e sudeste limitados e encobertos pelas bacias sedimentares do Paraná e Santos, respectivamente.

O Cinturão Ribeira tem como característica estrutural uma feição alongada dos corpos na direção NE/SW, sendo que esses são segmentados e justapostos por zonas de transcorrência destrais que podem atingir mais de uma centena de quilômetros, compondo um mosaico de formas sigmoides em escala micro a mega (HASUI, 2010 e HASUI, 2012b).

Assim como o Sistema Orogênico Mantiqueira, o Cinturão Ribeira também recebe múltiplas nomenclaturas e junções de unidades com o intuito de individualizar grupos e províncias com feições estruturais, litológicas ou faciológicas semelhantes para facilitar o entendimento sobre a evolução local e regional.

Essas excessivas descrições e denominações das unidades, que muitas vezes são correspondentes e sobrepostas, são decorrentes de trabalhos realizados em regiões dispersas e que não foram corretamente relacionados e vinculados em termos de evolução e correlação com as das áreas vizinhas. Esse fato pode ser justificado pela alta complexidade de caracterização e individualização dos blocos no Cinturão Ribeira, o que permite interpretações e modelos de evolução distintos para cada autor ou trabalho realizado.

Como já foi enfatizado, a compartimentação do Cinturão Ribeira em domínios com características semelhantes é uma tarefa complexa e que dificilmente alcançará consenso entre os pesquisadores. Talvez a questão mais polêmica dentre trate da porção norte do cinturão e sua relação com o Cinturão Brasília, onde aparentemente há uma zona que sofre interferência dos dois cinturões e dificulta o posicionamento exato de seus limites (TROUW et al; 2013).

Carneiro et al. (2012a) utilizando-se de dados litológicos e geocronológicos de diversos trabalhos, subdividiram o Cinturão Ribeira em oito domínios, denominados:

Varginha, São Roque, Apiaí, Embu, Costeiro, Paranaguá, Curitiba e Luiz Alves. A Figura 19 mostra essa compartimentação e a representação do Lineamento Sorocaba, que intercepta de forma perpendicular quatro desses domínios (São Roque, Apiaí, Embu e Costeiro).

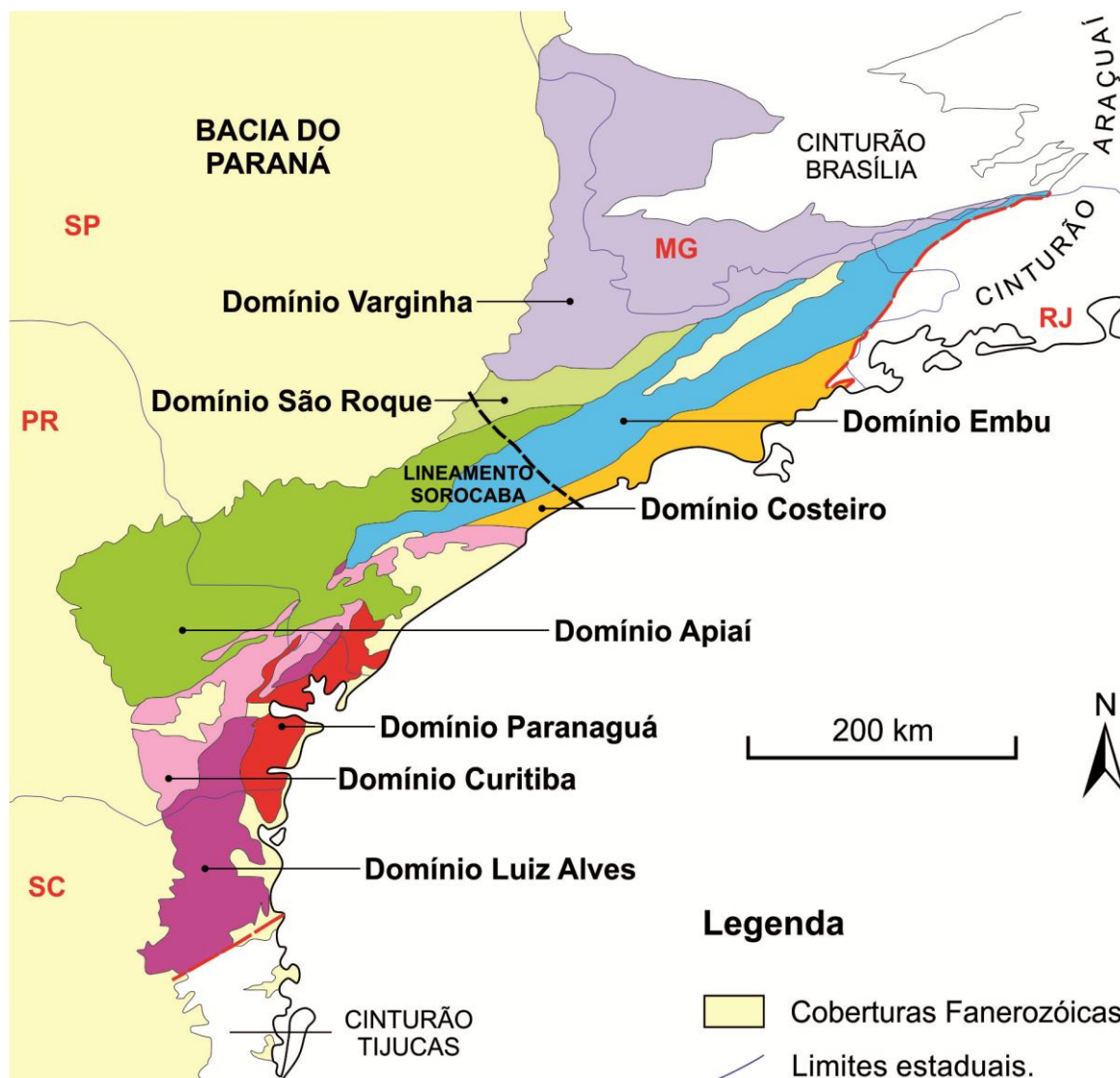


Figura 19: Compartimentação exibindo os respectivos domínios do Cinturão Ribeira e a representação do Lineamento Sorocaba. (Fonte: HASUI, 2012b).

Cabe ressaltar que para efeito de uma melhor visualização dos limites dos domínios, na Figura 20 não estão representadas as unidades granitóides pré a pós tectônicas, intrusões de rochas alcalinas e as unidades molássicas, de modo que este somente representa os contornos litoestruturais e geocronológicos dos domínios individualizados.

Os domínios no qual o Lineamento Sorocaba intercepta no Cinturão Ribeira (São Roque, Apiaí, Embu e Costeiro) são descritos a seguir.

O Domínio São Roque é dividido basicamente entre os Grupos Serra do Itaberaba e São Roque, sendo que o primeiro foi gerado em contexto de dorsal oceânica, sendo composta pelas Formações: Morro da Pedra Preta (metavulcanoclastitos, metandesitos, rochas cálcio-silicáticas e BIFs); e Nhanguçu (sedimentos clastoquímicos, possuindo metamorfismo de baixo a médio grau, e servindo de embasamento para as rochas metassedimentares do Grupo São Roque) (HASUI, 2012b).

O Grupo São Roque é composto pelas Formações: Boturuna (quartzitos, quartzitos arcoseanos, metassiltitos, metagrauvacas e metaconglomerados); Estrada dos Romeiros (filitos, metarritimitos, quartzitos, metarcóseos, rochas cálcio-silicáticas, metaconglomerados, quartzitos ferríferos, metagrauvacas, anfibolitos e metabasitos); Piragibu (metarenitos, quartzitos, metarcóseos e filitos); Pirapora do Bom Jesus (metadolomitos, metacalcários, metavulcanitos máficos e ultramáficos), sendo que o grupo também foi metamorfozado em baixo grau e foi deformado por dobramentos seguido por cisalhamento transcorrente (HASUI, 2012b).

O Domínio Embu, representado pelo Complexo Embu, é composto essencialmente por paragneisses, ortogneisses tonalíticos a granodioríticos, micaxistos, quartzitos, rochas cálcio-silicáticas, anfibolitos e metaultramafitos, além de conter dispersas, rochas charnockitoides e gnaisses granulíticos que ainda não foram entendidos, entretanto se sabe que essa porção sofreu durante o Brasiliano metamorfismo de baixo e alto grau, migmatização parcial, deformação tangencial com posterior movimentação nas zonas transcorrentes e intrusões graníticas sin e pós colisionais entre 790 Ma e 600 Ma (HASUI, 2012b).

O Domínio Costeiro é composto basicamente pelo Complexo Costeiro (2,1 Ga), que por sua vez é composto por ortogneisses, gnaisses bandados, rochas granulíticas, micaxistos, quartzitos arcoseanos, rochas cálcio-silicáticas, metamafitos e intrusões tardi a pós-tectônicas de granitoides e charnockitoides. O metamorfismo nesse domínio foi de médio a alto grau, e a deformação foi derivada por processos de cavalgamento e transcorrência (HASUI, 2012b).

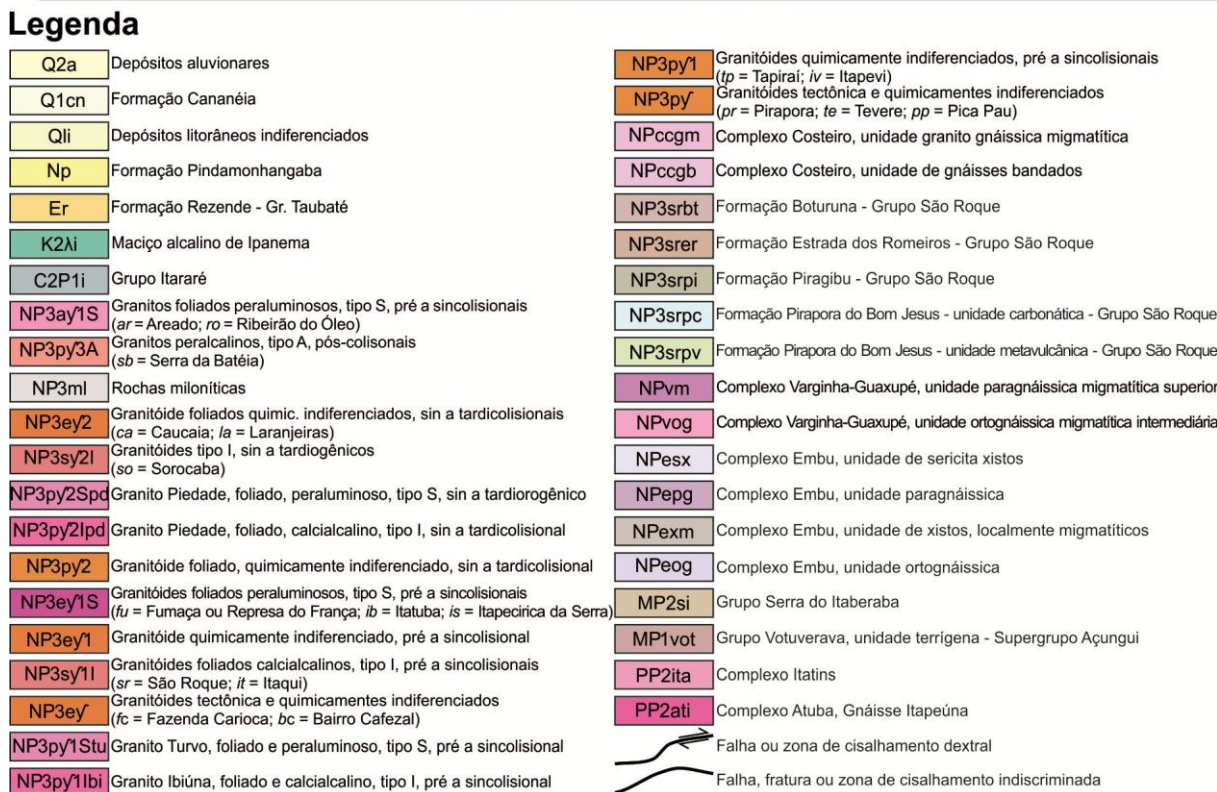
O Domínio Apiaí é composto basicamente pelo Grupo Açungui, que assim como o Grupo São Roque é composto basicamente por sequências de rochas metavulcanossedimentares de fundo oceânico, as quais em geral sofreram

metamorfismo de baixo grau, esse domínio é separado com o de São Roque pela zona de cisalhamento transcorrente Taxaquara (HASUI, 2012b).

As principais unidades representantes desse grupo são: Formação Capiru (metacalcários, metadolomitos estromatolíticos, filitos, quartzitos, quartzitos arcoseanos, metarritmitos, metassiltitos, filitos carbonosos e micaxistos); Grupo Itaiacoca, composto por uma unidade carbonática (metadolomitos, metacalcários, filitos, filitos calcíferos, talco-xistos e metabasitos), uma unidade detrítica (metarcóseos, metarenitos, metapelitos, filitos, metadolomitos, metamargas e metavulcanitos) e a Formação Abapã (metarcóseos, metarenitos, metapelitos, metaconglomerados, clorita-xistos, tremolita-xistos, metavulcanitos máficos e félsicos, metagabros e metapiroxenitos); Formação Água Clara (rochas cálcio-silicáticas, mármore, micaxistos, grafita-xistos, filitos, quartzitos, metachertes, metabasitos, anfibolitos, metandesitos, metavulcanoclastitos, anfibólio-xistos e clorita-xistos) (HASUI, 2012b).

A Figura 20 apresenta um mapa com as unidades e rochas encontradas ao longo do Lineamento Sorocaba. Também foram representadas as principais estruturas regionais, que na área quase sempre correspondem a estruturas complexas e de grande porte formadas por zonas de cisalhamento transcorrente destrais.

Esses dados foram reproduzidos com base no mapa geológico da CPRM no estado de São Paulo na escala 1:750.000, sendo que as principais estruturas, como as zonas de cisalhamento de Taxaquara, Caucaia e Cubatão foram extraídos do trabalho de Hasui (1975).



3.3 Evolução pós Ciclo Brasileiro

3.3.1 Generalidades

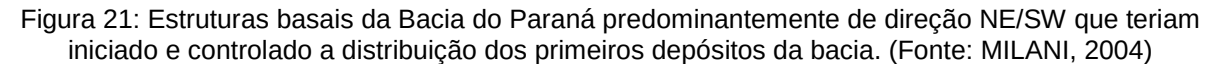
Após os últimos pulsos de fusão dos crátons e fechamento dos oceanos que culminaram com a consolidação plena do Gondwana, o megacontinente passaria por uma mudança no regime tectônico, o que gerou uma momentânea e significativa fase de estabilidade tectônica, e alterou consideravelmente o seu padrão de sedimentação (CARNEIRO et al., 2012b).

Nesse contexto tiveram origem as sinéclises brasileiras, que na área de estudo é representada pela Bacia do Paraná. Posteriormente, com a instalação do processo distensivo no Gondwana, foram geradas as bacias de margem passiva, que na área de interesse é representada pela Bacia de Santos.

3.3.2 Bacia do Paraná

O ponto de partida que teria dado origem à subsidência e sedimentação da Bacia do Paraná ainda é discutido. Para Milani et al. (2007), a flexura litosférica devido à sobrecarga tectônica sobre a calha de antepaís desenvolvida na porção ocidental do Gondwana teria sido um importante mecanismo de subsidência. Para Zalán et al. (1990), a sinéclise teria se instalado devido à contração térmica que teria sucedido o fim do Ciclo Brasileiro. Para Fúlfaro et al. (1982), o início da sedimentação cratônica teria origem nos aulacógenos de direção NW/SE.

Entretanto, sabe-se que a Bacia do Paraná se instalou sobre depressões alongadas de direção NE/SW (Figura 21), e sua forma elipsoidal alongada nessa mesma direção sugere que esse sistema tenha controlado a sedimentação inicial da bacia, de modo que o sistema corresponde a uma reativação do arcabouço estrutural do Brasileiro, e que deu origem à primeira unidade cratônica da bacia, a Supersequência Rio Ivaí (MILANI et al., 2007).



Durante o Eotriássico e o Eojurássico, há a ausência completa do mar e a sedimentação predominante é a fluvial. Na passagem do Jurássico para o Cretáceo, a bacia é marcada pela transição dos campos de dunas para o espesso magmatismo básico referente à Formação Serra Geral (PEREIRA et al., 2012).

O vulcanismo basáltico na Bacia do Paraná alcançou cerca de 2mil metros de espessura. Esse magmatismo foi consequência do regime distensivo que se instalou na região hoje compreendida pelo Arco de Ponta Grossa.

Essa região é marcada pela presença de diques de direção NW/SE que serviram de conduto para o magma basáltico se instalar sobre os sedimentos eojurássicos da Bacia do Paraná.

Além das intrusões basálticas, também se encontram na Bacia do Paraná rochas alcalinas. A oeste da cidade de Sorocaba, e distando cerca de 15km a oeste no Lineamento Sorocaba, se encontra a intrusiva alcalina de Ipanema. Essa intrusão possui cerca de 130 milhões de anos e admiti-se que ela tenha sido injetada através da reativação de estruturas pré silurianas de direção NE/SW (Rugenski et al., 2006), que juntamente com as estruturas de direção NW/SE, também pré silurianas, compõem o arcabouço estrutural principal da Bacia do Paraná (Zalán et al., 1990).

3.3.3 Bacia de Santos

Após a estabilização tectônica que se deu no Gondwana, seguido dos posteriores processos que deram origem às sinéclises brasileiras durante boa parte do Paleozoico e Triássico, o interior gondwânico começou a sentir os primeiros efeitos do regime distensivo que se instalaria sob ele já no Jurássico Superior, e que culminaria com o surgimento do Oceano Atlântico e consequentemente o isolamento dos continentes da América do Sul e África.

A Bacia de Santos evoluiu sobre um contexto em que predominou a tectônica extensional, o que lhe confere um arcabouço estrutural marcado por falhas normais sintéticas e antitéticas paralelas à linha de costa, que são interceptadas por zonas de transferência que cortam essas falhas em alto ângulo (MILANI et al., 2007).

A Bacia de Santos encontra-se entre as bacias de margem passiva de Campos e Pelotas, sendo que a primeira, ao norte, limita-se pelo Alto de Cabo Frio e a última, ao sul, pela Plataforma de Florianópolis (Figura 22). No total, a bacia compreende cerca de 350.000 km² até a cota batimétrica de 3.000m e se estende entre os paralelos 23°S e 28°S (MILANI et al., 2007).

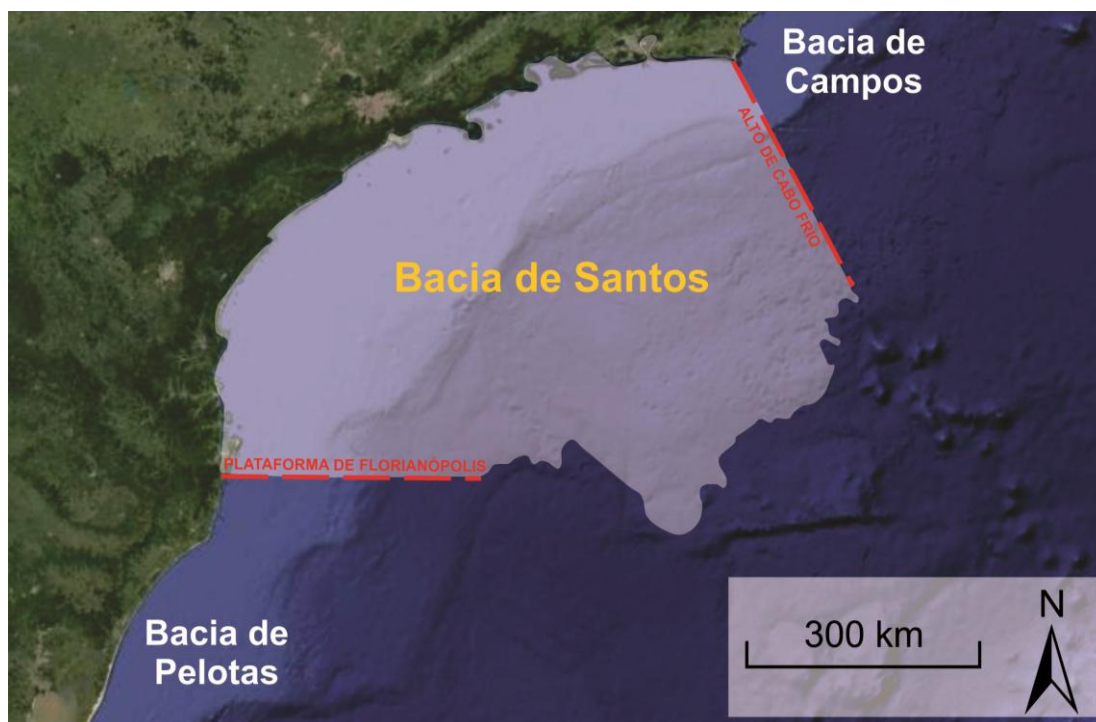


Figura 22: Localização da Bacia de Santos, entre as Bacias de Campos e Pelotas.

Cainelli & Mohriak (1999) sintetizaram um modelo geodinâmico de evolução para as bacias da margem leste brasileira. Cinco fases foram individualizadas com base nos diferentes padrões de sedimentação e tectônica (Figura 23). Os processos têm início em 140 Ma com o afinamento da crosta continental e manto superior, seguido de um progressivo estiramento litosférico durante o Barremiano e Aptiano, que propiciou sedimentação continental e lacustre, além da presença de falhas de grande porte.

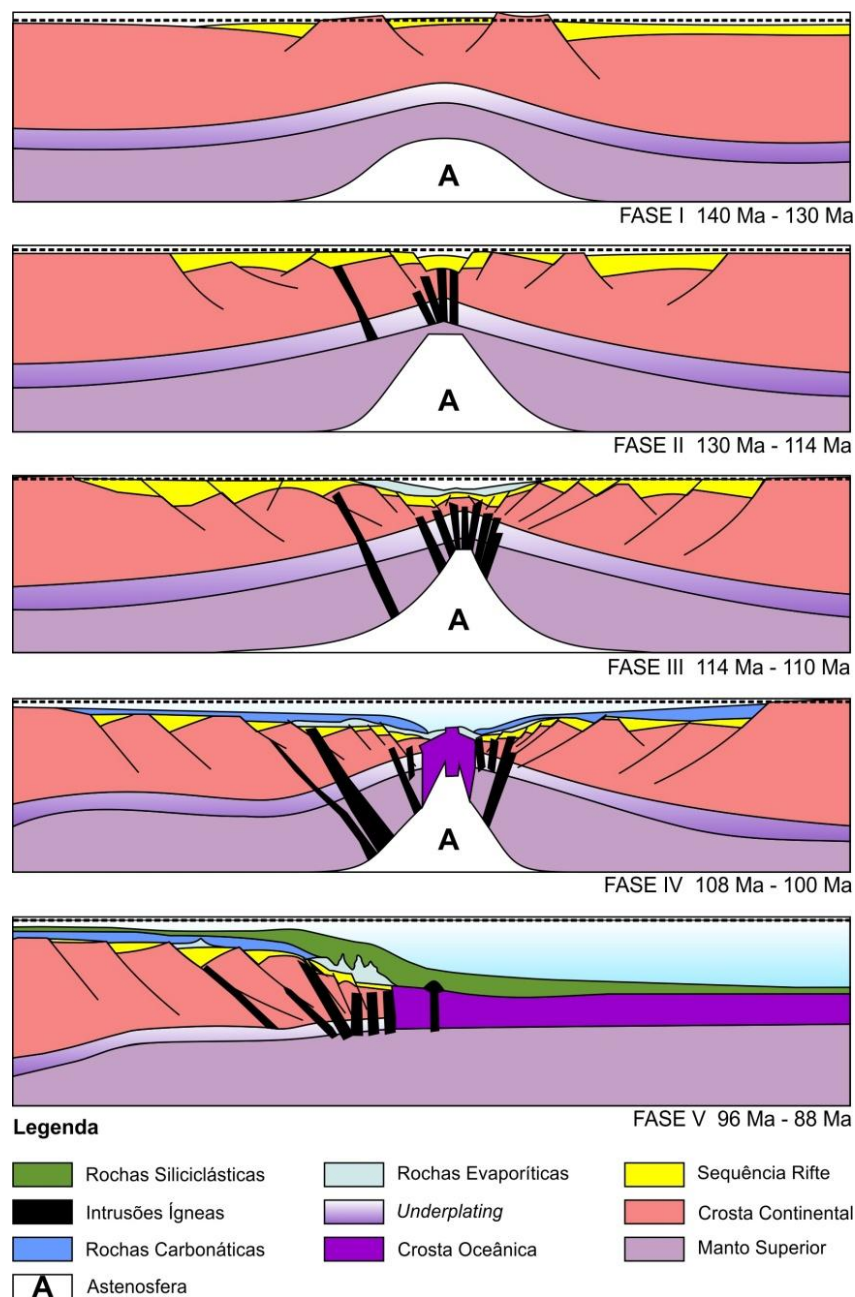


Figura 23: Modelo de evolução tectônica e sedimentar da Bacia de Santos. (Fonte: CAINELLI & MOHRIAK, 1999).

Durante o Albiano já teria surgido a Cordilheira Meso-oceânica, e junto com ela, eventos de vulcanismo, além de expressiva sedimentação de rochas siliciclásticas e carbonáticas. A última fase do processo tem fim em 88 Ma e é marcada pelo espriamento da crosta oceânica e pelo aumento significativo da batimetria, MOHRIAK (1999).

A evolução sedimentar da bacia de Santos pode ser compartimentada em três supersequências, denominadas de rife, pós-rife e drifte (MOREIRA et al., 2007).

A fase rifte é composta por um magmatismo basáltico recoberto por uma sequência de folhelhos, carbonatos e depósitos associados a leques aluviais depositada em ambiente flúvio-lacustre. A fase pós-rifte é caracterizada pela subsidência térmica e seu registro sedimentar é composto por calcários microbiais, estromatólitos, lamitos e folhelhos depositados em ambiente de transição continental a marinho raso, sendo que também há deposição de espessas rochas evaporíticas formadas em ambiente marinho restrito. A fase drifte corresponde ao conjunto de sequências depositadas em ambiente marinho raso ou de plataforma carbonática, até marinho aberto, o qual foi responsável pelos depósitos de sedimentos siliciclásticos (MOREIRA et al., 2007).

Como já foi dito, a direção principal de estruturação da Bacia de Santos é de direção NE/SW, paralela à linha de costa atual, caracterizada por sucessivas sequências de falhas sintéticas e antitéticas, que são heranças do rifteamento Cretáceo que afetou o embasamento da bacia. Entretanto, alguns trabalhos vêm discutindo a influência que as estruturas perpendiculares à linha de costa implicam na evolução tectonoestratigráfica da bacia, bem como a relação dessas estruturas com descontinuidades continentais (ASMUS & FERRARI, 1978; MACEDO, 1989; MEISLING et al., 2001; COBBOLD et al., 2001; BUENO et al., 2004; SOUZA, 2007; MOULIN et al., 2010).

A Figura 24 sintetiza as principais estruturas de direção NW/SE que estão presentes na zona *offshore* próximo ao Lineamento Sorocaba na porção continental. Deve-se ressaltar que muitas outras feições estruturais estão presentes nessa porção da Bacia de Santos (charneira de Santos, grabén de Merluza, rejeito da falha de Cabo Frio, Zona de Fratura do Rio de Janeiro).

Com base em dados gravimétricos e de sísmica, MEISLING et al. (2001) traçaram essas zonas de transferências que, próximo ao limite do Platô de São Paulo, sofrem uma inflexão para a direção E-W e se juntam as zonas transformantes que chegam até a cadeia Meso-oceânica.

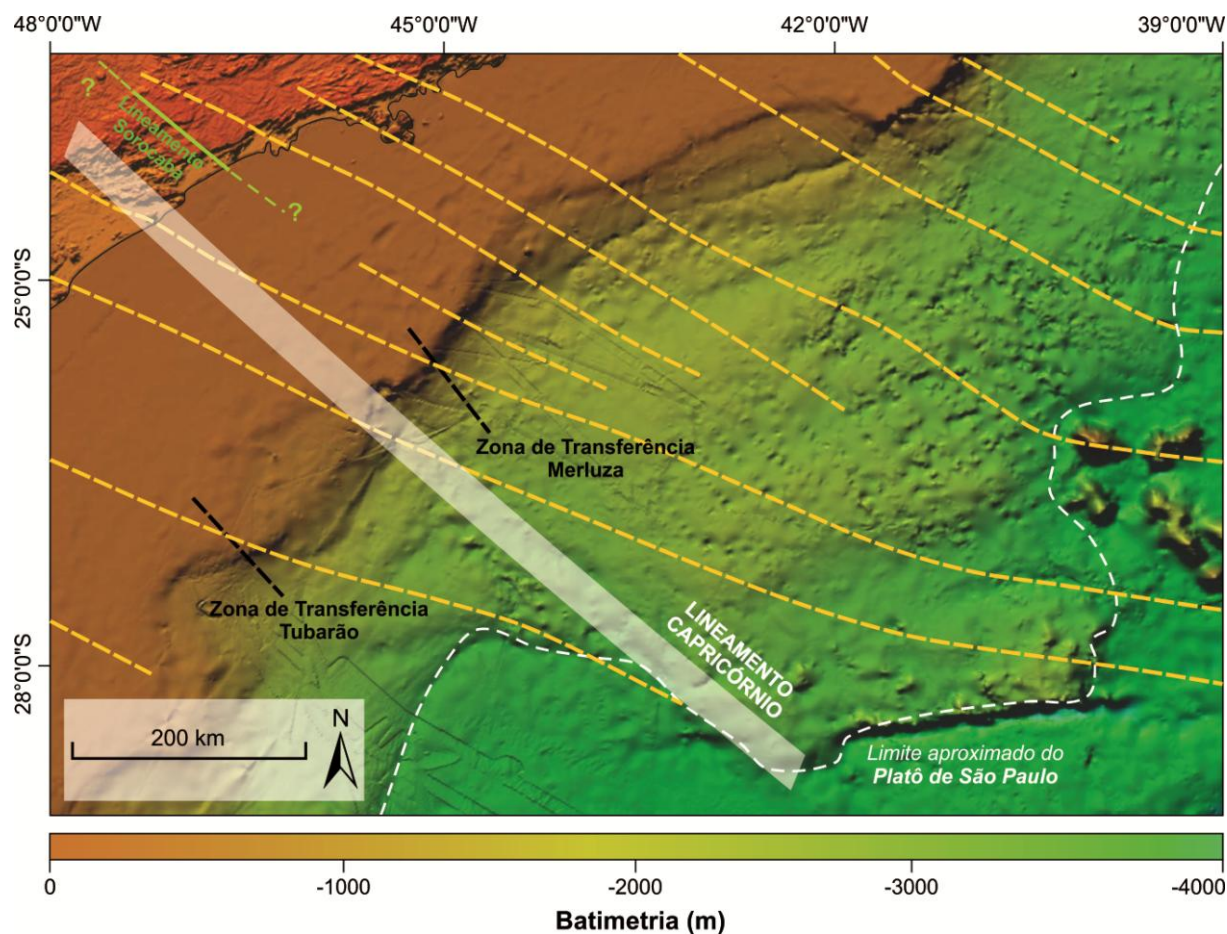


Figura 24: Principais estruturas de direção aproximada NW/SE. Linhas tracejadas em amarelo e preto representam zonas de transferências. Em verde está representado o Lineamento Sorocaba, na porção continental.

Uma das feições mais notáveis na porção central da Bacia de Santos é o Lineamento Capricórnio, o qual acredita-se que foi gerado a partir da herança tectônica da fragmentação do Gondwana, e que foi responsável por uma inversão dos depocentros entre ambos os lados do lineamento durante o Albiano, além de constituir o limite sudeste do Platô de São Paulo. Além disso, o Lineamento Capricórnio se prolonga para o continente, bordejando a extremidade nordeste do Cráton Luiz Alves e paralelo ao Alinhamento Guapiara (BUENO et al., 2004).

Macedo (1989) acredita que as zonas de transferências se formaram como resultado da acomodação dos blocos crustais durante a geração da bacia devido à diferença de reologia entre eles, resultando em movimentação diferencial.

Embora a origem desse tipo de estrutura ainda não seja bem compreendida, é fato que a correlação com as estruturas continentais chama a atenção, sugerindo que embasamento continental e bacias sedimentares tenham ligações intrínsecas.

3.3.4 Evolução Tectônica

Após o fim do Ciclo Brasileiro, que foi responsável pela estruturação NE/SW do Orógeno Ribeira, e da posterior estabilização tectônica que propiciou a instalação da Bacia do Paraná, o sudeste brasileiro passou por um novo ciclo tectônico que culminaria com a separação dos continentes Sul Americano e Africano, e consequentemente, o surgimento do Oceano Atlântico.

Esse processo de idade Juro-Cretácea afetou vigorosamente a região sudeste do Brasil, sendo que uma das feições resultantes mais proeminentes foi a formação do Arco de Ponta Grossa, além das bacias marginais.

O Arco de Ponta Grossa corresponde a um arqueamento regional de grande porte de direção NW/SE que afeta as rochas da Bacia do Paraná e o embasamento na região próxima da limite entre os estados de São Paulo e Paraná.

Ele é composto por 4 feixes de alinhamentos estruturais, sendo dois ao sul (Alinhamento do Rio Piquiri e Alinhamento do Rio Alonzo) e dois ao norte (Alinhamento de São Jerônimo - Curiúva e Alinhamento Guapiara) a partir de seu eixo central (Figura 25).

Esses alinhamentos estruturais são marcados pelo grande número de diques de diabásio alinhados na direção NW/SE, sendo os alinhamentos facilmente reconhecidos através de mapas de anomalias magnéticas.

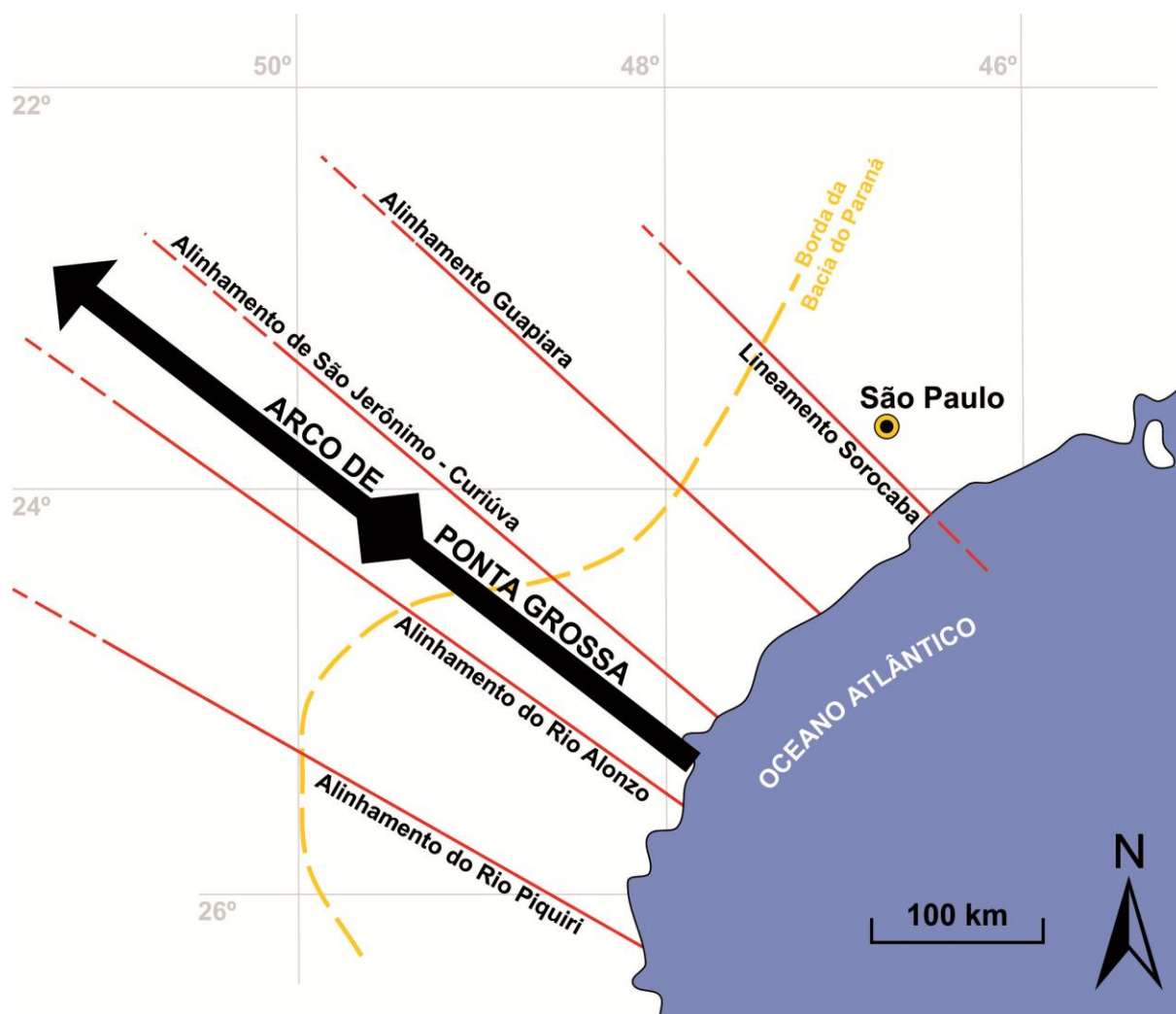


Figura 25: Representação do Arco de Ponta Grossa juntamente de seus alinhamentos estruturais associados e o Lineamento Sorocaba.

Segundo Herz (1977) e Coutinho (2008), o Arco de Ponta Grossa pode fazer parte de uma junção tríplice, que ainda inclui um ramo de direção aproximada N/S, denominada de "braço sul", e um ramo de direção NE/SW, paralelo a Serra do Mar entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, denominado de "braço norte".

Nessa junção tríplice, a evolução do Arco de Ponta Grossa teria sido abortado, e os outros dois ramos seriam caracterizados pelos feixes de diques alinhados nas respectivas direções (Figuras 26).

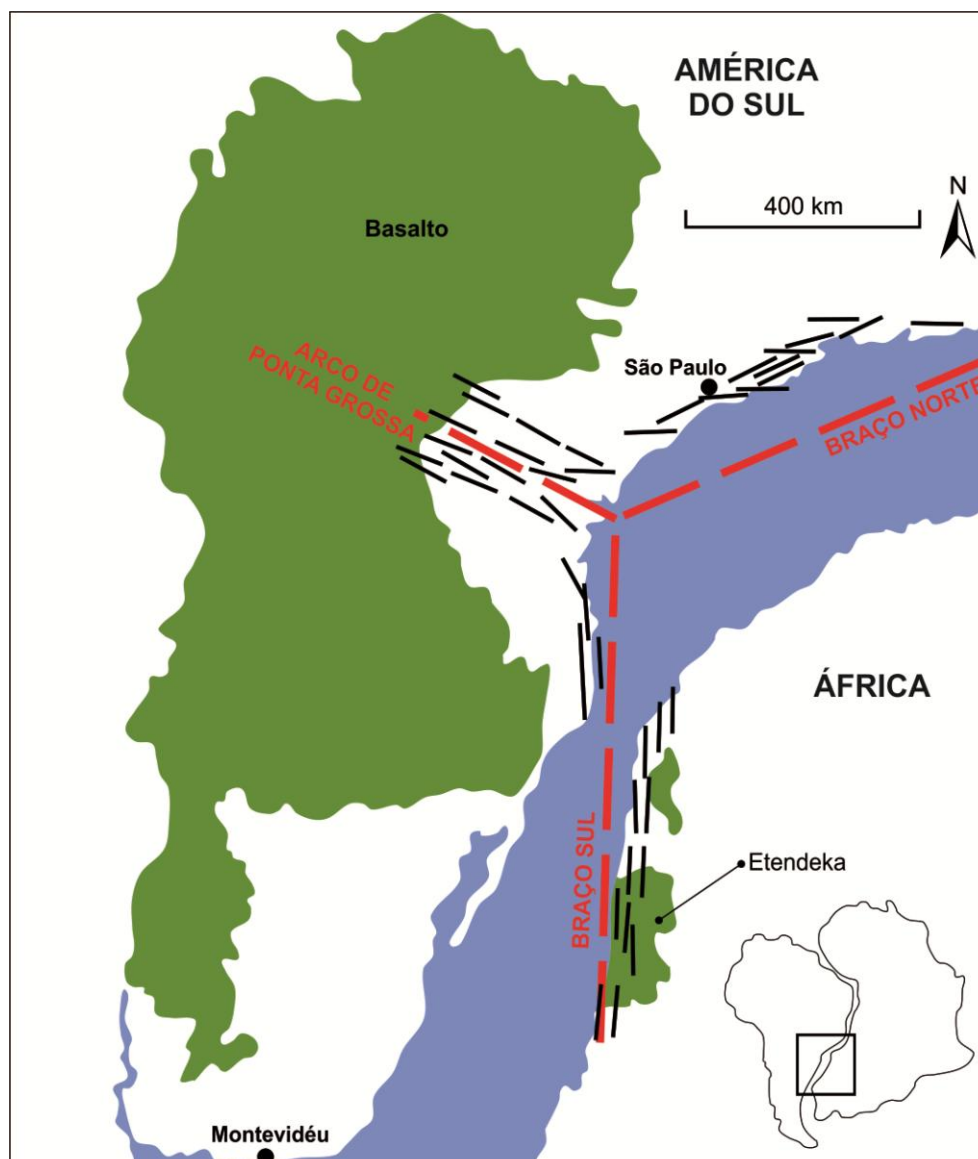


Figura 26: Junção tríplice formada pelo Arco de Ponta Grossa e os braços norte e sul. Fonte: Coutinho (2008).

Para Zalan et al. (1990) as estruturas de direção NW/SE foram vigorosamente reativadas durante o evento juro-cretáceo que precedeu a separação da América do Sul e África, promovendo o condicionamento de milhares de corpos ígneos intrusivos e gerando, provavelmente, outras estruturas paralelas de direção NW/SE, com predomínio daquelas de direção N45-65W.

Ferreira (1982) admite que as estruturas de direção NW/SE localizadas na região hoje ocupada pelo Arco de Ponta Grossa teriam sido reativadas a partir de outras (também de direção NW/SE) que já estariam presentes pelo menos desde o Siluriano, enquanto que Ribeiro (1980) sugere que essas estruturas sejam do Pré-Cambriano, e Davino (1982) acredita que elas sejam do Arqueano.

A Figura 27 apresenta a predominância de cada uma das 3 direções estruturais preferenciais presentes na Bacia do Paraná ao longo do tempo. A escala de intensidade no gráfico é subjetiva e foi deduzida a partir de várias linhas de evidências (mapas de isópacas e litofácies, dados aeromagnetométricos e gravimétricos, trabalhos de campo).

Destaca-se no gráfico um predomínio das direções preferenciais NW/SE e NE/SW, sendo que a direção NW/SE (mesma direção do Lineamento Sorocaba) é o que apresenta maior número e maiores intensidades, especialmente durante o Cretáceo, durante o desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa.

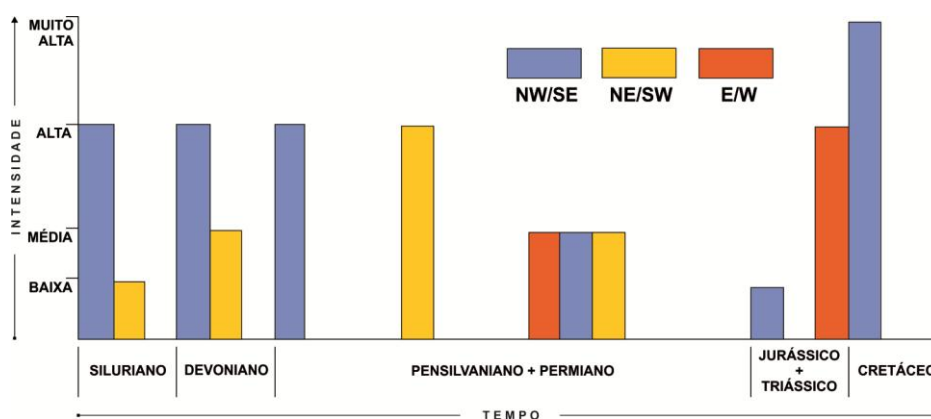


Figura 27: Predomínio e intensidade de cada direção preferencial estrutural na Bacia do Paraná ao longo do tempo geológico. Fonte: Zalan et al. (1990).

Na Figura 28, Zalan et al. (1990) esquematiza uma seção de direção NE/SW, interceptando o Arco de Ponta Grossa e suas estruturas associadas, além de outras como o Lineamento Taxaquara.

O corte da seção de forma perpendicular ao Arco de Ponta Grossa evidencia importantes zonas de movimentação vertical. Na figura também foi incluída a localização inferida e aproximada do Lineamento Sorocaba.

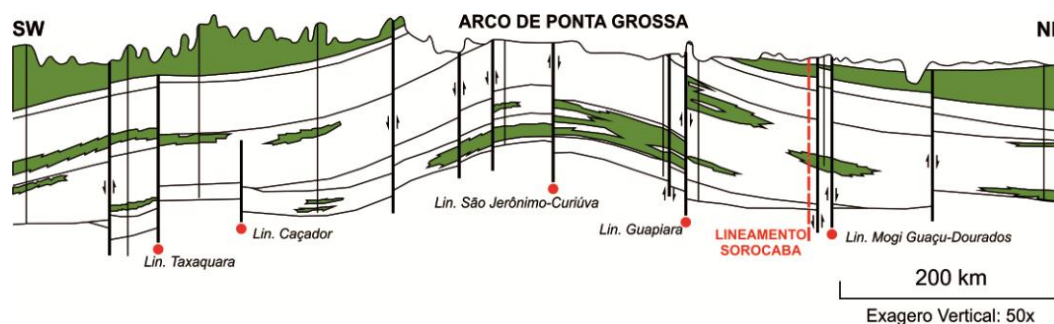


Figura 28: Seção perpendicular do Arco de Ponta Grossa exibindo o Lineamento Sorocaba. Modificado de Zalan et al. (1990).

4. RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos para cada um dos métodos utilizados.

4.1 Dados de Satélite e SRTM

Dentre os dados de satélite utilizados estão os de imagem, que foram retirados do Google Maps/Earth, e os dados de modelo digital de elevação, que no presente trabalho foram utilizados o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), uma parceria entre a NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) e o USGS (Serviço Geológico Americano).

O que se pode observar com essas imagens é que de modo geral o Lineamento Sorocaba gera uma feição negativa no relevo, e esse aspecto é acentuado nos locais de afloramento de rochas cristalinas.

Dois locais chamam a atenção por esse aspecto, um deles se localiza na quebra do Planalto de Ibiúna e o outro na quebra da Serra do Mar.

Essas feições de escavação de grande porte no relevo gerados pela drenagem podem ser visualizadas nas Figura 29 e 30 através da estereoscopia. As imagens foram retiradas do Google Maps/Earth e possuem exagero vertical indeterminado.

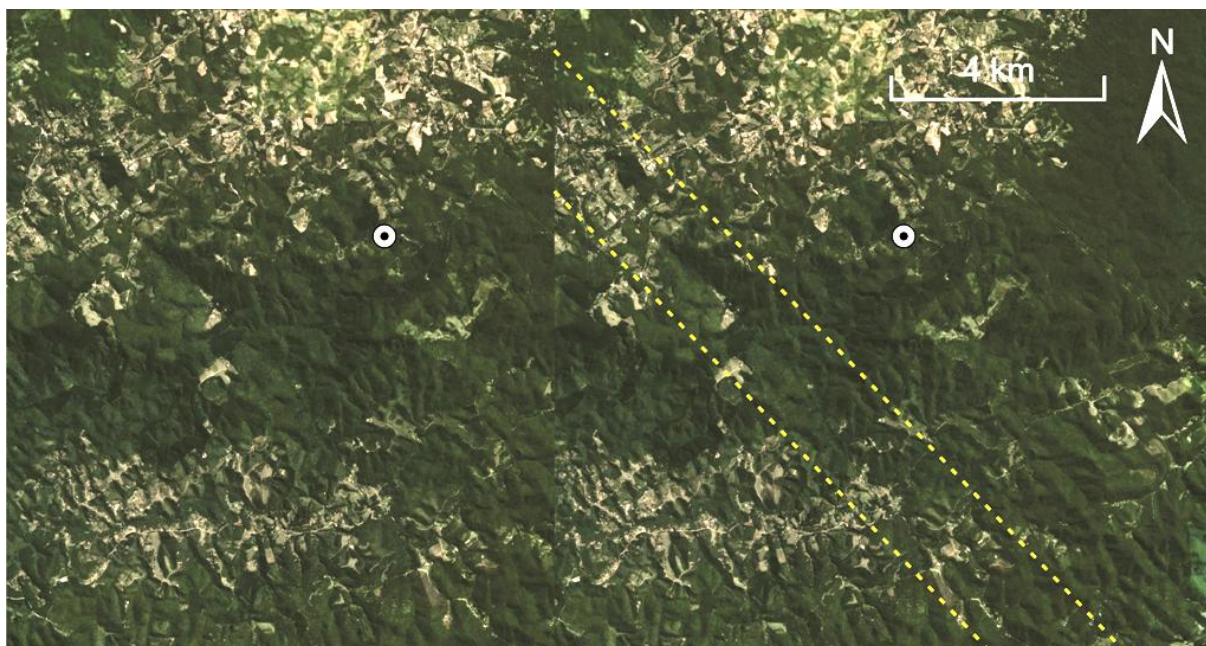


Figura 29: Exemplo de par estereográfico produzido para a região de quebra do Planalto de Ibiúna. (Obs: Fixar cada um dos olhos em um dos pontos brancos no mapa e convergir em um único ponto). (Fonte: Google Earth/Maps)

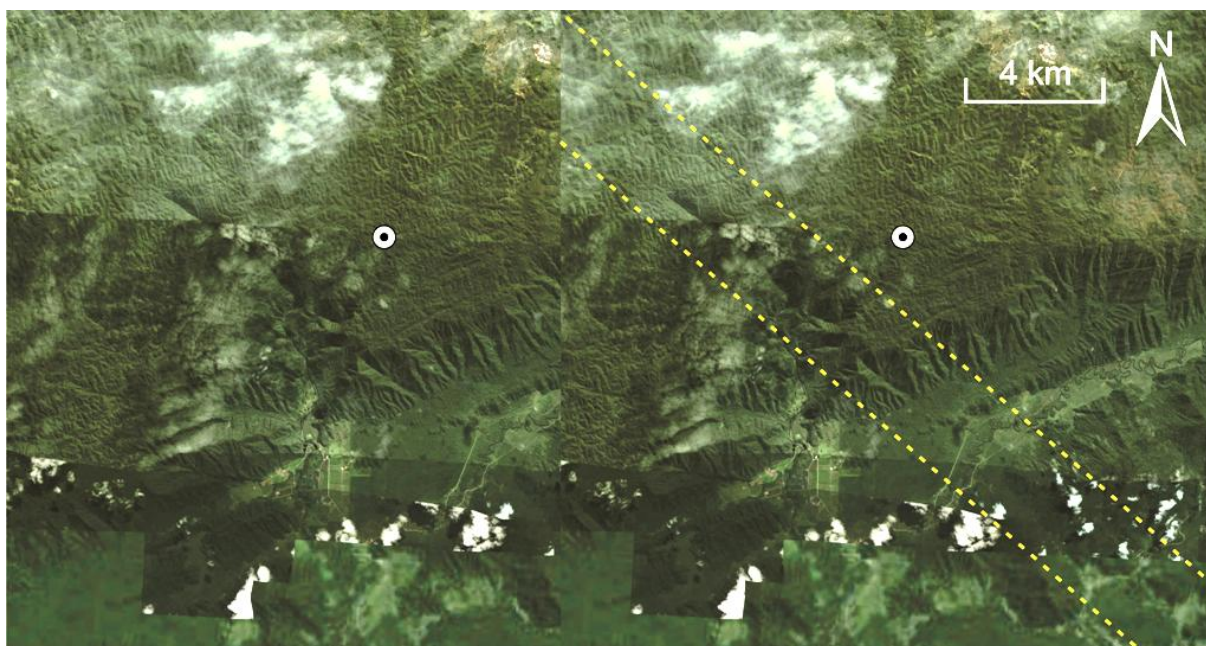


Figura 30: Exemplo de par estereográfico para a região de quebra da Serra do Mar. (Obs: Fixar cada um dos olhos em um dos pontos brancos no mapa e convergir em um único ponto). (Fonte: Google Earth/Maps)

Com o auxílio dos dados SRTM, aliado a outros dados de satélite, foi possível rastrear o lineamento com mais precisão, uma vez que esse tipo de dado fornece detalhes acerca da superfície do terreno.

A Figura 31 exibe uma imagem construída a partir dos dados SRTM do entorno do Lineamento Sorocaba, bem como dois perfis topográficos.

Pode-se definir o Lineamento Sorocaba a partir dos dados SRTM por apresentar uma feição retilínea de direção NW/SE que parte do limite da Bacia do Paraná com a zona de ocorrência das rochas cristalinas pertencentes ao Orógeno Ribeira, próximo ao limite entre os municípios de Sorocaba-SP e Votorantim-SP.

Seguindo o Lineamento Sorocaba rumo a sudeste, ele intercepta perpendicularmente a zona de cisalhamento de Taxaquara, sendo que essa intersecção ocorre exatamente sobre a Represa de Itupararanga (Figura 32), que marca o limite entre os municípios de Mairinque-SP, Ibiúna-SP, Votorantim-SP e Piedade-SP. Essa represa encontra-se alongada na direção da zona de cisalhamento de Taxaquara (E-NE/W-SW), porém seus braços possuem direção NW/SE, no qual um deles corresponde à passagem do Lineamento Sorocaba.

Prosseguindo rumo a sudeste, no município de Ibiúna-SP, o Lineamento Sorocaba está contido em boa parte do trajeto do Rio Sorocabuçu, que juntamente com o Rio Sorocamirim constituem os principais afluentes do Rio Sorocaba.

A drenagem do Rio Sorocabuçu termina pouco antes da quebra do Planalto de Ibiúna, quando então o lineamento é marcado por uma grande feição erosiva (Seção topográfica I, Figura 31) e segue numa cota altimétrica mais baixa pelo município de Juquitiba-SP.

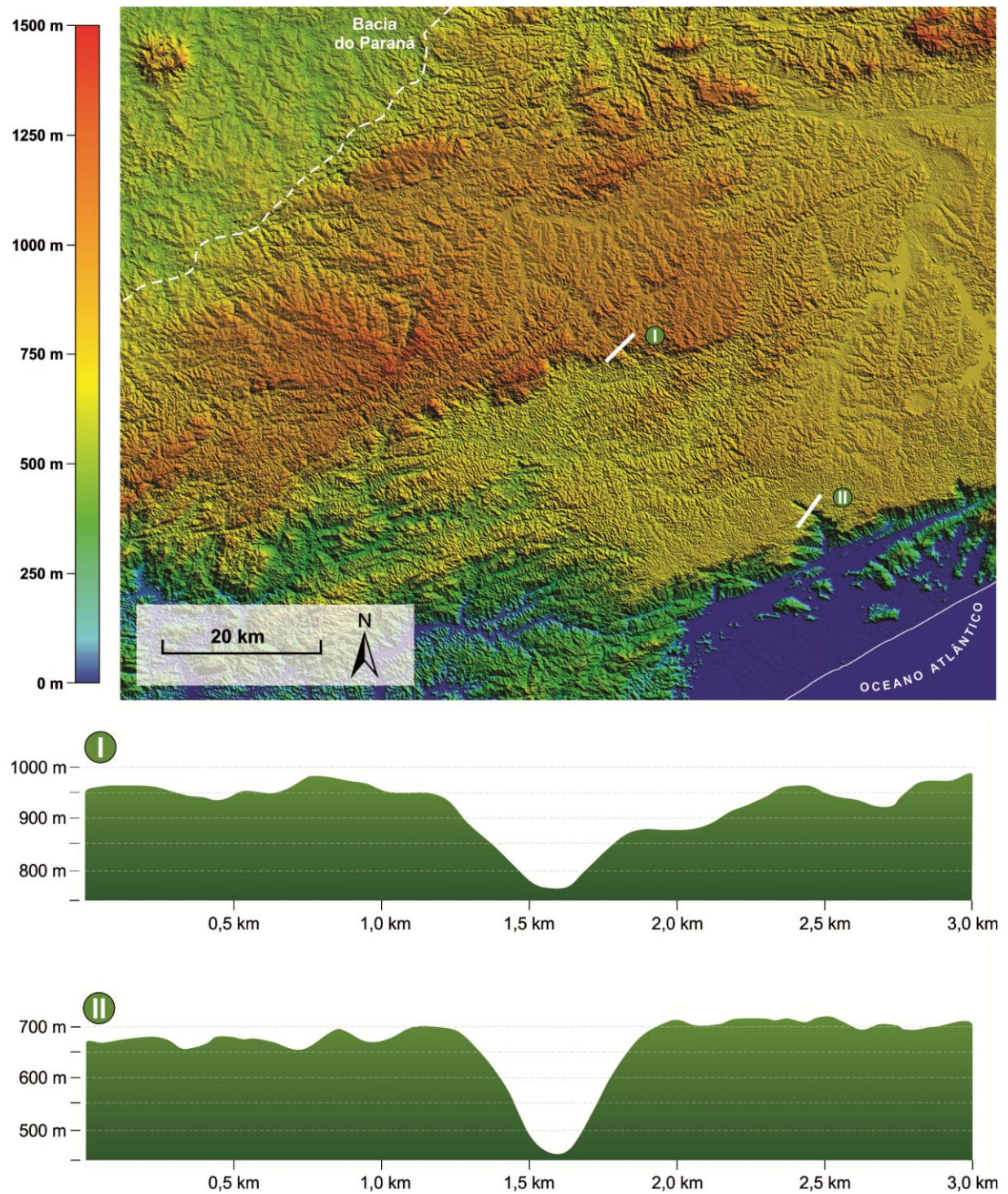


Figura 31: Imagem SRTM da região do entorno do Lineamento Sorocaba e seções mostrando o desnível causado pela estrutura no Planalto de Ibiúna (I) e na Serra do Mar (II).

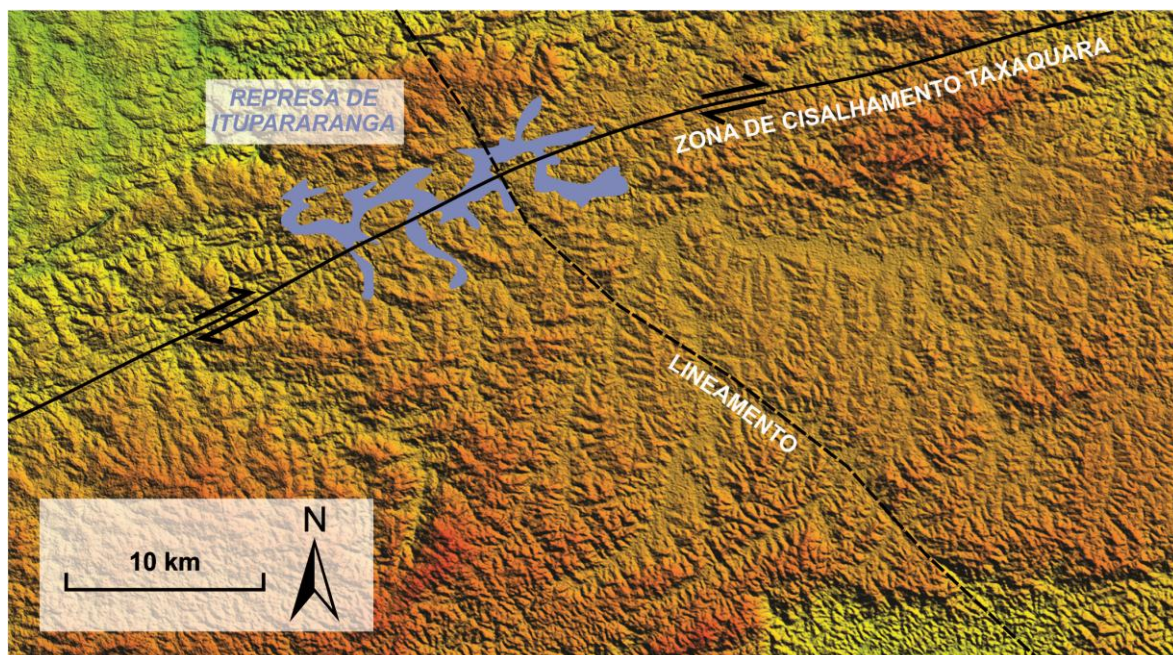


Figura 32: Intersecção da Zona de Cisalhamento Taxaquara e o Lineamento Sorocaba sobre o dado SRTM.

Em certo ponto o Lineamento Sorocaba constitui o exato limite municipal entre as cidades de Juitituba-SP e São Lourenço da Serra-SP. Entretanto, permanece em Juitituba-SP até a divisa com o município litorâneo de Itanhaém-SP, quando então se encontra encaixado nele a principal feição topográfica de todo o lineamento (Seção topográfica II, Figura 31). Nesse local encontra-se um importante ponto turístico, a "Cachoeira do Funil".

O Lineamento Sorocaba se prolonga até a planície costeira, controlando pequenas drenagens e se prolonga até o oceano, já no município de Mongaguá-SP.

4.2 Sismicidade

Um sismo ou terremoto pode ser definido como a súbita liberação de tensão acumulada por ruptura das rochas na crosta terrestre. Quando essa deformação excede a força de coesão das rochas sob tensão, elas partem-se a partir dos planos de fraqueza, que podem ser preexistentes. Liberam uma grande quantidade de energia que provocam vibrações e que se transmite a uma vasta área circundante.

A Figura 33 exibe o Lineamento Sorocaba juntamente com os sismos obtidos através do Boletim Sismológico elaborado pelo Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo (USP), com destaque para as zonas de transferência traçadas por MEISLING et al (2001) a partir de dados gravimétricos.

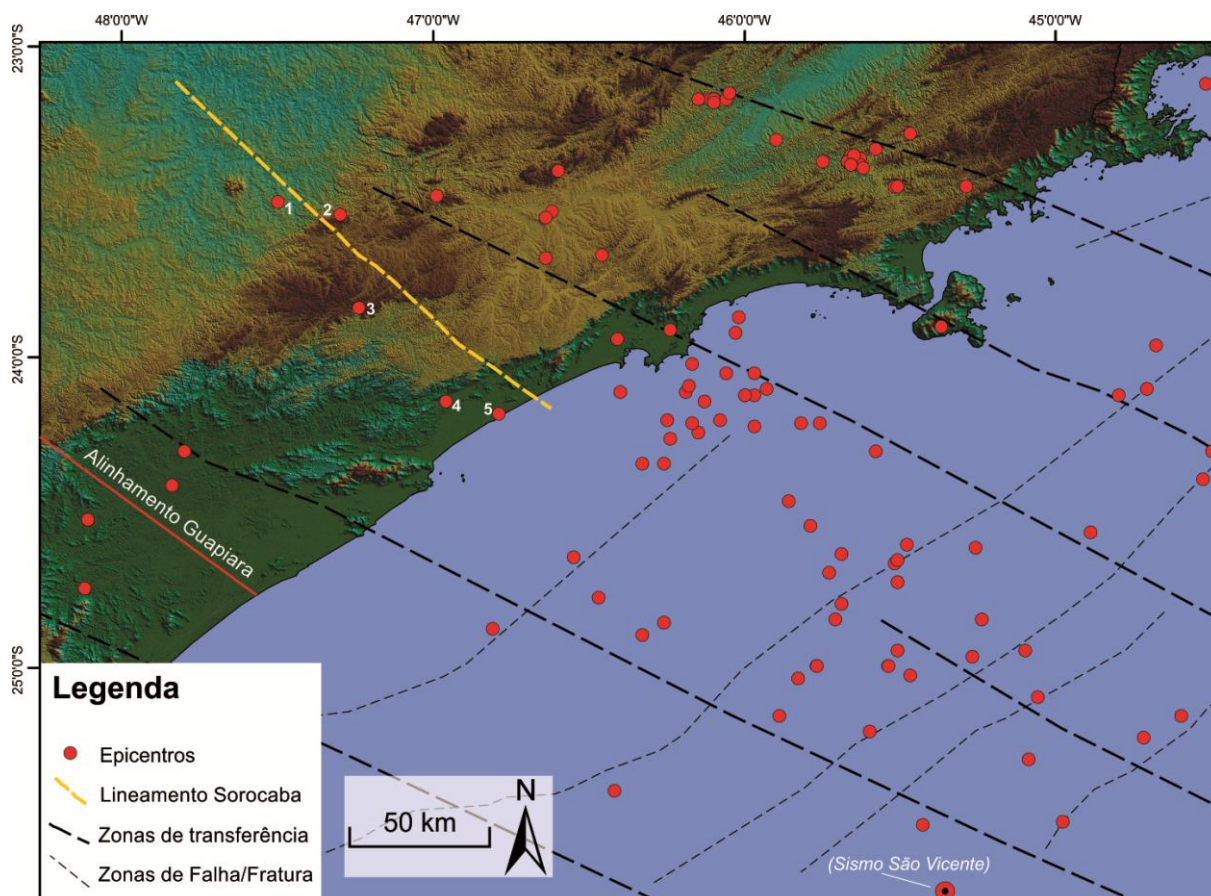


Figura 33: Representação dos sismos no entorno do Lineamento Sorocaba, e as zonas de transferências da Bacia de Santos.

Nota-se que os sismos denominados de 1 a 5 no mapa encontram-se grosseiramente alinhados ao Lineamento Sorocaba. Entretanto, esses sismos possuem um erro médio de 15km quanto ao seu epicentro, e nenhum desses 5 possui dados de profundidade, nem de seus mecanismos focais, o que dificulta a correlação entre os sismos e o lineamento.

Além disso nota-se uma coincidência de ocorrência dos sismos com as zonas de transferências traçadas por MEISLING et al (2001), de direção NW/SE, e também um alinhamento, mesmo que grosseiro, com as estruturas de direção NE/SW que são representadas pelas zonas de falha ou fratura na margem continental da Bacia de Santos.

4.3 Interpretação Sísmica

Através da interpretação dos refletores sísmicos foi possível reconhecer zonas de falha que interceptam o pacote sedimentar. Fazendo uma projeção do Lineamento Sorocaba através das seções sísmicas, pôde-se inferir uma correlação do lineamento juntamente com as estruturas reconhecidas nas seções.

As seções sísmicas completas estão apresentadas nos apêndices 2, 3, 4, 5 e 6.

A Figura 34 exibe o resultado da interpretação e integração sísmica de modo simplificado (somente com os horizontes e as estruturas reconhecidas). Esse layout, juntamente com a projeção do Lineamento Sorocaba na margem continental, permite avaliar quais horizontes sísmicos foram afetados pelas estruturas identificadas.

Na seção 0248-0097 nota-se um baixo estrutural localizado no limite da projeção do Lineamento Sorocaba. Esse baixo estrutural afeta principalmente o embasamento e o topo do pré-sal. As falhas traçadas, no geral, partem do embasamento ou topo do pré-sal e a maioria delas não atingem o topo do Cretáceo, entretanto 3 delas quase atingem o Mesomioceno.

Na seção 0247-2003 também se encontra um baixo estrutural dentro no *range* proposto para a ocorrência do Lineamento Sorocaba muito semelhante com o da seção 0248-0097, onde os horizontes do embasamento e topo do pré sal são afetados por um conjunto de falhas normais. Também se encontram inúmeras falhas que cortam o horizonte do Mesomioceno e quase atingem o fundo do mar, sendo que a maioria delas é composta por falhas relacionadas a halocinese, uma vez que se encontram nos picos dos diápiros de sal.

A seção 0247-2008 apresenta pouca movimentação nos horizontes do embasamento e topo do pré-sal, entretanto se destacam as estruturas que partem das laterais e picos dos diápiros de sal, e que por vezes, atingem o fundo do mar. Porém uma grande falha dentro da zona de projeção do Lineamento Sorocaba parte do embasamento e atinge o horizonte Mesomioceno, controlando a lateral de um pequeno domo de sal.

A seção 0248-0108 apresenta um volume muito maior de sal do que as seções anteriores, o que é de se esperar, uma vez que ela está localizada logo após

a quebra do talude. Nota-se a presença de muitas falhas que interceptam os horizontes do embasamento e topo do pré-sal, formando uma sequencia de blocos altos e baixos. Também se reconhece uma grande quantidade de falhas partindo do topo dos diápiros e muralhas de sal, e que geralmente terminam no fundo do mar. Dentro do *range* da projeção do lineamento não se encontram muitas estruturas, entretanto existe uma que parte do embasamento, acompanha a lateral de um diápiro de sal e se prolonga até o fundo do mar.

Na seção 0248-0114, a mais distante da linha de costa, percebe-se uma maior quantidade de muralhas de sal do que nas outras seções. Assim como na seção 0248-0108, a seção 0248-0114 também apresenta uma sequencia de blocos altos e baixos marcado pelos horizontes do embasamento e topo do pré-sal. As falhas que partem principalmente do topo dos diápiros quase sempre atingem o horizonte "fundo do mar". Dentro *range* do lineamento, encontram-se duas estruturas próximas ao limite da projeção, numa delas se tem uma estrutura que lembra uma flor negativa, onde as falhas afetam principalmente os horizontes do embasamento e topo do pré-sal, entretanto uma delas atinge o horizonte Mesomioceno. E a outra estrutura é composta por um conjunto de 4 falhas normais que afetam exclusivamente o nível do embasamento.

Como pode ser visto nos apêndices, a resolução das seções sísmicas nos níveis mais profundos, principalmente os que se localizam abaixo da camada de sal (embasamento e topo do pré-sal), possuem ruído muito elevado, e ele aumenta quanto maior for a camada de sal sobre ele, tornando a identificação de estruturas nos níveis mais basais certas vezes subjetivos.

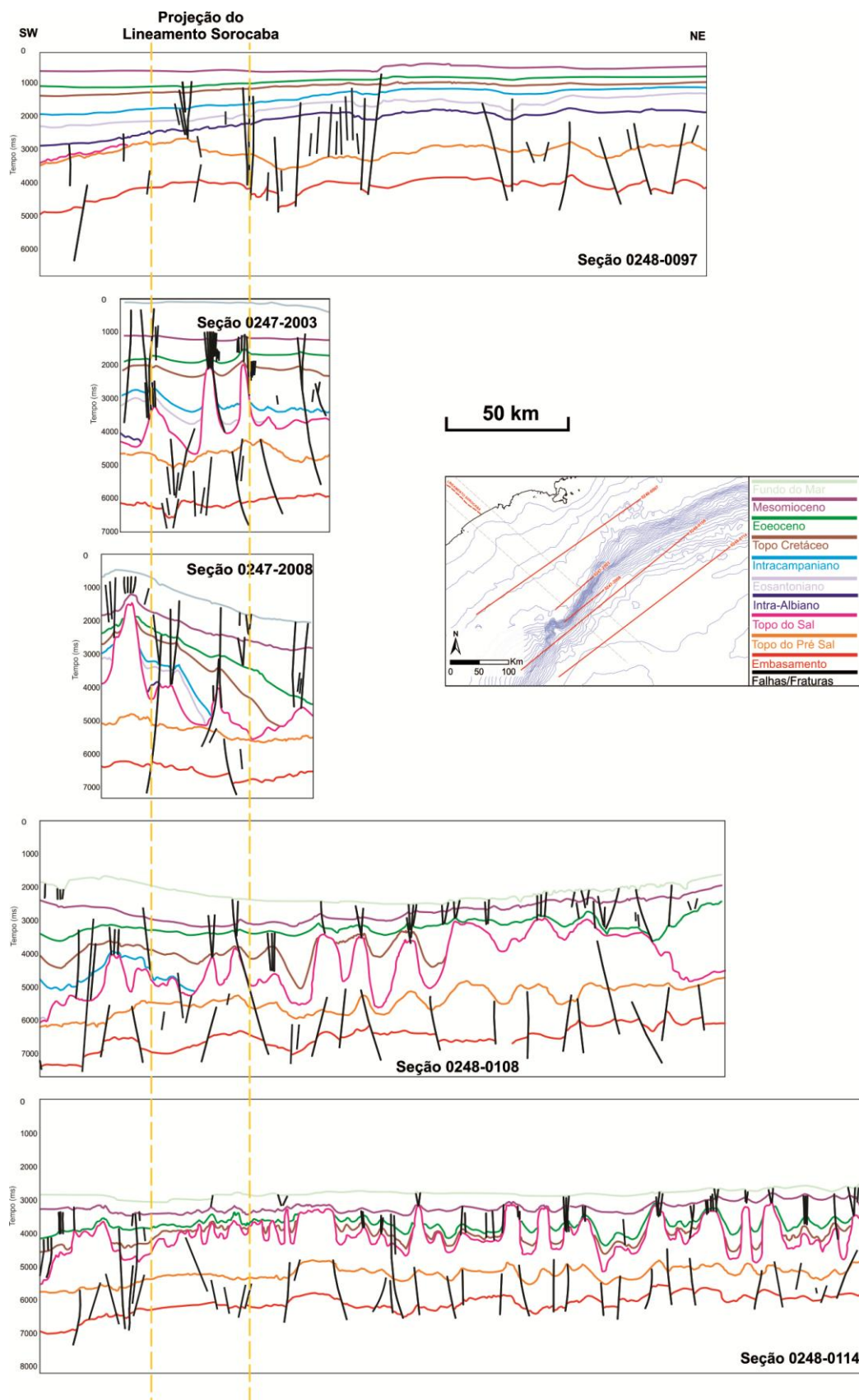


Figura 34: Integração das seções sísmicas simplificadas e o Lineamento Sorocaba.

4.4 Mapa de Anomalia Bouguer

Levantamentos gravimétricos são amplamente utilizados na avaliação de espessuras de bacias sedimentares, presença de altos e baixos estruturais e na determinação de antigas zonas de suturas. Em média escala pode ajudar na identificação da geometria de corpos ígneos em subsuperfície (Kaarey, 2002).

A Figura 35 mostra o mapa de anomalia Bouguer gerado a partir de dados de gravimetria terrestre. É possível observar que os gradientes estão de acordo com a geologia regional. Na porção sudeste, próximo ao litoral, se encontram os maiores valores dados em mGals, correspondendo a região da Serra do Mar paulista.

Também nota-se uma clara diminuição dos valores na porção central do mapa, correspondendo à borda da Bacia do Paraná.

Entretanto, a feição mais significativa para o trabalho é a aparente ausência de corpos intrusivos (pelo menos de grande porte) ao longo do Lineamento Sorocaba, ao contrário do que acontece com os alinhamentos correlacionados ao Arco de Ponta Grossa, em que a presença massiva de diques máficos gera uma resposta marcante em mapas gravimétricos e aeromagnéticos. Essa ausência de corpos máficos é coerente com os trabalhos de campo, uma vez que não foram encontrados corpos intrusivos ao longo do lineamento.

O maciço alcalino de Ipanema está localizado cerca de 15km do Lineamento Sorocaba, entretanto não há indícios suficientes para afirmar que ele tem relação direta com o lineamento.

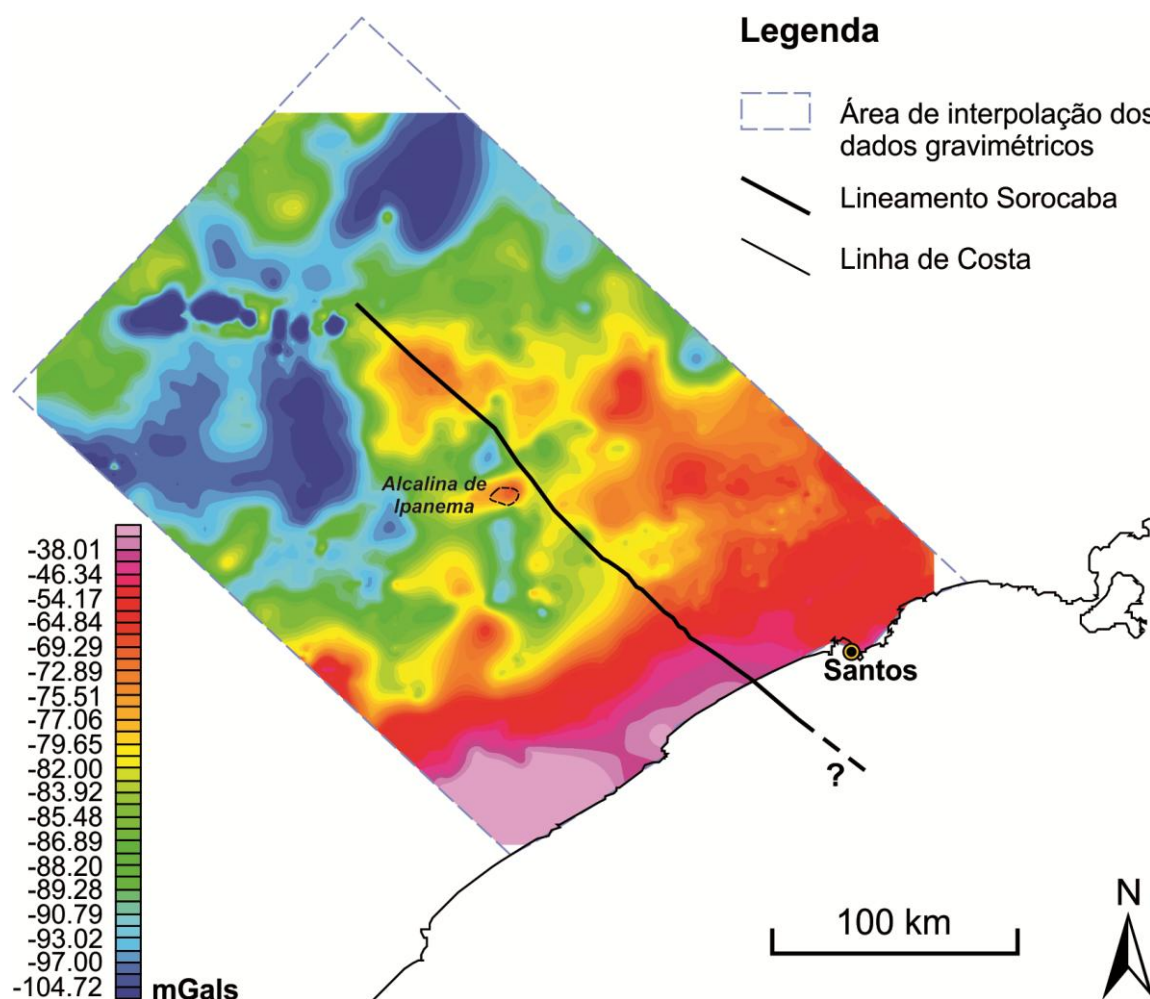


Figura 35: Mapa de anomalia Bourguer na região do Lineamento Sorocaba.

4.5 Trabalho de Campo

Buscou-se durante o trabalho de campo se aproximar o máximo possível da zona de ocorrência do Lineamento Sorocaba (segundo os dados SRTM) de modo a possibilitar a caracterização das estruturas em campo.

Devido à combinação entre conjunto litológico, vegetação tropical densa e clima muito úmido, em praticamente toda porção cristalina do sudeste do estado de São Paulo os afloramentos de rocha são escassos. Cabe lembrar que o lineamento gera uma feição de maior intemperismo e erosão nas rochas, de modo que foram encontradas rochas muito alteradas que por vezes preservavam sua estruturação.

A Tabela 1 exibe as medidas estruturais dos planos de fratura de direção NW/SE encontrados nos 48 afloramentos visitados ao longo das três etapas de campo. Os campos da tabela sem dados indicam que o afloramento visitado não fornecia tal informação ou somente foi um ponto de controle do levantamento.

Tabela 1: Atitude dos planos de fratura dos pontos visitados.

Ponto	X	Y	Atitude dos Planos de Fratura				
1	275093	7382963	-	-	-	-	-
2	274035	7382902	45/90	-	-	-	-
3	271847	7380033	-	-	-	-	-
4	270226	7380038	45/90	-	-	-	-
5	268719	7378798	-	-	-	-	-
6	281360	7373756	-	-	-	-	-
7	284076	7371395	-	-	-	-	-
8	297344	7357005	50/90	-	-	-	-
9	296742	7357850	45/90	-	-	-	-
10	296098	7358699	50/90	-	-	-	-
11	296025	7359014	40/90	-	-	-	-
12	305645	7348502	-	-	-	-	-
13	319711	7339837	50/80	-	-	-	-
14	319282	7336728	25/90	-	-	-	-
15	321596	7339181	50/90	-	-	-	-
16	253924	7403430	215/90	200/90	220/85	220/90	220/90
17	253851	7401871	225/85	230/85	225/90	40/88	225/90
18	255816	7402078	210/90	200/88	210/85	205/90	205/85
19	255871	7402093	210/80	210/70	210/85	215/90	210/90
20	256322	7400954	40/85	220/90	225/90	45/90	45/85
21	255929	7400546	230/85	230/80	225/85	45/90	45/90
22	260365	7396926	260/85	255/90	260/90	80/85	255/80
23	260973	7396230	225/85	230/80	225/90	45/85	50/90
24	266582	7389137	235/90	240/90	55/90	235/85	235/90
25	264439	7388954	240/90	245/90	235/90	230/85	60/90
26	264786	7388708	235/90	240/90	230/90	235/85	230/90
27	245422	7411147	225/90	225/85	45/90	220/85	225/90
28	221388	7440748	50/90	50/85	45/80	-	-

29	221035	7443136	-	-	-	-	-
30	219704	7440930	50/90	60/90	65/90	-	-
31	218717	7441509	40/70	45/70	45/80	-	-
32	214313	7445656	35/90	40/90	40/85	-	-
33	213118	7443007	45/90	50/90	45/90	-	-
34	236559	7429432	-	-	-	-	-
35	240966	7414279	225/80	225/85	225/90	-	-
36	246389	7409916	-	-	-	-	-
37	283865	7370699	-	-	-	-	-
38	284596	7369447	220/90	225/90	220/90	-	-
39	285618	7368415	220/90	225/90	220/85	-	-
40	285507	7367124	45/85	45/90	45/85	-	-
41	296866	7357821	225/90	220/90	225/90	-	-
42	294300	7360443	225/90	225/90	225/85	-	-
43	291810	7362730	-	-	-	-	-
44	291224	7363244	-	-	-	-	-
45	289145	7364288	220/85	225/90	225/85	-	-
46	310666	7345676	220/90	-	-	-	-
47	310568	7345499	225/90	-	-	-	-
48	310844	7345854	225/90	-	-	-	-

Cabe salientar que a região do mapeamento é marcada por vários eventos tectônicos, sendo que geralmente eles têm como característica a superposição de estruturas. Essa particularidade das estruturas locais é resultado do Ciclo Brasileiro que amalgamou os blocos de rocha de forma progressiva, sendo geralmente possível reconhecer pelo menos três fases de deformação.

A partir dos dados estruturais fornecidos na tabela anterior, gerou-se um estereograma com as atitudes dos planos de fratura (Figura 36).

O mapa com os pontos visitados se encontra ao fim do volume, na seção de apêndices.

PLANOS DE FRATURA

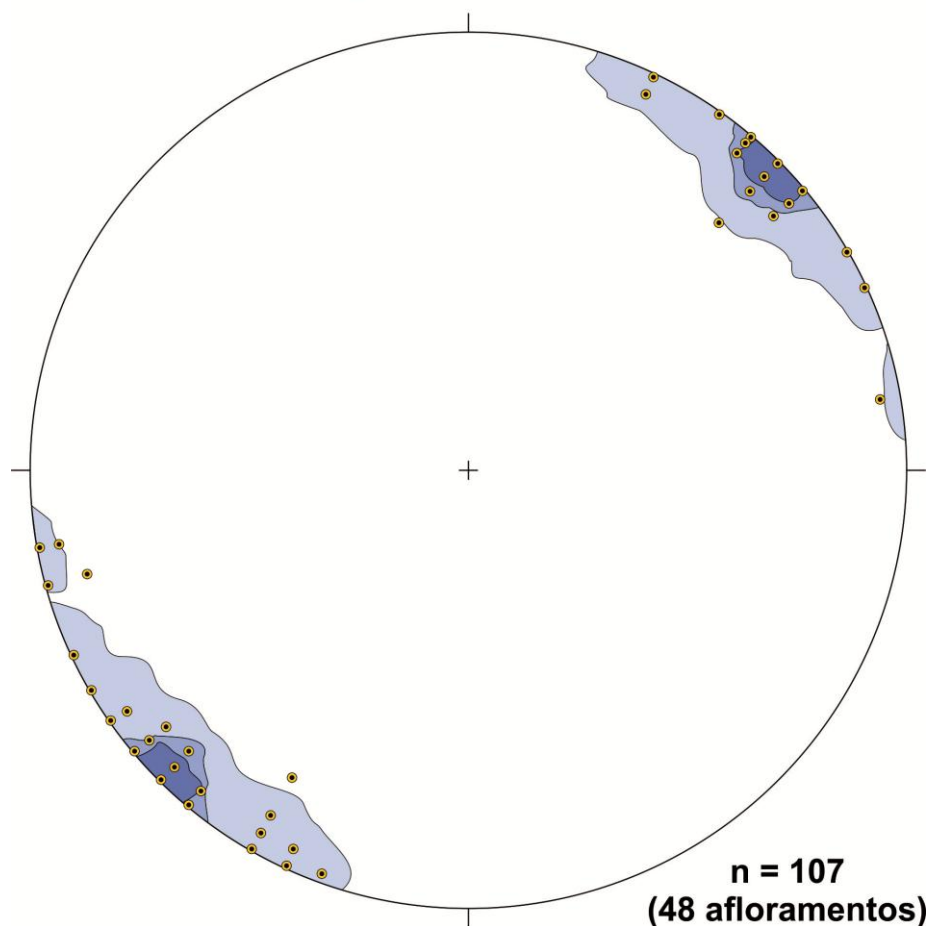


Figura 36: Polos dos planos de fratura NW/SE encontrados.

O estereograma representa os planos de fratura NW encontrados próximo ao Lineamento Sorocaba, sendo possível observar uma predominância na direção e mergulho dos planos (direção NW/SE e mergulhos sub verticais), sendo a atitude do plano de fratura mais encontrada, 43/90.

Dentre os 48 pontos visitados, os de maior relevância estão descritos e ilustrados a seguir.

No ponto 4 foi encontrada a maior ocorrência de rocha sã do mapeamento. O ponto se localiza dentro da unidade Granito Ibiúna, de idade neoproterozoica.

Esse afloramento está segmentado em blocos com planos de fratura 45/90 (correspondente à direção do Lineamento Sorocaba), sendo que a fratura não possui preenchimento (Figura 37).



Figura 37: Afloramento no ponto 4 exibindo orientação dos planos de fratura com atitude 45/90 (coerente com a direção do Lineamento).

No ponto 8, localizado na porção sudeste do lineamento (entre as cidades de Juquitiba e São Lourenço da Serra) foi reconhecido um granitoide pertencente ao Complexo Embu exibindo fraturas de direção NW/SE (também coerente com a direção do Lineamento Sorocaba). As fraturas se apresentam fechadas e sem preenchimento (Figura 38).



Figura 38: Afloramento no ponto 8 mostrando um granitoide com fraturas com a mesma direção do Lineamento Sorocaba, NW/SE.

No ponto 14, localizado no Complexo Costeiro e a 10km da linha de costa, foi reconhecido um plano de falha bem desenvolvido com atitude 25/90 em um gnaiss muito alterado. Foi possível observar degraus no plano de falha indicando o sentido do movimento, que no caso foi identificado como um movimento de subida do bloco norte (Figura 39).



Figura 39: Ponto 14 exibindo um plano de falha bem desenvolvido, com indicação de movimento de subida do bloco norte.

No limite entre Serra do Mar e planície costeira observou-se a resposta no relevo resultante da influência do Lineamento Sorocaba (Figura 40), que assim como visto no perfil topográfico da Figura 32, é observa-se um vale encaixado exibindo um acentuado desnível altimétrico.



Figura 40: Vista do efeito topográfico causado pelo lineamento na quebra da Serra do Mar.

O Ponto 16 está localizado na borda da Bacia do Paraná, em rochas do Grupo Itararé. O afloramento se dá no cruzamento de um viaduto sobre a Rodovia Senador José Ermírio de Moraes.

O afloramento mostra um arenito muito alterado que contém planos de fraturas sub verticais de direção NW/SE, sendo que esses são espaçados em intervalos regulares em torno de 5cm, conforme exhibe a Figura 41.



Figura 41: Ponto 16 mostrando planos de fraturas subverticais de direção NW/SE.

O Ponto 17 se localiza 1500m ao sul do ponto anterior. O mesmo arenito alterado do Grupo Itararé é encontrado, e nele também se observam planos de fraturas sub verticais de direção NW/SE espaçados regularmente em intervalos de cerca de 10cm (Figura 42).



Figura 42: Ponto 17 exibindo planos de fraturas subverticais de direção NW/SE.

Os pontos 24, 25 e 26 se localizam na borda nordeste da represa de Itupararanga. Eles estão na região de afloramento do Granito São Francisco - Neoproterozoico. Os três pontos se encontram sobre a projeção do Lineamento Sorocaba. Neles foram encontrados planos de fraturas sub verticais de direção NW/SE, concordante com a direção do lineamento. A Figura 43 mostra um desses planos encontrados no ponto 26.



Figura 43: Ponto 26 mostrando um plano de fratura sub vertical de direção NW/SE.

No ponto 28, localizado na extremidade noroeste do lineamento, pertencente ao Grupo Itararé, foram encontrados planos de fraturas sub verticais fechados e sem preenchimento, de direção NW/SE, espaçadas a cada 50cm, conforme a Figura 44.



Figura 44: Ponto 28 exibindo um par de planos de fraturas sub verticais de direção NW/SE espaçados em 50cm, fechados e sem preenchimento, em arenito do Grupo Itararé.

No ponto 30, localizado dentro do Grupo Itararé e na extremidade noroeste do lineamento, se encontra um conjunto de fraturas sub verticais de direção NW/SE bastante penetrativas (de fácil identificação visual). As fraturas ocorrem espaçadas em cerca de 0,5m (Figura 45).



Figura 45: Ponto 30 exibindo um plano de fratura de direção NW/SE.

O ponto 32 corresponde ao afloramento visitado na porção mais nordeste do trabalho de campo. Nele foram encontrados 3 famílias de fraturas no arenito do Grupo Itararé, sendo que a direção NW/SE é destacada na Figura 46. As fraturas são fechadas e não possuem preenchimento.



Figura 46: Ponto 32 com destaque para o plano de fratura de direção NW/SE.

A Figura 47 evidencia um plano de fratura sub vertical de direção NW/SE encontrado do ponto 33. Este ponto se situa no contato entre o Grupo Itararé e a Formação Tatuí. Além disso, logo ao lado do afloramento nota-se que um trecho do Rio Tietê segue a mesma direção, rumo a noroeste.



Figura 47: A esquerda, trecho do Rio Tietê de direção NW/SE, e a direita, plano de fratura de direção NW/SE destacado entre as linhas tracejadas amarelas.

O ponto 37 se localiza próximo ao limite sudeste do Planalto de Ibiúna, e nele se encontra um granito (Granito Ibiúna) fortemente estruturado, com sua foliação na vertical sendo interceptada por planos de fraturas também sub verticais de direção NW/SE. A Figura 48 mostra, além do rocha foliada e os planos de fratura de direção NW/SE, o efeito geomorfológico da passagem do Lineamento Sorocaba próximo a quebra do Planalto de Ibiúna.



Figura 48: Ponto 37 exibindo, a esquerda, uma rocha granitoide fortemente estruturada na vertical juntamente com os planos de fratura NW/SE, e a direita, uma ilustração do efeito geomorfológico do Lineamento Sorocaba próximo a quebra do Planalto de Ibiúna.

Nos pontos 38 e 40 foram encontrados planos de fraturas sub verticais de direção NW/SE preenchidos por óxido de manganês. Essas estruturas truncam ortogonalmente a foliação principal do granitoide que também é vertical (Figuras 49 e 50).



Figura 49: Ponto 38 exibindo um plano de fratura de direção NW/SE preenchido por óxido de manganês.



Figura 50: Ponto 40 exibindo um plano de fratura de direção NW/SE preenchido por óxido de manganês.

No ponto 41, que se localiza dentro do Complexo Embu, foram encontrados um conjunto de planos de fraturas sobre um curso d'água de direção NW/SE. Os planos estão espaçados em cerca de 0,5m e não possuem preenchimento. Figura 51.



Figura 51: Ilustração dos planos de fraturas de direção NW/SE observados nas rochas do Complexo Embu, ponto 41.

O ponto 47 se encontra em ortognaisses do Complexo Embu, e foi o afloramento que mais se aproximou da "Cachoeira do Funil", a qual corresponde à feição geomorfológica mais proeminente de toda a ocorrência do Lineamento Sorocaba. Nesse ponto também foram encontrados planos de fraturas sub verticais de direção NW/SE (Figura 52).



Figura 52: Ilustração evidenciando o plano de fratura de direção NW/SE nos ortognaisses do Complexo Embu, ponto 47.

5. DISCUSSÃO DOS DADOS

O Lineamento Sorocaba se destaca no relevo em escala macro, sendo evidenciado nas imagens SRTM como uma feição retilínea marcada pelo relevo negativo.

Dentre os vários segmentos de cursos d'água que se encaixam no lineamento, dois deles se destacam pela geomorfologia resultante, que são a quebra do Planalto de Ibiúna e a quebra da Serra do Mar, onde ambos apresentam um grande desnível altimétrico.

Embora o Lineamento Sorocaba seja facilmente rastreável em escala macro, somente em 2 dos 48 pontos visitados foi identificado uma movimentação relativa dos blocos na direção NW/SE. Nos demais, as estruturas de direção NW/SE são fraturas, sem movimentação. Além disso, não foram encontradas intrusões associadas. Os dois únicos pontos que apresentaram planos de falha (pontos 14 e 31) são justamente os que mais saíram do padrão observado ao longo de todo o lineamento. O ponto 14 apresenta atitude 25/90, e o ponto 31 45/70, sendo que o primeiro ponto possui o menor valor azimutal dentre todos os planos NW obtidos, e o segundo possui o mergulho mais baixo, de 70°, de todos os dados, sugerindo que esses planos de falhas sejam o resultado de tensões locais.

Em escala de afloramento, se observou um conjunto de fraturas de direção NW/SE muito penetrativo e constante, variando pouco em sua direção e ângulo de mergulho.

Na grande maioria, as fraturas se apresentaram fechadas e sem preenchimento, entretanto, alguns pontos apresentaram óxido de manganês, o que sugere a percolação de fluido por entre as fraturas.

O Lineamento Sorocaba se situa sub paralelo e a nordeste do Arco de Ponta Grossa, bem como de seus dois lineamentos associados, também a nordeste dele (São Jerônimo-Curiúva e Guapiara).

A feição mais marcante dos alinhamentos estruturais associados ao Arco de Ponta Grossa são os diques básicos alinhados na direção NW/SE, entretanto, apesar do Lineamento Sorocaba distar apenas 120km do Lineamento Guapiara, nenhum dique com sua orientação ocorre em suas proximidades.

Estudos sismológicos no sudeste brasileiro, tanto em continente quanto na região da Bacia de Santos, indicam a presença de zonas sismicamente ativas (sismos intraplaca).

O mapa gerado a partir dos dados sismológicos mostra uma coincidência, mesmo que por vezes grosseiras, no arranjo espacial dos sismos com as principais estruturas da região sudeste. No continente os sismos tendem a se dispor nas direções NW/SE (zonas de fraquezas antigas), e na margem continental, além da direção NW/SE, também se encontram alinhados na direção NE/SW, as quais representam a Zona de Charneira de Santos, que é atribuída à separação dos continentes Africano e Sul Americano.

Embora os dados sismológicos do sudeste brasileiro ainda sejam insuficientes para delimitar zonas de fraqueza na crosta, trabalhos como o de Bueno et. al (2004), que integram dados de gravimetria e sísmica, ajudam a demarcar estruturas que atuam na margem continental, e que podem estar relacionadas à feições na porção continental. O alvo do estudo em questão, o Lineamento Capricórnio, faz parte dessas estruturas que possuem direção NW/SE e que atuaram como importantes controladores da sedimentação na Bacia de Santos.

Os dados de sísmica de reflexão 2D na Bacia de Santos indicam que estruturas com planos sub verticais de direção NW/SE, dentro da projeção do Lineamento Sorocaba, atuaram na disposição dos pacotes sedimentares.

De acordo com as seções, alguns planos de falha interceptam os níveis do embasamento até o fundo do mar atual, sugerindo que a estrutura possa estar ativa.

Segundo Coutinho (2008), o Arco de Ponta Grossa seria um dos três segmentos de uma junção tríplice que se instalou no sudeste brasileiro no fim do Mesozoico. Evidencias dessa teoria são, além do enxame de diques do Arco de Ponta Grossa, diques com orientação NNE/SSW na região de Florianópolis (formando o segmento sul), e diques com orientação NE/SW (formando o segmento norte) que acompanham paralelamente a linha de costa atual entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Trabalhos como os de Ribeiro (1980), Ferreira (1982) e Davino (1982) indicam que as estruturas de direção NW/SE próximas ao Arco de Ponta Grossa, seriam na verdade reativações de estruturas muito mais antigas.

Zalán et al. (1990) através da compilação de vários dados geológicos, mostra que tanto as direções preferenciais NW/SE, quanto NE/SW, foram reativadas várias

vezes desde o Siluriano, dando suporte para que o Lineamento Sorocaba também seja uma reativação de antigas estruturas do embasamento, assim como o Arco de Ponta Grossa.

Os resultados obtidos a partir dos dados gravimétricos e de trabalhos de campo, indicam a ausência de diques que possam ser relacionados diretamente ao Lineamento Sorocaba, sugerindo que sua raiz seja pouco profunda (porém atingindo o embasamento) ou que o Lineamento Sorocaba tenha origem como um reflexo distante e menos intenso do soerguimento do Arco de Ponta Grossa.

6. CONCLUSÕES

Os dados SRTM permitiram rastrear o Lineamento Sorocaba através de toda a faixa de ocorrência das rochas cristalinas paulista, sendo que este trecho se dá entre as cidades de Sorocaba-SP e Itanhaém-SP.

As atitudes dos planos das juntas encontradas em campo correspondem à direção obtida por imagens de satélites e dados SRTM para o Lineamento Sorocaba. Entretanto, não foram encontradas evidências suficientes de que a estrutura atue como uma zona de falha, sendo que o Lineamento Sorocaba se apresenta como um alinhamento de fraturas. Somente 2 dos 48 pontos visitados mostraram evidências de movimentação entre os planos, o que sugere uma manifestação estrutural local e isolada de seu contexto geral.

Ao longo da ocorrência do Lineamento Sorocaba, encontram-se vales encaixados com drenagens, porém sem nenhuma intrusão ígnea. A única feição ígnea intrusiva próxima ao Lineamento Sorocaba, é a intrusão alcalina de Ipanema, que se localiza entre os Lineamentos Sorocaba e Guapiara, e dista cerca de 15km do primeiro. Entretanto, apesar da intrusão ter idade compatível com o soerguimento do Arco de Ponta Grossa (aproximadamente 130 milhões de anos), ela está associada a reativação de estruturas do Ciclo Brasileiro, de direção NE/SW.

Uma possibilidade para não haver intrusões ao longo do Lineamento Sorocaba, é de que essas fraturas sejam pouco profundas, porém atingem o embasamento.

A implantação da junção tríplice que resultou na distensão da crosta e posteriormente a injeção do enxame de diques na região do Arco de Ponta Grossa pode ser um dos motivos pelo qual o Lineamento Sorocaba aparece como uma zona de fraturas e não de falhas, tendo a ausência de diques justificada pela maior distância do centro do Arco de Ponta Grossa. Por se tratar de um conjunto de fraturas formado em regime distensivo, tem-se que o eixo de menor esforço (σ_3), é perpendicular aos planos de fratura, ou seja, NE/SW.

Os dados gravimétricos corroboram a ausência de diques relacionados ao Lineamento Sorocaba.

Logo, é possível que a abertura do Oceano Atlântico e o soerguimento do Arco de Ponta Grossa sejam reativações dessas estruturas pré-silurianas de direção NW/SE.

Dados sísmicos e sismológicos também apontam para a presença de descontinuidades de direção NW/SE no embasamento, tanto na zona *onshore* quanto na *offshore*. Estas estruturas são importantes por controlar a sedimentação da Bacia de Santos, podendo influenciar nas pesquisas de petróleo.

Uma explicação para as estruturas NW/SE presentes na zona *offshore* demonstrarem movimentação relativa entre os blocos e na *onshore* não, pode ser efeito do acentuado estiramento e adelgaçamento que a borda da crosta continental sofreu durante a abertura do Oceano Atlântico. Somado a isso, também há a forte pressão e peso das rochas sedimentares da Bacia de Santos e da massa de água sobre essas estruturas. Esses fatores podem ser os responsáveis pela presença de movimentação nas estruturas localizadas na Bacia de Santos, e ausente no continente, mesmo que essas estruturas NW/SE tenham relação entre si, ou que pelo menos, tiveram uma mesma origem.

Quanto a continuidade do Lineamento Sorocaba para a margem continental, é plausível que, segundo dados bibliográficos e os resultados obtidos a partir da sísmica, que ele avance pelo menos até o talude, e que a partir daí possa interagir com outras estruturas, como grandes zonas de transferências.

Apesar dos dados SRTM indicarem uma menor expressão no relevo do Lineamento Sorocaba nas rochas da Bacia do Paraná, as estruturas NW/SE analisadas em campo são coerentes com as encontradas no domínio das rochas cristalinas, indicando uma continuidade do lineamento de pelo menos 90km rumo à Bacia do Paraná, próximo do contato entre o Grupo Itararé e a Formação Tatuí, na região da cidade de Laranjal Paulista-SP.

Por fim, é provável que o Lineamento Sorocaba seja o resultado da reativação de zonas de fraquezas pré-cambrianas de direção NW/SE durante o cretáceo, e que a zona de influência do Arco de Ponta Grossa possa ser estendida até os domínios do Lineamento Sorocaba.

O mapa com a representação proposta para o Lineamento Sorocaba pode ser visualizado na sessão de apêndices.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA F.F.M. & HASUI Y. coords. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 378p.

ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região Sudeste do Brasil. In: Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1978, pp. 75-88.

BRITO NEVES, B.B. 1999. América do Sul: Quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. **Rev. Bras. de Geociências**, 29(3):379-392.

BUENO, G. V. et al. A Influência do Lineamento Capricórnio na evolução tectono-sedimentar da Bacia de Santos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 52, 2004, Araxá. Anais... Araxá: Sociedade Brasileira de Geologia, 2004. Simpósio 28 – Petróleo: geologia e exploração, T 773.

CAINELLI, C.; MOHRIAK, W.U. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the eastern Brazilian continental margin. **Episodes**, v.22, n.3, p. 206-216, 1999.

COUTINHO J.M.V. (2008) Dyke Swarms of the Paraná Triple Junction, Southern Brazil. *Geologia USP: Série Científica* 8 (2): 29-52.

CARNEIRO et al., 2012(a). Conhecer o Inatingível: Estrutura interna da Terra. In: **Geologia do Brasil**, 2012. pag. 32-46.

CARNEIRO et al., 2012(b). Estágios evolutivos do Brasil no Fanerozoico. In: **Geologia do Brasil**, 2012. pag. 131-136.

COBBOLD, P. R. et al., 2001, Reactivation of an obliquely-rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil: **AAPG Bulletin**, v. 85, no. 11, p. 1925–1944.

DAVINO, A., SINELLI, A. S, CORREIA, C.T. 1982. Diabásios na região nordeste da Bacia do Paraná. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, Salvador, pp. 1.736-1.744.

DELGADO IM, SOUZA JD, SILVA LC, SILVEIRA FILHO NC, SANTOS RG, PEDREIRA AJ, GUIMARÃES JT, ANGELIM LAA, VASCONCELOS AM, GOMES IP, LACERDA FILHO JV, VALENTE CR, PERROTTA MM & HEINECK CA. 2003. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI LA, SCHOBENHAUS C, VIDOTTI RM & GONÇALVES JH (Eds.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG. CPRM, p. 227-334.

FERREIRA, F.J.F. 1982a. Integração de Dados Aeromagnéticos e Geológicos: Configuração e Evolução Tectônica do Arco de Ponta Grossa. São Paulo. 169 p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).

FÚLFARO V.J. et al., 1982. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Rev. Bras. Geoc.**, 12(4):233-256.

GOOGLE EARTH-MAPS. Disponível em: <http://maps.google.com>. Acessado em 26 ago.2013.

HASUI Y. 2010. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste Brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, 29(2):141-169.

HASUI, Y. et al. **Geologia do Brasil**. 1. ed. São Paulo., 2012. v. 1. 900p.

HASUI Y. 2012(a). Sistema Orogênico Mantiqueira. In: **Geologia do Brasil**, 2012. pag. 331-371.

HERZ, N. Timing of spreading in South Atlantic: information from Brazilian alkalic rocks. *Geological Society American Bulletin*, v. 88, p. 101-112, 1977.

IZELI, M. G. B., Controle estrutural do embasamento emerso na porção central da Bacia de Santos, utilizando sensoriamento remoto e interpretação sísmica. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2008. 65 p.

KEAREY, P., BROOKS, M., HILL, I., - 2002 - An Introduction to Geophysical Exploration. 3rd Edition. Balckwell Publ. Malden, MA. 262p.

LEARY, O, Freidman, D. W, Pohn, J. D, & Lineaments, H. A. linear, lineation-some proposed new standards for old terms. **Geological Society of America Bulletin** , 87,1463-1469.

LÚCIO, T. D. G., Caracterização estrutural da porção central da Bacia de Santos e seu embasamento continental adjacente, através de interpretação de imagens de satélite e geofísicas. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011. 82 p.

MOREIRA, J. L. et al. maio/novembro 2007. Bacia de Santos. In: MILANI, E. J. (Editor coordenador) **Boletim de Geociências da Petrobrás** – v.15, n. 2 – maio/novembro 2007, Rio de Janeiro, p. 511-529.

MACEDO, J.M. Evolução Tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. **Revista Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v.3, n.3, p.159-173, 1989.

MEISLING, K. E. et al., 2001, Segmentation of an obliquely-rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil: **AAPG Bulletin**, v. 85, no. 11, p. 1903–1924.

MILANI E.J. 2004. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: V. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B.de Brito-Neves. orgs. 2004. **Geologia do Continente Sul-Americano**: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Ed. Beca. p. 265-279.

MILANI et. al., 2007. Bacias Sedimentares Brasileiras-Cartas Estratigráficas Introdução. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro. v.15, n. 2. 2007. p. 511-529.

MOULIN, M., Geodynamic Keys of the Santos Santos Basin. II Central & North Atlantic Conjugate Margins Conference. Lisboa, 2010.

NASA/USGS. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>. Acessado em 26 ago.2012.

PEREIRA et al., 2012. Evolução das sinéclises Paleozóicas: Províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: **Geologia do Brasil**, 2012. pag. 374-394

RIBEIRO, M. 1980. Geossuturas do escudo do Rio Grande do Sul. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, Camburiú, pp. 2709-2717.

RUGENSKI A, Mantovani MSM, SHUKOWSKY W (2006) Investigação gravimétrica do complexo alcalino de Ipanema, São Paulo, Brasil. *Geologia USP, Série Científica* 6:13–27.

SCHOBENHAUS, C. & BRITO NEVES, B.B. A Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Eds.), **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM/SGB, p. 5-25, 2003.

SCHWEIG, C. 2013. CARACTERIZAÇÃO TECTONOESTRATIGRÁFICA DA PORÇÃO AADJACENTE AO EPICENTRO DO SISMO SÃO VICENTE NA BACIA DE SANTOS. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro-SP. 105p.

SILVA L.C. et al., 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African system of orogens. **Precambrian Res.**, 136: 203-240.

SOUZA, I. A. de. A influência das falhas de transferência na porção norte da bacia de Santos na formação de armadilhas capazes de conter hidrocarbonetos. In: 4º **PDPETRO**, 4, 10p. 2007.

SYKES, L., 1978. Intraplate seismicity, reactivation of pre-existing zones of weakness, alkaline magmatism, and other tectonism postdating continental fragmentation, **Rev. Geophys. Space Phys.**, 16, 621–688.

TALWANI, P., RAJENDRAN, K., 1991. Some seismological and geometric features of intraplate earthquakes. **Tectonophysics**. 186, 19–41.

TROUW R.A.J. et al., 2013. A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and central Ribeira belt, SE Brazil. **J. South Am. Earth Sci.**, 48:43-57.

ZALÁN P.V. et al., 1990. The Paraná Basin, Brazil. In: Leighton M.W., Kolata D.R., Oltz D.S., Eidel J.J. eds. 1990. Interior Cratonic Basins. **AAPG Memoir** 51, p. 681-701.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Dados Sismológicos

Apêndice 2 - Seção 0248-0097

Apêndice 3 - Seção 0247-2003

Apêndice 4 - Seção 0247-2008

Apêndice 5 - Seção 0248-0108

Apêndice 6 - Seção 0248-0114

Apêndice 7 - Mapa de Pontos

Apêndice 8 - Lineamento Sorocaba

APÊNDICE 1 - Dados Sismológicos

DATA	HORÁRIO	LOCALIDADE	Latitude	Longitude	MAG
31.07.1861	04:00:00h	Lorena	-22,6	-45,2	4,4
30.10.1874	12:30:00h	Sorocaba	-23,5	-47,5	3,6
02.02.1915	-	Itanhaém	-24,18	-46,79	3,2
1918	-	São Paulo	-23,53	-46,62	3
05.08.1919	09:00:00h	Cananéia	-25,01	-47,94	
1928	-	Presidente Epitácio	-21,82	-52,05	
18.07.1946	07:15:00h	Cananéia	-25,1	-47,7	4,6
23.03.1979	03:02:49h	São José dos Campos	-23,3	-45,9	2,7
13.06.1979	16:52:45h	Plataforma Continental	-24,69	-45,73	2,8
13.08.1979	18:41:00h	Plataforma Continental	-25,2	-45,6	3
17.09.1982	12:28:41h	Plataforma Continental	-25,84	-45,42	3,8
02.01.1983	-	Juquiá	-24,3	-47,8	2,9
18.01.1984	22:44:01h	Paraibúna	-23,33	-45,58	2,5
02.05.1984	07:18:35h	Plataforma Continental	-24,3	-44,5	2
30.06.1984	11:32:56h	Paraibúna	-23,35	-45,66	2,7
17.12.1985	12:26:00h	Igaratá	-23,17	-46,06	3
02.07.1986	21:25:00h	Paraguaçu Paulista	-22,43	-50,58	2,2
04.07.1986	21:10:00h	Paraguaçu Paulista	-22,43	-50,58	2,2
04.07.1986	06:00:00h	Paraguaçu Paulista	-22,43	-50,58	
19.10.1986	01:45:15h	São Luis do Paraitinga	-23,45	-45,29	2,1
27.08.1987	13:01:22h	Plataforma Continental	-25	-44,1	3,6
05.04.1988	03:00:51h	Presidente Prudente	-22,1	-51,34	3,8
02.09.1988	17:51:07h	Paraibúna	-23,37	-45,67	2,6
03.09.1988	01:46:30h	Paraibúna	-23,37	-45,67	2,4
03.09.1988	03:49:19h	Paraibúna	-23,37	-45,67	2
06.09.1988	07:02:54h	Paraibúna	-23,36	-45,63	2
19.09.1988	03:05:59h	Plataforma Continental	-25,29	-45,09	2,5
28.09.1988	01:33:51h	Plataforma Continental	-23,6	-41,74	2,2
19.10.1988	06:02:35h	Plataforma Continental	-24,8	-42	2,1
06.01.1989	19:02:24h	Paraibúna	-23,37	-45,67	2,3
18.01.1989	23:38:10h	Paraibúna	-23,37	-45,67	2,5

03.02.1989	19:32:09h	Paraibúna	-23,28	-45,47	2,8
07.05.1989	06:38:00h	Plataforma Continental	-24,77	-46,47	2
23.05.1989	22:57:58h	Nuporanga	-20,73	-47,75	3,2
01.06.1989	21:40:00h	Morro Agudo	-20,73	-48,07	3
04.07.1989	06:23:40h	Plataforma Continental	-24,87	-46,81	2
05.07.1989	03:29:14h	Paraibúna	-23,37	-45,67	2,8
09.07.1989	22:26:52h	Plataforma Continental	-24,3	-43,03	2,3
19.10.1989	04:17:00h	Nuporanga	-20,73	-47,75	2,6
12.12.1989	14:50:45h	Paraibúna	-23,37	-45,75	2
28.03.1990	22:29:49h	São João da Boa Vista	-21,9	-46,84	2,7
16.06.1990	-	Margem Continental	-25,49	-44,98	2
12.07.1990	21:01:03h	São João da Boa Vista	-21,86	-46,92	2,4
08.09.1990	04:34:06h	Bebedouro	-20,9	-48,69	2,3
09.12.1990	07:56:19h	Paraibúna	-23,38	-45,63	2
21.03.1991	17:08:19h	Presidente Prudente	-22,19	-51,36	2
21.03.1991	18:03:50h	Presidente Prudente	-22,19	-51,36	2,2
22.03.1991	18:04:43h	Presidente Prudente	-22,19	-51,36	2,4
16.05.1991	08:27:24h	Margem Continental	-24,85	-46,26	2,4
03.09.1991	20:46:53h	Barra do Turvo	-24,6	-48,43	2,8
07.10.1991	15:46:37h	Margem Continental	-24,12	-43,01	3
13.11.1991	18:14:25h	São Pedro do Turvo	-22,88	-49,83	3
15.11.1991	13:16:37h	São Vicente	-23,94	-46,41	2,7
04.02.1992	23:32:02h	Margem Continental	-23,55	-42,42	2,5
05.02.1992	00:02:16h	Margem Continental	-24,3	-40,95	2,8
11.02.1992	06:11:03h	Margem Continental	-24,47	-43,79	2,3
19.03.1992	05:50:10h	Margem Continental	-24,59	-43,92	2
19.03.1992	15:34:11h	Margem Continental	-24,99	-45,77	2,6
13.04.1992	23:31:09h	Ilhabela	-23,9	-45,37	2,3
05.07.1992	07:34:17h	Presidente Prudente	-22,03	-51,31	3,2
01.10.1992	15:05:53h	São José do Rio Pardo	-21,57	-47,01	2,7
09.12.1992	16:21:00h	Margem Continental	-24,89	-46,33	3,4
21.01.1993	16:21:06h	Paraibúna	-23,35	-45,65	2,5
26.03.1993	15:59:59h	Margem Continental	-24,94	-45,51	2,1
07.05.1993	21:55:05h	Paraibúna	-23,39	-45,62	2
21.05.1993	10:32:12h	Margem Continental	-23,91	-43	3,6

23.05.1993	-	Margem Continental	-25,39	-46,42	3,1
25.06.1993	02:03:01h	Margem Continental	-24,44	-43,54	2,7
11.04.1994	-	Margem Continental	-25,15	-45,89	2,2
25.05.1994	23:37:30h	Margem Continental	-25,09	-45,06	2,1
09.06.1994	00:26:40h	Paraibúna	-23,45	-45,51	2,6
20.09.1994	09:17:53h	Igaratá	-23,17	-46,11	2,6
15.01.1995	21:46:27h	Piaí	-23,84	-47,24	2,2
28.01.1995	03:23:00h	Itararé	-23,99	-49,18	2,5
09.02.1995	03:30:31h	Margem Continental	-24,63	-45,69	2,2
02.04.1995	11:17:37h	Rio Vermelho	-24,98	-48,41	2,5
02.05.1995	16:49:26h	Margem Continental	-25,68	-48,31	3,1
04.05.1995	00:50:51h	Margem Continental	-25,33	-43,98	2,5
22.05.1995	00:56:24h	Igaratá	-23,17	-46,15	2
26.05.1995	19:43:44h	Buritizal	-20,2	-47,65	2,9
28.05.1995	09:22:59h	Batatais	-20,93	-47,65	2,7
30.05.1995	13:01:20h	Nuporanga	-20,92	-47,63	2,6
31.05.1995	00:36:47h	Margem Continental	-25,15	-44,6	3
02.06.1995	09:32:11h	São José	-20,54	-47,66	2,9
06.06.1995	00:32:22h	Guaíra	-20,32	-48,41	2,8
06.06.1995	17:42:04h	Altinópolis	-21,02	-47,55	2,5
06.06.1995	17:43:43h	Altinópolis	-21,03	-47,6	2,7
08.06.1995	20:00:13h	Batatais	-20,86	-47,57	2,5
25.06.1995	16:57:00h	Paraibúna	-23,45	-45,52	2
20.07.1995	23:07:49h	Margem Continental	-24,64	-46,55	2,1
23.02.1996	23:27:09h	Bariri	-21,95	-48,68	2,9
07.03.1996	-	Margem Continental	-25,5	-45,43	2
28.03.1996	15:05:53h	Margem Continental	-24,87	-44,24	3,1
09.04.1996	05:17:00h	Cajurú	-21,29	-47,32	2,8
21.04.1996	02:55:57h	Margem Continental	-23,96	-44,68	2,2
30.04.1996	13:11:06h	Margem Continental	-24,14	-46,96	2
08.05.1996	19:02:13h	Cajurú	-21,29	-47,32	2
09.05.1996	05:17:04h	Cajurú	-21,39	-47,25	2,7
11.06.1996	20:38:37h	Areiópolis	-22,73	-48,68	3,4
28.06.1996	02:46:34h	Roseira	-22,94	-45,21	2,4
28.10.1996	22:02:48h	Cajurú	-21,94	-47,32	2,6

09.11.1996	15:38:01h	Registro	-24,41	-47,84	2,8
12.11.1997	05:32:37h	Cajurú	-21,29	-47,32	2,3
17.03.1997	01:27:25h	Margem Continental	-24,1	-44,71	2,7
21.03.1997	-	Margem Continental	-26,03	-46,21	2,9
17.07.1997	16:45:45h	Antas	-20,82	-47,17	2,9
22.08.1997	01:28:35h	São Francisco Xavier	-22,87	-45,96	2,8
23.08.1997	14:29:06h	São Francisco Xavier	-22,86	-45,96	2,6
25.11.1997	23:39:22h	Limeira	-22,6	-47,58	3,3
18.04.1998	02:32:18h	Margem Continental	-24,66	-44,27	3,4
06.05.1998	22:27:59h	Tanquinho	-22,62	-47,67	2,4
01.07.1998	21:25:09h	Margem Continental	-24,02	-44,46	3,2
18.09.1998	18:34:57h	Margem Continental	-24,96	-45,27	3,2
18.09.1998	18:40:44h	Margem Continental	-25,02	-45,47	3,1
05.11.1998	08:11:33h	Igaratá	-23,15	-46,05	2,6
02.01.1999	08:33:55h	Itaí	-23,41	-49,17	3,4
04.06.1999	03:41:14h	Margem Continental	-23,77	-44,32	2,5
17.08.1999	21:26:53h	Santo Amaro	-23,68	-46,64	2,4
28.09.2000	16:04:09h	Catigua	-21,04	-49,06	3,4
06.12.2000	17:47:11h	Margem Continental	-24,12	-44,8	3,2
04.06.2001	04:03:09h	Margem Continental	-23,12	-44,52	2,2
05.07.2001	07:12:41h	Margem Continental	-24,39	-44,53	2,4
05.08.2001	17:19:05h	Margem Continental	-24,61	-45,26	2,5
04.01.2002	06:20:00h	Eldorado	-24,52	-48,11	
06.03.2002	01:00:29h	Araçariгуama	-23,48	-46,99	2
17.03.2002	16:11:19h	Igaratá	-23,17	-46,1	2,6
22.04.2002	22:19:10h	Angatuba	-23,39	-48,47	2
04.06.2002	23:27:12h	Margem Continental	-25,03	-45,83	3,7
09.01.2003	03:19:32h	Margem Continental	-23,83	-42,98	3,5
12.04.2003	14:57:06h	Margem Continental	-24,75	-43,12	2,5
17.05.2003	-	Margem Continental	-26,09	-46,21	2,9
21.05.2003	00:35:44h	Margem Continental	-23,34	-41,78	2,4
26.07.2003	00:51:21h	Margem Continental	-24,05	-42,36	3,4
25.11.2003	05:03:08h	Estiva	-22,48	-46,07	2,4
27.02.2004	19:50:07h	Margem Continental	-24,84	-45,71	2,6
16.05.2004	14:29:37h	Margem Continental	-25,22	-44,72	3,9

28.06.2004	19:57:22h	Margem Continental	-23,87	-46,02	2,1
21.08.2004	07:10:00h	Marapuama	-21,19	-49,15	0,7
25.11.2004	13:10:36h	Araçatuba	-21,22	-50,47	3,2
11.03.2005	05:38:26h	Bebedouro	-21,06	-48,5	2,7
30.03.2005	11:41:44h	Bebedouro	-21,06	-48,5	2,9
02.04.2005	15:25:27h	Bebedouro	-21,06	-48,5	2,8
08.04.2005	23:34:22h	São Benedito Areias	-21,03	-47,29	3,1
24.10.2005	00:22:25h	Tremembé	-23,4	-46,6	2
31.10.2005	15:32:51h	Plataforma Continental	-24,66	-45,52	2
31.10.2005	15:32:54h	Plataforma Continental	-24,6	-45,48	2,2
11.11.2005	20:21:16h	Plataforma Continental	-24,05	-45,97	2
15.11.2005	18:52:53h	Plataforma Continental	-24,11	-46,19	2,2
21.12.2005	13:50:44h	Plataforma Continental	-24,79	-45,69	2
26.12.2005	1341:45h	Plataforma Continental	-25,02	-45,47	2
03.01.2006	18:57:59h	Plataforma Continental	-24,12	-46	2,1
03.01.2006	19:41:46h	Plataforma Continental	-24,12	-45,97	2,1
06.01.2006	14:14:34h	Plataforma Continental	-24,34	-46,33	2,2
06.01.2006	18:57:59h	Plataforma Continental	-24,12	-46	2,1
09.01.2006	14:19:24h	Plataforma Continental	-24,21	-45,82	2
10.01.2006	14:26:16h	Plataforma Continental	-24,22	-45,97	2
10.01.2006	19:03:41h	São José do Rio Pardo	-21,64	-46,86	3
10.01.2006	19:48:49h	Plataforma Continental	-23,92	-46,03	2
12.01.2006	14:00:00h	Monte Aprazível	-20,76	-49,73	2,3
18.02.2006	14:03:20h	Plataforma Continental	-24,2	-46,25	2
20.02.2006	19:54:12h	Plataforma Continental	-24,54	-45,79	2,1
22.03.2006	14:03:00h	Penápolis	-21,41	-50,08	2,5
29.04.2006	14:41:40h	Plataforma Continental	-24,24	-46,15	2
16.05.2006	14:47:11h	Plataforma Continental	-24,11	-46,4	2
02.06.2006	20:44:52h	Plataforma Continental	-24,14	-46,13	2,1
17.06.2006	01:11:57h	Regente Feijó	-22,23	-51,26	3,2
29.07.2006	19:41:37h	Plataforma Continental	-24,99	-45,54	2
31.08.2006	20:08:01h	Plataforma Continental	-24,21	-46,17	2
31.10.2006	19:55:35h	Plataforma Continental	-24,34	-46,26	2
22.12.2006	15:05:59h	Plataforma Continental	-24,72	-45,51	2
18.04.2007	19:49:18h	Plataforma Continental	-24,09	-46,18	2,1

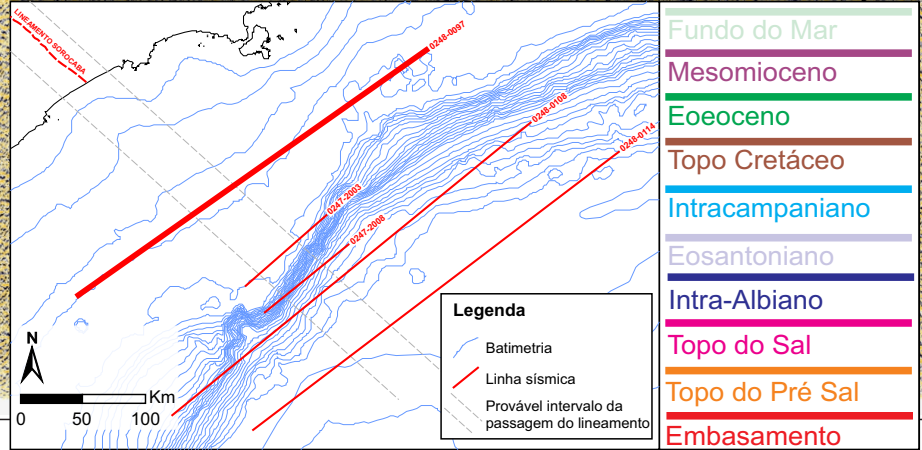
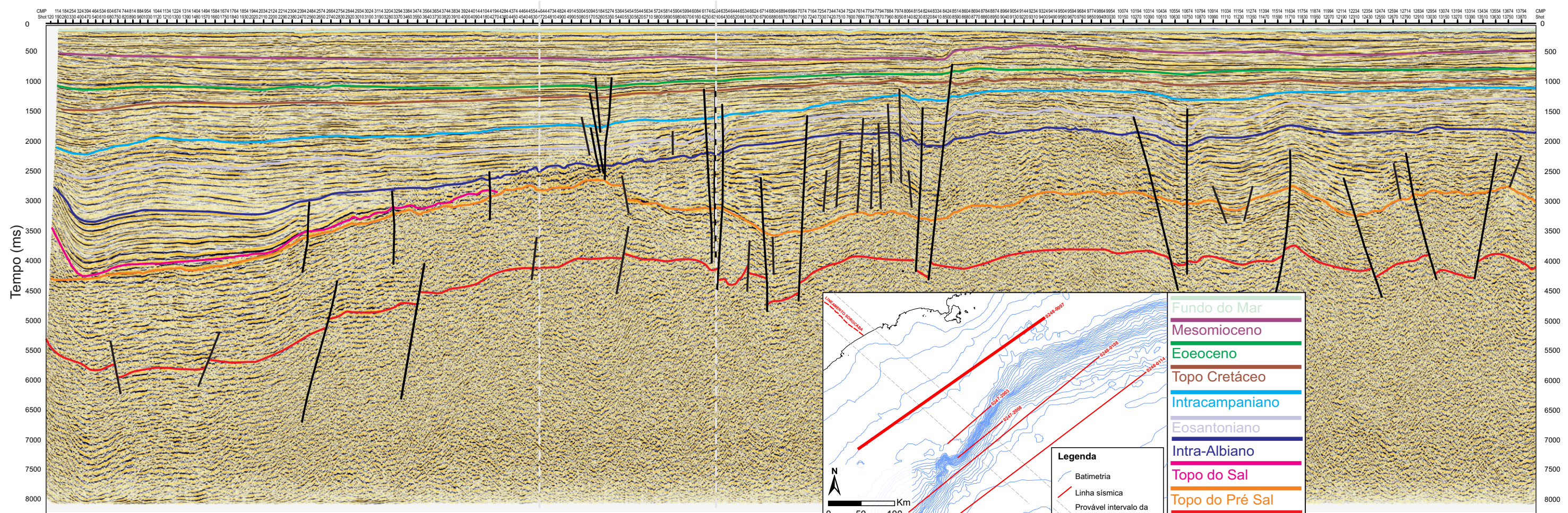
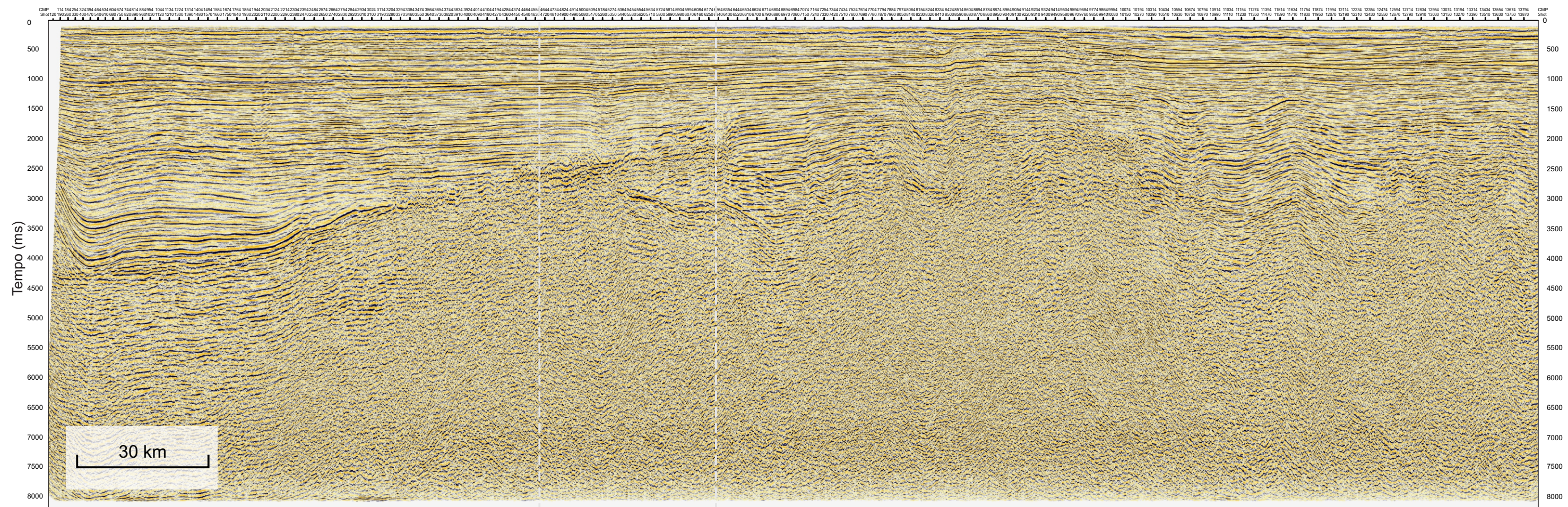
24.04.2007	19:52:16h	Plataforma Continental	-24,02	-46,17	2,1
13.05.2007	13:00:55h	Bebedouro	-21,06	-48,5	2,2
16.06.2007	14:43:24h	Plataforma Continental	-25,22	-44,48	2,1
07.07.2007	16:45:00h	Mauá	-23,67	-46,46	
20.07.2007	20:00:10h	Estádio Palmeiras	-23,55	-46,64	
27.07.2007	18:37:00h	Barirí	-21,95	-48,68	2,5
01.09.2007	15:29:17h	Plataforma Continental	-24,94	-45,1	2
09.01.2008	19:54:53h	Plataforma Continental	-24,1	-45,93	2
08.02.2008	19:05:14h	Plataforma Continental	-24,56	-44,89	3,9
21.02.2008	19:45:43h	Plataforma Continental	-24,46	-45,86	2
12.03.2008	14:46:23h	Plataforma Continental	-23,91	-46,24	2
18.03.2008	14:30:00h	Novo Horizonte	-21,47	-49,22	
25.03.2008	15:15:00h	São José do Rio Preto	-20,82	-49,38	
08.04.2008	15:58:39h	Plataforma Continental	-24,3	-45,58	2
09.04.2008	13:57:27h	Plataforma Continental	-24,84	-45,24	2,1
20.04.2008	06:39:54h	Plataforma Continental	-24,84	-40,86	3,8
23.04.2008	00:00:49h	Plataforma Continental	-25,65	-45,29	5,2
31.05.2008	17:32:44h	Plataforma Continental	-24,65	-45,51	2,4
08.07.2008	15:45:40h	Plataforma Continental	-24,21	-45,76	2
15.07.2008	13:57:08h	Plataforma Continental	-24,26	-46,24	2,1
25.08.2008	15:33:01h	Plataforma Continental	-24,2	-46,08	2,1
15.12.2008	19:33:11h	Plataforma Continental	-24,05	-46,06	2,3
06.08.2009	17:16:04h	Cajati	-24,74	-48,12	2,9
01.08.2009	14:53:29h	São José do Rio Pardo	-21,6	-46,89	2,2
07.09.2009	00:19:14h	Paraibúna	-23,45	-45,51	3,4
30.09.2009	16:21:40h	Alumínio	-23,54	-47,3	1
18.12.2009	11:00:00h	São José do Rio Preto	-20,82	-49,38	
22.02.2010	07:46:34h	Taquaritinga	-21,41	-48,5	0,8
21.08.2010	12:57:09h	Getulina	-21,61	-50,22	3,3
14.07.2011	03:15:00h	Paraibúna	-23,38	-45,66	2,4
21.07.2011	21:57:00h	Igaratá	-23,18	-46,1	2,1
21.07.2011	23:24:00h	Paraibúna	-23,38	-45,66	2,6
21.02.2012	06:36:25h	Paraibúna	-23,38	-45,66	3,2
03.02.2013	08:47:54h	Vargem Grande do Sul	-21,78	-46,98	2,8

Provável zona de ocorrência
do Lineamento Sorocaba

Apêndice 2 - Seção 0248-0097

SW

NE

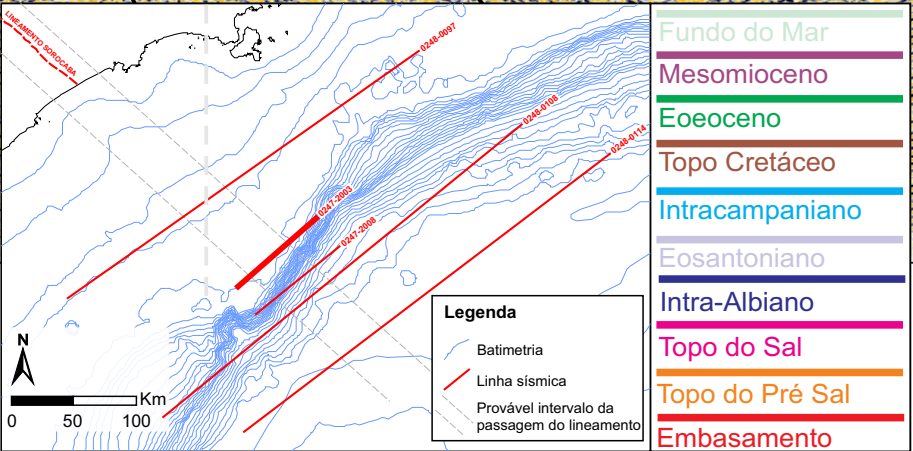
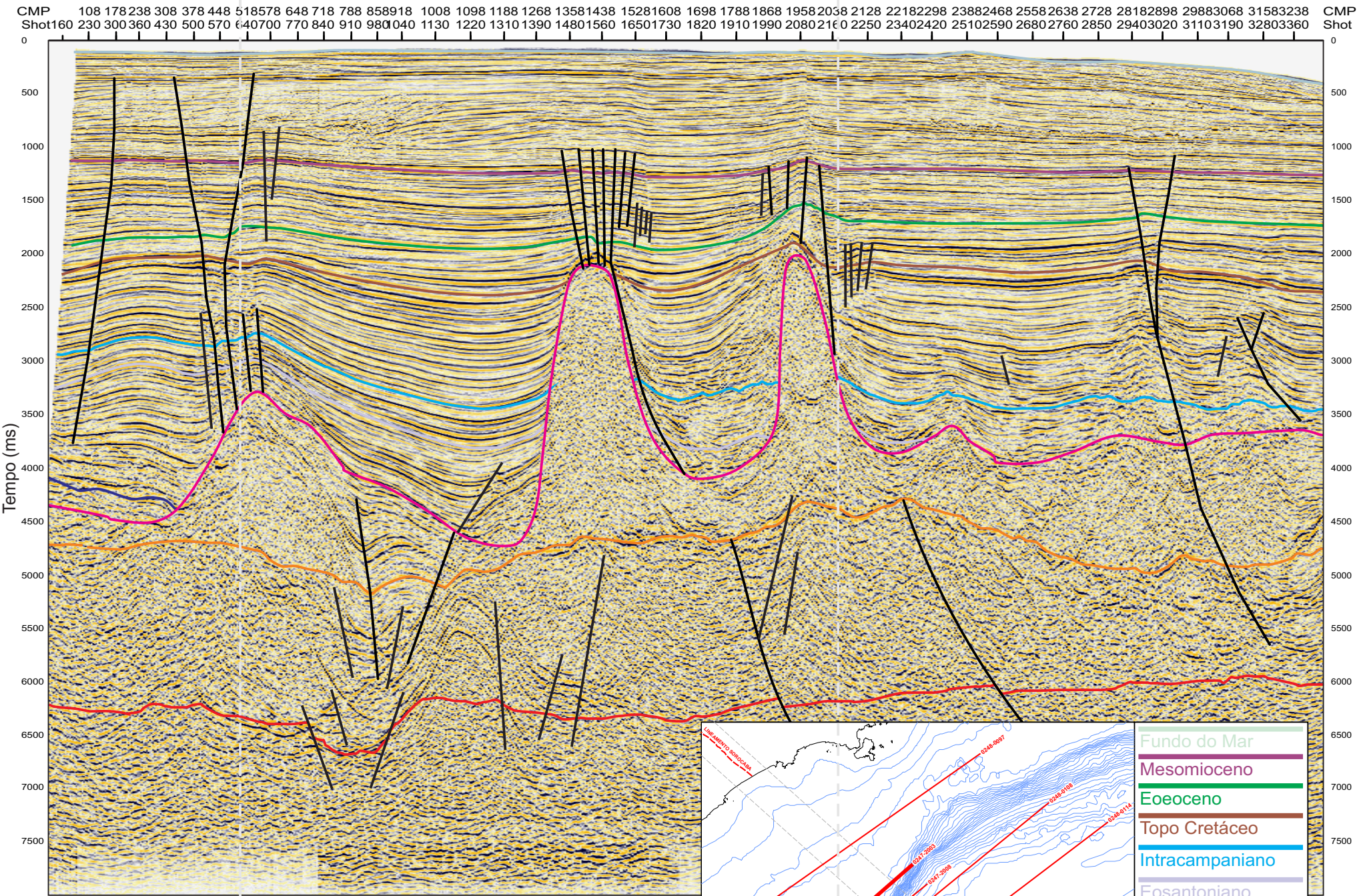
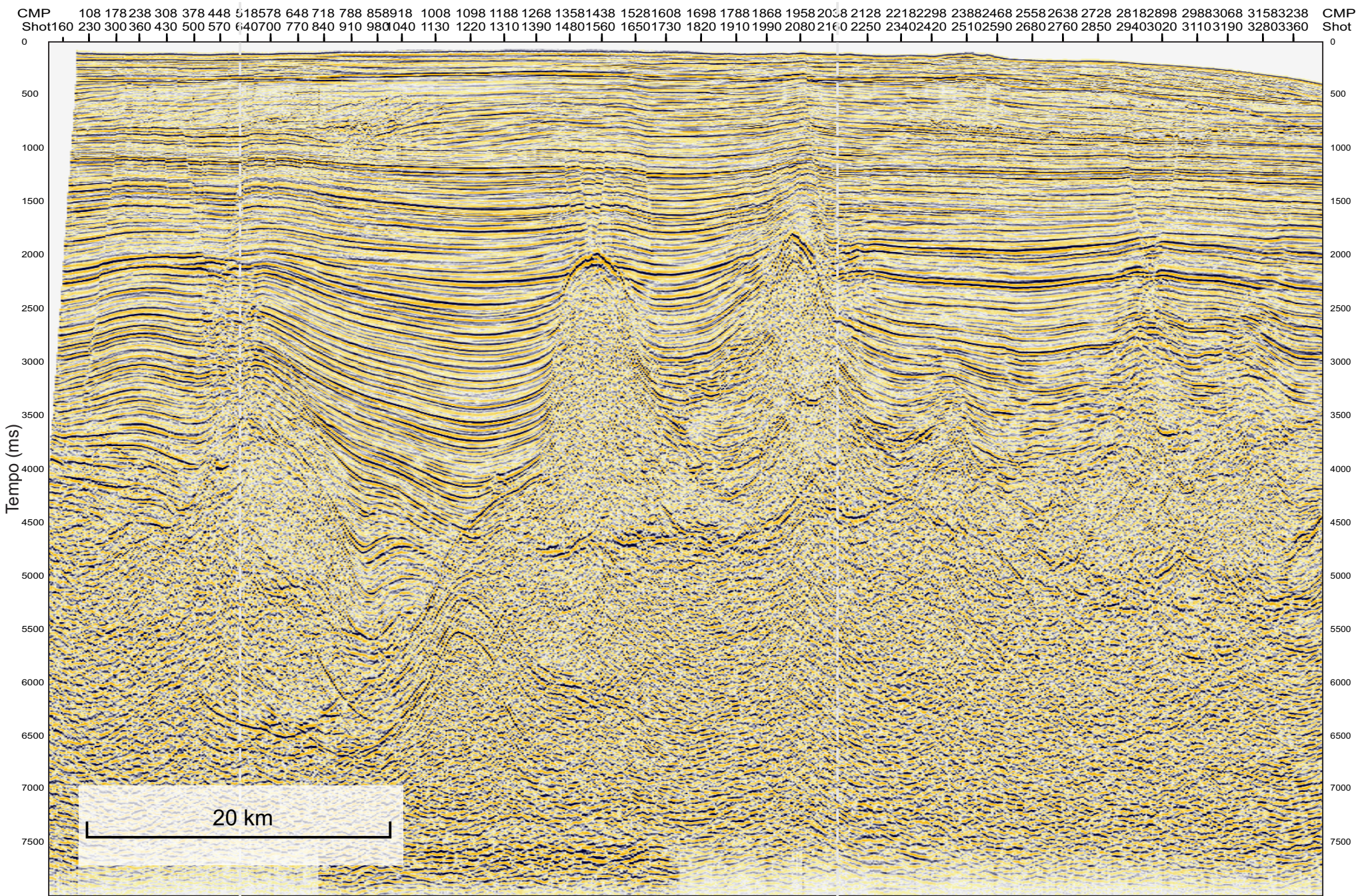


Apêndice 3 - Seção 0247-2003

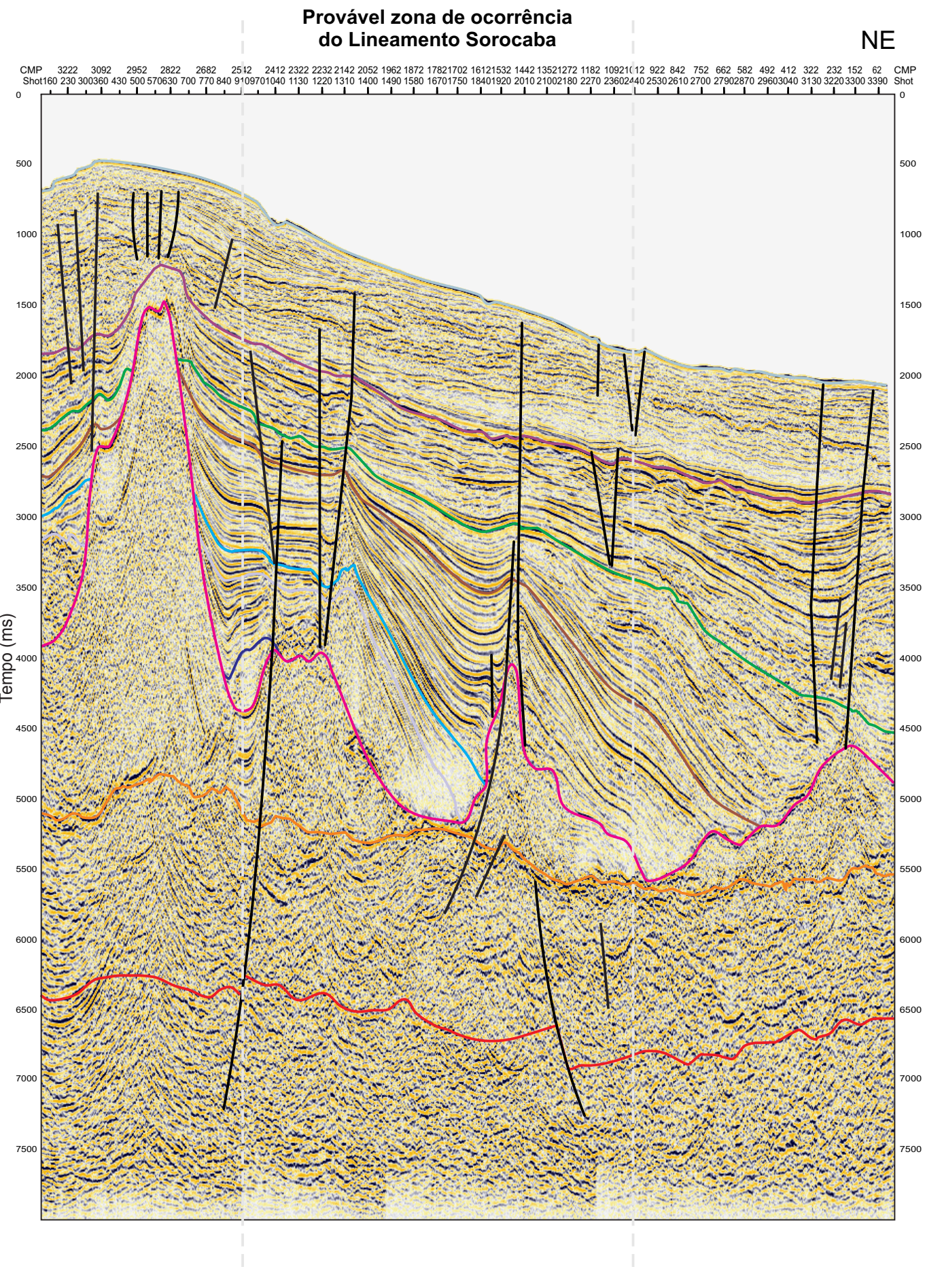
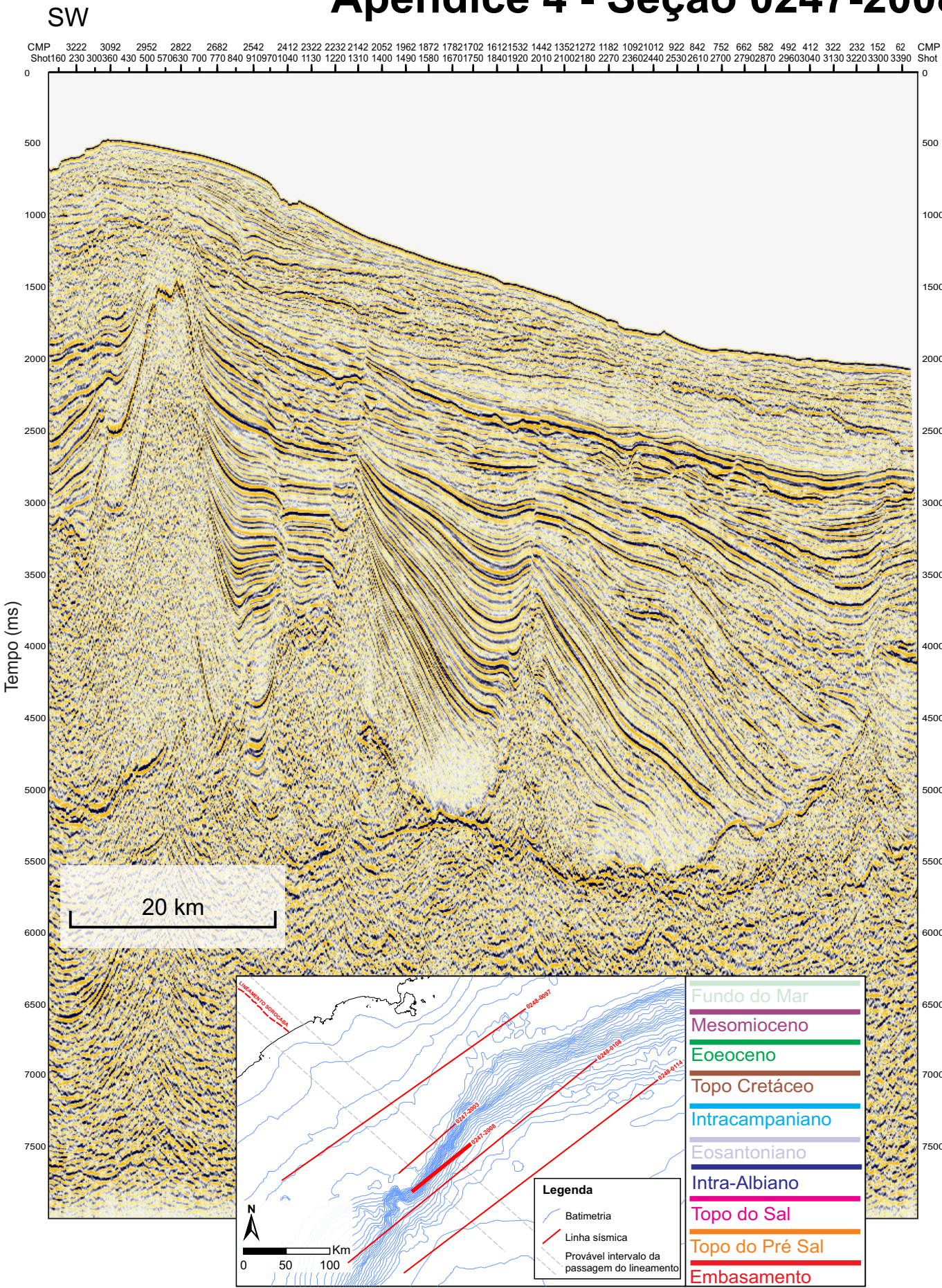
Provável zona de ocorrência
do Lineamento Sorocaba

SW

NE



Apêndice 4 - Seção 0247-2008

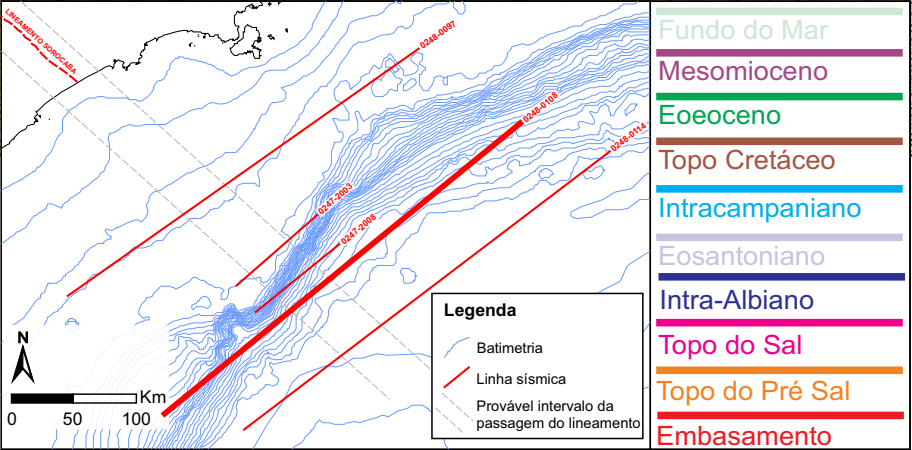
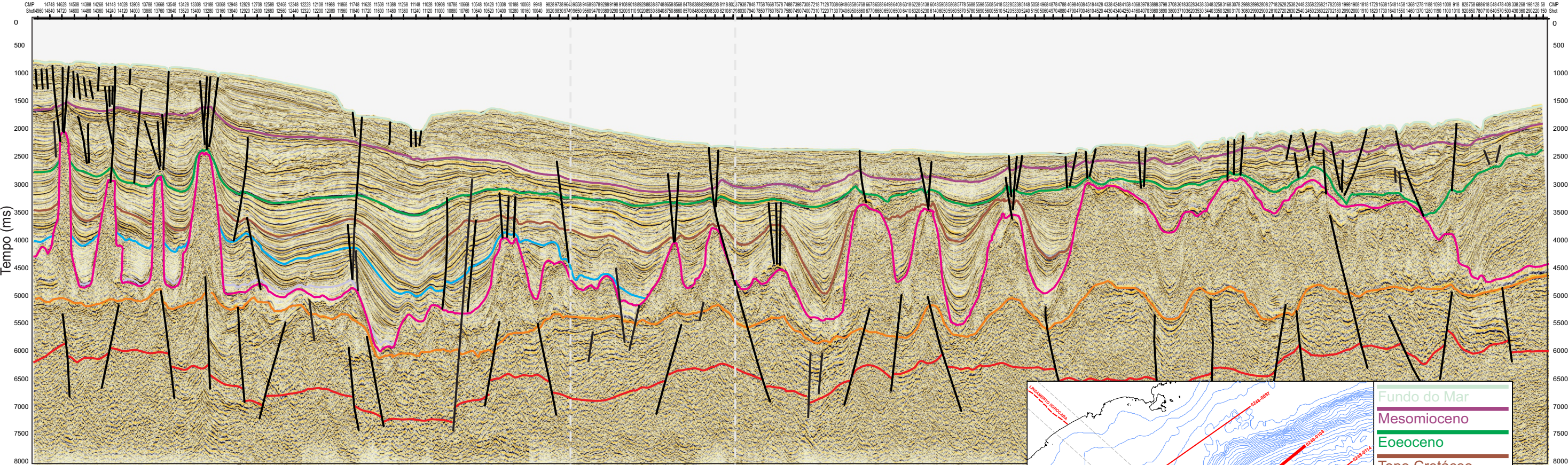
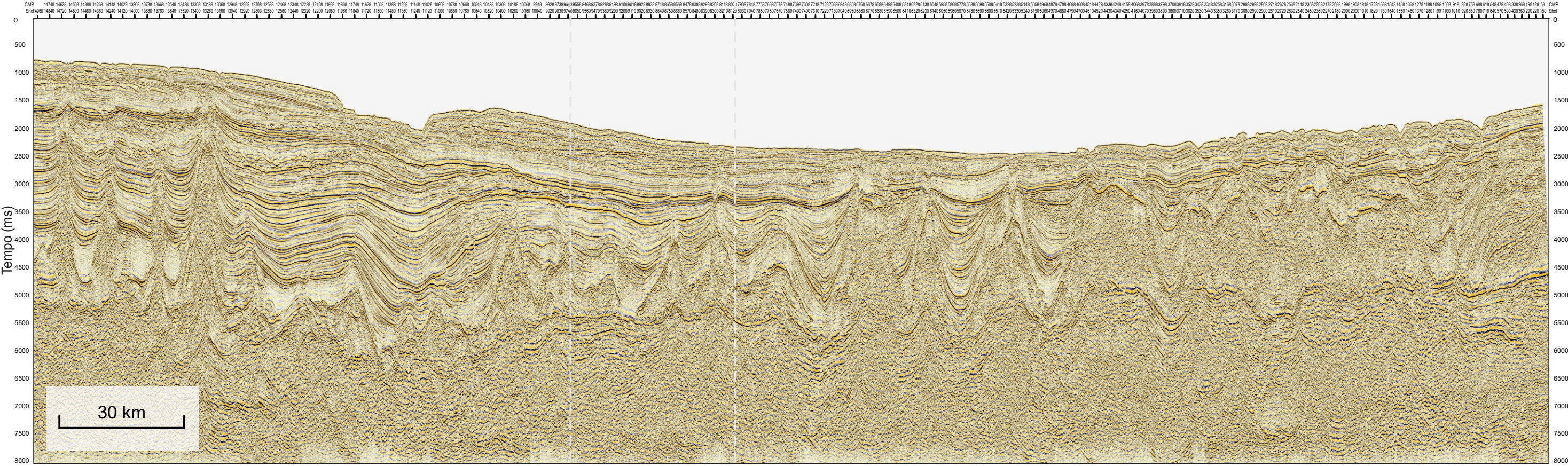


Provável zona de ocorrência
do Lineamento Sorocaba

Apêndice 5 - Seção 0248-0108

SW

NE

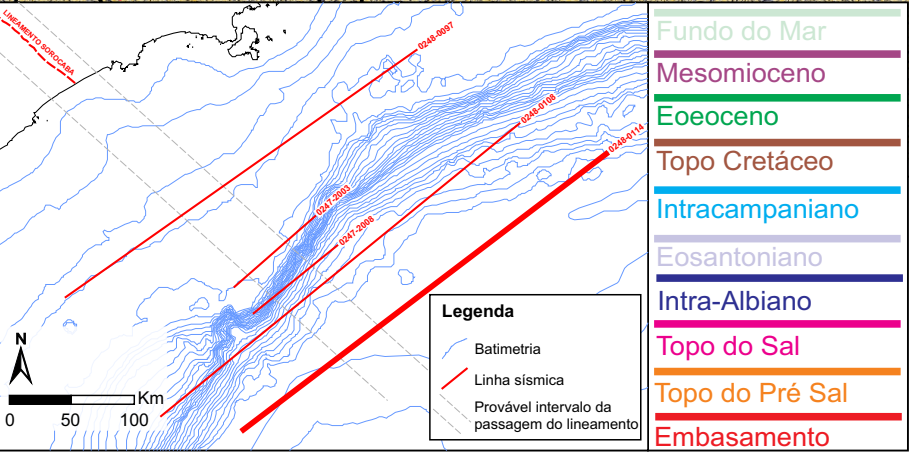
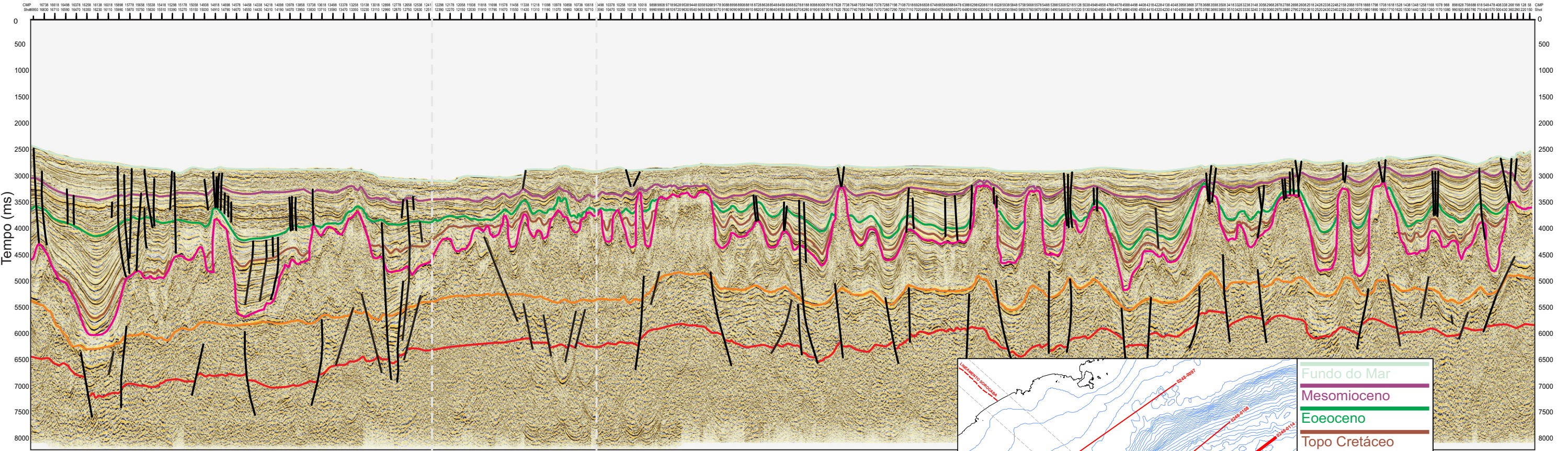
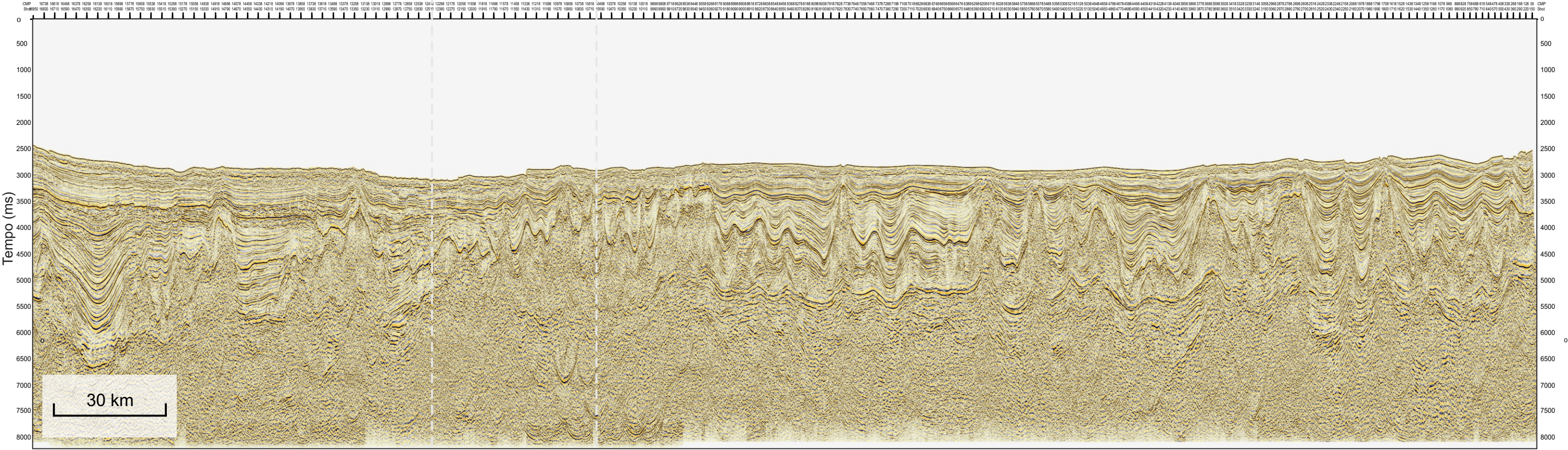


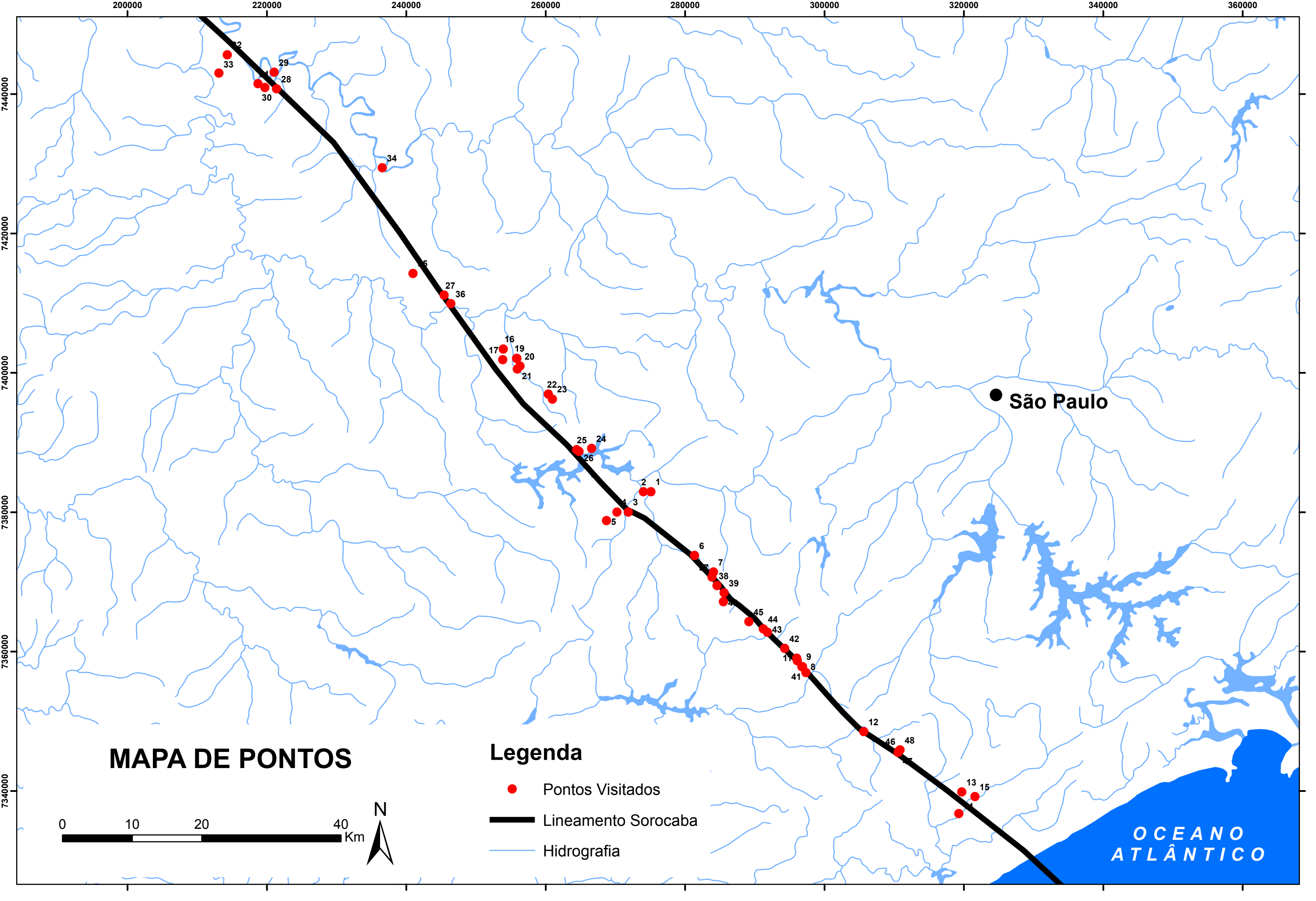
Provável zona de ocorrência
do Lineamento Sorocaba

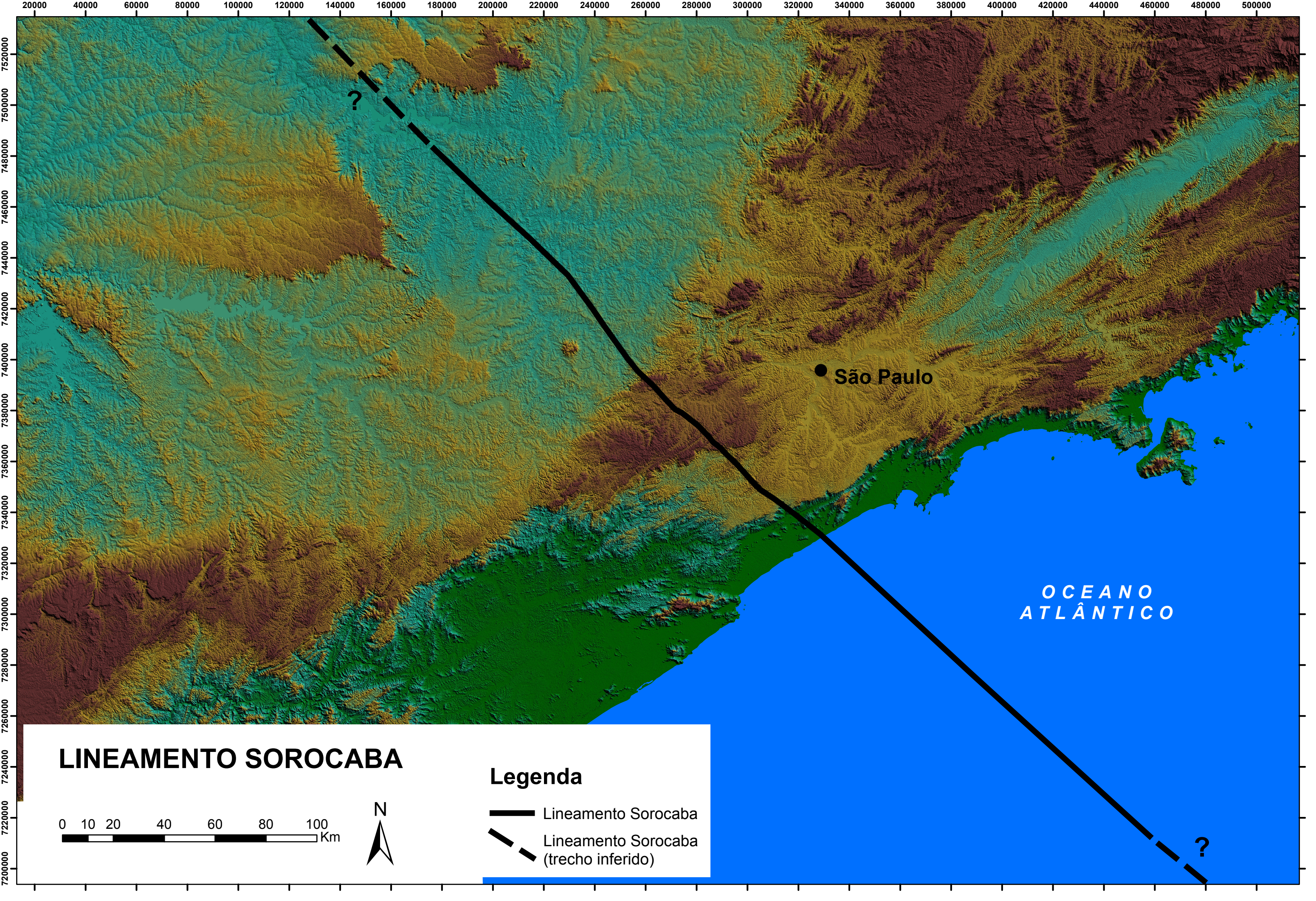
Apêndice 6 - Seção 0248-0114

SW

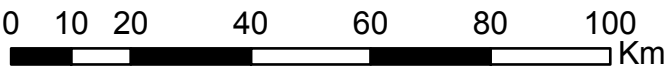
NE







LINEAMENTO SOROCABA



Legenda

-  Lineamento Sorocaba
-  Lineamento Sorocaba (trecho inferido)