



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Geologia

Anderson Carlos dos Santos Baptista


**Reavaliação da evolução deposicional da Bacia de São José de Itaboraí  
com base em dados geológicos e geofísicos**

Rio de Janeiro

2009

Anderson Carlos dos Santos Baptista

**Reavaliação da evolução deposicional da Bacia de São José de Itaboraí  
com base em dados geológicos e geofísicos**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Sérgio Bergamaschi

Rio de Janeiro

2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

B222 Baptista, Anderson Carlos dos Santos.  
Reavaliação da evolução deposicional da Bacia de São José de Itaboraí com base em dados geológicos e geofísicos / Anderson Carlos dos Santos Baptista. – 2009.  
110f. il.

Orientador: Sérgio Bergamaschi  
Co-orientador: Miguel Ângelo Mane  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia.  
Bibliografia

1. Geologia estratigráfica – Itaboraí (RJ) – Teses. 2. Geofísica - Itaboraí (RJ) - Teses. 3. São José de Itaboraí, Bacia (RJ) – Teses. I. Bergamaschi, Sérgio. II. Mane, Miguel Ângelo. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. IV. Título.

CDU 551.7 (815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

---

Assinatura

---

Data

Anderson Carlos dos Santos Baptista

**Reavaliação da evolução deposicional da Bacia de São José de Itaboraí  
com base em dados geológicos e geofísicos**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Aprovado em 21 de setembro de 2009

Co-orientador:

---

Prof. Dr. Miguel Angelo Mane  
Faculdade de Geologia da UERJ

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Sergio Bergamaschi (Orientador)  
Faculdade de Geologia da UERJ

---

Prof. Dr. Paulo de Tarso Menezes  
Faculdade de Geologia da UERJ

---

Prof. Dr. Benedicto Humberto Rodrigues Francisco  
Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional

Rio de Janeiro

2009

## DEDICATÓRIA

Ao Doutor Benedicto Humberto Rodrigues Francisco pela sua grande amizade, empenho, dedicação e valiosos ensinamentos de Geologia.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa, que muito me incentivou e me apoiou nessa e em todas as etapas de minha vida, e à minha filha, por ser o bem mais precioso que tenho.

Ao Prof<sup>o</sup> Doutor Sérgio Bergameschi (UERJ), meu orientador, por seu companheirismo e orientação.

À Prof<sup>a</sup> Doutora Maria Antonieta Conceição Rodrigues pelo seu apoio em várias etapas da elaboração desse trabalho.

À FAPERJ pela ajuda financeira através da bolsa de estudos.

Ao Observatório Nacional (ON) pela liberação do Técnico Ronaldo Martins e dos equipamentos necessários para o levantamento dos dados geofísicos.

Ao Técnico Ronaldo Martins pelo auxílio na obtenção e tratamento preliminar dos dados magnetométricos obtidos no campo.

Ao Juarez Lourenço, funcionário do Observatório Nacional (ON), pela amizade e ajuda no tratamento dos dados magnetométricos através do software Oasis Montaj (Geosoft).

Ao Eduardo de Mio, funcionário da HRT, pela ajuda e suporte no uso do software de modelagem GM-SYS™.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Paulo de Tarso Menezes (UERJ/Petrobras) pela orientação em relação aos melhoramentos dos perfis modelados.

A todos os professores do PPGABFM/FGEL – UERJ pelos conhecimentos transmitidos através de suas aulas.

Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seu semelhante.

*Albert Schweitze*

## RESUMO

A Bacia de São José de Itaboraí está localizada no Município de Itaboraí, no Estado do Rio de Janeiro. Ela foi descoberta em 1928, pelo Engenheiro Carlos Euler, que após analisar um suposto caulim encontrado na Fazenda São José pelo seu então proprietário, Sr. Ernesto Coube, verificou que se tratava de calcário. Os Professores Rui Lima e Silva e Othon H. Leonardos, enviados ao local para estudos, encontraram uma grande quantidade de fósseis de gastrópodes continentais, despertando o interesse científico pela região. Os estudos preliminares de campo e análises químicas evidenciaram boas perspectivas de exploração do calcário para a fabricação de cimento do tipo Portland. Por mais de 50 anos, a Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá (CNCMP) explorou a pedra. Desde sua descoberta, a Bacia de São José, paralelamente às atividades de mineração, foi objeto de pesquisas científicas realizadas por geólogos, paleontólogos e arqueólogos. No início da década de 80, a Cia. de Cimento Mauá decidiu abandonar a área em função do esgotamento econômico da reserva de minério. Com a retirada das bombas que impediam a inundação da pedra, formou-se uma lagoa que passou a impedir o livre acesso aos afloramentos. Desde então as pesquisas sobre a Bacia ficaram concentradas aos materiais coletados no período de exploração de calcário. Material esse distribuído no Museu Nacional (MN), Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Instituto de Geociências da UFRJ, entre outros. Em 1990, a área que pertencia a CNCMP foi desapropriada por pressão da comunidade científica. A mesma passou a pertencer ao Município de Itaboraí, que criou o “Parque Paleontológico de São José de Itaboraí”, por meio da Lei 1.346, de 12 de dezembro de 1995. O objetivo desse trabalho foi gerar novos dados através do método geofísico conhecido como magnetometria. Para isso foram realizados levantamentos de campo utilizando um magnetômetro portátil e GPS, foram analisados e corrigidos dados utilizando softwares específicos, elaborados modelos e criados perfis a partir de descrições de testemunhos de sondagem. Os resultados obtidos visam possibilitar uma nova interpretação da geologia e da estratigrafia da bacia, dando condições para que se possa ter uma atualização dos conhecimentos relacionados à região, após quase meio século de atividade mineradora.

Palavras-chave: Bacia de calcária. Bacia de São José de Itaboraí. Magnetometria



## ABSTRACT

São José de Itaboraí Basin is located in Itaboraí, Rio de Janeiro State. It was discovered in 1928 by Carlos Euler, an engineer who after analysing a supposed kaolin, found on São José farm by its owner in those days, Mr. Ernesto Coube, realized it was limestone. The Professors Rui Lima e Silva and Othon H. Leonardos, sent to the site to study it, found great quantity of fossils of continental gastropods, triggering scientific interest in the region. The earlier site studies and chemical analyses made evident the good prospects to explore limestone to make the Portland cement type. The quarry was explored for more than fifty years by Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá (CNCMP). Since its discovery São José Basin alongside with the mining activities, served as a scientific research object for geologists, palaeontologists and archaeologists. In the early 1980s, Cia. de Cimento Mauá decided to give up the area owing to the economic exhaustion of the ore reserve. With the withdrawal of the pumps which prevented the flooding of the quarry, a lagoon was formed and thus prevented the free access to the outcrops. Since then, the researches on the Basin remained focused on the material collected during the time of limestone exploration. Such material has been distributed among Museu Nacional (MN) – National Museum, Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) – National Department of Mineral Production, Instituto de Geociências da UFRJ - Institute of Geosciences of UFRJ among others. In 1990, CNCMP lost the ownership over the area under the pressure made by the scientific community. The ownership was then bestowed to the city of Itaboraí, which created the “Parque Paleontológico de São José de Itaboraí” (Paleontological Park of São José de Itaboraí), through Law number 1.346, on the 12 December, 1995. The objective of this study was to generate new data through the geophysical method known as magnetometry. To that purpose site studies were carried out using a portable magnetometre and GPS navigation data, data was analysed and corrected using specific softwares, models were designed and profiles were created from descriptions and sounding testament. The obtained results aim at a possible new interpretation of geology and of the stratigraphy of the basin, making possible an updating of the knowledge related to the region, after almost half a century of mining activity.

Keywords: Limestone basin. São José de Itaboraí Basin. Magnetometry

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNCPM	Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
MN	Museu Nacional
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
ON	Observatório Nacional
CMT	Campo Magnético da Terra
CME	Campo Magnético Externo
NM	Norte Magnético
SM	Sul Magnético
EM	Equador Magnético
IGRF	<i>International Geomagnetic Reference Field</i>
IAGA	<i>International Association of Geomagnetism and Aeronomy</i>
VSS	Observatório Magnético de Vassouras

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Resultado da Análise química do suposto caulim encontrado na Fazenda de São José em Itaboraí – RJ, onde se destaca uma grande quantidade de CaO (Óxido de Cálcio).....	19
Figura 1.2	Mapa de Localização geográfica do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí, localizado no Município de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro.....	21
Figura 1.3	Foto de satélite da Bacia Sedimentar de Itaboraí mostrando, em azul, os limites atuais do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí – Município de Itaboraí – RJ. Abaixo um mapa de localização geográfica do Parque contendo setas indicando o caminho até o local.....	22
Figura 3.1	Magnetômetro utilizado em levantamentos terrestre.....	24
Figura 3.2(a)	Curva da variação diurna no dia 08/07/2008 com destaque marcando os pontos onde foram feitas as medições dos perfis de 1 a 4.....	27
Figura 3.2(b)	Curva da variação diurna no dia 09/07/2008 com destaque marcando os pontos onde foram feitas as medições dos perfis de 5 a 11.....	27
Figura 3.2(c)	Curva da variação diurna no dia 10/07/2008 com destaque marcando os pontos onde foram feitas as medições dos perfis de 12 a 19.....	28
Figura 4.1	Representação do campo magnético da Terra em forma de um dipolo com um eixo de inclinação de $11,5^\circ$ . O mesmo funciona como um grande ímã.....	30
Figura 4.2	Esquema representando o ângulo da declinação magnética em relação aos pólos norte e sul geográficos.....	32
Figura 4.3	Movimento do fluido condutor do núcleo externo e a geração do campo magnético dipolar da Terra.....	33
Figura 4.4	Esquema representando a magnetosfera e a influencia dos ventos solares sobre as linhas de força do campo magnético.	34
Figura 4.5	Mapa de declinação magnética indicando a posição dos pólos magnéticos.....	35
Figura 4.6	Mapa de declinação magnética para o ano de 2009.....	36
Figura 4.7	Mapa de IGRF – Intensidade do campo total para o ano de 2009.....	38
Figura 4.8	Representação esquemática de um levantamento terrestre.....	41

Figura 5.1	Mapa de Isopaca da seqüência S1, correspondendo as facies de calcário travertino e cinzento. Notar as espessuras próximas a linha da falha de São José.....	43
Figura 5.2	Mapa geológico da região de Itaboraí representando os diferentes tipos de sedimentos e rochas na área da Bacia e nas regiões adjacentes.....	45
Figura 5.3	Mapa geológico da Bacia de Itaboraí indicando as posições dos diferentes sedimentos encontrados na região. O mapa também indica a Falha de São José que tem um direcionamento SW-NE, uma falha transversal no sentido NW-SE e o basculamento dos blocos que deram origem a Bacia Sedimentar de Itaboraí.....	46
Figura 6.1	Perfil N/S da Bacia de São José de Itaboraí, na parte tectonicamente ativa onde se destaca o posicionamento dos sedimentos encontrados na área.....	48
Figura 6.2	Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito.....	49
Figura 6.3	Tabela de classificação das bacias sedimentares brasileiras indicando as correlações das idades geológicas com os estilos tectônicos de cada. Em relação à Bacia de Itaboraí, destaca-se a idade Cenozóica e um estilo tectônico Distensional-Rift.....	50
Figura 6.4	Bloco-diagrama da Bacia de Itaboraí com os principais elementos estruturais tais como a Falha de São José e o basculamento dos blocos formadores da Bacia onde o bloco soerguido foi rapidamente erodido e serviu de área fonte de sedimentos para o preenchimento da Bacia.....	62
Figura 6.5(a)	Mapa com a posição geográfica das principais serras da região sudeste do Brasil.....	55
Figura 6.5 (b)	Mapa de distribuição das principais feições geológicas da região sudeste do Brasil. Convenções: 1 – Rede de drenagem no embasamento, 2 – Bacia do Paraná, 3 – Bacias Tafrogênicas continentais: (CT) Curitiba, (SB) Sete Barras, (CN) Cananéia, (SP) São Paulo, (TT) Taubaté, (RZ) Rezende, (VR) Volta Redonda, (GB) Guanabara, <b>(IB) Itaboraí</b> , (SJ) Barra de São João, 4 – Cobertura cenozóica, 5 – Alinhamentos estruturais e falhas, 6 – Linhas de contorno estrutural do embasamento, 7 – Diques, 8 – Corpos alcalinos, 9 – Limites topográficos de riftes, 10 – Falhas na área submersa.....	56

Figura 6.6	Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) – 1-Embasamento pré-cambriano, 2-Rochas sedimentares paleozóicas da bacia do Paraná, 3-Rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral, 4-Rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozóico-cenozóico, 5-Bacias cenozóicas do <i>rift</i> ( <b>1 – Bacia de Itaboraí</b> , 2 – Graben de Barra de São João, 3 – Bacia de Macacu, 4 – Bacia de Volta Redonda, 5 – Bacia de Resende, 6 – Bacia de Taubaté, 7 – Bacia de São Paulo, 8 – Graben de Sete Barras, 9 – Formação Piraquëra-Açu, 10 – Formação Alexandra e Graben de Guaraquecaba, 11 – Bacia de Curitiba, 12 – Graben de Cananéia); 6-Zonas de cisalhamento pré-cambrianas.....	57
Figura 6.7	Contexto regional do <i>Rift</i> Continental do Sudeste do Brasil e a localização da bacia de Itaboraí.....	58
Figura 6.8	Mapa de distribuição dos quatro riftes do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB): (A) Paraíba do Sul, ( <b>B) Litorâneo</b> , (C) Ribeira, e (D) Marinho. A bacia de Itaboraí está inserida dentro do <i>Rift</i> Litorâneo.....	61
Figura 7.1	Representação esquemática da separação da América do Sul e África ao longo do tempo geológico. Nota-se também a criação de uma nova crosta, a oceânica.....	64
Figura 8.1	Rocha alcalina rica em sódio e potássio (ankaramito) encontrada na região da Bacia. A mesma foi descoberta no bordo norte e seu derrame foi datado de aproximadamente 52 milhões de anos (método K-Ar).....	68
Figura 8.2	Calcário travertino (fitado) encontrado em abundancia na Bacia de Itaboraí e que foi largamente explorado para fabricação de cimento entre as décadas de 30 e de 80.....	69
Figura 8.3	Calcário contendo cavidades denominadas “vugs” formadas por dissolução do calcário.....	69
Figura 8.4	Calcário pisolítico encontrado em algumas camadas deposicionais na Bacia de Itaboraí.....	70
Figura 8.5	Calcário argiloso (cinzento) contendo fósseis de gastrópodes.....	71
Figura 9.1	Fotos da Bacia de Itaboraí na década de 50 durante a exploração do calcário com destaque para “ilha”.....	75
Figura 9.2	Foto do transporte do calcário da Bacia de Itaboraí até a fábrica de cimento em Guaxindiba feito através de ferrovia. O transporte do calcário via linha férrea durou até o início da década de 80.....	76

Figura 9.3	A atividade de mineração do calcário da Bacia de Itaboraí para fabricação de cimento favoreceu a construção do Estádio Maracanã (E) e da Ponte Rio – Niterói (D), ambos no estado do Rio de Janeiro.....	76
Figura 9.4	(E) Foto da Bacia de Itaboraí durante a atividade de exploração do calcário e da lagoa artificial(D) formada após o término da mineração.....	77
Figura 10.1	Diagrama comparando o número de famílias de microfósseis animais e vegetais encontrados ao longo dos anos de exploração e pesquisa na região da Bacia de São José de Itaboraí.....	78
Figura 10.2	Diagrama comparando a porcentagem de espécies fósseis encontradas na Bacia de Itaboraí até a data de publicação do trabalho.....	78
Figura 10.3	Canal de dissolução (Seqüência S2) onde foram encontradas as faunas de vertebrados entre outros.....	79
Figura 11.1a	Mapa de anomalia magnética IGRF Residual da bacia de Itaboraí destacando as linhas de caminhamento onde foram realizadas as medições. A parte branca dentro do mapa significa ausência de dados.....	85
Figura 11.1b	Mapa de anomalia magnética da bacia de Itaboraí com continuação para cima de 50 metros associado ao mapa estrutural. Nesse mapa destacam-se as linhas de caminhamento onde foram feitas as medições e as linhas (em azul) de onde foram retirados os dados para modelagem. A parte branca dentro do mapa significa ausência de dados.....	86
Figura 11.2	Perfil 01, referente a direção NO-SE da bacia de São José de Itaboraí, onde pode-se observar a espessura dos sedimentos e o contato dos mesmos com o embasamento da bacia. É evidente o ponto de maior espessura sedimentar no centro do perfil atingindo cerca de 110 metros de profundidade.....	88
Figura 11.3	Perfil 02, referente a direção NO-SE da bacia de São José de Itaboraí, onde pode-se observar a espessura dos sedimentos e o contato dos mesmos com o embasamento da bacia. É evidente o ponto de maior espessura sedimentar no centro do perfil atingindo cerca de 120 metros de profundidade.....	90

Figura 11.4	Perfil 03, referente a direção NO-SE da bacia de São José de Itaboraí, onde pode-se observar a espessura dos sedimentos e o contato dos mesmos com o embasamento da bacia. É evidente o ponto de maior espessura sedimentar no centro do perfil atingindo cerca de 130 m de profundidade.....	92
Figura 11.5	Mapa geológico da Bacia de São José de Itaboraí e a alocação dos poços descritos e verticalizados. Os poços foram identificados como SJ-3M, SJ-2T e SJ-2U.....	93
Figura 11.6	Mapa de Isopaca da Bacia de São José de Itaboraí referente a Seqüência Inferior (S1) que é composta pela intercalação dos calcários travertinos e cinzentos. Destaca-se a alocação dos poços estudados SJ-3M, SJ-2T e SJ-2U.....	94
Figura 11.7a	Perfil vertical do poço SJ-2T com 125 metros de profundidade elaborado a partir da descrição dos testemunhos de sondagem. A sondagem desse poço foi realizada como controle pela Cia de Cimento Mauá.....	96
Figura 11.7b	Perfil vertical do poço SJ-2U com 51 metros de profundidade, elaborado a partir da descrição dos testemunhos de sondagem. A sondagem desse poço foi realizada como controle pela Cia de Cimento Mauá.....	97
Figura 11.7c	Perfil vertical do poço SJ-2U com 27 metros de profundidade, elaborado a partir da descrição dos testemunhos de sondagem. A sondagem desse poço foi realizada como controle pela Cia de Cimento Mauá.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Susceptibilidade magnética das rochas.....	39
Tabela 4.2	Susceptibilidade magnética dos minerais.....	40
Tabela 5.1	Tabela representativa indicando as posições e as características de cada seqüência estratigráfica da Bacia de Itaboraí.....	44
Tabela 7.1	Tabela Lito-estratigráfica representando os principais eventos deposicionais envolvendo a Bacia.....	63
Tabela 8.1	Tabela comparativa com o resultado das análises químicas dos sedimentos encontrados na região da Bacia Sedimentar de Itaboraí enfatizando a porcentagem de CaO, MgO, a razão entre ambos e a classificação dos sedimentos.....	74
Tabela. 10.1	Tabela geológica com alguns eventos biológicos na Terra onde pode se destacar a época Paleocênica (65 milhões de anos) representando a importância de algumas famílias de animesis na Bacia de Itaboraí.....	80
Tabela 10.2	Tabela cronológica representando a importância da Bacia de Itaboraí através da implantação do andar Itaboraiense...	83
Tabela 11.1	Tabela de descrição das fácies encontradas na bacia de Itaboraí. Destacam-se os códigos de fácies utilizados nos perfis de sondagem.....	99



## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1	<b>Localização e Aspectos Gerais</b> .....	20
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	23
3.1	<b>Operação</b> .....	24
3.2	<b>Características dos Perfis</b> .....	25
3.3	<b>Características do Equipamento Utilizado</b> .....	25
3.4	<b>Processamento dos Dados</b> .....	25
3.4.1	<u>Exemplo para Tucuns-RJ</u> .....	28
4	<b>INTRODUÇÃO AO MÉTODO GEOFÍSICO</b> .....	29
4.1	<b>Magnetometria</b> .....	30
4.1.1	<u>Fundamentos Teóricos</u> .....	30
4.1.2	<u>O Campo Magnético da Terra</u> .....	32
4.1.3	<u>Variação no Campo Magnético da Terra</u> .....	35
4.1.4	<u>Variações Temporais no Campo Magnético da Terra</u> .....	36
4.1.5	<u>Correção do IGRF</u> .....	37
4.1.6	<u>Susceptibilidade Magnética das Rochas</u> .....	39
4.2	<b>Levantamento Terrestre</b> .....	41
5	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO</b> .....	42
6	<b>TECTÔNICA</b> .....	47
6.1	<b>Síntese da Primeira Fase</b> .....	47
6.2	<b>Síntese da Segunda Fase</b> .....	55
6.2.1	<u>Síntese do Rift Litorâneo</u> .....	61
7	<b>ESTRATIGRAFIA</b> .....	62
8	<b>LITOLOGIA</b> .....	67
9	<b>MINERAÇÃO E PESQUISA</b> .....	75
10	<b>PALEONTOLOGIA</b> .....	77
10.1	<b>O Parque Paleontológico</b> .....	81
11	<b>INTERPRETAÇÃO DOS DADOS MAGNÉTICOS TERRESTRES</b> .....	84
11.1	<b>Perfil 01</b> .....	87
11.2	<b>Perfil 02</b> .....	89



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Geologia

Anderson Carlos dos Santos Baptista

**Reavaliação da evolução deposicional da Bacia de São José de Itaboraí  
com base em dados geológicos e geofísicos**

Rio de Janeiro

2009

11.3	<b>Perfil 03.....</b>	91
11.4	<b>Perfis Vs Geologia.....</b>	93
12	<b>PROVÁVEL RECONSTITUIÇÃO DA GEOLOGIA HISTÓRICA.....</b>	100
13	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	103
14	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	104
	<b>ANEXO A – Decreto Lei nº 1.346 de 12/12/1995 (Criação do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí).....</b>	109

## 1 – INTRODUÇÃO

A Bacia Sedimentar de São José de Itaboraí, ou simplesmente Bacia de Itaboraí, está localizada no município de Itaboraí, no Estado do Rio de Janeiro. A mesma apresenta uma forma elíptica, com seu eixo maior medindo aproximadamente 1400 metros na direção NE e seu eixo menor com cerca de 500 metros na direção NO. Com essas medidas, a bacia de Itaboraí é considerada uma das menores bacias sedimentares conhecidas. Ao mesmo tempo, ela aparece como uma das mais importantes em razão da sua diversidade litológica e de seu rico conteúdo fossilífero.

A Bacia Calcária de São José de Itaboraí, como também é conhecida, foi descoberta em 1928 pelo engenheiro Carlos Euler que, após analisar uma amostra de um suposto caulim encontrado na Fazenda São José pelo seu então proprietário, Sr. Ernesto Coube, concluiu que se tratava de calcário com uma alta concentração de óxido de cálcio (CaO) (Figura 1.1). Os Professores Rui Lima e Silva e Othon H. Leonardos, da antiga Escola Politécnica, foram enviados ao local para estudos, os mesmos encontraram uma grande quantidade de fósseis de gastrópodes continentais despertando, com isso, o interesse científico pela região. Os estudos preliminares e as análises químicas evidenciaram boas perspectivas de exploração do calcário para a fabricação de cimento do tipo Portland e foi a Companhia Nacional de Cimento Portland Maua (CNCMP) que se interessou pela lavra do calcário de São José, inaugurando sua fábrica em Guaxindiba, no Estado do Rio de Janeiro.

Por mais de 50 anos, a CNCMP explorou a jazida e, desde sua descoberta, a Bacia de São José, paralelamente às atividades de mineração, foi objeto de pesquisas científicas realizadas por geólogos, paleontólogos e arqueólogos. De certa forma, as pesquisas foram favorecidas pela constante produção de novas frentes de afloramento na medida em que a pedreira era explorada.

Durante os primeiros anos de franca atividade de mineração, o Geólogo Viktor Leinz se fez presente sendo o pioneiro nos estudos geológicos da região. Ele foi o primeiro a fazer uma abordagem global da bacia, descrevendo sua geologia estrutural em 1938. Mais tarde vários pesquisadores como Carlos de Paula Couto, F. W. Sommer, Cândido Simões Ferreira, Fausto Luiz de Souza Cunha, Benedicto Humberto Rodrigues Francisco e outros, fizeram inúmeras visitas à bacia, coletando enorme quantidade de material.

N. 1.800.

**Procedencia: Fazenda S. José — Munic. Itaborahy — E. do Rio**

**Collector: Ernesto Coube**

P. f. . . . .	40.66
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.50
CaO . . . . .	53.68
MgO . . . . .	2.96
	<hr/>
	99.06

25 de Fevereiro de 1928.

MARYSIA FONTOURA.

Figura 1.1: Resultado da Análise química do suposto Caulim encontrado na Fazenda de São José em Itaboraí – RJ, onde se destaca uma grande quantidade de CaO (Óxido de Cálcio).  
Fonte: RODRIGUES-FRANCISCO, 2007

Em 1984 as atividades extrativas no local foram paralizadas e foi também interrompida a drenagem da água que passou a se acumular na cava produzida com o aprofundamento das escavações. Esse acúmulo de água oriundo do lençol freático e da precipitação local formou uma lagoa artificial dificultando, com isso, a continuidade das pesquisas no região. Desde então, as pesquisas, assim como os trabalhos científicos sobre a bacia, se referiram à base de dados adquirida no período de exploração do calcário. Essa base de dados consiste em coleções de materiais distribuídos no Museu Nacional do Rio de Janeiro (MN), no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Instituto de Geociências da UFRJ, entre outros.

A Bacia de São José de Itaboraí é a mais rica localidade fossilífera conhecida no Estado do Rio de Janeiro na sua parte continental, tendo sido, durante muitos anos, utilizada para pesquisas, excursões e trabalhos práticos por professores e estudantes de diversas instituições de ensino do Estado.

A área em questão é, portanto, importante tanto do ponto de vista científico quanto do histórico do desenvolvimento econômico do Rio de Janeiro que, após duas

décadas de luta travada pelos pesquisadores do Museu Nacional, entre outros, conseguiu-se que fosse criado, através da Lei nº. 1.346 de 12/12/95 (Anexo A), o Parque Municipal Paleontológico de São José de Itaboraí como forma de proteção e preservação permanente do local.

Os sedimentos depositados na bacia estão distribuídos em três seqüências estratigráficas: a Seqüência Inferior (S1) depositada sobre o embasamento cristalino, a mesma compreende três fácies: Fácies A – formada pelo calcário travertino; Fácies B – formada de calcário cinzento; e Fácies C – formada por calcário oolítico-pisolítico. Dentre os restos fósseis são encontrados plantas, gastrópodes, réptes e alguns mamíferos. Após essa Seqüência, tem-se a deposição da Seqüência Média (S2) caracterizada pelas margas e brechas de colapso que preenchem as fissuras (canais de dissolução) no calcário cinzento e está agrupada em uma única Fácies D. Nesta são encontrados a maioria dos vertebrados, entre mamíferos, répteis e aves, além de plantas e invertebrados. Capeando as seqüência S1 e S3, encontra-se a Seqüência Superior (S3). Está composta por sedimentos pleistocênicos terrígenos e conglomerados e apresenta apenas uma única Fácies E. Nesta fácies são encontrados fósseis de plantas, mamíferos e répteis.

O embasamento cristalino da Bacia é constituído de rochas ígneas e metamórficas, como gnaisses, migmatitos, granitos, pegmatitos e mármore do complexo Pré-Cambriano. As principais rochas desse embasamento são biotita-gnaisses, com intercalações de mármore lenticular, além de migmatitos, granitos e pegmatitos.

## 1.2 – Localização e Aspectos Gerais

A Bacia Calcária de São José de Itaboraí está situada a aproximadamente 700m a leste do povoado de São José, distrito de Cabuçu, município de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. A mesma dista de Niterói cerca de 25 km em direção ENE e suas coordenadas são 22°50'26.46" S e 42°52'43.89" W. (Figura 1.2 e 1.3).

O melhor acesso, desde o município do Rio de Janeiro até São José, é feito utilizando-se a Ponte Rio-Niterói, depois pela BR-101 até o trecho que liga Manilha a Duques. Nesta rodovia, a mais ou menos 4 km depois do trevo, existe uma placa indicando a localização do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí e a entrada para a estrada municipal Ademar Ferreita Torres (antiga estrada de Cabuçu). Desde a entrada na estrada até a localidade de Cabuçu, percorrem-se

cerca de 7,7 km. De Cabuçu até a localidade de São José trafega-se, por uma estrada de terra, aproximadamente 3 km, e mais 1 km até a entrada do Parque. Desde o pedágio da Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói), percorrem-se cerca de 46 km até o local (BERGQVIST *et. al.*, 2007).

O clima na área da bacia é quente e úmido, com verão chuvoso. As temperaturas médias máximas são em torno de 36°C e as mínimas medem em torno de 20°C; a precipitação é de, aproximadamente, 1.200 mm anuais.

A vegetação na área da mesma apresenta-se em forma de capoeiras e, a leste, ainda existem áreas de florestas e/ou bosques.

Quanto ao relevo, o mesmo é relativamente alto na parte sul onde a Serra Cassorotiba atinge cerca de 500 m de altitude. Nas áreas adjacentes, o relevo tem altitudes com cerca de 100 m. Os cursos d'água são representados pelos pequenos córregos formadores do rio da Aldeia, afluente do rio Macacu, que deságua na Baía de Guanabara.

Em uma escala mais ampla, a Bacia Calcária de São José de Itaboraí está situada entre o Maciço de Niterói, ao sul, e a Serra dos Órgãos, ao norte, e ocupa uma pequena parte do Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito. A Bacia é uma depressão elíptica fechada, encravada em rochas do embasamento cristalino (BRITO, 1989).

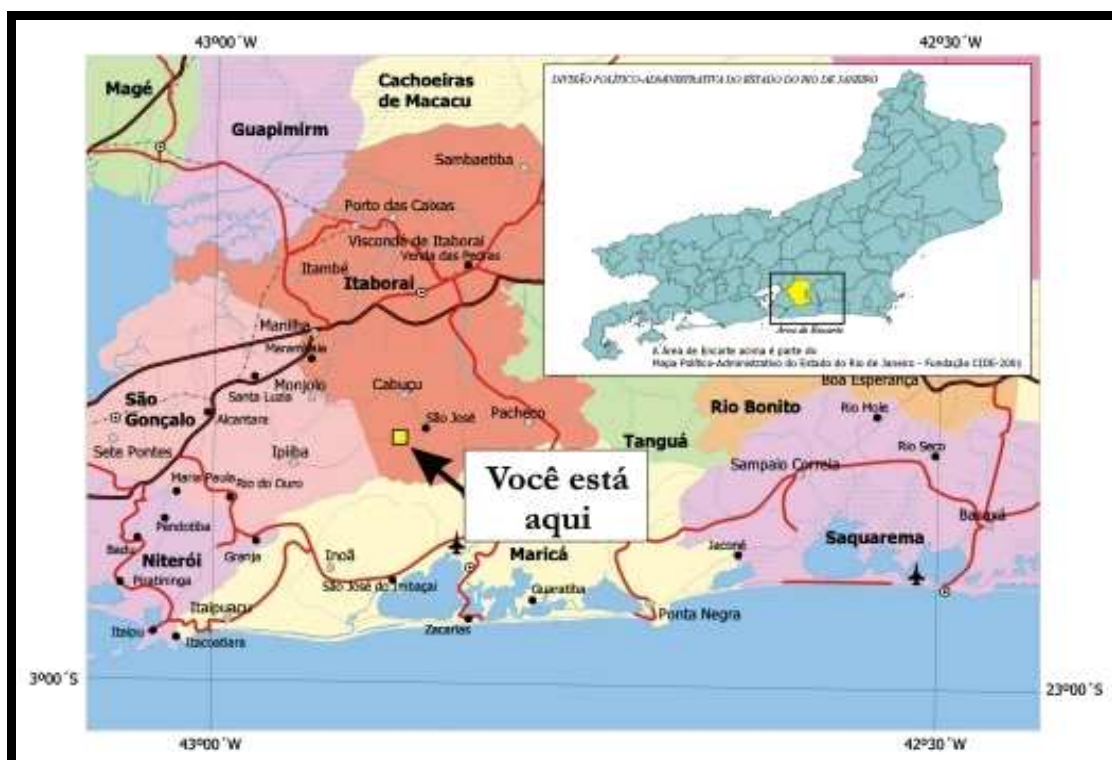


Figura 1.2: Mapa de Localização geográfica do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí, localizado no Município de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. Modificado de DRM, 2007.

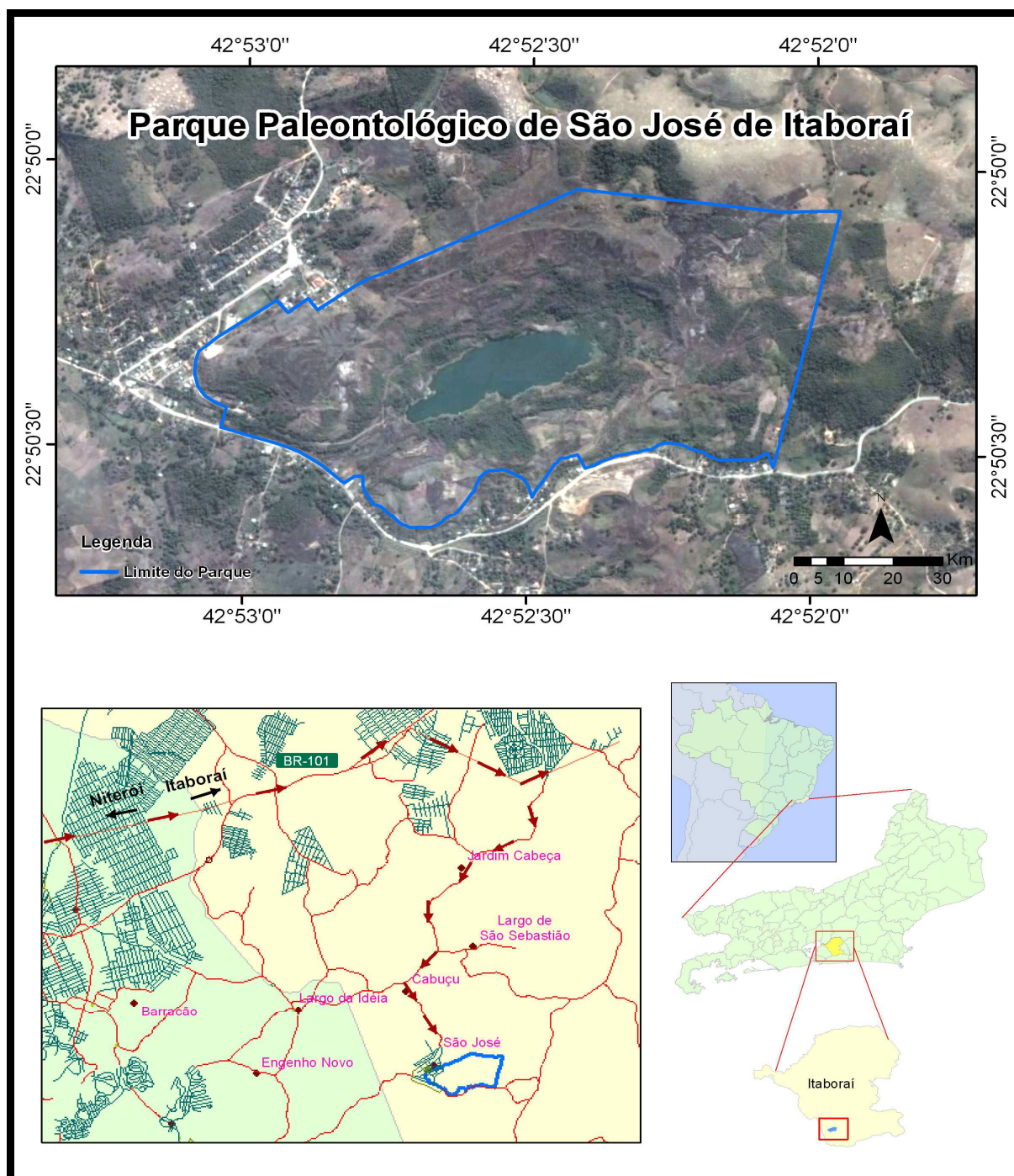


Figura 1.3: Foto de satélite da Bacia Sedimentar de Itaboraí mostrando, em azul, os limites atuais do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí – Município de Itaboraí – RJ. Abaixo um mapa de localização geográfica do Parque contendo setas indicando o caminho até o local. Fonte: BERGQVIST *et al*, 2007.



## **2 – OBJETIVOS**

Esse trabalho pretende obter, em linhas gerais, novos dados sobre a geologia e a estratigrafia da Bacia de Itaboraí baseados em uma análise das descrições de três testemunhos de poços realizados na época da mineração, além de utilizar também o método geofísico magnetométrico para gerar dados de subsuperfície que auxiliem na geração de modelos digitais bidimensionais que possa dar uma idéia da real e atual posição entre o embasamento e o material depositado sobre o mesmo. O trabalho proposto pretende obter dados que possam proporcionar a retomada das pesquisas geológicas, paleontológicas e arqueológicas na bacia.

## **3 – METODOLOGIA**

Para o modelo atual foi utilizado o método geofísico conhecido como magnetometria, onde se pretende obter uma definição das características em subsuperfície da bacia e seu entorno, em particular na área onde se situa a lagoa. As estruturas de interesse serão os pacotes sedimentares e como consequência o topo do embasamento. As falhas e estruturas envolvendo os calcários serão também objetos da aplicação do referido método geofísico.

A participação do Observatório Nacional (ON) no levantamento terrestre dos dados se deu com o uso de um magnetômetro de precessão protônica, marca GemSystems, modelo GSM-19T (Figura 3.1), computador portátil Toshiba, GPS Garmin e programas para processamento dos dados e mapeamento geográfico da região, colaborou na identificação das anomalias magnéticas mostradas neste relatório. O Observatório Magnético de Vassouras (VSS) participou do trabalho fornecendo os dados de variação diurna para correção dos dados coletado no campo. Esta correção para VSS é necessária, pois não temos equipamento para ser instalado como base durante as medições de intensidade total.

Os dados de VSS podem ser usados satisfatoriamente para a correção da variação diurna, pois segundo estudos do Professor Lélío Gama, ex-Diretor e ex-pesquisador do Observatório Nacional, um Observatório Magnético pode corrigir os valores da variação diurna em um raio aproximado de 500 km e a região em estudos está afastada de aproximadamente 183 km do magnetômetro do Observatório Magnético de Vassouras-RJ, funcionando ininterruptamente desde 1917.

Para o cálculo da resposta magnética e geração dos modelos geológicos, foi utilizado o pacote GM-SYS™, que representa a suíte de modelagem do Oasis

Montaj®, produzido pela NGA (*Northwest Geophysical Associates*) para a plataforma Geosoft. Esse programa possibilita a criação e a manipulação interativa de modelos geológicos bidimensionais, permitindo o ajuste das curvas calculada e observada e o teste de diversas soluções alternativas.

Já para a criação dos perfis desenvolvidos a partir da descrição dos três testemunhos de sondagem oriundos da CNCPM, foi utilizado o programa Corel Draw que proporcionou a verticalização gráfica das informações apresentadas em forma de texto.



Figura 3.1: Magnetômetro utilizado em levantamentos terrestre. Fonte: GONÇALVES, 2004

### 3.1 – Operação

O levantamento magnetométrico terrestre consistiu na medida da Componente Total do Campo Magnético Terrestre (nT) ao longo de linhas definidas no projeto através de 02 magnetômetros, sendo 01 alocado como móvel (itinerante) e outro alocado como base, Instalado no Observatório Magnético de Vassouras (VSS), permitindo, com isso, realizar a correção da variação diurna do campo magnético terrestre.

Os dados obtidos pela estação base (VSS) foram recebidos diariamente visando determinar a presença de tempestades magnéticas e/ou ruídos de outra natureza.

O levantamento dos dados magnetométricos terrestre foi realizado entre os dias 08, 09 e 10 de julho de 2008.

### **3.2 – Características dos Perfis**

O espaçamento entre as linhas de medição foi de aproximadamente 10 metros e o intervalo de medida na base foi a cada minuto.

A altura do sensor móvel foi aproximadamente de 1,80 metros e o equipamento utilizado foi 01 magnetômetro de marca GEMSystem, modelo GSM-19.

### **3.3 – Características do Equipamento Utilizado**

O equipamento utilizado para o levantamento magnetométrico foi um magnetômetro de precessão de próton listado abaixo:

Especificações Técnicas do GSM-19T

- Fabricante: GemSystem
- Modelo: GSM 19T
- Escala de operação do campo total: 20,000 to 120,000 nT.
- Gravação da data cheia: data, hora, minutos e segundos
- Sensibilidade: 0.01 nT
- Precisão absoluta do campo total:  $\pm 0.2$  nT
- Dados de saída no formato digital: Interface RS232
- Taxas dos ciclos de leituras: 60, 5, 4, 3, 2, 1, 0.5 segundos.
- Tolerância de gradiente: 7000 nT/m

### **3.4 – Processamento dos Dados**

As variações do campo magnético terrestre, uma vez removido o campo principal (IGRF) e a variação diurna, estão relacionadas com o conteúdo do material magnético presente (essencialmente magnetita) que estão associados com mudanças na litologia da subsuperfície da crosta. Estruturas como falhas e fraturas podem apresentar uma assinatura magnética detectável, pois a presença de movimento de fluidos podem provocar alteração de materiais magnéticos, resultando em variação do conteúdo magnético e, em conseqüência, gerando anomalias magnéticas.

A precessão protônica dos magnetômetros de prótons acontece quando o campo natural é saturado por um campo fixo artificial de alta intensidade durante um determinado tempo, fazendo com que os Spins dos átomos de hidrogênio contidos

no fluido (hidrocarboneto) do interior do sensor do próton se orientam de acordo com esse campo.

Ao ser removido esse campo, os átomos de hidrogênio vibram em uma frequência proporcional ao campo geomagnético próximo ao sensor. O valor da frequência medida é convertido para um valor do campo geomagnético local.

O controle de qualidade dos dados magnetométricos foi realizado através de programas de processamento do próprio Observatório Nacional, combinado com o *Surfer da Golden Software*.

Os dados coletados foram reduzidos da variação diurna (Figura 3.2) usando o Observatório Magnético de Vassouras. Este Observatório está funcionando continuamente desde 1917, onde são registrados os valores de minuto a minuto do componente horizontal (H), componente vertical (Z) e intensidade total (F), também são realizadas medições absolutas da declinação magnética (D) e inclinação magnética (I). Desde 1993 VSS faz parte do grupo INTERMAGNET. Dados ao minuto dos Observatórios da Rede Intermagnet estão disponíveis na internet.

O método usado para correção da variação diurna usando o Observatório Magnético de Vassouras foi reduzindo os dados de cada minuto do dia ao valor da intensidade total a meia noite, a diferença encontrada foi reduzida do valor na hora da observação de campo.

Os dados abaixo foram calculados pelo modelo Harmônicos Esférico do IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) para o centro da bacia de São Jose do Itaboraí - RJ.

2008.523 Lat -22.840 geodetic Long -42.876 0.000 km Itaborai

D = -21 deg 57 min SV = -5 min/yr

I = -37 deg 16 min SV = -17 min/yr

H = 18581 nT SV = -76 nT/yr

X = 17234 nT SV = -80 nT/yr

Y = -6946 nT SV = 4 nT/yr

Z = -14137 nT SV = -90 nT/yr

F = 23347 nT SV = -6 nT/yr

D is declination (+ve east)

I is inclination (+ve down)

H is horizontal intensity

X is north component

Y is east component

Z is vertical component (+ve down)

F is total intensity

SV is secular variation (annual rate of change)

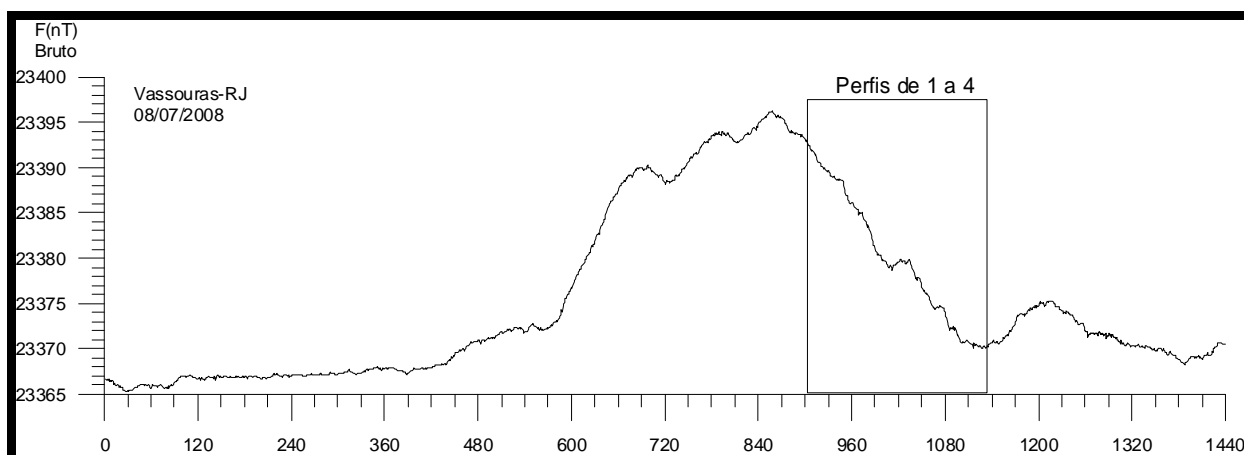


Figura 3.2(a) – Curva da variação diurna no dia 08/07/2008 com destaque marcando os pontos onde foram feitas as medições dos perfis de 1 a 4.

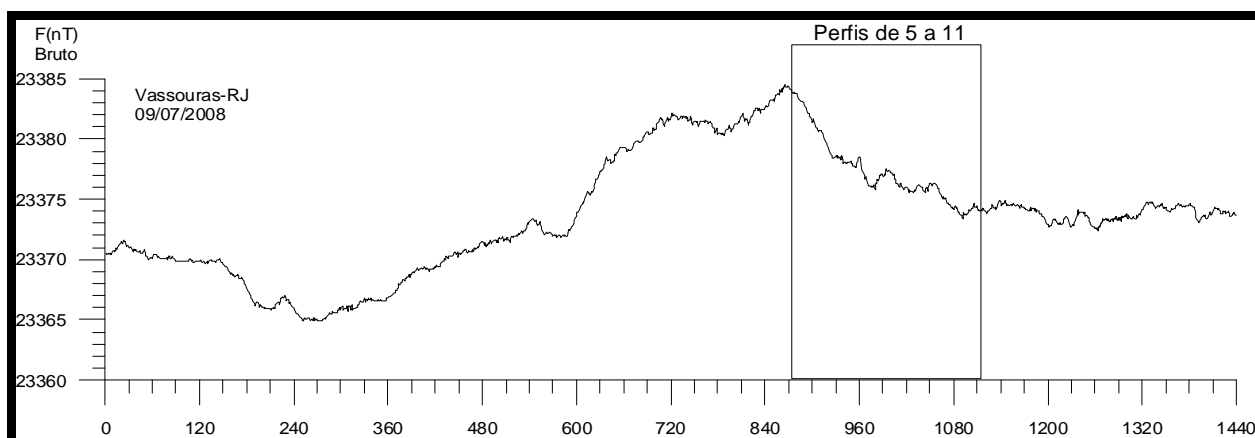


Figura 3.2(b) – Curva da variação diurna no dia 09/07/2008 com destaque marcando os pontos onde foram feitas as medições dos perfis de 5 a 11.

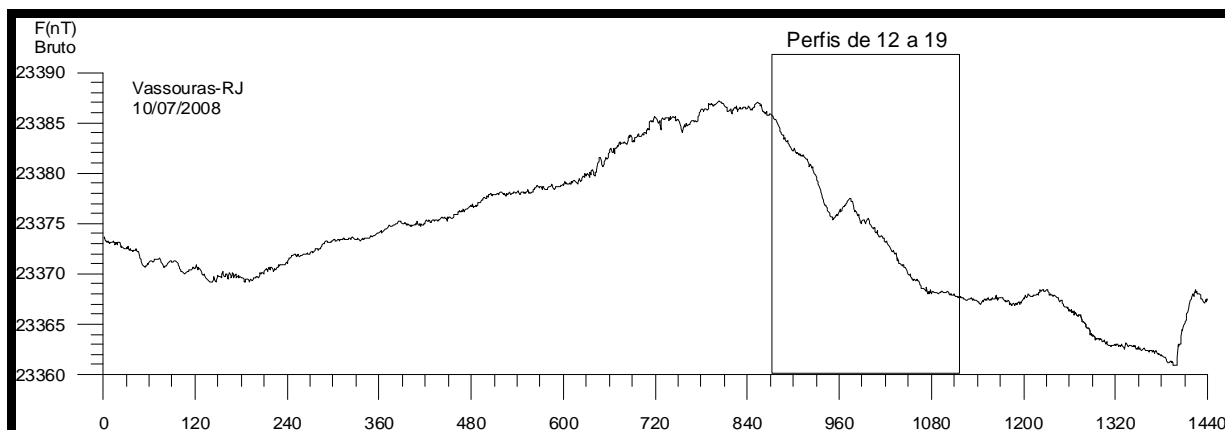


Figura 3.2(c) – Curva da variação diurna no dia 10/07/2008 com destaque marcando os pontos onde foram feitas as medições dos perfis de 12 a 19.

### 3.4.1 – Exemplo para Tucuns - RJ

As 12:00 horas, o valor da intensidade total no Observatório de Vassouras é de 23500.0 nT e o valor a meia noite 23450.0 nT, subtraindo o valor das 12:00 horas do valor a meia noite, teremos 50.0 nT, logo o valor para correção do dado observado no campo para a mesma hora (12:00 horas) foi decrescido de 50 nT.

- Calculando valor da correção:

Valor as 12:00 horas em Vassouras = 23500.0 nT

Valor a meia noite em Vassouras = 23450.0 nT

Valor da correção = 23500.0 nT - 23450.0 nT = 50.0 nT

- Calculando a correção nos dados de campo

Valor as 12:00 horas no campo = 22550.0 nT

Valor as 12:00 horas corrigido de Vassouras = 50.0 nT

Valor corrigido = 22550.0 nT – 50.0 nT = 22500.0 nT

Após a redução dos dados da variação diurna, causada principalmente por explosões solares, retiramos o IGRF calculado para o local usando programa disponível na Internet. O valor IGRF encontrado pode ser visto nos dados abaixo, o local está como Tucuns, mas as coordenadas geodésicas é para um ponto próximo aos perfis:

Local = Tucuns – RJ.

Data = 2008.077 (29/01/2008)

Latitude = -22 graus 48 minutos de arco

Longitude = -41 graus 56 minutos de arco.847

Altitude = Variável 0m até 300m

D = -22 graus 16 minutos de arco	SV= -4 min/ano
I = -37 graus 56 minutos de arco	SV= -17 min/ano
H = 18480 nT	SV= -77 nT/ano
X = 17101 nT	SV= -80 nT/ano
Y = -7004 nT	SV= 7 nT/ano
Z = -14400 nT	SV= -90 nT/ano
F = 23240 nT	SV = -5 nT/ano
D = Declinação Magnética	
I = Inclinação Magnética	
H = Componente Horizontal	
X = Componente Norte`	
Y = Componente Leste	
Z = Componente Vertical	
F = Intensidade Total	
SV = Variação Secular Anual	

#### 4 – INTRODUÇÃO AO MÉTODO GEOFÍSICO

Geofísica vem do grego e significa Física da Terra. Geofísica representa, nesse contexto, a investigação, em subsuperfície do nosso planeta a partir de fenômenos físicos naturais ou provocados que se manifestam em sua superfície. A geofísica tem, por tanto, como objetivo de estudo e investigação, respectivamente, a Terra e os fenômenos físicos que nela se manifestam (LUIZ & SILVA, 1995).

Na prospecção de minerais e minérios, a geofísica pode ser utilizada na localização de depósitos de calcário, argila, areia, cascalho, e de vários outros minerais.

O estudo do magnetismo da Terra é o ramo mais antigo da geofísica. Sabe-se que há mais de três séculos que a Terra tem um comportamento parecido com um grande e irregular imã (Figura 4.1). William Gilbert (1540-1603) foi quem realizou a primeira investigação científica do magnetismo terrestre. O mesmo registrou em seu livro chamado de *De Magnete* o conhecimento das propriedades da magnetita levada da China para a Europa por Marco Pólo. Entre 1830 a 1842, Karl Frederick Gauss realizou extensivos estudos sobre o campo magnético da Terra. A maioria de suas conclusões ainda é válida nos dias atuais (SILVA, 2007.)

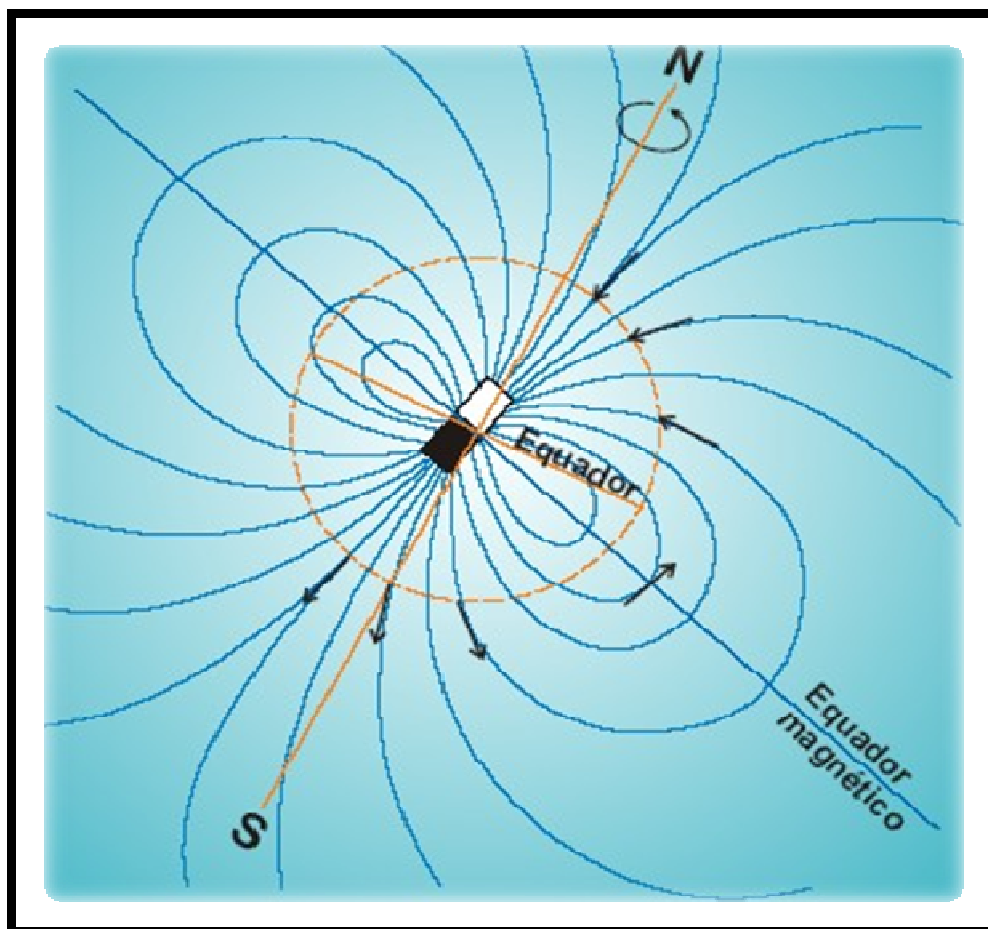


Figura 4.1: Representação do campo magnético da Terra em forma de um dipolo com um eixo de inclinação de  $11,5^\circ$ . O mesmo funciona como um grande ímã. Fonte: TEIXEIRA, W.(Org), 2003.

## 4.1 – Magnetometria

### 4.1.1 – Fundamentos Teóricos

O Levantamento Magnetométrico consiste na realização de medições do Campo Magnético ou de suas componentes em diferentes pontos de uma região de interesse. Geralmente o levantamento tem como objetivo a localização de concentrações de materiais magnéticos ou a determinação da profundidade do embasamento.

As primeiras investigações sobre o fenômeno do magnetismo foram iniciadas por Petrus Peregrinus de Maricourt em 1269. Através de suas experiências, ele esculpiu magnetita numa forma esférica, da qual aproximava pequenos ímãs auxiliares. O mesmo desenhou sobre a superfície esférica, as direções indicadas por eles, obtendo linhas que circundavam a esfera e interceptavam-se em dois pontos. Por analogia, ele denominou esses pontos de pólos do ímã, posteriormente, ele



estudou a atração e repulsão magnética e descreveu a “atração dos pólos do Céu sobre os pólos da magnetita” (IAG-USP, 1983)

O método magnético foi um dos primeiros métodos geofísicos a ser empregado em investigações de subsuperfície na crosta terrestre. As primeiras medidas sistemáticas foram realizadas na Suécia e datam de 1640. Com o intuito de detectar depósitos de ferro, essas medidas consistiam na observação da variação da declinação magnética com bússolas náuticas. Em 1843, Von Wred usou as variações do Campo Magnético da Terra (CMT) para localizar depósitos de minério magnético. Já em 1870, o método de observação magnética foi aperfeiçoado com a construção de equipamentos com capacidade de medir variações das componentes horizontal e vertical do campo magnético da Terra e sua inclinação em relação ao eixo norte e sul geográfico. Em 1970, após a publicação do livro *The Examination of Iron Ore Deposits by magnetic Measurements* por Thalén, iniciou-se o uso do método magnético (SILVA, 2007).

Atualmente, medidas muito mais precisas da intensidade do campo magnético e de suas componentes são realizadas através de instrumentos conhecidos como Magnetômetros.

O uso de medidas magnéticas na prospecção em que concentrações de minerais magnéticos nas rochas produzam distorções locais nos elementos do campo magnético terrestre. Esses elementos são a sua intensidade, declinação e inclinação. A intensidade do CMT varia aproximadamente de 0,3 *oersted* no equador magnético a 0,6 *oersted* nos pólos. Em prospecção, as anomalias magnéticas apresentam amplitudes, de forma geral, muito menores do que os valores normais do CMT. Por esse motivo, a unidade *oersted* não é conveniente para representar os valores do campo medidos em prospecções, a mesma é substituída pelo submúltiplo nanotesla (nT) do SI. A declinação (Figura 4.2) pode ser definida como o ângulo que em cada ponto o meridiano geográfico faz com o meridiano magnético. Já a inclinação vai ser o ângulo entre essas linhas de força e o plano que é tangente à Terra no ponto de observação. Uma inclinação de 90° corresponde ao pólo magnético norte ou norte magnético (NM), da mesma forma que uma inclinação de -90° corresponde ao pólo magnético sul, ou seja, sul magnético (SM). O equador magnético (EM) é formado pelo conjunto de pontos de inclinação nula (COSTA, P. T. *et al*, 2008)

Os minerais magnéticos responsáveis pelas distorções no campo magnético da Terra, observadas nos trabalhos de prospecção, são a magnetita, a pirrotita e a ilmenita. Esses minerais podem fornecer informações sobre a distribuição de minerais não magnéticos que são economicamente importantes. Além de permitir a localização de minerais de importância econômica, as medidas magnéticas podem ainda ser usadas na identificação de contatos e estruturas geológicas tais como falhas e dobras, que possam, inclusive, ter servido para o acúmulo de gás e petróleo (LUIZ & SILVA, 1995).

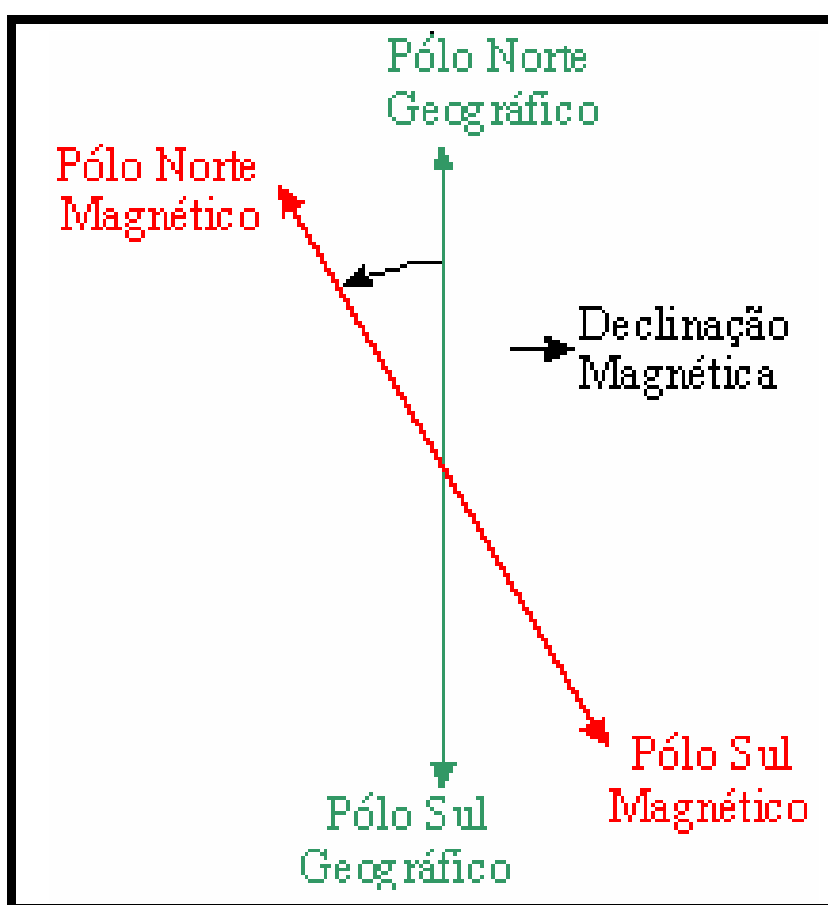


Figura 4.2: Esquema representando o ângulo da declinação magnética em relação aos pólos norte e sul geográficos. – Fonte: Notas de aula do Profº Dr. Mario Garrido - UniCamp

#### 4.1.2 – O Campo Magnético da Terra

O Campo Magnético da Terra é razoavelmente bem representado por um dipolo magnético localizado em seu centro. Entretanto, uma questão fica muito evidente, o que poderia gerar esse magnetismo? A existência de minerais permanentemente magnetizados nas camadas superficiais da Terra não é suficiente para explicar a intensidade do campo geomagnético. Os estudos das ondas

sísmicas indicam que, pelo menos parte do núcleo é fluido. Já é aceito, de forma consensual, que o movimento desse fluido metálico gera correntes elétricas que, por sua vez, induzem campo magnético.

O núcleo consiste de uma esfera gigante essencialmente metálica do tamanho do planeta Marte. A única teoria viável de geração do CMT é aquela que trata o núcleo como um tipo de dínamo auto-sustentável. Esse modelo foi desenvolvido por Sir Edward Bullard e W. M. Elsasser nos anos 40. Os mesmos defendem que o campo é gerado por correntes elétricas que circulam no núcleo líquido da Terra, o qual se acredita ser formado principalmente por ferro. As correntes elétricas, de acordo com a Teoria do Dínamo, são mantidas pelo movimento de partículas no núcleo líquido. Um dínamo é qualquer mecanismo que converte energia mecânica em elétrica. O dínamo terrestre é auto-sustentável, pois, uma vez disparado por um campo magnético fraco (como por exemplo, o próprio campo do sistema solar) continuou gerando seu próprio campo sem suprimento do campo externo (Figura 4.3).

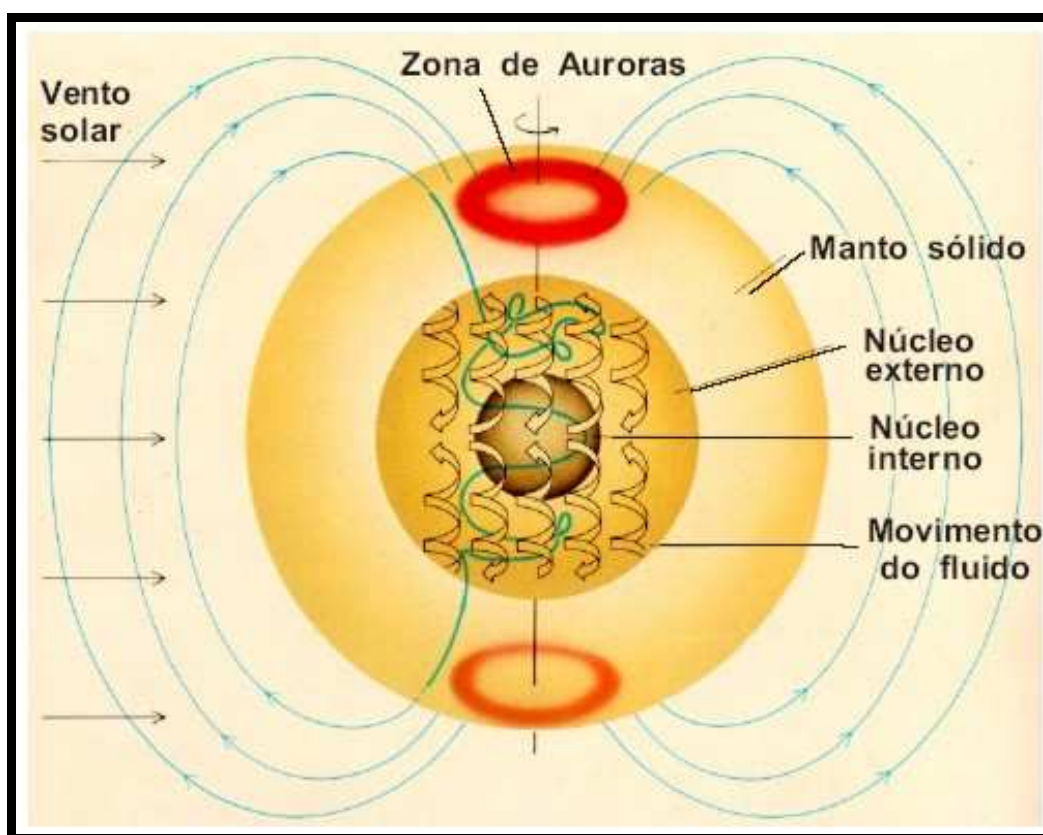


Figura 4.3: Movimento do fluido condutor do núcleo externo e a geração do campo magnético dipolar da Terra. Fonte: TEIXEIRA, W (Org.), 2003

Pode-se observar que, na superfície da Terra, o campo magnético pode ser associado a três componentes distintos: Campo Principal (CP), Campo Magnético Externo (CME) e Campo Crustal (CC). O Campo Principal é a maior componente do campo magnético e acredita-se que é gerado através de correntes elétricas numa camada acima no núcleo da Terra. Para trabalhos em prospecção, este campo age como o campo magnético induzindo. Já o campo magnético externo é uma porção relativamente pequena do campo magnético. Sabe-se que o mesmo é gerado por fontes magnéticas externas a terra e, acredita-se que este campo é produzido por interações da ionosfera da Terra com os ventos solares. Conseqüentemente, são correlacionadas com variações temporais de atividades solares associadas com o campo magnético externo.

O CME também é identificado como Magnetosfera (Figura 4.4). A mesma protege a superfície da Terra das partículas carregadas do vento solar. É comprimida no lado diurno (Sol) devido à força das partículas que chegam, e estendida no lado noturno. Uma vez que o vento solar é constituído por partículas eletricamente carregadas, ele vai interagir com o campo magnético terrestre.

O campo da crosta é a porção do campo magnético associada com o magnetismo de rochas da crosta (LOURENÇO, 2009).

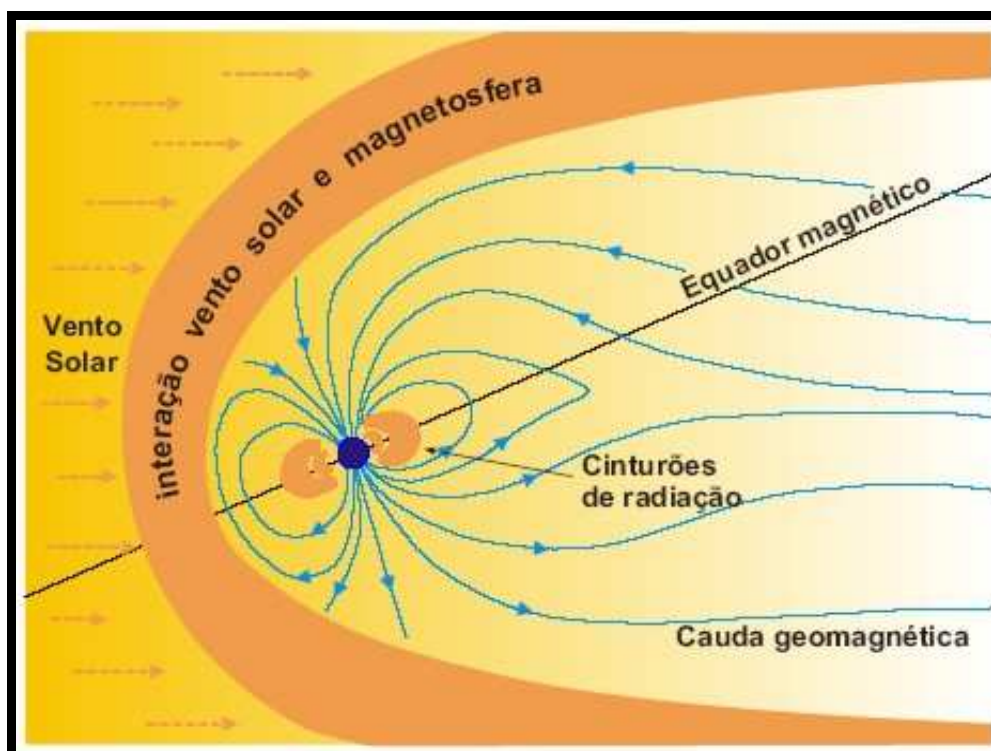


Figura 4.4: Esquema representando a magnetosfera e a influência dos ventos solares sobre as linhas de força do campo magnético. Fonte: TEIXEIRA, W. (Org.), 2003

#### 4.1.3 – Variação do Campo magnético Terrestre

O campo magnético da Terra não é constante, o mesmo vem sofrendo variações que se prolongam em intervalos de tempo variáveis. Em 1722, Graham, observando assiduamente com um microscópio os pequenos movimentos da agulha de uma bússola, notou que, em alguns dias as mudanças na declinação eram devagar e regulares e em outras, eram muito maiores e mais rápidas. O mesmo classificou esses momentos, respectivamente, como dias magneticamente calmos e dias ativos ou perturbadores.

A magnitude das variações geomagnéticas regulares é somente cerca de 1/1000 da intensidade do campo magnético total. Contudo, em determinados dias, ocorrem perturbações equivalentes a vários graus na declinação (Figura 4.5) e a 1000 nT ou mais em intensidade. Esses distúrbios são chamados de tempestades magnéticas e podem durar vários dias, até que o campo recupere seu valor normal. Uma tempestade magnética acontece em geral um dia após o aparecimento das chamadas solares. As mesmas são emissões luminosas de grandes proporções de uma pequena parte da cromosfera do sol. Devido a esse evento, o sol emite não só radiação de onda visível, mas também um fluxo corpuscular que viaja a grandíssima velocidade e atinge a Terra causando distúrbios magnéticos.

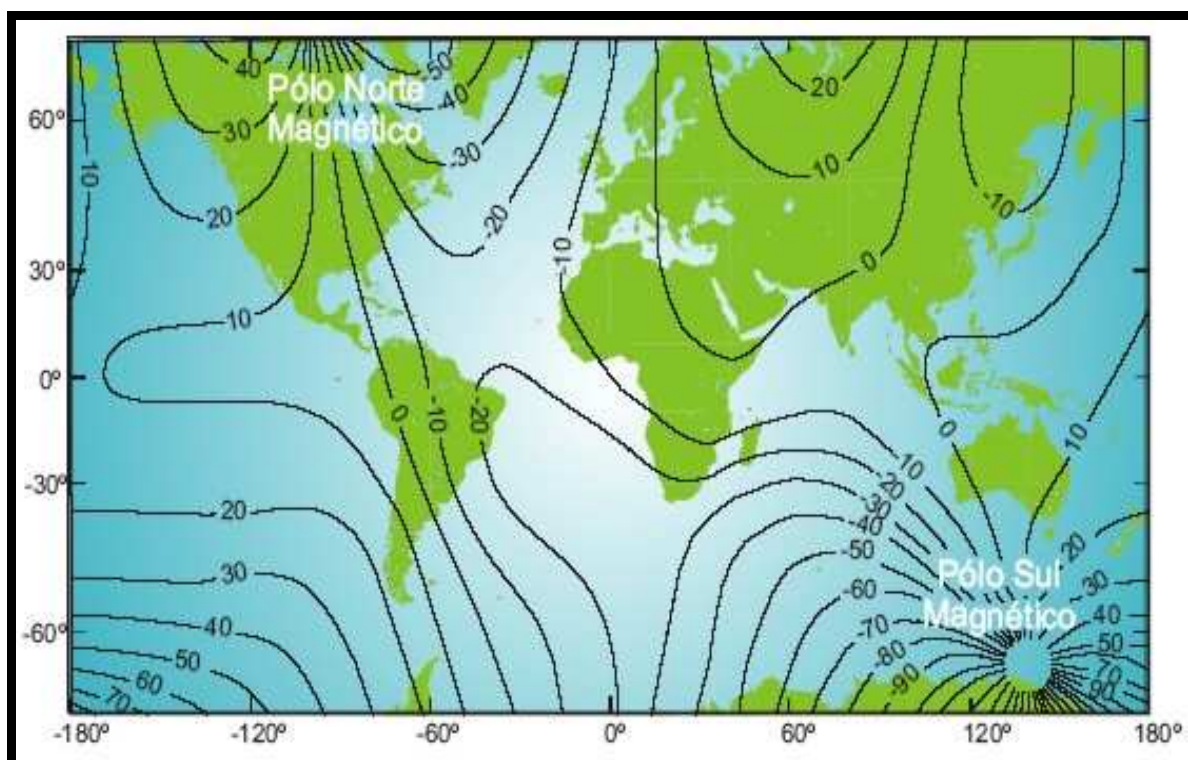


Figura 4.5: Mapa de declinação magnética indicando a posição dos polos magnéticos. Fonte: TEIXEIRA, W. (Org.) 2003

As análises de variações geomagnéticas registradas em toda a Terra, permitem elaborar um modelo mundial de correntes elétricas responsáveis pelas variações ao nível da superfície (IAG-USP, 1983) (Figura 4.6).

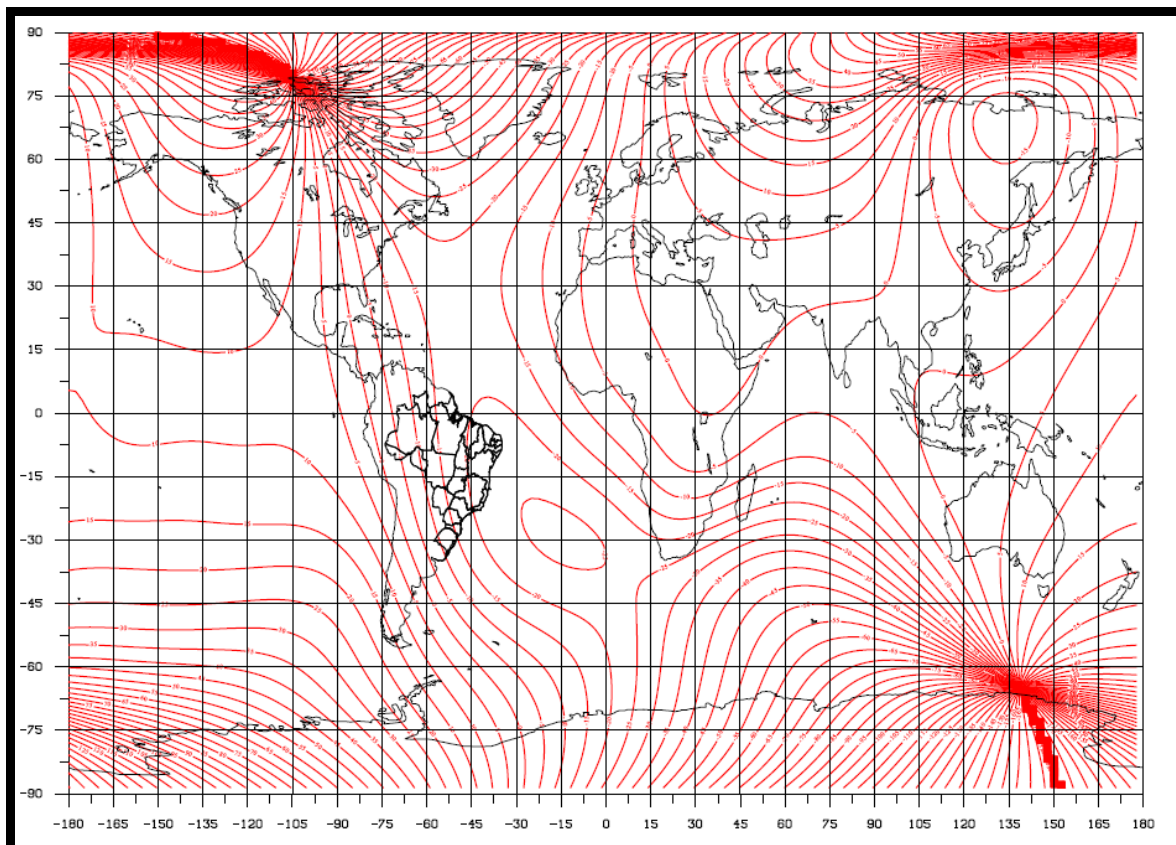


Figura 4.6: Mapa de declinação magnética para o ano de 2009 – Fonte: LOURENÇO, 2009

#### 4.1.4 – Variações Temporais no Campo Magnético da Terra

O campo magnético da Terra varia com tempo e, quando se descreve tais variações temporais do campo magnético, é útil classificar as mesmas em três tipos que dependem da taxa de ocorrência da fonte. Nesse contexto, pode-se dizer que o CMT sofre variações externas que, no processo e tratamento dos dados devem ser levadas em consideração. Essas variações são:

Tempestades Magnéticas – são atividades magnéticas na ionosfera que causam um aumento abrupto do campo magnético, esse fenômeno ocorre ocasionalmente. As ocorrências de tais tempestades estão relacionadas com atividade de explosões solares. O campo magnético observado durante esses períodos é altamente irregular e facilmente percebido por distorções no CMT chegando a atingir amplitudes superiores a 1000 nT. Os levantamentos

magnetômétricos não podem ser feitos durante períodos de tempestades magnéticas.

Variações Diurnas – mesmo se não existissem perturbações no vento solar, na sua interação com o CMT, existe um efeito de maré, gerado pelo fato de o eixo do dipolo geomagnético estar inclinado em relação à direção do vento solar. Durante 24 horas, o CMT sofre pequenas variações causadas pela sua própria rotação e por ação dos raios solares na ionosfera. Quando temos variações do campo magnético que acontece no decorrer de um dia e são relacionados a variações no campo magnético externo da Terra. Estas variações podem estar na ordem de 20 a 30 nT por dia e dever ser considerada quando se está fazendo um levantamento magnetométrico.

Variações Seculares – observações contínuas do CMT permite concluir que, além das variações transitórias atribuíveis a fontes externas, as próprias medidas anuais das componentes do campo magnético apresentam uma variação lenta bem significativa. Esse fenômeno tem como uma das suas conseqüências a variação da declinação magnética ao longo dos anos. As variações no campo magnético principal que são causadas supostamente pelo movimento de fluido no núcleo externo da Terra. A magnitude da variação secular leva a que os modelos de IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) incluam nos graus mais baixos termos que representam taxas de variação de cada componente com o tempo.

#### 4.1.5 – Correção do IGRF

O IGRF é uma designação genérica atribuída pela *International Association for Geomagnetic and Aeronomy* (IAGA) a um conjunto de coeficientes de uma expansão em esferas harmônicas quase normalizadas de *Schmidt*, determinado de tal forma que aproxime da melhor maneira possível as medidas do Campo Magnético Principal (CMP) realizadas pelos observatórios magnéticos.

O IGRF é a representação teórica, para um dado intervalo de tempo, do campo magnético normal da Terra ou campo principal, isto é, do campo que se origina no interior da Terra, excetuando os campos causados por materiais magnéticos da crosta e correntes elétricas induzidas por campos magnéticos externos à Terra.

Para gerar o IGRF, o campo magnético terrestre é representado por um somatório de harmônicos esféricos, cujos coeficientes são determinados a partir de

medidas magnéticas realizadas sobre todo o planeta, por meio de levantamentos terrestres, marinhos e aéreos.

O primeiro IGRF foi adotado em 1968 (IGRF- 1965) pela *International Association of Geomagnetism e Aeronomy* (IAGA). Desde então, já foram feitas várias revisões que permitem gerar os valores dos elementos magnéticos do campo entre 1945 e 1995. Cada IGRF prevê uma variação secular do campo, permitindo extrapolação para os cinco anos seguintes. Por exemplo, o IGRF – 1985 permite estimativas do campo entre 1985 e 1990.

Os modelos de IGRF (Figura 4.7) são utilizados para resolver as variações seculares regularmente. Dado a latitude e longitude de algum ponto na superfície da Terra, a intensidade do campo total do CMP da Terra poderá ser calculada.

O IGRF é usado como referência para definição das perturbações causadas no campo normal pelas estruturas geológicas e depósitos de minérios, isto é, como referência para a definição das anomalias magnéticas para prospecção (LOURENÇO, 2009).

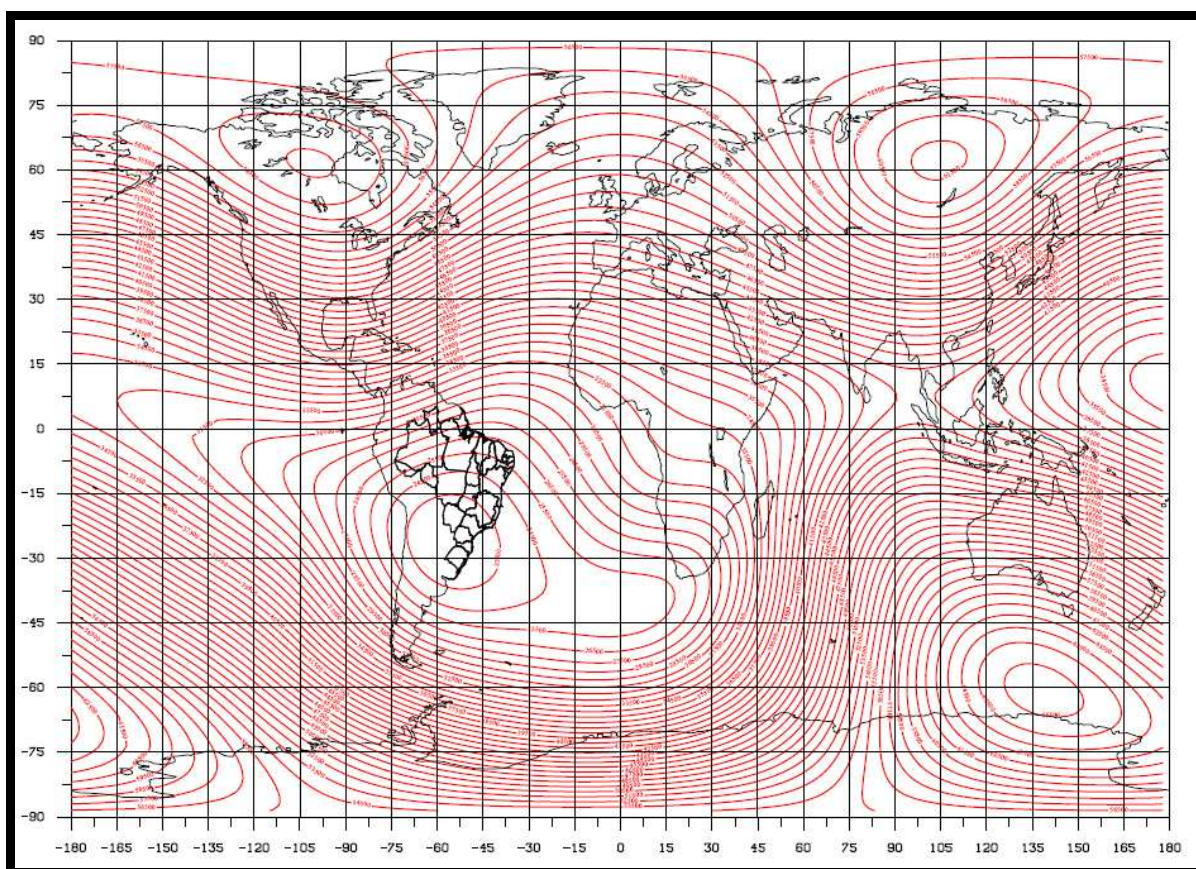


Figura 4.7: Mapa de IGRF – Intensidade do campo total para o ano de 2009 – Fonte: Lourenço, 2009



#### 4.1.6 – Susceptibilidade Magnética das Rochas

A susceptibilidade magnética das rochas (tab. 4.1) depende, de forma geral, da quantidade, tamanho dos grãos e como estão distribuídos os minerais ferromagnéticos nelas contidos. Devido à presença desses minerais ferromagnéticos, as rochas mostram características parecidas à desses minerais. As rochas de maior susceptibilidade são as máficas, pois contém a maior quantidade de ferro.

A susceptibilidade magnética das rochas e dos minerais (tab. 4.2) é comumente determinada na presença de um campo externo. Para a prospecção mineral, a intensidade desse campo deve ser parecida com a do CMT, pois, nos minerais ferromagnéticos, o valor da susceptibilidade depende da intensidade do campo magnético.

rochas	variação $\times 10^6$ emu	média $\times 10^6$ emu
<b>Sedimentares:</b>		
Dolomita	0-75	10
Calcário	2-280	25
Arenito	0-1660	30
Folhelho	5-1480	50
<b>Metamórficas:</b>		
Anfibolito	-	60
Xisto	25-240	120
Filito	-	130
Gnaise	10-2000	-
Quartzito	-	350
Ardósia	0-3000	500
<b>Ígneas:</b>		
Granito	0-4000	200
Riolito	20-3000	-
Dolerito	100-3000	1400
Diabásio	80-13000	4500
Gabro	80-7200	6000
Basalto	20-14500	6000
Diorito	50-10000	7000
Piroxenito	-	10500
Peridotito	7600-15600	13000
Andesito	-	13500

Tabela 4.1: susceptibilidade magnética das rochas  
Fonte: GONÇALVES, 2004

minerais	variação $\times 10^6$ emu	média $\times 10^6$ emu
Grafita [C]	-	-8
Quartzo [SiO <sub>2</sub> ]	-	-1
Anidrita [CaSO <sub>4</sub> ]	-	-1
Carvão [C]	-	2
Calcopirita [CuFeS <sub>2</sub> ]	-	32
Esfalerita [ZnS]	-	60
Cassiterita [SnO <sub>2</sub> ]	-	90
Pirita [FeS <sub>2</sub> ]	4-420	130
Limonita [FeO(OH).nH <sub>2</sub> O]	-	220
Arsenopirita [FeAsS]	-	240
Hematita [Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]	40-3000	550
Cromita [FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ]	240-9400	600
Franklinita [óxido de (Fe,Zn,Mn)]	-	36000
Pirrotita [FeS]	$10^2-5 \times 10^5$	125000
Ilmenita [FeTiO <sub>3</sub> ]	$2,5 \times 10^4-3 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$
Magnetita [Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ]	$10^5-1,6 \times 10^6$	$5 \times 10^5$

Tabela 4.2: susceptibilidade magnética dos minerais – Fonte: GONÇALVES, 2004

As substâncias existentes na Terra reagem de forma diferente umas das outras quando são submetidas a um campo magnético. Umas são atraídas e outras repelidas. As substâncias que são atraídas são chamadas de paramagnéticas e as que são repelidas de diamagnéticas. As paramagnéticas têm uma magnetização fraca por causa de sua baixa susceptibilidade, mas apresenta o sentido igual ao do campo, produzindo uma pequena atração caracterizada com o sinal positivo. Já as diamagnéticas, quando são expostas a um campo magnético, devido ao seu baixo valor de susceptibilidade magnética, adquirem uma magnetização de intensidade bastante fraca e de sentido contrário ao do campo, caracterizando um sinal negativo. Tanto as substâncias paramagnéticas (gnaisse, dolomita, sienito, olivina, piroxênio, biotita, pirita, etc.) quanto às diamagnéticas (grafita, quartzo, feldspato, anidrita e mármore) apresentam susceptibilidade constante.

A magnetização presente nas rochas é classificada como magnetização induzida, se a mesma for provocada pelo campo atual terrestre, ou magnetização remanescente (residual), se ela for adquirida ao longo da história geológica da rocha.

## 4.2 – Levantamento Terrestre

Os levantamentos terrestres, também conhecidos como Geofísica Terrestre, podem ser conduzidos sobre a superfície do terreno e, geralmente por estradas, margens dos rios, ou picadas em regiões onde a vegetação é mais densa.

Nos levantamentos terrestres medem-se, principalmente, os valores absolutos do campo magnético total ou sua componente vertical (Figura 4.8). Já a componente horizontal, quase nunca é medida (LUIZ & SILVA, 1995).

Normalmente, o levantamento terrestre é um levantamento de detalhe e o espaçamento entre as linhas varia entre 10 e 100 metros.

Durante o levantamento terrestre é comum o uso de dois magnetômetros. Um deles permanece em um ponto fixo (base), enquanto o outro é usado no levantamento propriamente dito. O magnetômetro que permanece na base registra as variações temporais do campo. Essas variações são chamadas de variação diurna e são usadas para corrigir os valores medidos com o outro magnetômetro (LUIZ & SILVA, 1995).

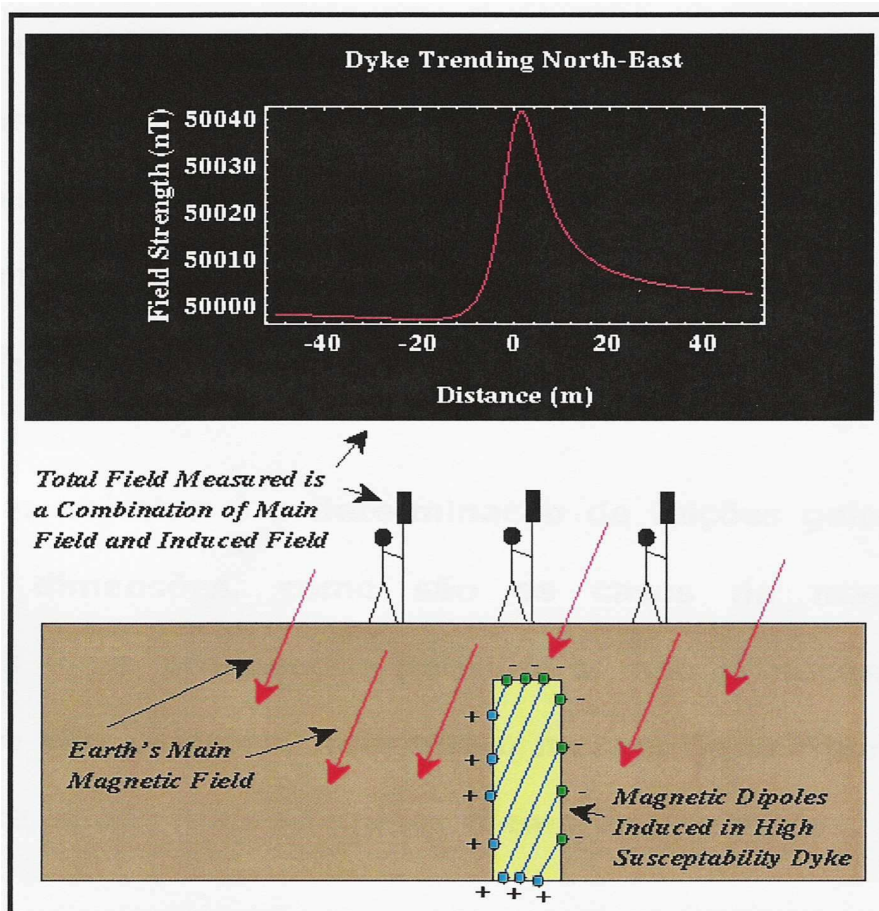


Figura 4.8: Representação esquemática de um levantamento terrestre.  
Fonte: GONÇALVES, 2004

Para que se possa ter uma maior confiabilidade nos dados medidos, é necessário efetuar de 3 a 5 medidas em cada ponto. Com esse procedimento, pode-se visualizar valores discrepantes, tais como, os de linhas elétricas e tempestades magnéticas. Os mesmos podem ser facilmente retirados da informação final para que não atrapalhe as etapas de tratamento dos dados levantados (GONÇALVES, 2004)

As medidas magnéticas terrestre são muito rápidas, pois um operador bem treinado pode completar a medida de uma estação (ponto) em menos de 10 segundos (LUIZ & SILVA, 1995).

## 5 – CONTEXTO GEOLÓGICO

As bacias sedimentares do Sudeste do Brasil fazem parte do sistema de bacias tafrogênicas continentais denominadas “Sistema de *Rifts* da Serra do Mar” por Almeida (1976). Esse sistema situa-se na região do Planalto Atlântico nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, distando em 80 km, em média, da linha de costa. Os traços mais marcantes do relevo da região são as Serras do Mar e da Mantiqueira. As mesmas são extensas escarpas de linhas de falhas formadas pelos mesmos processos que originaram as bacias (MELO *et al*, 1985).

O sistema de montanhas representado pelas serras do Mar e da Mantiqueira constitui a mais destacada feição orográfica da borda do Atlântico do continente Sul-Americano (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

O desnível entre a Serra do Mar e a baixada de Itaboraí pode atingir mais de 2.000 metros. A origem deste relevo relaciona-se com movimentos tectônicos iniciados há aproximadamente 80 milhões de anos, com um amplo soerguimento da borda do continente, desde o Paraná até o Espírito Santo. Com o aumento da elevação de um lado, houve rompimento e conseqüente rebaixamento dos blocos adjacentes. As áreas altas correspondem às Serras do Mar e da Mantiqueira e aos Maciços Litorâneos. Nas áreas afundadas formaram-se pequenas bacias sedimentares, como a de São José de Itaboraí, cuja idade é de cerca de 65 milhões de anos (DRM, 2007).

Segundo RODRIGUES-FRANCISCO & SOUZA-CUNHA (1978) e RODRIGUES-FRANCISCO *et. al.* (1985), a bacia de Itaboraí tem uma forma romboédrica, com eixo maior aproximadamente na direção NE-SW, medindo cerca de 1.400 m, eixo menor na direção NW-SE, com cerca de 500 m de extensão, e

profundidade máxima em torno de 125 m, observada junto a Falha São José, seu limite sul. Ela está localizada sobre o Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (ZALÁN & OLIVEIRA, 2005), uma faixa deprimida e alongada de direção geral ENE, com extensão de aproximadamente 900 km.

Sua maior espessura foi detectada no centro da bacia. A mesma alcançou 125 metros de profundidade sendo 70 metros de calcário (Figura 5.1). Essa medida vai diminuindo à medida que se aproxima dos bordos. Na ocasião, o nível superior do depósito estava a 93 m acima do nível do mar e com o nível inferior a 9 m da mesma referencia.

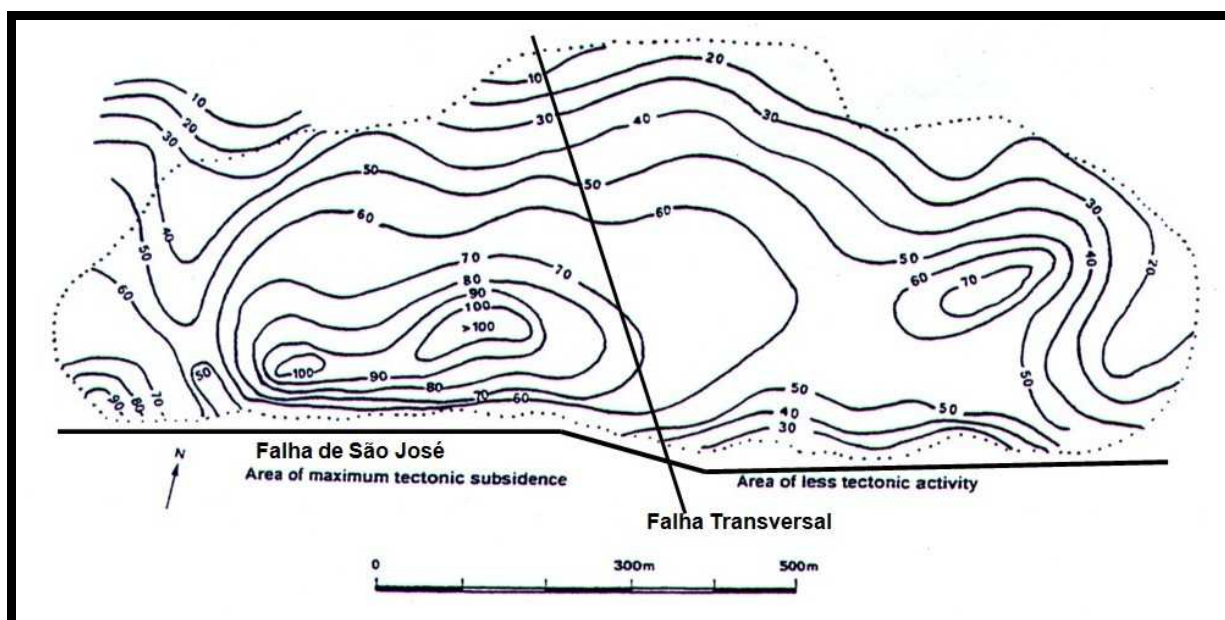


Figura 5.1: Mapa de Isopaca da seqüência S1, correspondendo as facies de calcário travertino e cinzento. Notar as espessuras próximas a linha da falha de São José. Fonte: Medeiros & Bergqvist, 1999

As diversas camadas calcárias com suas associações fossilíferas não podem mais ser observadas, a não ser o que ainda resta nos bordos da Bacia, próximo do contato com o embasamento cristalino (BRITO, 1989).

O primeiro trabalho sobre a Bacia foi o do pioneiro Viktor Leinz (1938). Ele descreveu o calcário travertino (fitado) puro, o calcário cinzento maciço com fósseis de gastrópodes continentais e o sedimento eluvial formado por mistura de lama com seixos arredondados e angulosos. O mesmo admitiu a origem da bacia através da formação de bancos de tufo calcário com crescimento lento de periferia para o centro seguindo de sedimentação lacustre. Vários estudos foram apresentados à medida que a exploração do calcário prosseguia e com isso, novas informações foram surgindo.

MEDEIROS & BERGQVIST, (1999) em trabalho denominado *Paleocene of the São José de Itaboraí, RJ, Brasil: Lithostratigraphy and Biostratigraphy* reuniram as associações das fácies da Bacia de Itaboraí em três seqüências estratigráficas, que correspondem às três seqüências indicadas por LEINZ (1938) (BERGQVIST *et al*, 2007) (tab. 5.1).

<b>Seqüência Superior (S3)</b>	Não contém carbonatos, sendo constituída quase que totalmente por depósitos areno-argilosos.
<b>Seqüência Intermediária (S2)</b>	Constituída de margas e por calciruditos, variando de material fino a grosseiros erodidos da seqüência S1, e depositados nas fissuras (canais) criadas pela dissolução ao longo das fraturas.
<b>Seqüência Inferior (S1)</b>	Mais antiga, carbonática, com predomínio do calcário travertino intercalado com calcário clástico argiloso cinza. Contem também bancos de oolitos e psolitos, além de outros tipos de rochas.

Tabela 5.1: Tabela representativa indicando as posições e as características de cada seqüência estratigráfica da Bacia de Itaboraí. Modificada de RODRIGUES-FRANCISCO, V.M.C. 2007

As mais antigas rochas da área estudada pertencem ao chamado Complexo Pré-Cambriano, que constitui o embasamento da Bacia Sedimentar de São José de Itaboraí. Essas rochas são, principalmente, biotita-gnaisses, com intercalações de mármore lenticular, além de magmatitos, granitos e pegmatitos. As rochas Pré-Cambrianas são cortadas por veios e diques de rochas mais recentes, incluindo os veios de quartzo e pegmatitos, de idade indeterminada, e diques básicos e rochas alcalinas, de idade, possivelmente, mesozóica (RODRIGUES-FRANCISCO, 1975).

Esse conjunto localiza-se numa faixa que ocupa a área desde Niterói e São Gonçalo, em direção a Rio Bonito, passando por Cabuçu, onde a Bacia está encaixada. Ao Sul desta área estão os terrenos atribuídos ao Pré-cambriano Médio a Superior, correlacionados com o grupo Serra dos Órgãos. Ao Norte, na área entre Monjolo, Itaboraí e Itambi, os terrenos são constituídos pelas formações continentais atribuídas ao Cenozóico.

A Bacia, propriamente dita, foi preenchida por uma sucessão de depósitos, principalmente carbonáticos, que se sobrepõem aos calcários cristalinos, gnaisses, granitos e pegmatitos localizados na parte mais profunda (BRITO, 1989) (Figura 5.2).

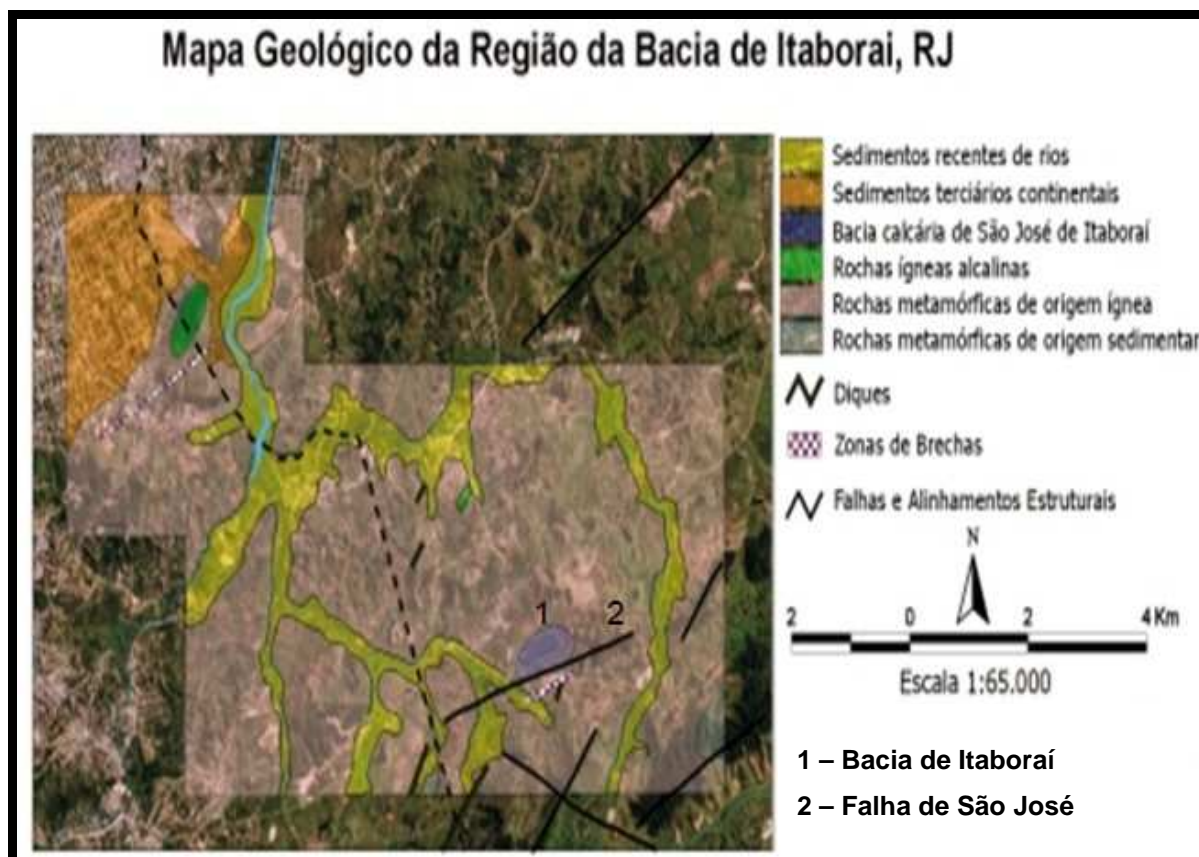


Figura 5.2: Mapa geológico da região de Itaboraí representando os diferentes tipos de sedimentos e rochas na área da Bacia e nas regiões adjacentes. Modificado de DRM, 2007.

Em relação aos sedimentos da base, RODRIGUES-FRANCISCO (1975) descreve-os como sendo constituídos por pacotes de calcário de origem química (fitado e tufos) intercalados com calcários argilo-arenosos contendo fragmentos de rochas e minerais não-carbonáticos na fração clástica. O calcário fitado apresenta-se com uma boa estratificação, em lâminas e leitos de cores variadas, predominando a cor branca, com maior espessura na parte central da Bacia.

Sobrepostos a estas camadas estão os calcários compactos de coloração cinza a amarelada de granulação fina e homogênea, com minerais detríticos (grãos de quartzo, feldspatos, etc.) espalhados e uma rica fauna de gastrópodos continentais já atribuídos, por diversos autores, ao Mioceno, mas de idade de difícil determinação dentro do Cenozóico, entre o Paleoceno Superior e o Pleistoceno. Concentrações de pisólitos e oolitos não são raras. Acima desses calcários há uma

intercalação dos calcários fitados superiores típicos de precipitação rítmica, um tanto semelhantes aos inferiores, com calcário argiloso friável, típico de enxurrada, com fragmentos grandes e angulosos de quartzo, feldspato e gnaisses. Sobrepostos aos citados leitos estão camadas aluviais com cascalheiras locais com fósseis de vertebrados pleistocênicos.

A principal estrutura observada é a falha de São José, que delimita o sul da Bacia. É uma falha normal, bastante evidente em observações de campo. No plano dessa falha já foram observadas pequenas falhas reversas (Figura 5.3) (BRITO, 1989).

BRITO *et al* (1972) admitem que a Bacia é limitada em seu bordo sul por uma falha aproximadamente vertical e de sentido E-W, e cujo bloco formado pelo embasamento cristalino do bordo sul foi elevado, deixando uma depressão que foi posteriormente preenchida por calcário. Os mesmos também admitem que a espessura do preenchimento da Bacia por diferentes camadas de calcário, aumenta em direção à falha principal.

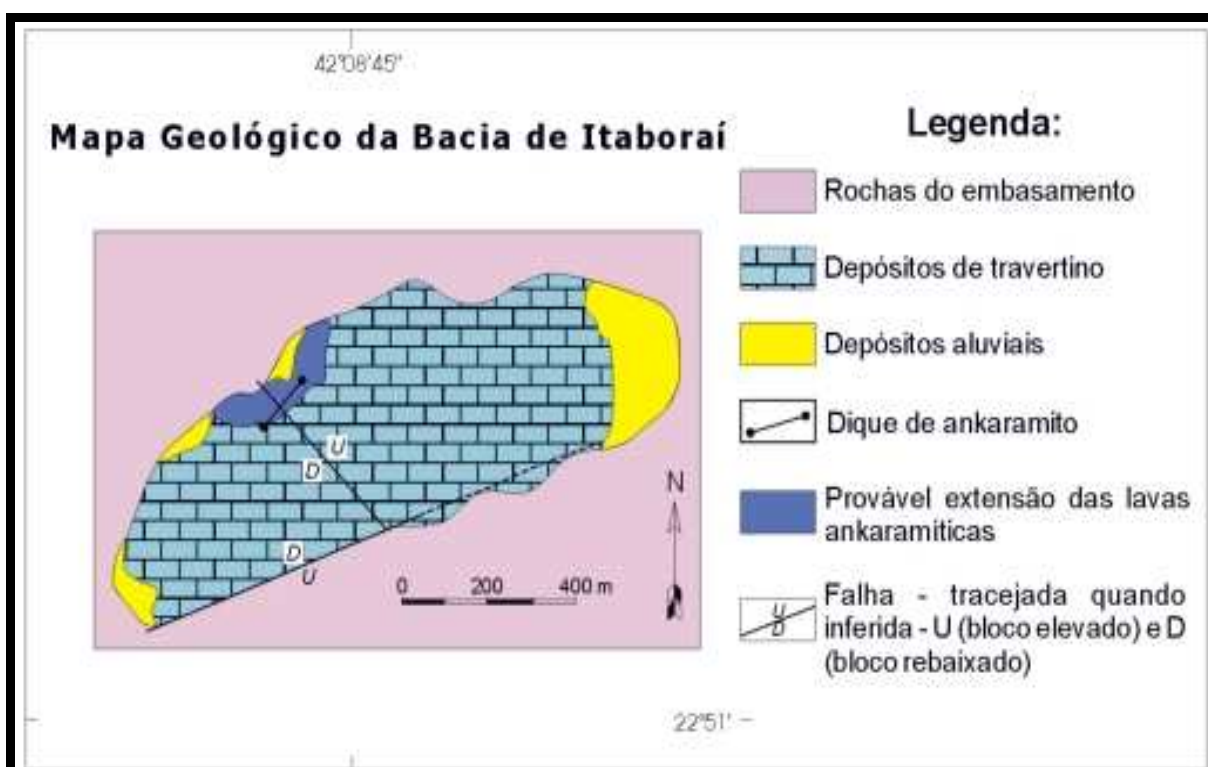


Figura 5.3: Mapa geológico da Bacia de Itaboraí indicando as posições dos diferentes sedimentos encontrados na região. O mapa também indica a Falha de São José que tem um direcionamento SW-NE, uma falha transversal no sentido NW-SE e o basculamento dos blocos que deram origem a Bacia Sedimentar de Itaboraí. Modificado de RODRIGUES-FRANCISCO, 1975.



intercalação dos calcários fitados superiores típicos de precipitação rítmica, um tanto semelhantes aos inferiores, com calcário argiloso friável, típico de enxurrada, com fragmentos grandes e angulosos de quartzo, feldspato e gnaisses. Sobrepostos aos citados leitos estão camadas aluviais com cascalheiras locais com fósseis de vertebrados pleistocênicos.

A principal estrutura observada é a falha de São José, que delimita o sul da Bacia. É uma falha normal, bastante evidente em observações de campo. No plano dessa falha já foram observadas pequenas falhas reversas (Figura 5.3) (BRITO, 1989).

BRITO *et al* (1972) admitem que a Bacia é limitada em seu bordo sul por uma falha aproximadamente vertical e de sentido E-W, e cujo bloco formado pelo embasamento cristalino do bordo sul foi elevado, deixando uma depressão que foi posteriormente preenchida por calcário. Os mesmos também admitem que a espessura do preenchimento da Bacia por diferentes camadas de calcário, aumenta em direção à falha principal.

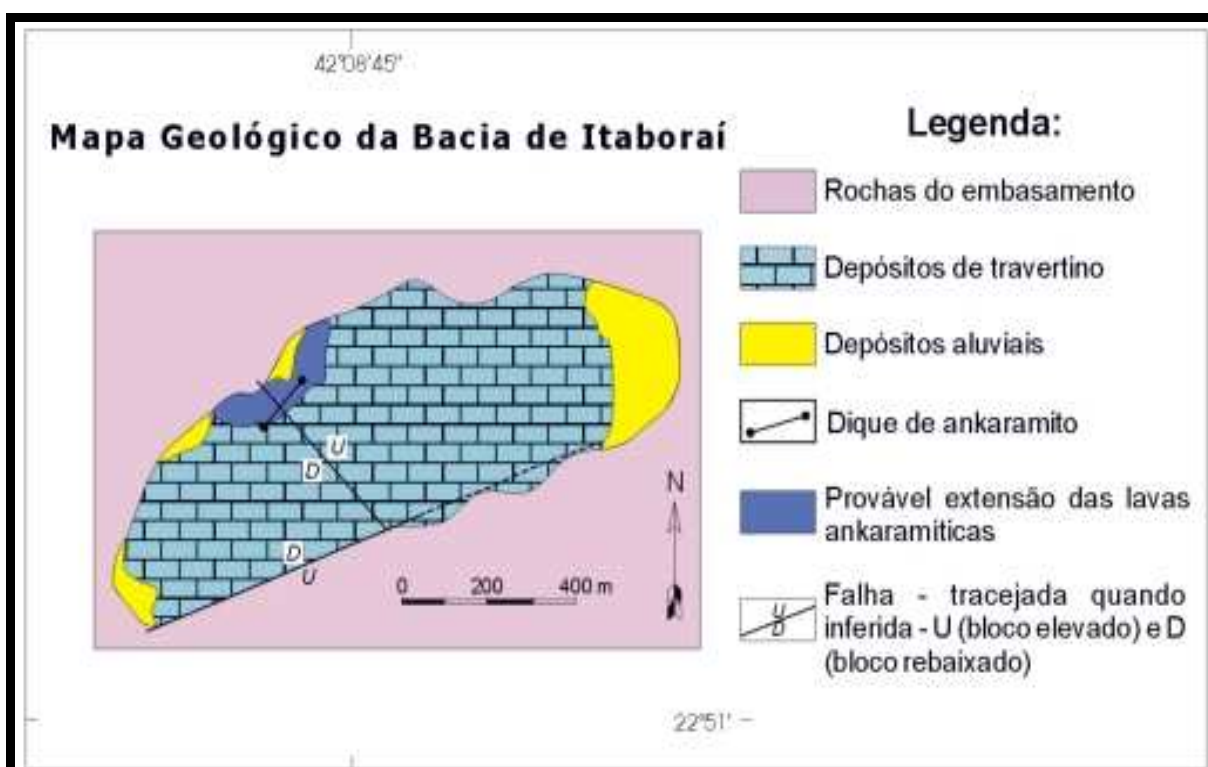


Figura 5.3: Mapa geológico da Bacia de Itaboraí indicando as posições dos diferentes sedimentos encontrados na região. O mapa também indica a Falha de São José que tem um direcionamento SW-NE, uma falha transversal no sentido NW-SE e o basculamento dos blocos que deram origem a Bacia Sedimentar de Itaboraí. Modificado de RODRIGUES-FRANCISCO, 1975.

A pequena bacia São José de Itaboraí localiza-se no interior do Gráben da Guanabara, entre a serra dos Orgãos e os maciços Litorâneos. Apesar de apresentar uma pequena dimensão (1.500 m de diâmetro), a bacia de Itaboraí representa uma grande importância por atestar um magno evento tectônico que deformou a superfície entre o final do Cretáceo e o início do Terciário, prosseguindo com menor intensidade no Eoceno/Oligoceno e provavelmente até o Eo a Mesomioceno (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

## **6 – TECTÔNICA**

Na análise bibliográfica de trabalhos relacionados a evolução tectônica da bacia de Itaboraí e áreas adjacentes, pode-se periodizar duas fases de estudos. Nos trabalhos relativos à primeira fase, que pode ser considerada desde a década de trinta com o trabalho de Viktor Leinz (1938) até o final da década de setenta com a dissertação de mestrado do geólogo Benedicto Humberto R. Francisco (1975), nota-se que os estudos focalizaram aspectos mais locais da bacia. Já a partir de meados da década de setenta, os trabalhos procuraram integrar a evolução da bacia ao contexto regional, vinculando-a a evolução da Serra do Mar por Almeida (1976) e a evolução das bacias marginais do sudeste do Brasil por Zalan & Oliveira (2005).

### **6.1 – Síntese da Primeira Fase**

O primeiro a estudar mais detalhadamente a Bacia Calcária de São José de Itaboraí foi o geólogo Viktor Leinz em 1938. Ele interpretou o calcário como precipitado de fontes carregadas de bicarbonato de cálcio proveniente de uma formação mais antiga. Em virtude da extensão e espessura, o mesmo supôs a existência de uma pequena bacia fechada, lacustre, com relevo muito brusco que revela forte inclinação da antiga superfície. Em consequência do relevo brusco formaram-se, também, sedimentos aluviais com grandes seixos arredondados e blocos argilosos que se encontram tanto intercalados no calcário, quanto situados na capa. O mesmo acentuou, principalmente, a irregularidade de todos os leitos, mostrando assim que o calcário não se formou em consequência de uma sedimentação calma e contínua (Figura 6.1).

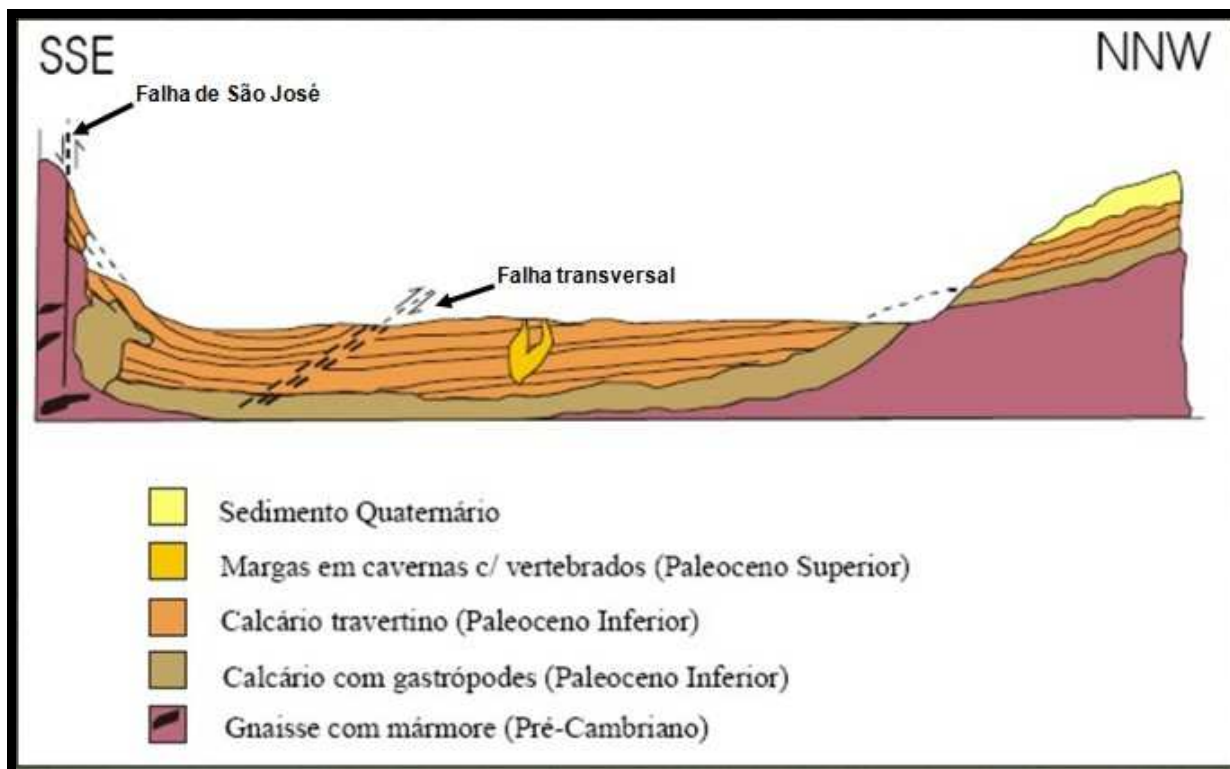


Figura 6.1: Perfil N/S da Bacia de São José de Itaboraí, na parte tectonicamente ativa onde se destaca o posicionamento dos sedimentos encontrados na área. Modificado de FERRARI A., 2001

Como as fontes dissolveram o calcário na profundidade, trazendo-o para superfície, formaram-se cavidades subterrâneas. O teto sobre estas cavidades desmoronou de modo que, em torno das fontes, nasceram bacias fechadas com relevo brusco. Por este motivo, a sedimentação dentro da Bacia apresenta um caráter irregular de lentes calcárias e lentes intercaladas de sedimentos eluviais (LEINZ, 1938).

A primeira referência aos eventos modificadores pós-deposicionais é encontrada em RUELLAN (1944), o qual mediu camadas na direção N 62° E mergulhando 30° SE no flanco oeste da Bacia aventando a existência de uma falha que se deslocou paralelamente aos grandes movimentos que criaram a Serra do Mar e os pequenos maciços litorâneos. A falha, localizada no bordo sul, foi inferida pelos mergulhos medidos e pelo contato retilíneo entre as camadas sedimentares da Bacia e as rochas do embasamento cristalino (RODRIGUES-FRANCISCO, 1975).

As camadas da Bacia de direção geral N 62° E estavam inclinadas cerca de 30° para S 28° e o que prova que a Bacia foi submetida a movimentos diastróficos depois de sedimentação lacustre. A borda meridional, quase reta, das camadas lacustres torna provável que a bacia, nesta borda se ache cortada por uma falha (PAULA COUTO, 1958).

A bacia ou fossa de Itaboraí ocupa uma parte do Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito (Figura 6.2), resultante de extensas falhas, produzidas no litoral sudeste do Brasil, provavelmente do Cretáceo superior (PAULA COUTO, 1958).

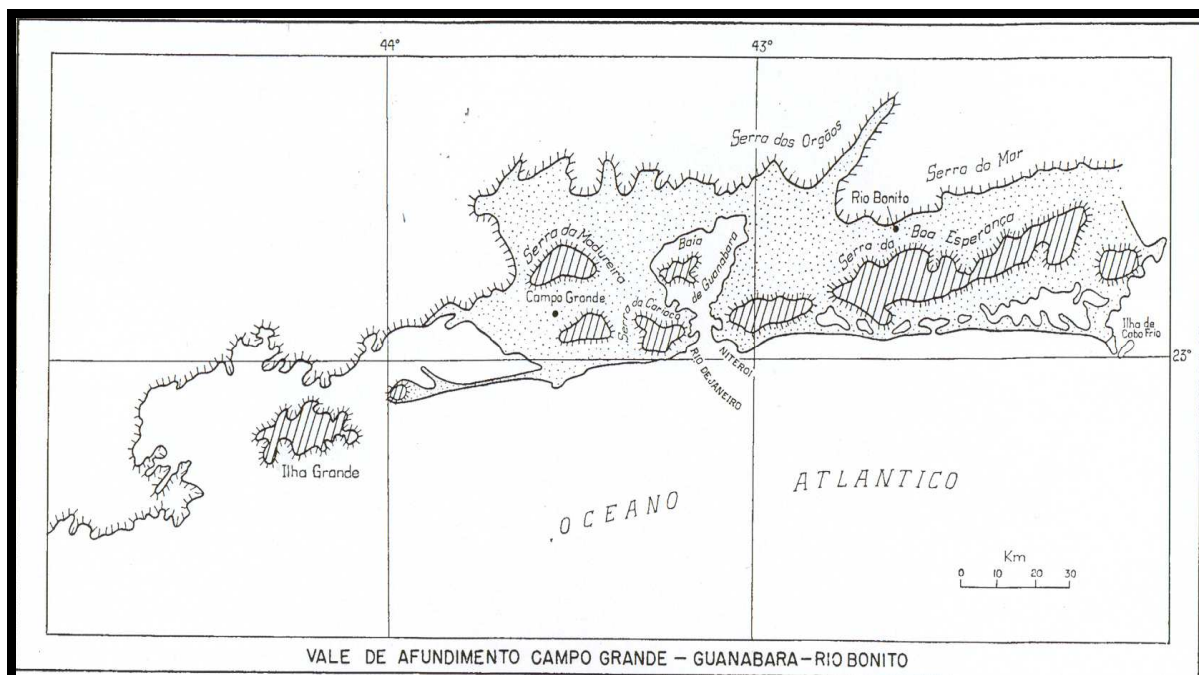


Figura 6.2: Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito  
Fonte: FREITAS, 1951

O Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito encontra-se no litoral meridional do Brasil. Ele tem características peculiares a todos os vales de afundamento tais como: extensão linear, fundo chato com preenchimento por sedimentos quaternários; ladeados por muralhas tectônicas e está localizado na zona de maior elevação epirogenética do escudo brasileiro. O Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito representa a maior deformação epirogenética experimentada pelo escudo brasileiro no Cenozóico (FREITAS, 1951).

A Bacia de Itaboraí tem sua origem e desenvolvimento ligado aos movimentos tectônicos e à atividade magmática do final da Era Mesozóica e início da Era Cenozóica (Figura 6.3). Após a deposição da seqüência carbonática, uma reativação tectônica produziu os falhamentos que perturbaram as camadas, modificando-lhes a atitude original.

IDADE	BACIA	CLASSIFICAÇÃO	
		KLEMME	ESTILO TECTÔNICO
CENOZOICA	Pantanal	I?	Intracratônica
	Bananal		
	Taubaté		
	Itaboraí	III	Distensional-rift
MESOZOICA	Acre	II	Intercontinental cratônica da antefossa andina
	Tacutu	III	Distensional-rift abandonado (aulacógeno)
	Marajó		
	Recôncavo		
	Tucano		
	Jatobá		Transtensional- <i>pull apart</i>
	Araripe	VIII	Sinéclise marginal
	Foz do Amazonas		
	Pará / Maranhão	III-V	Distensional-rift evoluindo para bacia <i>pull apart</i>
	Barreirinhas		
	Ceará		
	Potiguar		
	Pernambuco		
	Paraíba		
	Sergipe-Alagoas		
	Camamu		
	Almada		
	Jequitinhonha		
Cumuruxatiba			
Mucuri			
Espirito Santo			
Campos			
Santos			
Pelotas			
PALEOZOICA	Parnaíba	I	Intracratônica (arcos regionais amplos)
	Amazonas		
	Paraná		
	Solimões	I	Intracratônica submetida à orogenia hercíniana
	Alto Tapajós	I?	Intracontinental
	Parecis	I?	Intracontinental
PROTEROZOICA	São Francisco	II?	Intracontinental intracratônica da antefossa brasileira

Figura 6.3: Tabela de classificação das bacias sedimentares brasileiras indicando as correlações das idades geológicas com os estilos tectônicos de cada. Em relação à Bacia de Itaboraí, destaca-se a idade Cenozóica e um estilo tectônico Distensional-Rift.  
Fonte: PHOENIX, 2007

Em 1953, Paula Couto resumiu boa parte da bibliografia sobre a Bacia sem descrever detalhes quando à situação geológica e tectônica, indicando que “o falhamento originado do Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito, cuja quarta seção, a mais longa e toda emersa, participa da fossa de Itaboraí se deu no cretáceo”. O diastrofismo posterior foi o que provocou um desnivelamento estratigráfico de mais de 30°, do rebordo para o centro da Bacia.

De acordo com BEURLLEN & SOMMER (1954), os afloramentos estudados na pedreira de calcário confirmam o seguinte:

- A existência da falha suposta por Ruellan, bem evidente na margem sudeste da pedreira. Na falha, o calcário é cortado; os gnaisses do lado meridional e os calcários do lado setentrional, ambos são milonitizados. Sua direção é aproximadamente ENE, ou seja, paralela à direção do calcário indicada por Ruellan. Por uma pequena falha transversal, perpendicular à grande, esta última se encontra um pouco descolada para o sul, no lado ocidental da falha transversal. Estas duas são aproximadamente verticais.

- A inclinação das camadas lacustres (calcários e sedimentos eluviais) de  $25^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  para SSE, observada por Ruellan. Não se trata de um “desnivelamento estratigráfico do rebordo para o centro da Bacia” como indica Paula Couto, pois todo o complexo dos sedimentos apresenta a mesma inclinação. O calcário ostenta a maior espessura ao longo da falha e na metade meridional da atual bacia, diminuindo tanto mais quanto mais próximo da borda setentrional. Nesta zona da margem setentrional, os sedimentos eluviais (conglomerados) da capa repousam, por vezes, imediatamente sobre o embasamento cristalino. Pode-se concluir disso que a atual bacia de calcário não corresponde à Bacia original, mas apenas à parte setentrional, coincidindo o limite atual, aproximadamente, com o limite primitivo, apenas alterado moderadamente pela erosão posterior. A margem meridional, entretanto, está desaparecida. Depois da formação dos sedimentos lacustres, a falha que forma o limite presente meridional do calcário foi reativada de modo que o bloco setentrional foi inclinado e submergido e, portanto conservado, enquanto o bloco meridional, no qual se encontrava a parte sul da Bacia original, permanecia em situação mais elevada; em consequência disso, a erosão destruiu a parte meridional da bacia primitiva (BEURLLEN & SOMMER, 1954) (Figura 6.4).

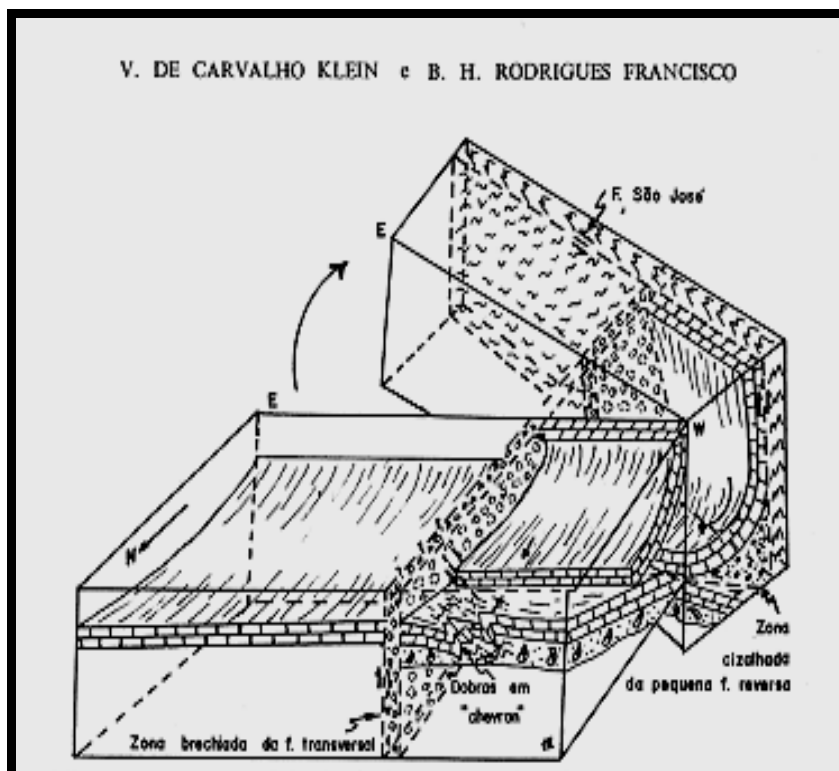


Figura 6.4: Bloco-diagrama da Bacia de Itaboraí com os principais elementos estruturais tais como a Falha de São José e o basculamento dos blocos formadores da Bacia onde o bloco soerguido foi rapidamente erodido e serviu de área fonte de sedimentos para o preenchimento da Bacia. Fonte: KLEIN & RODRIGUES-FRANCISCO, 1981.

Pode-se objetar que o limite meridional, tectônico, seria o limite original da Bacia e que esta tenha sido formada no bloco setentrional, submergido. Neste caso, a falha seria mais antiga do que os sedimentos lacustres, sendo a interpretação refutada:

- Pela inclinação de  $25^\circ$  a  $30^\circ$  das camadas lacustres. Tal inclinação não se pode formar pela sedimentação;
- Pelo desenvolvimento fraco dos sedimentos eluviais, conglomeráticos ao longo do limite meridional. Se este atual limite tectônico meridional fosse o limite original, teria sido muito íngreme; os sedimentos eluviais, conglomeráticos, deveriam possuir grande desenvolvimento, em vez de fraco, observado.
- Pela milonitização dos calcários e dos gnaisses, ao longo da falha, que comprova reativação desta, depois da formação dos sedimentos lacustres. O limite Meridional, tectônico, portanto, é um limite secundário. A parte meridional da Bacia primitiva não se encontra conservada. A atual Bacia é formada por um bloco, inclinado e submergido que encerra apenas a metade setentrional da Bacia primitiva

Um problema interessante é o da proveniência do calcário, pois nas imediações da bacia ocorrem apenas afloramentos de gnaisses. A procedência das águas carregadas de bicarbonato de cálcio por longas distâncias das regiões onde

afloram, superficialmente, calcários, podem ser excluídas; porque estas águas deviam descarregar-se do bicarbonato de cálcio ao longo do percurso, na superfície da terra. Todas as experiências demonstram que as águas carregadas de bicarbonato de cálcio precipitam o calcário imediatamente depois de saírem da terra, na região da fonte. Por isso, Leinz interpretou o calcário como sedimento de fontes (BEURLIN & SOMMER, 1954).

A seqüência cristalina das Serras do Mar e dos Órgãos contém lentes e leitos de calcários mais ou menos metamorfizados (mármore). Nas imediações da bacia não há tais ocorrências. Mas é possível que, em maiores profundidades do bloco cristalino submergido, no Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito, se encontrem tais lentes e leitos. A Bacia de São José de Itaboraí está situada na margem meridional, tectonicamente perturbada, nesta zona de afundamento. Pode-se supor que nesta zona perturbada, ao norte do bloco elevado da Serra da Boa Esperança, havia fontes ascendentes que trouxeram o calcário dissolvido destas lentes e leitos, submergidos. Procedendo a essas fontes ascendentes de profundidade maiores, podiam possuir até mesmo caráter de fontes termais.

O falhamento que deu origem ao Vale de Afundamento Campo Grande-Guanabara-Rio Bonito, se deu no Cretáceo, provavelmente no Neocretáceo, talvez concomitantemente com a ruptura do escudo brasileiro meridional, de que se originou, por ascensão epirogênica, a Serra do Mar. Já o calcário seria de idade Paleocênica superior (PAULA COUTO, 1953).

A grande falha, na qual se encosta o depósito calcário, na sua parte meridional, ter-se-ia produzido antes da formação da bacia, ou melhor, do depósito calcário, disso resultando o surgimento de fontes ascendente, provavelmente termais, na parte perturbada pelo diastrofismo. Estas fontes, que teriam trazidos, em solução, o calcário de depósito profundo e precipitando-o ao redor de suas saídas e depositando-o também no fundo do lago (PAULA COUTO, 1958).

Muito interessantes são os sedimentos eluviais consistindo em uma mistura de lama com seixos arredondados e blocos angulosos. O tipo litológico caracterizado pela completa ausência de seleção granulométrica demonstra que estes sedimentos são produtos de torrentes, procedendo das imediações. Os blocos angulosos confirmam bem essa idéia: provém da capa de intemperismo, sem maior transporte,



mas os seixos arredondados devem ter sofrido transporte maior. Sua distribuição irregular, no sedimento, indica que eles também eram componentes das torrentes locais. REULLAN (1944) mostrou que a superfície em torno da bacia da Guanabara apresenta alguns níveis de aplanamento cobertos de cascalho. Também nas vizinhanças da Bacia de São José de Itaboraí observaram-se tais níveis, localmente, com abundância de cascalho. Aparentemente, existiam níveis de aplanamento mais antigos com cascalho já no período da formação da Bacia. São, portanto, pelo menos, do Cretáceo superior. Os sedimentos eluviais da Bacia contêm componentes da capa de intemperismo e destes antigos terraços de cascalho (RODRIGUES-FRANCISCO, 1975).

Após a formação dos sedimentos da Bacia de São José, sucedeu uma reativação da antiga falha por um período de diastrofismo de idade terciária não determinada. Ocorria uma submersão da região de afundamento Campo Grande – Guanabara – Rio Bonito e, simultaneamente, ao que parece, uma ascensão do bloco ao sul deste afundamento (Serra da Boa Esperança). A parte meridional da antiga Bacia, situada no bloco elevado, foi destruída; já a parte setentrional, submergida até mesmo sob o nível do mar, ficou conservada.

Da Bacia de São José de Itaboraí para leste, ao longo da zona da falha, podem-se observar, no norte da linha da falha, mais algumas pequenas bacias isoladas e fechadas, aparentemente não formadas pela rede de drenagem. Às vezes são cortadas por pequenos barrancos mais recentes. Trata-se, sem dúvida, de formações análogas à Bacia de São José. Como essas bacias se acham cobertas por aluviões recentes, não se pode observar se as mesmas contêm, também, sedimentos lacustres e de fontes, sem realizar sondagens. A existência dessa Bacia, na zona ao longo da falha, confirma as idéias acima referidas (BEURLIN & SOMMER, 1954).

KING (1956) considera os movimentos que afetaram a zona de Itaboraí como pertencentes a mais de um época. Primeiro, os movimentos que criaram a bacia, deformando a superfície original e depois, pequena movimentação que permitiu a erosão do calcário durante o Paleoceno, e finalmente o fraturamento que fendou toda área ocupada pelo calcário e rebaixou o atual bloco falhado, ocorrendo também um basculamento em direção ao mar, conferindo ao calcário o mergulho atual de 30° para SE (*apud* RODRIGUES-FRANCISCO, 1975).

## 6.2 – Síntese da Segunda Fase

Trabalhos posteriores a década de setenta evidenciam que a bacia de Itaboraí está inserida no contexto tectônico relacionados aos eventos sofridos pela costa sudeste do Brasil entre as Eras Mesozóicas e Cenozóicas.

ALMEIDA (1976) associa a bacia de Itaboraí ao que o mesmo denominou de *Rift* da Guanabara. O *Rift* da Guanabara corresponde a uma região tectonicamente deprimida, na qual se situa a Baía de Guanabara. O mesmo é ladeado ao norte pelas Serras das Araras e dos Órgãos, pertencentes ao sistema orográfico da Serra do Mar, e ao sul pelas Serras da Carioca e do Mato Grosso. As altitudes ficam entre 500 m e 2000 m ao norte e 300 m a 600 m ao sul. O interior o *rift* apresenta um relevo bastante arrasado e raramente ultrapassa os 100 m, com exceção aos corpos alcalinos que podem atingir 500 m (FERRARI, 1989).

ALMEIDA & CARNEIRO (1998) relacionam a bacia de Itaboraí aos eventos que deram origem ao sistema de montanhas da Serra do Mar e da Mantiqueira. O mesmo constitui a mais destacada feição orográfica da borda Atlântica do continente sul-americano (Figura 6.5).

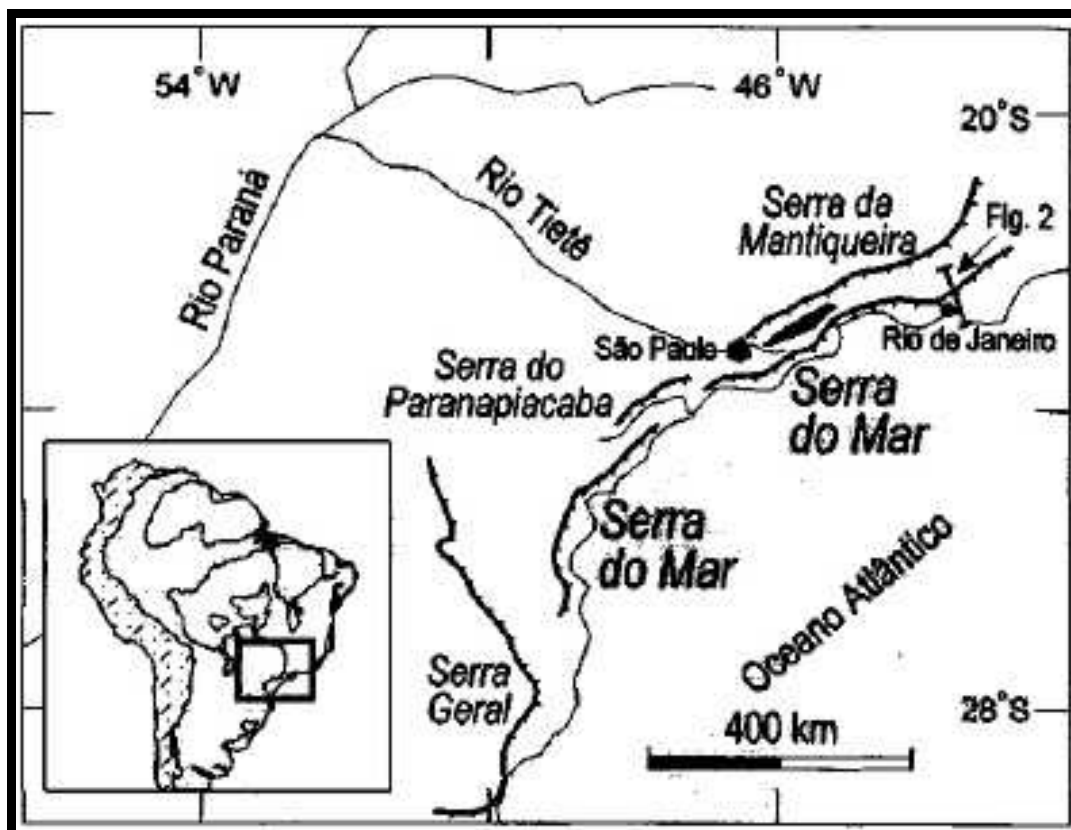


Figura 6.5(a): Mapa com a posição geográfica das principais serras da região sudeste do Brasil. Fonte: ALMEIDA & CARNEIRO, 1998



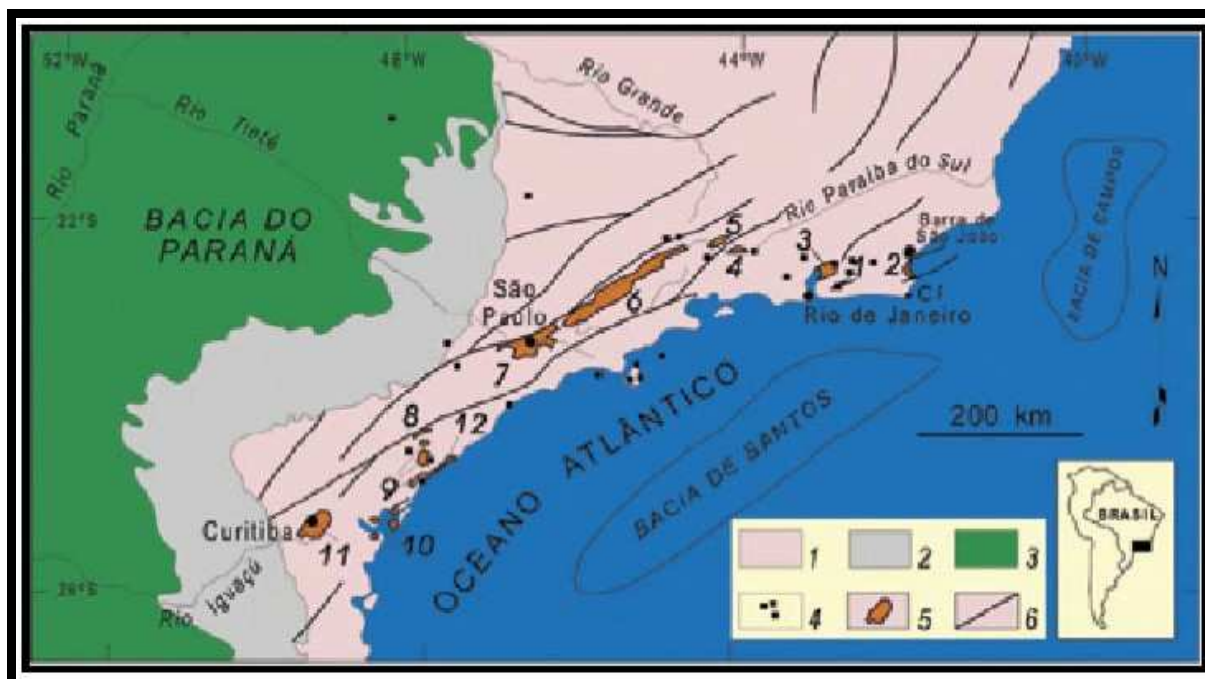


Figura 6.6: Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) – 1-Embasmto pré-cambriano, 2-Rochas sedimentares paleozóicas da bacia do Paraná, 3-Rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral, 4-Rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozóico-cenozóico, 5-Bacias cenozóicas do rift (1 – **Bacia de Itaboraí**, 2 – Graben de Barra de São João, 3 – Bacia de Macacu, 4 – Bacia de Volta Redonda, 5 – Bacia de Resende, 6 – Bacia de Taubaté, 7 – Bacia de São Paulo, 8 – Graben de Sete Barras, 9 – Formação Piraçüera-Açu, 10 – Formação Alexandra e Graben de Guaraqueçaba, 11 – Bacia de Curitiba, 12 – Graben de Cananéia); 6-Zonas de cisalhamento pré-cambrianas. Modificado de MELO *et al*, 1985 e RICCOMINI, 1989)

O *Rift* continental do Sudeste do Brasil, anteriormente denominado por ALMEIDA (1976) de Sistema de *Rifts* da Serra do Mar compreende, segundo (MELO *et al*, 1985b), cinco bacias principais de idade cenozóica, são elas: Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda. As mesmas estão dispostas em uma depressão alongada ENE paralela a linha de costa atual. Outras depressões mais reduzidas como o Graben de Sete Barras e as bacias de Itaboraí e Bonfim, também estão incluídas nesse contexto (RICCOMINI, 1989) (Figura 6.7).

ALMEIDA (1998) utilizou a designação Sistema de *Rifts* da Serra do Mar, procurando enfatizar o vínculo genético entre as depressões tectônicas (parcialmente ocupado por bacias sedimentares) e as regiões montanhosas soergidas por falhas.

O RCSB pode ser subdividido em três segmentos, são eles: o segmento ocidental, que engloba a Bacia de Curitiba, as Formações Alexandra e Piraçüera-Açu, e os Grabens de Guaraqueçaba, Cananéia e Sete Barras. Já o segmento central acolhe as bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda, assim como os depósitos das regiões de Bonfim e Cafundó. O segmento oriental contém as bacias de Macacu, Itaboraí e o Graben de Barra de São João (RICCOMINI, 1989).

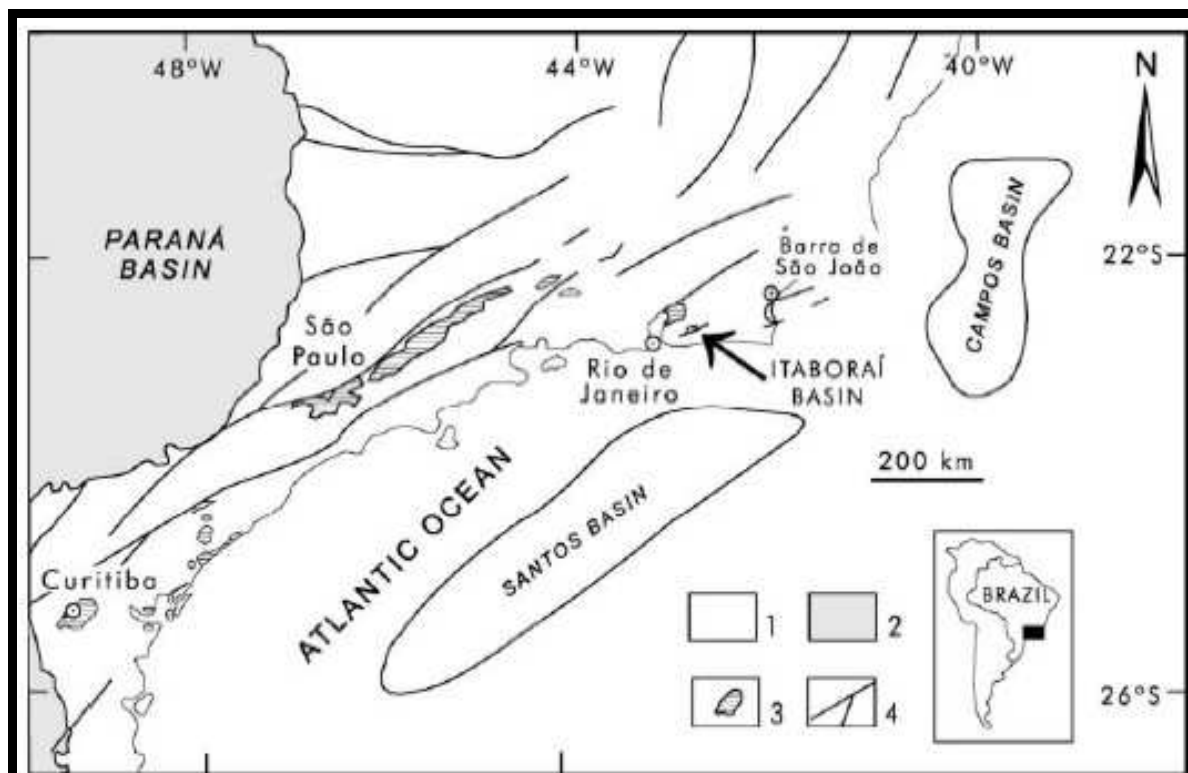


Figura 6.7: Contexto regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil e a localização da bacia de Itaboraí. Fonte: SANT'ANNA *et al*, 2004

Outro trabalho envolvendo a tectônica sofrida pela costa sudeste do Brasil foi publicado por André Ferrari em 2001. O mesmo inseriu a bacia de Itaboraí a uma estrutura conhecida como Graben da Guanabara.

O Graben da Guanabara foi definido por ALMEIDA (1976) que o denominou de *Rift* da Guanabara, englobando toda a área de relevo deprimido que se estende desde a Baía de Sepetiba, a oeste, até a localidade de Barra de São João, a leste (FERRARI, 2001).

No Graben da Guanabara é marcante o controle de uma zona de cisalhamento na implantação da Falha de São José, que limita a borda sul da Bacia de Itaboraí, ambas com sentido N65E (KLEIN & RODRIGUES-FRANCISCO, 1981).

De acordo com KLEIN & RODRIGUES-FRANCISCO (1981), os principais elementos estruturais observadas na bacia de Itaboraí são: dobras de arrasto onde passa a Falha de São José e, no paredão norte, também no gnaisse, ainda nos limites da bacia, falhamento reverso no calcário, próximo a Falha de S. José, dobras em *chevron* na parede norte e a zona brechada da falha transfersal.

FERRARI (2001) investigou a evolução tectônica do Graben da Guanabara a partir da análise dos campos de paleotensões geradores e deformadores das bacias de Itaboraí e Macacu, além dos corpos ígneos alcalinos e diques associados que

precedem e, localmente, acompanha a implantação do Graben. O mesmo autor caracterizou a atuação de quatro campos de paleotensões distintos, entre o Cretáceo Superior e o holoceno, correspondendo a quatro eventos deformacionais rúptes, são eles:

- Evento 1 – transcorrência sinistral, com atuação do Campaniano ao Eoceno Inferior, caracterizada por um  $\sigma_1$  horizontal posicionado na direção NE-SW. Esse campo de esforços controlou a implantação do Graben da Guanabara a partir da geração da bacia de Itaboraí, a intrusão dos corpos alcalinos e dos diques a eles associados e o hidrotermalismo tardio representado pelas brechas tectônicas silicificadas;

- Evento 2 – extensão NW-SE, que atuou no Eoceno Inferior ao Oligoceno Superior e controlou a implantação e evolução tectono-sedimentar da bacia de Macacu;

- Evento 3 – extensão NE-SW/transcorrência dextral, com provável atuação no Pleistoceno, deformou os corpos alcalinos e o preenchimento sedimentar do graben. A transcorrência dextral foi identificada nos corpos alcalinos, sendo posterior à sua intrusão e dos diques associados, sendo caracterizado por um  $\sigma_1$  de sentido NW-SE.

- Evento 4 – extensão E-W, de idade holocênica, foi responsável pela segmentação dos depósitos da bacia de Macacu, separando a bacia e as ocorrências isoladas da Formação Macacu, da Ilha do Governador e de Duque de Caxias.

Ainda de acordo com FERRARI (2001), as evidências de tectonismo na bacia de Itaboraí já foram apontadas por vários autores, tais como RUELLAN (1944), BEURLEN & SOMMER (1954), BRITO *et al.* (1972), RODRIGUES-FRANCISCO & CUNHA (1978), KLEIN & RODRIGUES-FRANCISCO (1981), HESSEL *et al.* (1993) e BERGQVIST (1996). Os mesmos evidenciaram o seguinte:

- O marcante controle exercido pela Falha de São José, de direção N65E e o mergulho alto com caimento para norte, que a limita ao sul;

- O adernamento das camadas em até 35° em direção à falha principal, na parte oeste da bacia, e de 10° para NE, em sua parte leste;

- Camadas de rudáceos mal selecionados, em meio aos calcários travertinos;

- Dique clástico de direção NE-SW;

- Falha reversa dentro da bacia, paralela a Falha de São José;
- “Estrutura Transversal”, representada por falha direcional NW-SE, com material brechado e silicificado associado, deslocando canais de dissolução preenchidos pela Seqüência Intermediária (S2) e separando dois compartimentos da bacia com comportamento estrutural distinto;
  - Camadas com mergulho de alto ângulo próximo a falha de borda;
  - Blocos do embasamento por cima dos sedimentos, próximo a Falha de São José;
  - Dique de ankaramito orientado na direção N45E, com 10 metros de espessura e 150 metros de comprimento.

Foi determinado que a bacia de Itaboraí, de idade paleocênica, possui a maior taxa de estiramento entre todas as bacias do RCSB, de pouco mais de 10%. A presença de veios de calcário travertino com alto e baixo ângulo de mergulho, cortando o embasamento e preenchendo a Falha de São José; as microfalhas direcionais que afetam o preenchimento da bacia e a contemporaneidade da extensão nos sentidos NW-SE e NE-SW indicam a complexidade da evolução tectônica da bacia de Itaboraí (FERRARI, 2001).

Com base no conjunto de dados preexistentes e nos apresentados por FERRARI (2001), pode-se relacionar a história tectônica da Bacia de Itaboraí em dois campos de paleotensões distintos:

- Extensão NW-SE, responsável pela formação da bacia, pela deposição do seu preenchimento, pelo adernamento das camadas contra a Falha de São José, pela intrusão dos veios de calcário travertino verticais e pela intrusão do dique de ankaramito;
- Compresssão NW-SE, responsável pela inversão da bacia, gerando a falha reversa de direção ENE-WSW interna a ela, as fatias do embasamento sobre os sedimentos da bacia e os veios de calcário travertino horizontais. A extensão ortogonal e a compressão, de direção NE-SW, podem ter gerado o adernamento das camadas da porção oriental da bacia para NE.

Mais recentemente, ZALÁN & OLIVEIRA (2005) denominaram a associação das Serras do Mar e Mantiqueira com os vales tectônicos intervenientes e suas extensões na plataforma continental das bacias de Santos e Campos de Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB). Os autores delimitaram riftes de

grandes dimensões, alguns contendo, em áreas mais restritas, pacotes sedimentares aprisionados como no caso das bacias de São Paulo, Taubaté, Resende, Volta Redonda e Macacu. Bordas falhadas e flexurais, zonas de acomodação, falhas transcorrentes e compartimentos menores como grábens e sub-grábens foram interpretados. Com isso, foram definidos quatro grandes riftes ou corredores de grábens, são eles: *Rifts* Paraíba do Sul, Litorâneo (no qual a bacia de Itaboraí está inserida), Ribeira e o Marítimo (Figura 6.8).

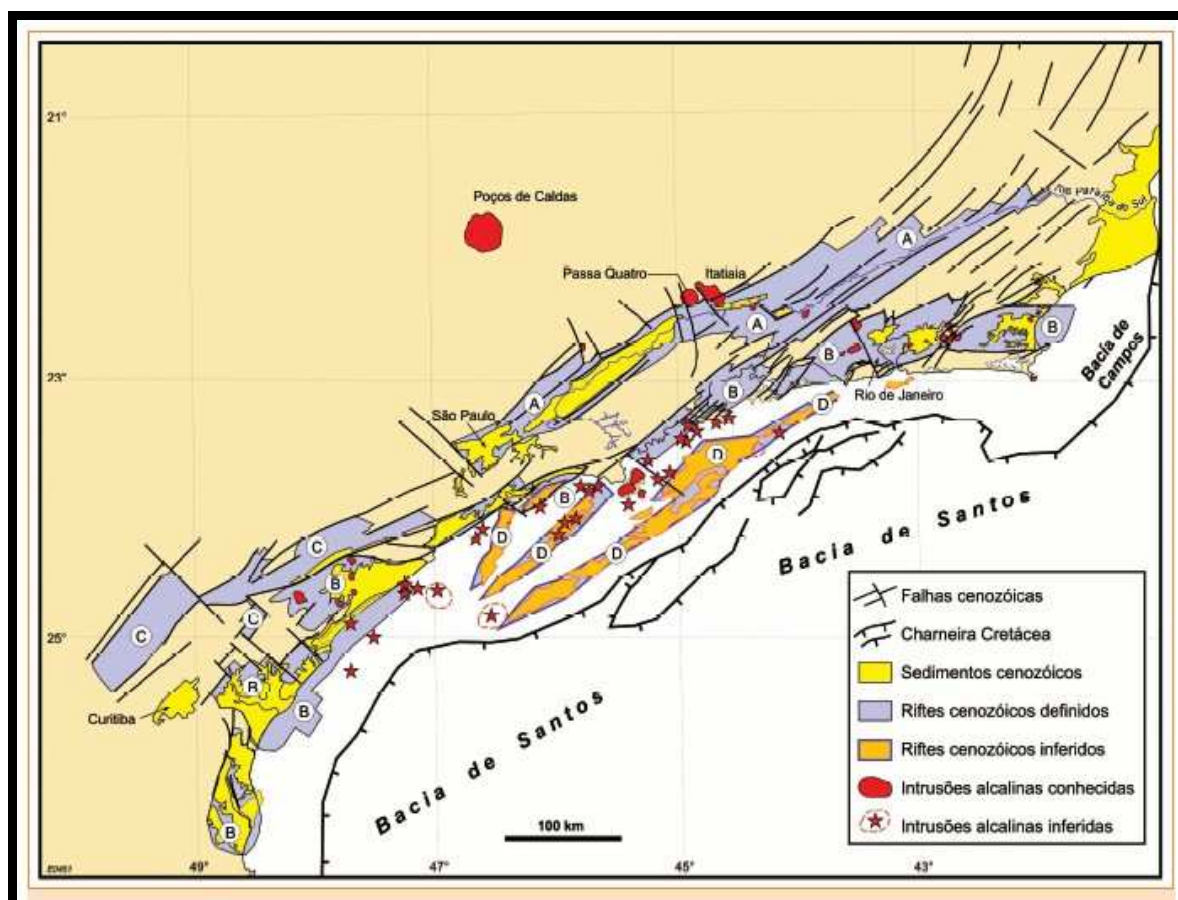


Figura 6.8: Mapa de distribuição dos quatro riftes do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB): (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marinho. A bacia de Itaboraí está inserida dentro do *Rift* Litorâneo. Fonte: ZALÁN & OLIVEIRA, 2005

### 6.2.1 – Síntese do *Rift* Litorâneo

O *Rift* Litorâneo engloba, de Leste para Oeste, os grábens de Barra de São João, Guanabara, Ubatuba, Santos, ribeira do Iguape, Cananéia e Paranaguá ZALÁN & OLIVEIRA (2005). Em alguns pontos isolados, os *rifts* terrestres se interligam. O *Rift* Paraíba do Sul se une ao *Rift* Litorâneo através do patamar ou rampa de razeamento de Lídice, próximo a Angra dos Reis (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998). Nos mapas geológicos do sudeste do Brasil, as extensas zonas de



cisalhamento de direção NE/SO no embasamento criaram um padrão geométrico rômbo/sigmoidal recorrente entre as diversas unidades pré-cambrianas, e que, por vezes, controlam a instalação dos *riffts* cenozóicos.

As altitudes atuais das montanhas que circulam o SRCBS são resultados de, pelo menos, dois episódios de alçamento. Diretas evidências são fornecidas por estudos de traços de fissão de apatita que apontam para um importante soerguimento sofrido pelo embasamento entre 85-65 Ma (TELLO SAENS *et al*, 2003) (*apud* ZALÁN & OLIVEIRA, 2005).

O rejeito do embasamento na borda norte da bacia de Taubaté é da ordem de 2500 m (1500 m na escarpa da Serra da Mantiqueira mais 1000 m de espessura de sedimentos), semelhante ao da borda da bacia de Resende (2000 m de escarpa da Serra de Itatiaia mais 500 m de espessura sedimentar). Na borda norte do Gráben da Guanabara estima-se um rejeito de 2200 m (desnível entre a Serra dos Órgãos e a Baixada Fluminense) (ZALÁN & OLIVEIRA, 2005).

A geração de intenso relevo vertical por abatimentos seletivos de blocos, gerando grábens e ombreiras, rejuvenesceu a erosão do embasamento cristalino e, como conseqüência, o aumento da carga de sedimentos clásticos nas drenagens que fluíram do interior dos *riffts* para as bacias adjacentes (ZALÁN & OLIVEIRA, 2005). Ainda segundo os mesmos autores, a ocorrência de quatro grandes *riffts* subparalelos, contendo compartimentos (grábens e sub-grábens), aponta para uma tectônica distensional típica, onde elementos estruturais familiares como bordas falhadas e flexural, perfis de blocos planares rotacionais e grábens assimétricos/simétricos, comuns em outros *riffts* bem estudados, podem ser reconhecidos. Esta tectônica foi responsável pela reativação de câmaras magmáticas alcalinas na parte terrestre (lavas ankaramíticas e diques de fonolitos, 55-40 Ma, GUEDES *et al*, 2005) (*apud* ZALÁN & OLIVEIRA, 2005).

## **7 – ESTRATIGRAFIA**

Quanto à estratigrafia da Bacia de São José de Itaboraí, embora aparentemente bastante simples, na verdade é muito complexa quando se desce às particularidades, em razão dos diversos eventos locais e regionais que a afetara ao longo de sua história geológica (tab. 7.1). Esta, aliás, está inserida em um contexto regional mais amplo, que é a borda leste da América do Sul, a qual por sua vez é integrante da Placa Tectônica Sul-Americana (RODRIGUES-FRANCISCO, 1989).