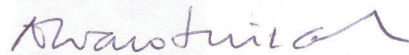


EMPREGO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E MÉTODOS
POTENCIAIS NA CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO DA
BACIA DE CAMAMU-ALMADA, BA

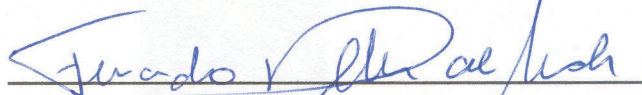
Elio Perez Cuiñas Filho

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA
CIVIL

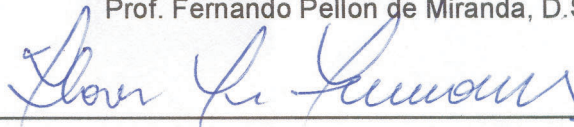
Aprovada por:



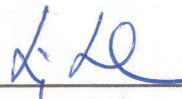
Prof. Álvaro Luiz Gayoso de Azeredo Coutinho, D.Sc.



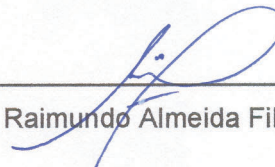
Prof. Fernando Pellon de Miranda, D.Sc.



Dr. Flavio Luis Fernandes, D.Sc.



Prof. Luiz Landau, D.Sc.



Prof. Raimundo Almeida Filho, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

SETEMBRO DE 2004

CUIÑAS FILHO, ELIO PEREZ

Emprego de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Métodos Potenciais na Caracterização Estrutural do Embasamento da Bacia de Camamu-Almada, BA [Rio de Janeiro] 2004

XVI, 93p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2004)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Bacia de Camamu-Almada
2. Geologia Estrutural
3. Sensoriamento Remoto
4. Métodos Potenciais
5. Modelagem de Bacias

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

*"O pessimista se queixa do vento, o otimista espera que
ele mude e o realista ajusta as velas".
(William George Ward - Teólogo Inglês, 1812-1882)*

Dedico esta obra à minha família.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer publicamente a todos os amigos do LAB2M que tornaram possível este trabalho, em especial: Ademilson Brito, Allan Porto, Christian Niño, Davi Tatagiba, Flavio Fernandes, Jaci Guigon, Jason Carneiro, José Bento, José Guilherme de Castilho, Juliana Vieira, Paulo de Tarso, Roberto Rocha, Thamy Sales e Verônica Vieira.

Aos amigos do LAMCE: Magda Almada, Mônica Caruso e Sergio Caruso.

Aos amigos de outras instituições: Elisa Tactuk (RSI), Erin Seeley (RSI), Juliano Kuchle (UFRGS), Pamela Welgan (RSI), Raimundo Almeida (INPE) e Walter Medeiros (UFRN).

Aos amigos mais do que especiais: Felix Gonçalves, Giuseppe Bacocoli, Luiz Landau e Ricardo Bedregal.

A Agência Espacial Canadense (CSA) pelo apoio através do programa Dados para Uso em Pesquisas (DRU).

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio financeiro através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT.

APOIO



Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

EMPREGO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E MÉTODOS
POTENCIAIS NA CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO DA BACIA
DE CAMAMU-ALMADA, BA

Elio Perez Cuiñas Filho

Setembro/2004

Orientadores: Luiz Landau

Raimundo Almeida Filho

Programa: Engenharia Civil

A Bacia de Camamu-Almada está situada na porção central do litoral do estado da Bahia, abrangendo parte da planície costeira e estendendo-se ao ambiente marinho. É limitada a norte com a Bacia do Recôncavo pela Falha da Barra e a sul com a Bacia de Jequitinhonha pelo Alto de Olivença. O padrão estrutural do embasamento cristalino é aqui estudado através de técnicas de sensoriamento remoto e métodos potenciais, especificamente a gravimetria, visando o entendimento dos agentes controladores de sua formação e a observação da morfologia atual. Com base na integração das diferentes informações foi possível estimar que a estruturação da bacia está condicionada a reativação de zonas de fraqueza implantadas durante ciclos orogênicos pretéritos.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

USE OF REMOTE SENSING AND POTENTIAL FIELD TECHNIQUES TO OUTLINE THE
BASEMENT STRUCTURAL FRAMEWORK OF CAMAMU-ALMADA BASIN, BA

Elio Perez Cuiñas Filho

September/2004

Advisors: Luiz Landau

Raimundo Almeida Filho

Department: Civil Engineering

The Camamu-Almada Basin is situated in the middle portion of Bahia State's coast, including part of the coastal plain and extending on the marine environment. It is limited to the north by Barra Fault (Recôncavo Basin) and to the south by Olivença High (Jequitinhonha Basin). The basement structural framework is studied using remote sensing and potential field techniques to understand basin generation controls and the present morphology. The integration of these different information permits to deduce that basin structures have a direct relationship with weakness zones created during older orogenic cycles.

ÍNDICE DO TEXTO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA | 1 |
| 1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA | 3 |
| 1.3. CONTEÚDO DA DISSERTAÇÃO | 3 |
| CAPÍTULO 2: ÁREA DE ESTUDO | 5 |
| 2.1. LOCALIZAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO | 5 |
| 2.2. SUPORTE BIO-FÍSICO DA PAISAGEM..... | 6 |
| 2.2.1. <i>Geomorfologia</i> | 6 |
| 2.2.2. <i>Clima</i> | 7 |
| 2.2.3. <i>Vegetação</i> | 7 |
| 2.2.4. <i>Aspectos Sócio-Econômicos</i> | 8 |
| 2.3. GEOLOGIA DA ÁREA | 8 |
| 2.3.1. <i>Contexto Geológico Regional</i> | 8 |
| 2.3.2. <i>Contexto Estratigráfico Regional</i> | 12 |
| 2.3.3. <i>Descrição das Unidades Estratigráficas da Área de Estudo</i> | 16 |
| 2.3.4. <i>Características Estruturais</i> | 19 |
| 2.3.5. <i>Sistema Petrolífero</i> | 22 |
| CAPÍTULO 3: MATERIAL UTILIZADO | 24 |
| 3.1. DADOS GEOLÓGICOS PRÉVIOS | 24 |
| 3.2. SENSORIAMENTO REMOTO..... | 25 |
| 3.2.1. <i>Imagens LANDSAT (TM e ETM+)</i> | 26 |
| 3.2.2. <i>Imagens RADARSAT-1</i> | 27 |
| 3.2.3. <i>Dados SRTM</i> | 30 |
| 3.3. MÉTODOS POTENCIAIS..... | 33 |
| 3.3.1. <i>Dados de Gravimetria</i> | 33 |
| 3.4. PROGRAMAS DE COMPUTADOR..... | 36 |
| CAPÍTULO 4: MÉTODOS | 37 |
| 4.1. PREPARAÇÃO DAS IMAGENS..... | 37 |
| 4.2. EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS | 37 |
| 4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE LINEAMENTOS | 40 |
| 4.4. ANÁLISE DOS DADOS DE GRAVIMETRIA | 43 |
| CAPÍTULO 5: RESULTADOS | 49 |
| 5.1. ANÁLISE ESTRUTURAL DA PORÇÃO EMERSA | 49 |
| 5.2. ANÁLISE ESTRUTURAL DA PORÇÃO SUBMERSA..... | 59 |
| 5.3. GEOMETRIA DA BACIA..... | 63 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.1. <i>Interpretação Alternativa para as Inversões Gravimétricas</i> | 69 |
| 5.4. INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES | 72 |
| CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES | 75 |
| CAPÍTULO 7: DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS | 77 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 79 |
| ANEXOS | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE CAMAMU-ALMADA.</i> | 1 |
| <i>FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS PERFURADOS NA BACIA DE CAMAMU-ALMADA.</i> | 2 |
| <i>FIGURA 3 - MALHA RODOVIÁRIA E FERROVIÁRIA, VIAS DE ACESSO.</i> | 5 |
| <i>FIGURA 4 - COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA (MODIFICADO DE MASCARENHAS, 1979).</i> | 6 |
| <i>FIGURA 5 - CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL (MODIFICADO DE TEIXEIRA ET. AL., 2000 E SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.1) E ÁREA DE ESTUDO (QUADRADO PRETO).</i> | 9 |
| <i>FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO TECTÔNICO REGIONAL (MODIFICADO DE SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.2 E TEIXEIRA ET. AL., 2000). O PERFIL AA' ENCONTRA-SE NA FIGURA 7.</i> | 10 |
| <i>FIGURA 7 - PERFIL ESQUEMÁTICO DA ÁREA DE ESTUDO MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS ROCHAS QUE COMPÕEM O EMBASAMENTO CRISTALINO (MODIFICADO DE BARBOSA, 1997); VER FIGURA ANTERIOR.</i> | 11 |
| <i>FIGURA 8 - SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA DA BACIA DE CAMAMU MOSTRANDO O EMPILHAMENTO ESTRATIGRÁFICO E PRINCIPAIS ESTRUTURAS (FONTE: ANP).</i> | 13 |
| <i>FIGURA 9 - CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DE CAMAMU (MODIFICADA DE NETTO ET AL., 1994 – FONTE: ANP).</i> | 14 |
| <i>FIGURA 10 - CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DE ALMADA (MODIFICADA DE NETTO ET AL., 1994 – FONTE: ANP).</i> | 15 |
| <i>FIGURA 11 – DOMÍNIOS TECTÔNICOS E PRINCIPAIS ESTRUTURAS DO EMBASAMENTO CONTÍGUO À ÁREA DE ESTUDO (MODIFICADO DE BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1981 E SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.2); 1) ESTRUTURA CIRCULAR DE BREJÕES, 2) FALHA ESCARPA DO PLANALTO, 3) FALHA DA SERRA PELADA, 4) FALHA DO RIO COLÔNIA, 5) ALINHAMENTO MARAGOGIPE-ITUBERÁ, 6) FALHA DO JEQUEZINHO, 7) FALHA DE POTIRAGUÁ, 8) DOBRAMENTO REGIONAL DE SANTA INÊS, 9) FALHA DE SALVADOR, 10) SINFORMAL DE MILAGRES, 11) FALHA DE MILAGRES, ZCI-IC) ZONA DE CISALHAMENTO ITABUNA-ITAJÚ DO COLÔNIA.</i> | 21 |
| <i>FIGURA 12 - DIAGRAMA DE EVENTOS DO SISTEMA PETROLÍFERO MORRO DO BARRO(!) (MODIFICADO DE GONÇALVES ET. AL., 2000).</i> | 23 |
| <i>FIGURA 13 - MAPA GEOLÓGICO (POR IDADE) DA ÁREA DE ESTUDO (MODIFICADO DE SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.1).</i> | 24 |
| <i>FIGURA 14 - ARCABOUÇO ESTRUTURAL SIMPLIFICADO DAS SEÇÕES RIFTE E PRÉ-RIFTE NA PORÇÃO SUBMERSA DA BACIA DE CAMAMU-ALMADA (MODIFICADO DE GONÇALVES ET. AL., 2000).</i> | 25 |
| <i>FIGURA 15 - IMAGENS LANDSAT UTILIZADAS.</i> | 27 |
| <i>FIGURA 16- MODOS DE OPERAÇÃO DO RADARSAT-1 (FONTE: RADARSAT(A) - GEOLOGY HANDBOOK).</i> | 28 |
| <i>FIGURA 17 - RESOLUÇÃO ESPACIAL E ÁREA NOMINAL DOS MODOS DE OPERAÇÃO DO RADARSAT-1.</i> | 29 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 18 - IMAGENS RADARSAT-1 UTILIZADAS..... | 29 |
| FIGURA 19 - DIREÇÕES DE VISADAS EM ÓRBITAS ASCENDENTE E DESCENDENTE DO RADARSAT-1 (FONTE: RADARSAT(B) – ILLUMINATED)..... | 30 |
| FIGURA 20 - COBERTURA DO PROJETO SRTM (ÁREAS EM TONS DE VERDE) (FONTE: NASA(B))..... | 31 |
| FIGURA 21 - IMAGENS SRTM UTILIZADAS NO ESTUDO. | 32 |
| FIGURA 22 - LEVANTAMENTOS GRAVIMÉTRICOS UTILIZADOS. OBS: A LINHA PRETA FINA REPRESENTA A COTA BATIMÉTRICA DE 400 METROS E O QUADRADO AZUL, A ÁREA DE ESTUDO..... | 35 |
| FIGURA 23 – EXEMPLO DE IMAGEM SRTM SOMBREADA COM DIFERENTES AZIMUTES DE ILUMINAÇÃO (135° E 0°). 38 | |
| FIGURA 24 - O PADRÃO DE DRENAGEM COMO INDICATIVO DE LINEAMENTOS (IMAGEM LANDSAT 7/ETM+, COMPOSIÇÃO 5R4G3B). | 39 |
| FIGURA 25 - COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM LANDSAT 7/ ETM+, COMPOSIÇÃO 5R4G3B (ACIMA) E MNT SOMBREADO DO SRTM (ABAIXO); ESTRUTURA CIRCULAR DE BREJÕES..... | 41 |
| FIGURA 26 - SUBDIVISÃO DA ÁREA EM ESTUDO EM SETORES PARA A CONFEÇÃO DAS ROSETAS. | 42 |
| FIGURA 27 - MAPA REGIONAL DE ANOMALIA FREE-AIR. OBS: O QUADRADO VERMELHO REPRESENTA A ÁREA DE ESTUDO..... | 45 |
| FIGURA 28 - MAPA REGIONAL DE ANOMALIA BOUGUER. OBS: O QUADRADO VERMELHO REPRESENTA A ÁREA DE ESTUDO..... | 46 |
| FIGURA 29 – MAPA DE ANOMALIA BOUGUER RESIDUAL DA BACIA DO RECÔNCAVO COMO BALIZADOR NA IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURAS; 1) FALHA DE MATA-CATU; 2) ALTO DE D. JOÃO; 3) ALTO DE APORÁ; 4) BAIXO DE CAMAÇARI; 5) BAIXO DE ALAGOINHAS; 6) BAIXO DE QUIAMBINA (MODIFICADO DE FIGUEIREDO ET. AL., 1994). | 47 |
| FIGURA 30 - LINEAMENTOS INTERPRETADOS NA ÁREA DE ESTUDO..... | 49 |
| FIGURA 31 - HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA ABSOLUTA DOS LINEAMENTOS POR COMPRIMENTO..... | 50 |
| FIGURA 32 - HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA RELATIVA POR DIREÇÃO..... | 50 |
| FIGURA 33 - DIAGRAMAS DE ROSETAS POR SETOR; COMPARAR COM FIGURA 26..... | 51 |
| FIGURA 34 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS EM TODAS AS DIREÇÕES POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM). OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA E A LINHA PRETA, OS LIMITES TECTÔNICOS. | 53 |
| FIGURA 35 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N0° A N10°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA. | 54 |
| FIGURA 36 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N10° A N20°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA. | 54 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 37 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N20° A N30°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA. | 55 |
| FIGURA 38 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N30° A N40°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA. | 55 |
| FIGURA 39 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N40° A N50°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA. | 56 |
| FIGURA 40 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N50° A N60°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA. | 56 |
| FIGURA 41 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N100° A N110°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA..... | 57 |
| FIGURA 42 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N110° A N120°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA..... | 57 |
| FIGURA 43 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N120° A N130°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA..... | 58 |
| FIGURA 44 - FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS POR UNIDADE DE ÁREA (25 X 25KM) ENTRE AS DIREÇÕES N90° A N100°. OBS: OS NÚMEROS REPRESENTAM A QUANTIDADE DE LINEAMENTOS DE CADA CÉLULA..... | 58 |
| FIGURA 45 - MAPA DE ANOMALIA BOUGUER RESIDUAL DA ÁREA DE ESTUDO. | 60 |
| FIGURA 46 - MAPA ESTRUTURAL DA PORÇÃO SUBMERSA INTERPRETADA ATRAVÉS DA GRAVIMETRIA..... | 61 |
| FIGURA 47 - PROVÁVEL POSIÇÃO DE CONTATO ENTRE CROSTA CONTINENTAL E CROSTA OCEÂNICA (LINHA PRETA TRACEJADA)..... | 62 |
| FIGURA 48 - MAPA DE ANOMALIA BOUGUER REGIONAL SOMBREADO (FILTRO PASSA BAIXA COM 150KM DE COMPRIMENTO DE ONDA) DEMONSTRANDO A SUBIDA DO MANTO CONFORME AUMENTO DO VALOR GRAVIMÉTRICO. | 63 |
| FIGURA 49 - MAPA DE ANOMALIA BOUGUER SOMBREADO COM O POSICIONAMENTO DOS PERFIS GRAVIMÉTRICOS MODELADOS. OBS: OS PONTOS PRETOS AO LONGO DOS PERFIS REPRESENTAM O LIMITE ENTRE AS CROSTAS CONTINENTAL E OCEÂNICA. | 64 |
| FIGURA 50 - MODELAGEM GRAVIMÉTRICA AO LONGO DO PERFIL B, INDICANDO O DEPOCENTRO DA BACIA E SUBIDA ABRUPTA DO MANTO..... | 65 |
| FIGURA 51 - MODELAGEM GRAVIMÉTRICA AO LONGO DO PERFIL A, INDICANDO O ALTO ESTRUTURAL INTERNO DA BACIA E A RAMPA SUAVE DE SUBIDA DO MANTO. | 66 |
| FIGURA 52 - MODELAGEM GRAVIMÉTRICA AO LONGO DO PERFIL C, INDICANDO A PROFUNDIDADE DO EMBASAMENTO EM ATÉ 5KM NA PLATAFORMA CONTINENTAL..... | 67 |
| FIGURA 53 - MODELAGEM GRAVIMÉTRICA AO LONGO DO PERFIL D, INDICANDO A PROFUNDIDADE DO EMBASAMENTO EM ATÉ 5KM NA PLATAFORMA CONTINENTAL..... | 67 |

| | |
|---|-----------|
| <i>FIGURA 54 - MODELAGEM GRAVIMÉTRICA AO LONGO DO PERFIL E, INDICANDO DUAS SUB-BACIAS NA PORÇÃO SUL DA ÁREA DE ESTUDO (BACIA DE ALMADA).....</i> | <i>68</i> |
| <i>FIGURA 55 - INTERPRETAÇÃO ALTERNATIVA PARA O PERFIL B, INDICANDO MELHOR AJUSTE DA CURVA ENTRE OS VALORES OBSERVADOS E CALCULADOS COM A INFERÊNCIA DO SUPOSTO GREENSTONE-BELT.....</i> | <i>70</i> |
| <i>FIGURA 56 - INTERPRETAÇÃO ALTERNATIVA PARA O PERFIL D, INDICANDO MELHOR AJUSTE DA CURVA ENTRE OS VALORES OBSERVADOS E CALCULADOS COM A INFERÊNCIA DO SUPOSTO GREENSTONE-BELT.....</i> | <i>70</i> |
| <i>FIGURA 57 - INTERPRETAÇÃO ALTERNATIVA PARA O PERFIL E, INDICANDO MELHOR AJUSTE DA CURVA ENTRE OS VALORES OBSERVADOS E CALCULADOS COM A INFERÊNCIA DO SUPOSTO GREENSTONE-BELT.....</i> | <i>71</i> |
| <i>FIGURA 58 - LINEAMENTOS INTERPRETADOS, ROSETAS E BATIMETRIA, INDICANDO O CONTROLE ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO (SETOR 4) SOBRE A IMPLANTAÇÃO DO CÂNION JEQUIRIÇÁ.....</i> | <i>72</i> |
| <i>FIGURA 59 - MAPA DE ANOMALIA BOUGUER RESIDUAL COM AS PRINCIPAIS ESTRUTURAS DA PORÇÃO SUBMERSA (MODIFICADO DE GONÇALVES ET. AL., 2000).....</i> | <i>73</i> |
| <i>FIGURA 60 - INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS A PARTIR DOS DADOS DE GRAVIMETRIA (OFF-SHORE) E MAPA ESTRUTURAL DA CPRM ESCALA 1:2.500.000 (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.2).</i> | <i>74</i> |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| <i>TABELA 1 - INFORMAÇÕES DAS IMAGENS LANDSAT UTILIZADAS.</i> | <i>27</i> |
| <i>TABELA 2 - DENSIDADE MÉDIA DAS ROCHAS QUE COMPÕEM A CROSTA CONTINENTAL NA ÁREA DE ESTUDO (ARCANJO, 1997).....</i> | <i>48</i> |
| <i>TABELA 3 – FEIÇÕES GEOLÓGICAS MODELADAS EM CADA PERFIL.....</i> | <i>69</i> |

LISTA DE NOMENCLATURA

- ANP – Agência Nacional do Petróleo
- BDEP – Banco de Dados de Exploração e Produção
- CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral
- CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
- CSA - Canadian Space Agency
- DEM – Digital Elevation Model
- ERTS - Earth Resources Technology Satellite
- ETM+ - Enhanced Thematic Mapper
- Ga – Bilhões de anos
- GCP – Ground Control Point
- GIS - Geographic Information System
- GRF – Gravity Reference Field
- IGSN71 - International Gravity Standardization Net 1971
- Ma – Milhões de anos
- MNT – Modelo Numérico do Terreno
- NASA - National Aeronautics and Space Administration
- NGA - National Geospatial-Intelligence Agency
- PLGB - Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil
- RGW – Rede Gravimétrica de Wollard
- RMS - Root Mean Square
- RSI – Radarsat International Inc.
- SAD69 – South American Datum 1969
- SRTM - Shuttle Radar Topography Mission
- TM – Thematic Mapper
- UTM – Universal Transverse Mercator
- WGN – Woollard Gravity Network

Capítulo 1: INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do Problema

A Bacia de Camamu-Almada (Figura 1), ainda pouco conhecida, é considerada uma fronteira exploratória para óleo e gás, ao contrário da Bacia do Recôncavo que se encontra em estágio de exploração maduro.

Até o presente são conhecidas cinco acumulações de hidrocarbonetos na bacia, representadas por dois campos terrestres próximos à Bacia do Recôncavo: Morro do Barro (gás) e Jiribatuba (óleo), e três acumulações marítimas: área do 1BAS-64 (óleo), campo Sardinha, também conhecido como área do 1BAS-97 (gás) e o campo Manati, conhecido como área do BCAM-40 (gás). Esta última constitui uma reserva estimada em 20 bilhões de m³ de gás, em lâmina d'água de 38 metros, a 10 km da costa e a 75 km de Salvador e vem atraindo a atenção das grandes empresas petrolíferas para a região.

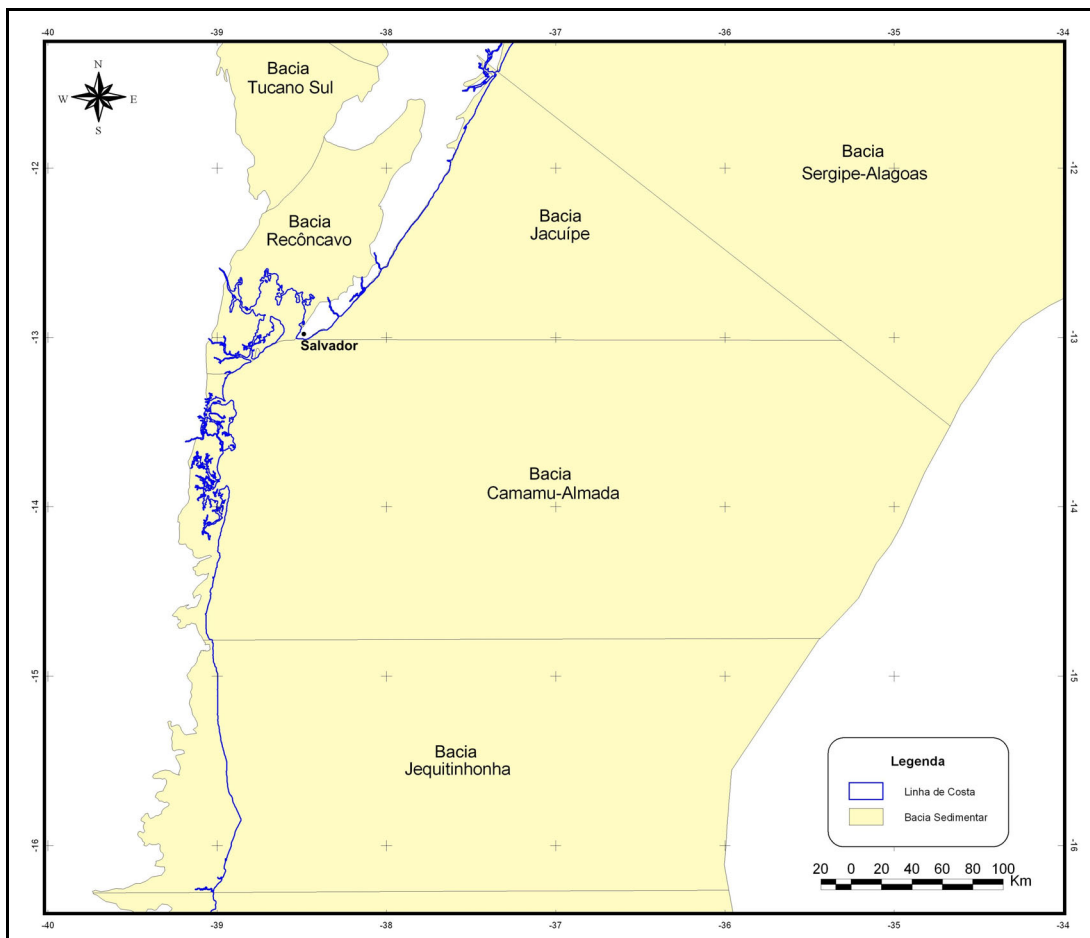


Figura 1 - Localização da Bacia de Camamu-Almada.

Segundo informações disponibilizadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), através do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP), existem apenas 74 poços exploratórios perfurados na bacia, distribuídos em uma área de aproximadamente 23.000 km², até a cota batimétrica de 3000 metros, resultando em uma densidade aproximada de um poço exploratório a cada 310 km². Essa densidade aumenta para um poço a cada 116 km², se considerarmos apenas a porção terrestre e plataformal, até a batimetria de 400 metros. Porém, quase 65% da bacia está situada em águas profundas e a maioria dos poços encontra-se na plataforma continental ou na porção terrestre (Figura 2). Portanto, pode-se considerar que esta bacia está relativamente bem testada em águas rasas e pouquíssimo conhecida em águas profundas, com a densidade de um poço a cada 3.688 km², entre os limites de 400 metros e 3.000 metros de lâmina d'água.

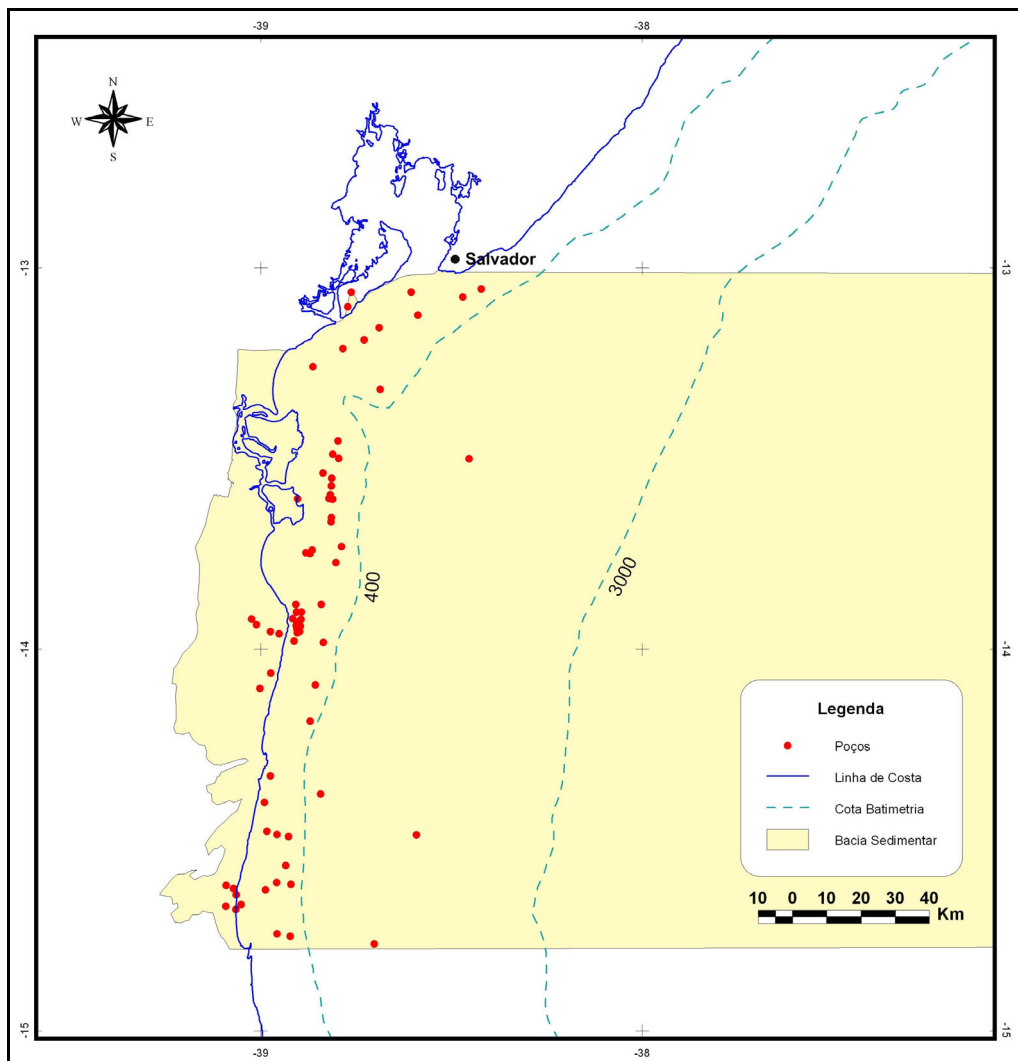


Figura 2 - Localização dos poços perfurados na Bacia de Camamu-Almada.

Do total de poços perfurados na área, apenas 5,4% foram descobridores de campos de óleo ou gás, demonstrando um baixo índice de sucesso exploratório, o que leva a intuir que os modelos prospectivos empregados até o momento podem não ter sido os mais adequados, visto que o potencial petrolífero da área é confirmado com base nas acumulações já encontradas.

Em vista disso, a utilização de informações geradas por novas tecnologias, integradas com dados já disponíveis, poderá contribuir para uma melhor compreensão sobre a bacia, levando à concepção de um modelo prospectivo que possa proporcionar maior índice de sucesso, tanto em águas rasas quanto em águas profundas.

1.2. Objetivos da Pesquisa

Este estudo tem por objetivo investigar os principais *trends* estruturais da Bacia Camamu-Almada, assim como do embasamento cristalino contíguo, como subsidio ao entendimento dos mecanismos de sua formação, visando fornecer informações que possam ser úteis à prospecção de hidrocarbonetos.

Para isso, lança-se mão de técnicas de sensoriamento remoto com extração de lineamentos da porção emersa da bacia, bem como de análises estatístico-espaciais desses dados para a identificação de padrões estruturais presentes na área.

Na porção submersa foram utilizados dados de métodos potenciais (gravimetria) visando: a) avaliar o padrão estrutural da bacia em menor escala, compatível com a resolução deste tipo de dado; e b) estimar a profundidade do embasamento através de técnicas de inversões gravimétricas.

1.3. Conteúdo da Dissertação

No Capítulo 1 são abordados assuntos como a problemática em si, uma breve síntese dos esforços exploratórios e das acumulações já descobertas, além dos objetivos e justificativa do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta a área de estudo como um todo, abordando temas como a localização geográfica e a caracterização do espaço, com a descrição do suporte físico, biológico e sócio-econômico da área de estudo, com destaque na geologia regional e local.

No Capítulo 3 são apresentadas todas as ferramentas utilizadas no trabalho, com a descrição dos dados geológicos prévios, das imagens de sensoriamento remoto, dos levantamentos gravimétricos e dos programas de geoprocessamento utilizados para manipulação dessas informações, além da introdução de alguns conceitos básicos necessários para o entendimento das operações.

No Capítulo 4 é apresentado todo o método utilizado para a preparação dos dados, tanto na porção emersa, quanto na porção submersa da bacia, assim como para a interpretação e análise estatística dos lineamentos.

O Capítulo 5 trata dos resultados alcançados, descrevendo o padrão estrutural das porções emersa e submersa da bacia, apresentando também a integração das ferramentas utilizadas, assim como a apresentação da geometria do embasamento a partir de inversões gravimétricas.

No Capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões alcançadas com o trabalho.

O Capítulo 7 aborda as considerações finais, ressaltando a importância de se trabalhar com a integração de dados e apresentando alternativas para trabalhos futuros, tanto para agregar novas informações a este trabalho, quanto para a aplicação dessa técnica em outras bacias, sejam elas de novas fronteiras exploratórias ou não.

Capítulo 2: ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização e Organização do Espaço

A Bacia de Camamu-Almada está situada na porção central do litoral do estado da Bahia, abrangendo parte da planície costeira e estendendo-se ao ambiente marinho. É limitada a norte com as bacias do Recôncavo e Jacuípe pelas falhas da Barra e Itapoã, respectivamente, e a sul com a Bacia de Jequitinhonha pelo Alto de Olivença (Netto *et. Al.*, 1994). Perfaz uma área de aproximadamente 23.000 km², considerando-se a cota batimétrica de 3000 metros como limite leste, podendo ser dividida em 2 sub-bacias pelo Alto de Itacaré. Porém, devido às semelhanças deposicionais a partir do Eocretáceo, estas sub-bacias são por muitas vezes descritas conjuntamente na literatura.

A porção emersa estende-se desde o município de Vera Cruz, na Ilha de Itaparica, cujas coordenadas são 12,96°S / 38,60°W, até o município de Ilhéus, de coordenadas 14,78°S / 39,04°W, possuindo aproximadamente 195 km de comprimento e 20 km de largura média.

O acesso à área é feito pelas rodovias estaduais BA-245, BA-542, BA-650 e BA-415, que ligam, respectivamente, as cidades de Nazaré, Valença, Camamu e Ilhéus à BR-101, além da rodovia BA-001, que liga a cidade de Ilhéus a Itacaré (Figura 3).

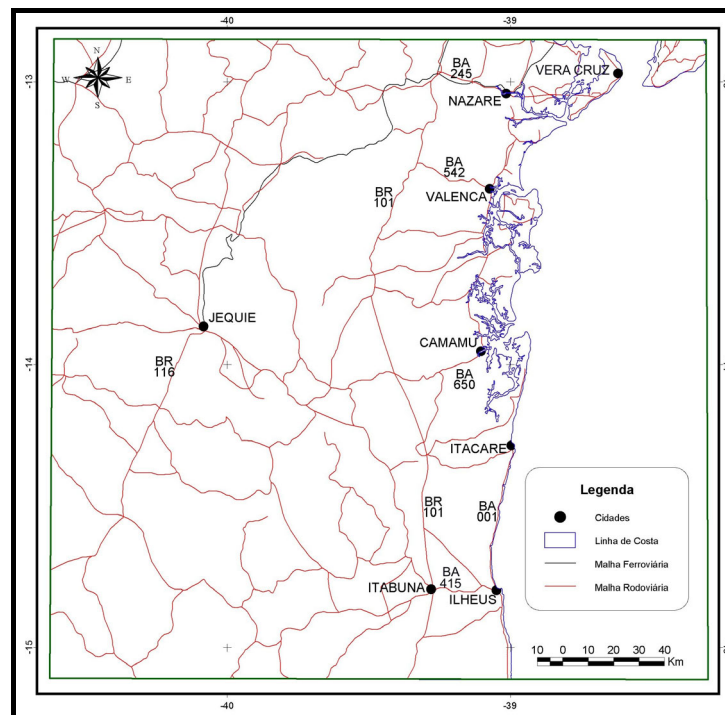


Figura 3 - Malha rodoviária e ferroviária, vias de acesso.

2.2. Suporte Bio-Físico da Paisagem

2.2.1. Geomorfologia

São reconhecidas cinco unidades principais de compartimentação geomorfológica NA REGIÃO, como pode ser observado na Figura 4 (Mascarenhas, 1979):

Planalto Conquista-Maracás – extenso e contínuo altiplano de direção geral NE-SO outrora prolongamento sul da Chapada Diamantina. Possui altitudes em torno de 900 metros, sendo fortemente entalhado pelo Rio de Contas e Rio Paraguaçu, provocando desníveis de 800 metros.

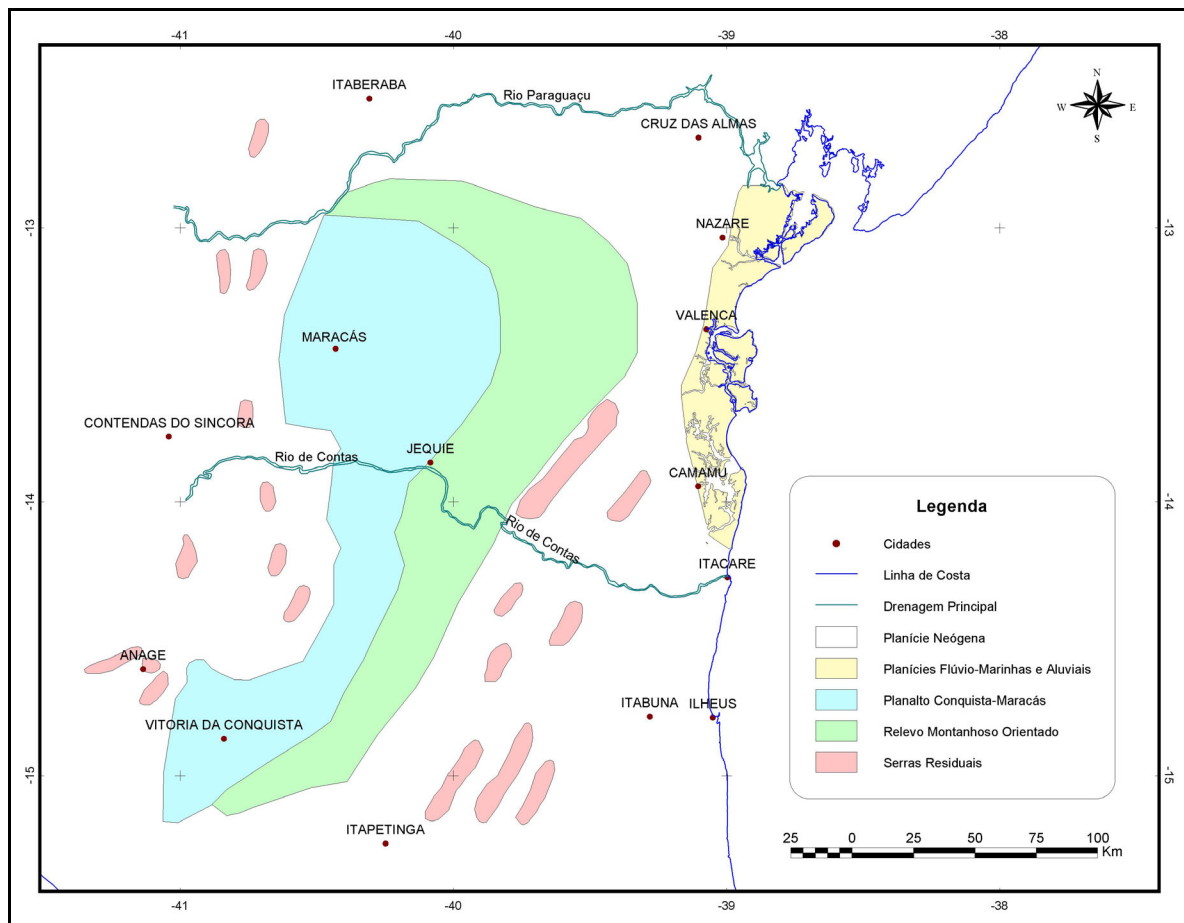


Figura 4 - Compartimentação Geomorfológica (modificado de Mascarenhas, 1979).

Relevo Montanhoso Orientado – representado por inúmeras serras e esporões alongados, geralmente alinhados, que se alternam com vales fortemente entalhados, evidenciando as direções estruturais impostas às rochas metamórficas do Complexo Granulítico Jequié. A drenagem é orientada, com alto grau de controle estrutural. Rios

encaixados ao longo das zonas de fraqueza produzem padrões de drenagem lineares, angulares e retangulares, bem caracterizados pelos rios Jequezinho e Gongogi, da bacia hidrográfica do Rio de Contas.

Planície Neógena – reflexo de um aplainamento regional, se apresenta levemente ondulada com inclinação suave em direção aos principais corpos d'água. A altitude média é de 500 metros, sendo encontrados valores de até 250 metros nas proximidades de Contendas do Sincorá e Itaberaba.

Relevo de Serras Residuais – ocorre sobre a depressão do alto-médio Rio de Contas, como remanescentes do aplainamento regional acima mencionado. Alinhadas geralmente leste-oeste nas proximidades de Anagé, são representadas pelas serras São Domingos, Sossego e Linda, constituídas de quartzitos, gnaisses e granitóides, com altitude média de 800 metros, que se destacam no pediplano de 400 metros.

Planícies Flúvio-Marinhas e Aluviais – ocorrem junto ao litoral afastando-se da costa na desembocadura dos maiores rios.

2.2.2. Clima

O clima regional da área de estudo está compreendido entre as classes super-úmido, que abrange uma estreita faixa costeira de aproximadamente 20 km de largura, caracterizado por abundante umidade e precipitação anual superior a 2.000 mm, e sub-úmido, que representa o principal tipo climático da região, revelando o grau de transição entre o clima úmido e o clima seco, com precipitação anual entre 800 e 1.500 mm (Brasil, Ministério das Minas e Energia, 1981).

Ocorre também no extremo oeste da área de estudo o clima semi-árido, com índices pluviométricos anuais entre 500 e 800 mm.

2.2.3. Vegetação

O Projeto RADAMBRASIL (Brasil, Ministério das Minas e Energia, 1981) caracteriza a vegetação da Folha SD.24 Salvador como:

Cerrado – ocorre preferencialmente sobre as coberturas plataformais pré-cambrianas evidenciadas por sedimentos e metassedimentos do Supergrupo Espinhaço. Compreende maciços montanhosos com topos situados acima de 800 metros, remanescentes de estruturas dobradas e tectonizadas, intercaladas com superfícies de

aplainamento. Integra também os relevos tabuliformes desenvolvidos sobre depósitos sedimentares Cenozóicos e Juro-Cretácicos.

Caatinga – reveste principalmente terrenos Arqueanos representados pelo Complexo Jequié e Caraíba-Paramirim, fácies granulito e anfibolito, respectivamente. Compreende relevos evoluídos principalmente sobre rochas altamente metarmofizadas. Abrange áreas deprimidas, envolvidas por planaltos, compondo as médias bacias dos rios Paraguaçu e de Contas.

Os remanescentes florestais ocorrem nos topos e nas meias encostas de relevos fortemente dissecados e de difícil acesso.

2.2.4. Aspectos Sócio-Econômicos

Os centros populacionais mais importantes na área de estudo são: Itabuna, Vitória da Conquista, Itapetinga, Ilhéus, Jequié e Cruz das Almas.

As principais atividades econômicas são: o extrativismo vegetal de madeira de lei e madeira “branca”; o extrativismo mineral com garimpagem de pedras semi-preciosas, cristais de rochas, minerais industriais e pedreiras diversas, com destaque para o manganês de Maraú e a barita de Camamu; o cultivo de cacau, seringueira, fumo, café, sisal, algodão, mamona, feijão, milho e algodão; beneficiamento de produtos agrícolas e da pecuária como indústrias de laticínios, curtumes, fábricas de óleos vegetais, de sucos e chocolate; e pecuária extensiva (Mascarenhas, 1979).

O turismo vem se despontando como uma das principais atividades da região litorânea, com destaque para as cidades de Itacaré, Barra Grande, Morro de São Paulo e Maraú, assim como as ilhas de Boipeba, Tinharé e Cairu.

2.3. Geologia da Área

2.3.1. Contexto Geológico Regional

A área de estudo está situada na Província do São Francisco, correspondente ao que Almeida (1977) denominou de Cráton do São Francisco, bordejado a norte pelas faixas Sergipana, Riacho do Pontal e Rio Preto, a sul pela Faixa Ribeira, a oeste pela Faixa Brasília, a sudeste pela Província Araçuaí e a leste pela Província Costeira, consistindo em uma entidade geotectônica de consolidação pré-brasiliana, estabilizada ao término do

Ciclo Transamazônico no Proterozóico Inferior (Brasil, Ministério das Minas e Energia, 1981).

Tal província abrange quase a totalidade do estado da Bahia e grande parte do estado de Minas Gerais, com limite inferido a partir de dados geofísicos e do posicionamento de cinturões de dobramentos, resultantes da Orogenia Brasileira / Pan-Africana (680 – 550 Ma), que circundam o Cráton (Figura 5).

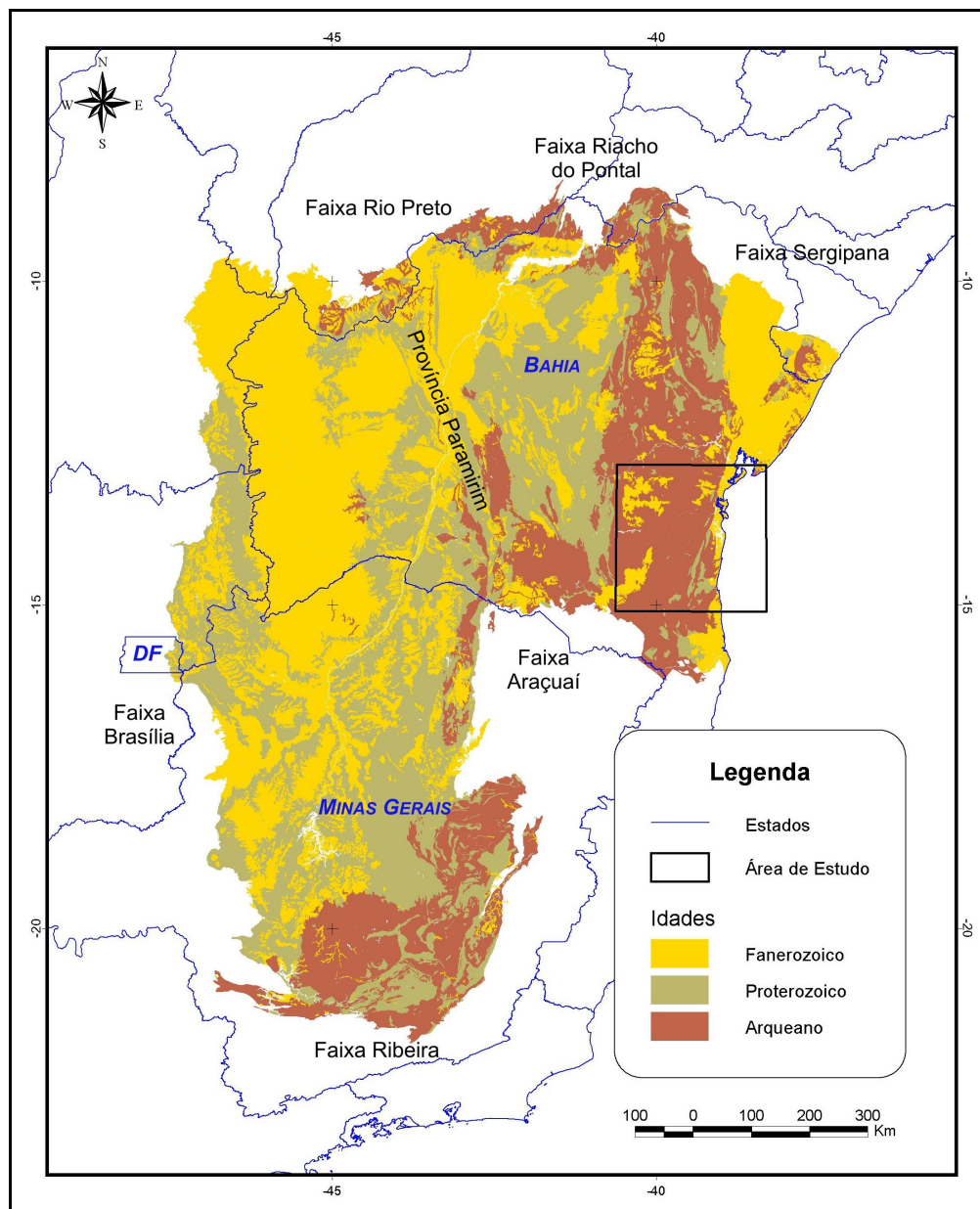


Figura 5 - Cráton do São Francisco, contexto geológico regional (modificado de Teixeira et al., 2000 e SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.1) e área de estudo (quadrado preto).

Segundo Barbosa *et. al.* (2003), o Cratón do São Francisco é formado por rochas Arqueanas colocadas lado a lado com rochas Paleoproterozóicas através de colisões de diversos segmentos crustais e reequilibradas metamorficamente na fácies granulito, anfíbolito e xisto-verde.

A estrutura compressional mais expressiva é o lineamento Contendas-Jacobina de direção N-S e aproximadamente 800 km de extensão (Teixeira *et. al.*, 2000), resultado da imbricação de segmentos continentais Arqueanos e Paleoproterozóicos, além de faixas móveis Paleoproterozóicas, estabilizado com a junção de dois diferentes domínios: oeste, representado pelo Bloco Gavião, e leste, representado pelos blocos Jequié e Serrinha e pelas faixas móveis Itabuna-Costeiro Atlântica e Salvador-Curuçá (Figura 6).

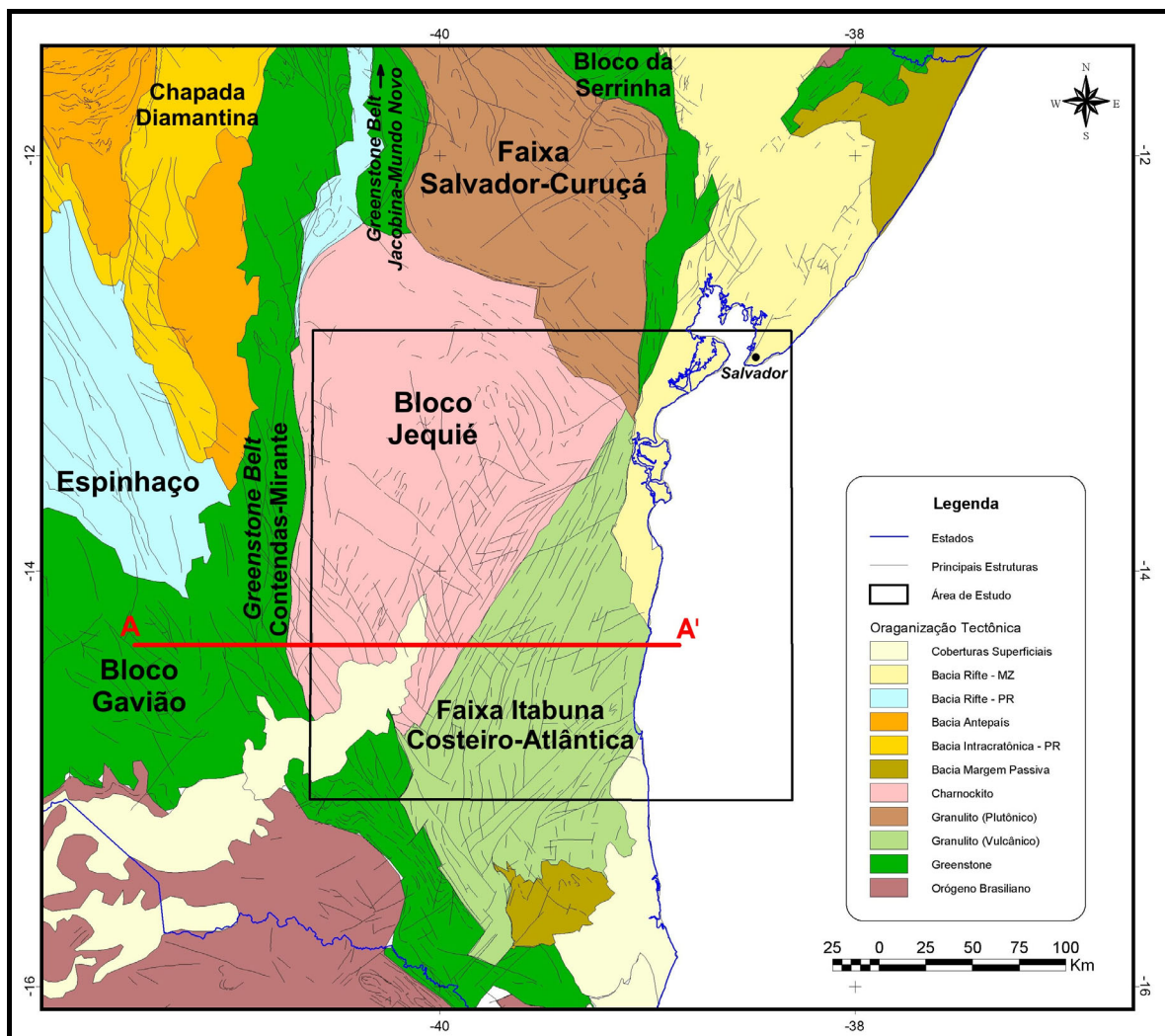


Figura 6 - Localização da área de estudo no contexto tectônico regional (modificado de SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.2 e Teixeira *et. al.*, 2000). O perfil AA' encontra-se na Figura 7.

Duas faixas móveis vulcanossedimentares paleoproterozóicas posicionam-se entre esses domínios ao longo da zona de junção: Faixa Jacobina-Mundo Novo, na porção norte do Cráton, e Faixa Contendas-Mirante, na porção sul.

O Bloco Gavião é composto por associação de ortognaisses, leptinitos e anfibolitos, de seqüências supracrustais equilibradas na fácies xisto-verde (seqüência vulcanossedimentar Contendas-Mirante, Umburanas e Mundo Novo), além de associações tonalíticas, trondhjêmíticas e granodioríticas na fácies anfibolito (antigos núcleos TTGs), com idade Rb-Sr estimada em 2,9-2,8 Ga (Arqueano).

O Bloco Jequié consiste de rochas plutônicas enderbíticas-charnockíticas e seqüências vulcanossedimentares, equilibradas na fácies granulito.

O Cinturão Itabuna-Costeiro Atlântico, cujo prolongamento é denominado Cinturão Salvador-Curuçá, constitui-se de tonalitos/trondhjemitos, subordinadamente charnockitos, monzogranitos e faixas de rochas supracrustais (Figura 7). Neste terreno granulítico, Barbosa (1986), *apud* Barbosa (2003), caracterizou seqüências magmáticas toleíticas, cálcio-alcálicas e shoshoníticas e pela bipolaridade geoquímica, interpretou a presença de uma zona de subducção com mergulho para oeste, relacionada a um arco magmático ou margem continental ativa, colidindo com o Bloco Jequié durante o Ciclo Jequié (Neoarqueano, 2700-2600 Ma).

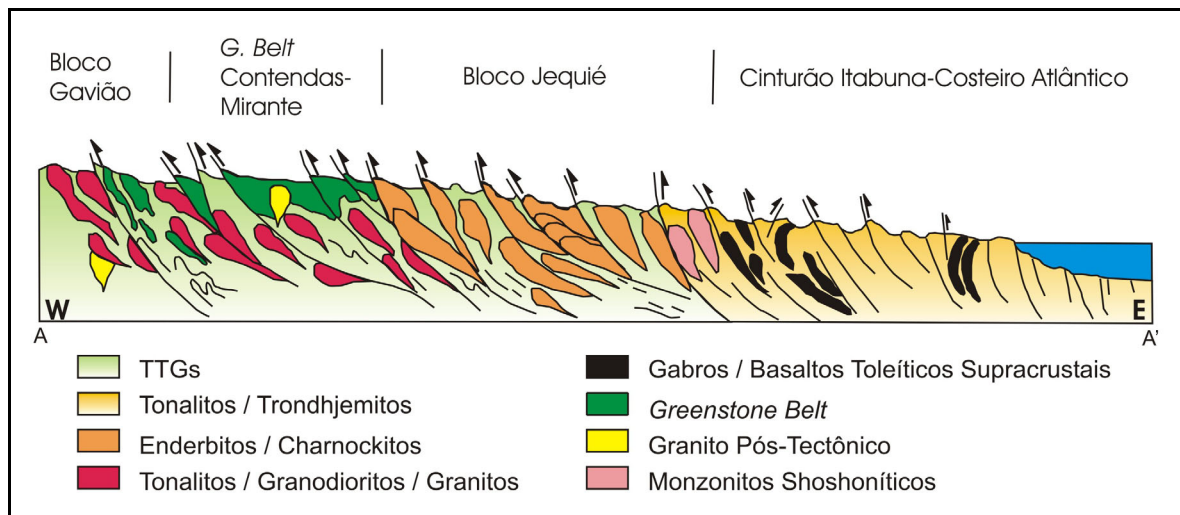


Figura 7 - Perfil esquemático da área de estudo mostrando a distribuição das rochas que compõem o embasamento cristalino (modificado de Barbosa, 1997); ver figura anterior.

Este embasamento metamórfico foi truncado por um rifte abortado, de orientação N-S, durante o Mesoproterozóico, favorecendo a deposição de rochas do Supergrupo Espinhaço, seguido de sedimentação Neoproterozóica glacial e pelítico-carbonática do Supergrupo São Francisco.

2.3.2. Contexto Estratigráfico Regional

Conforme Chang *et al.* (1992), a sedimentação das bacias da margem continental brasileira pode ser subdividida em cinco Megasseqüências: Continental, Transicional Evaporítica, Carbonática Plataformar de Água Rasa, Marinha Transgressiva e Marinha Regressiva.

A Megasseqüência Continental é composta por três seqüências deposicionais caracterizadas por diferentes associações de fácies e estilos estruturais.

A seqüência basal, originalmente classificada como pré-rifte devido à ampla ocorrência e a ausência de falhamentos, é interpretada por Chang (*op.cit.*) como o efeito do primeiro evento rifte (Sinrifte I), uma vez que podem apresentar falhas de crescimento em alguns pontos da bacia. Já as outras duas seqüências (Sinrifte II e Sinrifte III) foram afetadas por intenso falhamento e depositadas em ambiente tectonicamente ativo.

A Seqüência Sinrifte I é representada por sedimentos do Jurássico Superior depositados sobre uma grande depressão conhecida com Afro-Brasílica, que sucedeu o desenvolvimento de uma grande bacia intracontinental Paleozóica. É representada pelas formações Aliança, Sergi e Itaípe (Figura 8, Figura 9 e Figura 10) que serão descritas mais adiante.

A Seqüência Sinrifte II depositou-se durante o Neocomiano em ambiente lacustre de água doce devido a uma rápida subsidência tectônica provocada por estiramento crustal. É representada pela Formação Morro do Barro na área de estudo e considerada a principal rocha geradora da bacia.

A Seqüência Sinrifte III é de idade Barremiana, cuja sedimentação ocorreu em sistemas lacustres de rifte interior, sucedido pela deposição fluvial e aluvial com a salinidade crescente até as condições normais do ambiente marinho. Na área de estudo essa seqüência é representada pela Formação Rio de Contas.

A Megasseqüência Transicional Evaporítica é caracterizada pela deposição de sais de idade Aptiana e marca o limite das Megasseqüências Rifte e Pós-Rifte. Na área de estudo é representada pela Formação Taipus-Mirim, descrita mais adiante.

A Megasseqüência Carbonática Plataformal de idade Albiana recobre a anterior e reflete uma abertura gradual do Golfo-Atlântico e a quebra da barreira São Paulo – Walvis Ridge na região sudeste. É representada pela Formação Algodões na área de estudo.

A Megasseqüência Marinha Transgressiva teve seu início no final do Albiano com o aumento gradual da profundidade da bacia, acompanhado por transgressões marinhas, resultando na diminuição da energia deposicional dos carbonatos plataformais, dando lugar à deposição de sedimentos de baixa energia.

Em seguida, o sistema passou a um caráter regressivo, dando lugar à Megasseqüência Marinha Regressiva, caracterizada por configuração típica de *offlap*, demonstrando o entulhamento da bacia.

Devido às semelhanças destas bacias com a do Recôncavo até o início do Cretáceo, tomou-se emprestado as definições litoestratigráficas formais das formações Afligidos, Aliança e Sergi, assim como das formações Urucutuca, Caravelas, Rio Doce e Barreiras (Grupo Espírito Santo) da Bacia do Espírito Santo a partir do Neocretáceo e Terciário (Netto *et al.*, 1994).

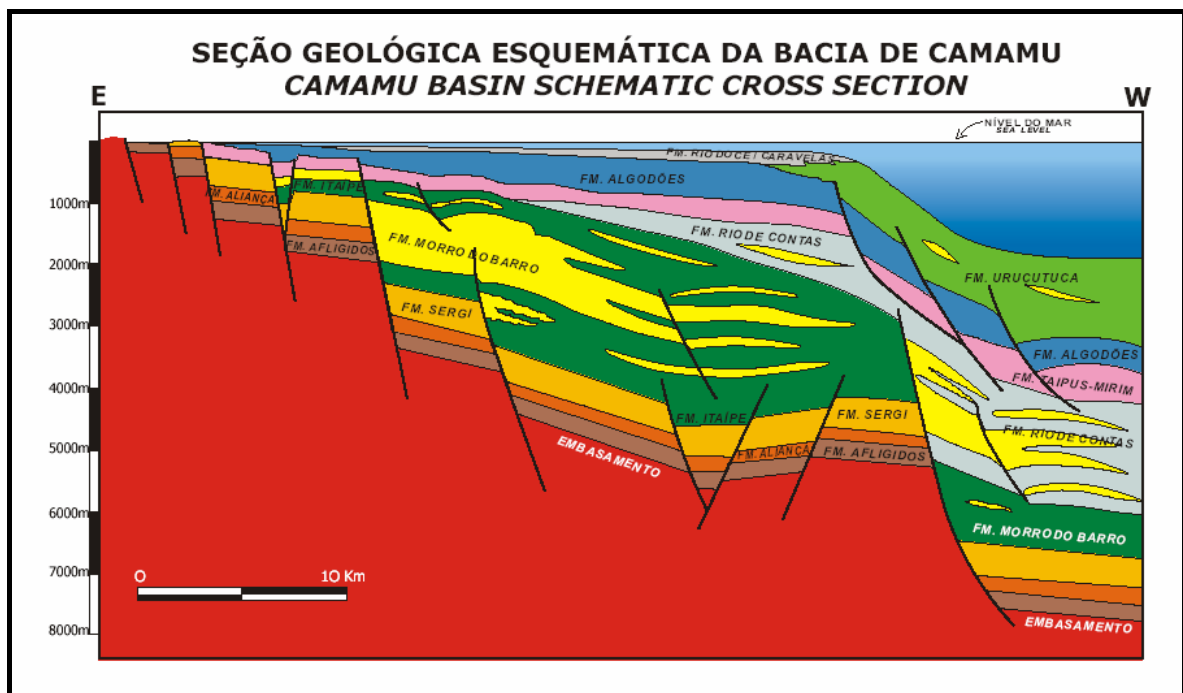


Figura 8 - Seção geológica esquemática da Bacia de Camamu mostrando o empilhamento estratigráfico e principais estruturas (Fonte: ANP).

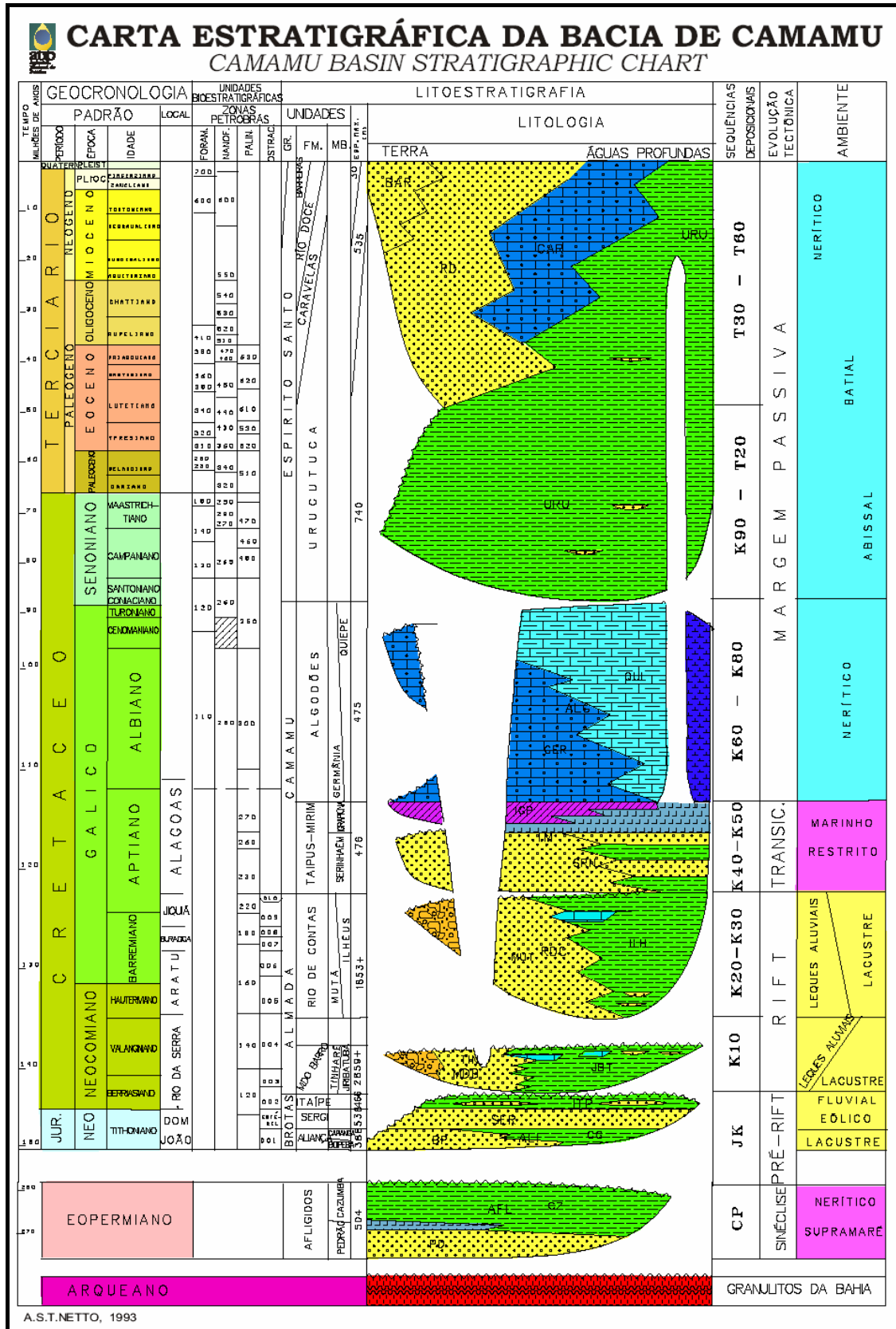


Figura 9 - Carta estratigráfica da Bacia de Camamu (modificada de Netto et al., 1994 – Fonte: ANP).

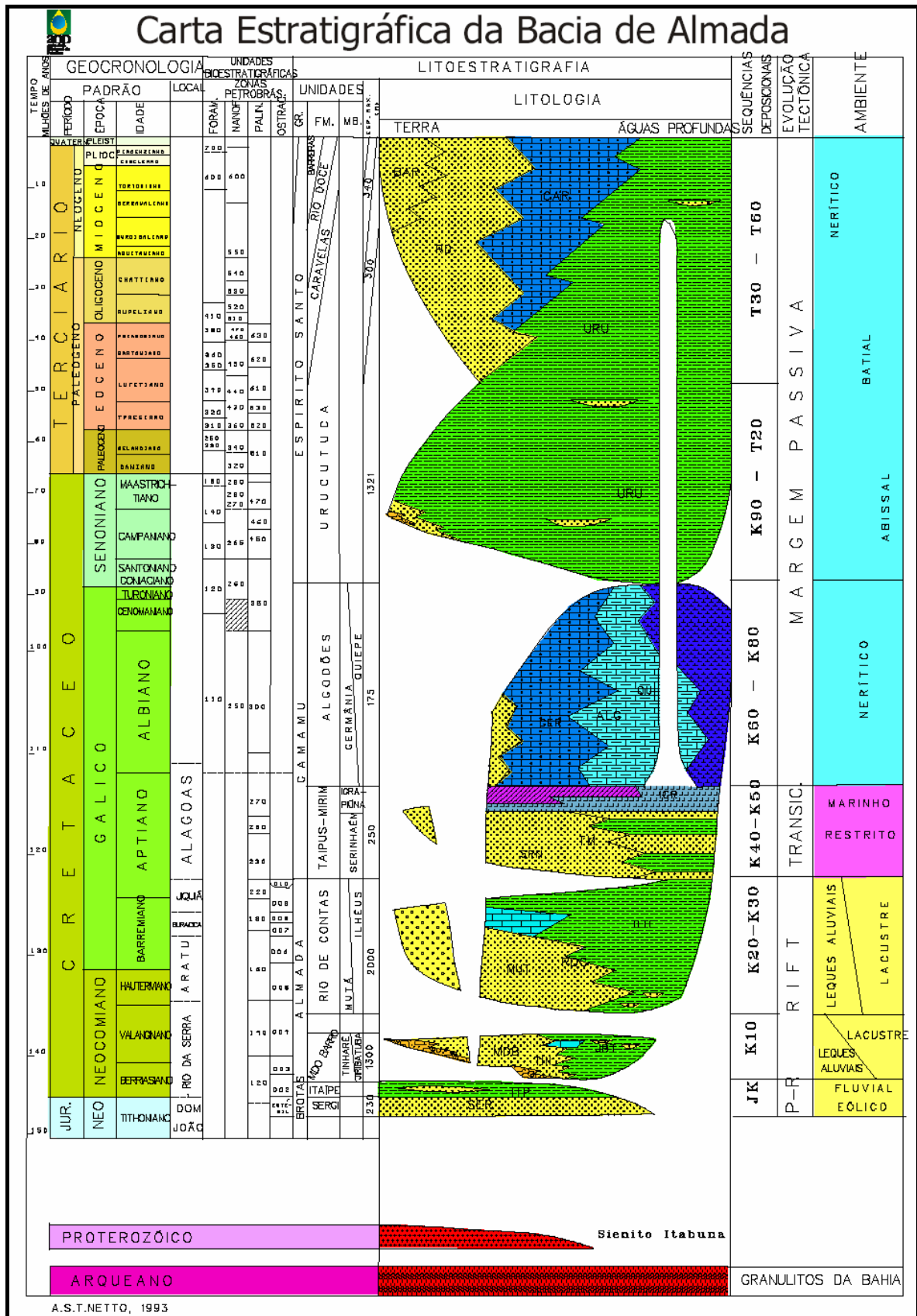


Figura 10 - Carta estratigráfica da Bacia de Almada (modificada de Netto et al., 1994 – Fonte: ANP).

2.3.3. Descrição das Unidades Estratigráficas da Área de Estudo

Formação Afligidos – ocorre apenas na Bacia de Camamu. É constituída pelo Membro Pedrão, composto por arenito fino a muito fino cinza-claro e bege, com intercalações de siltito cinza-claro, rico em nódulos de sílex e camadas de anidrita e halita, e pelo Membro Cazumba, caracterizado por folhelho vermelho de partição blocosa, com níveis sílticos esbranquiçados. Está em contato discordante tanto com o embasamento quanto com a Formação Aliança. Admite-se uma deposição em ambiente litorâneo restrito para o Membro Pedrão e ambiente lacustre para o Membro Cazumba. As poucas datações com base em palinomorfos indicam idade Permiana para estes estratos (Caixeta *et. al.*, 1994).

Formação Aliança – composta pelo Membro Boipeba, caracterizado por arcóseo fino a médio, vermelho e marrom, com estratificação cruzada, e pelo Membro Capiacanga, tipicamente representado por folhelho vermelho-tijolo. Está sobreposta discordantemente à Formação Afligidos (apenas na Bacia de Camamu) e sotoposta concordantemente à Formação Sergi, tendo sido depositada em sistema flúvio-lacustre de clima árido. Sua idade é Tithoniana, com base em ostracodes não marinhos (Caixeta *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Sergi – caracterizada por arenito fino a conglomerático, cinza-esverdeado e vermelho, com estratificação cruzada acanalada, ocorrendo também intercalações de folhelho vermelho e cinza esverdeado e conglomerado. Foi depositada em sistema fluvial entrelaçado com retrabalhamento eólico. Está sotoposta, com contato transicional, à Formação Itaípe e sobreposta concordantemente à Formação Aliança. Sua idade estimada é Tithoniana, com base em ostracodes não marinhos (Caixeta *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Itaípe – é caracterizada por folhelhos cinzentos com intercalações marrom-avermelhadas na base e castanhas no topo, com camadas de arenito médio a fino texturalmente submaturos no terço central do pacote. Encontra-se sobreposta em contato transicional com os arenitos da Formação Sergi e sotoposta discordantemente aos clásticos da Formação Morro do Barro. A espessura máxima perfurada é de 466 metros na Bacia de Camamu e as datações bioestratigráficas mostram idade Berriasiana com base em ostracodes. Representa a transição da fase pré-rifte para rifte, por meio de uma sedimentação flúvio-lacustre. Correlaciona-se com as Formações Itaparica e Água Grande, além do membro Tauá da Formação Candeias, da Bacia do Recôncavo, e com a porção basal da Formação Barra de Itiúba (BIT VII) da Bacia de Sergipe-Alagoas (Netto *et. al.*, 1994).

Formação Morro do Barro – redefinida por Netto *et. al.* (*op. cit.*) para abrigar os Membros Tinharé, representada por clásticos grosseiros (arenitos granulosos com seixos e grânulos pelíticos) e Jiribatuba, representada por clásticos finos (folhelhos cinza-

esverdeado a castanho escuro, calcífero, carbonoso, com intercalações de arenito granuloso rico em fragmentos de rochas carbonáticas). Possui contato discordante com as formações Itaípe, inferior, e Rio de Contas, superior. A idade conhecida para esta formação é Valanginiana, a partir da presença de ostracodes não-marinhos, e postula-se uma sedimentação predominantemente subaquosa, dominada por fluxos gravitacionais em lago tectônico. Pode ser correlacionada com parte da Formação Candeias das bacias do Recôncavo e Tucano e com parte das formações Penedo e Barra de Itiúba das bacias de Sergipe e Alagoas (Netto *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Rio de Contas – designa as rochas sedimentares clásticas e carbonáticas sobrepostas discordantemente à Formação Morro do Barro e sotoposta, parcialmente discordante, à Formação Taipus-Mirim. Podem ser reconhecidos o Membro Ilhéus, caracterizado por folhelhos cinza-esverdeados, cinza-escuros e acastanhados, associado a arenito muito fino, e o Membro Mutá, caracterizado por arenito cinza-esbranquiçado, fino a grosso, conglomerático a dolomítico, podendo apresentar marga esbranquiçada, biocalcarenito e dolomito dispersos na seção, sendo mais contínuos na metade inferior da formação. A idade estimada é Hauteriviana a Barremiana com base em ostracodes e a variação faciológica das áreas proximais para o depocentro da bacia sugere uma seqüência lacustre de leques deltaicos-plataforma-talude. É correlacionável com a Formação Coqueiro Seco e parte da Formação Penedo das bacias de Sergipe e Alagoas e com parte da Formação Cricaré da Bacia do Espírito Santo (Netto *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Taipus-Mirim - é caracterizada por evaporitos e clásticos associados, sotopostos concordantemente aos carbonatos da Formação Algodões e sobrepostos de maneira parcialmente discordante aos clásticos e carbonatos da Formação Rio de Contas. Intercalações regulares de pouca espessura de arenito cinza-claro a escuro, muito fino, e folhelho síltico cinza-escuro a castanho e preto, micáceo e carbonoso caracterizam o Membro Serinhanhém. Calcários castanhos e amarelados, dolomíticos, folhelhos castanhos e camadas de até 200 metros de halita caracterizam o Membro Igrapiúna. A presença de halocinese foi observada em dados sísmicos, destacando-se a ocorrência de uma a três camadas de anidrita com espessura de dezenas de metros que dá lugar a uma jazida de barita na borda da bacia. Interpreta-se que esta formação representa a primeira incursão marinha em clima árido, que proporcionou expressivos depósitos evaporíticos. Possui idade Aptiana com base em palinomorfos. Correlaciona-se com a Formação Maricuru do Espírito Santo e Jequitinhonha, com a Formação Marizal do Recôncavo/Tucano, com a Formação Muribeca de Sergipe e com as demais unidades evaporíticas de idade Aptiana da costa brasileira (Netto *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Algodões – seu topo é marcado por importante discordância regional e é caracterizada pelos carbonatos sotopostos à Formação Urucutuca. Ocorrem o Membro Germânia, caracterizado por calcarenito e calcirrudito oolítico e pisolítico, em parte dolomitizado, e o Membro Quiepe, caracterizado por calcilutito com foraminíferos plantônicos. Sua espessura máxima é de 500 metros e idade estimada Albiana a Turoniana, com base em foraminíferos, nanofósseis calcários e palinomorfos. O ambiente deposicional é nerítico, em plataforma carbonática. Pode ser correlacionada com a Formação Macaé da Bacia de Campos, com a Formação Regência das bacias do Espírito Santo e Cumuruxatiba, com a Formação Riachuelo da Bacia de Sergipe e com as demais unidades carbonáticas Albianas das bacias costeiras brasileiras (Netto *et. al.*, *op. cit.*).

Grupo Espírito Santo – por se assemelharem muito aos arenitos Rio Doce, aos carbonatos Caravelas e aos folhelhos Urucutuca definidos na Bacia do Espírito Santo, as rochas sedimentares mais jovens da Bacia de Camamu-Almada recebem a mesma nomenclatura. Este grupo distribui-se desde o Coniaciano ao Holoceno em um sistema transgressivo e posteriormente regressivo, onde se podem observar os ambientes nerítico, batial e abissal (Netto *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Urucutuca (Grupo Espírito Santo) – constituída por folhelho cinza-escuro com intercalações de conglomerado, calcário e arenito. Nas porções mais distais da plataforma continental há aumento na proporção de sedimentos pelíticos sobre clásticos grossos e carbonáticos, onde a unidade se caracteriza por folhelho cinza-escuro a preto, arenito acinzentado fino a conglomerático, conglomerado cinza-claro e calcilutito cinzento. Os contatos superior e lateral com as formações Rio Doce e Caravelas são transicionais e marcados pelo aumento gradativo de pacotes de arenitos ou calcários. Localmente, nos *paleocanyons*, estratos desta unidade podem se depositar sobre a Formação Taipus-Mirim e até mesmo sobre o embasamento. Pode ser correlacionada com as formações Ubatuba da Bacia de Campos, Itajaí-Açu e Marambaia da Bacia de Santos, Calumbi da Bacia de Sergipe-Alagoas e Ubarana da Bacia Potiguar (Vieira *et. al.*, 1994).

Formação Caravelas (Grupo Espírito Santo) – constituída predominantemente por calcarenito bioclástico (algas vermelhas, foraminíferos, briozoários e corais) creme e cinza e calcilutito argiloso creme. O contato superior, inferior e lateral são gradacionais com as formações Urucutuca e Rio Doce. O sistema deposicional predominante é plataforma carbonática e pode ser correlacionada com a Formação Mosqueiro da Bacia

de Sergipe-Alagoas e com os membros Grussaí e Siri da Formação Emborê da Bacia de Campos (Vieira *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Rio Doce (Grupo Espírito Santo) – designa a seção arenosa associada aos carbonatos Caravelas e aos folhelhos Urucutuca. É constituída predominantemente por arcóseo hialino médio a muito grosso com intercalações de folhelho cinza-escuro a preto e argilito cinza-esverdeado. O contato inferior é gradacional com as formações Urucutuca e Caravelas e discordante com os clásticos continentais da Formação Barreiras e depósitos aluviais quaternários. Atribui-se como sistema deposicional leques costeiros em ambiente marinho. Pode ser correlacionada com a Formação Marituba da Bacia de Sergipe-Alagoas e com o Membro São Tomé da Bacia de Campos (Vieira *et. al.*, *op. cit.*).

Formação Barreiras – está presente em grande parte das bacias costeiras brasileiras. Na Bacia de Camamu-Almada, é representada por conglomerados com seixos perpendiculares às paleocorrentes, arenitos maduros, lamitos vermelhos com crostas de limonita e diamictitos. Com base em dados bioestratigráficos, dicotiledôneas conferem a esta formação a idade Pliocênica (Netto *et. al.*, 1994).

2.3.4. Características Estruturais

O Projeto RADAMBRASIL (Brasil, Ministério das Minas e Energia, 1981) descreve a geologia estrutural da Folha SD.24 Salvador em 6 domínios individualizados conforme sua homogeneidade estrutural, tanto pelas características radargramétricas quanto pelas informações coletadas em trabalhos de campo. Porém, na área em questão só estão presentes os Domínios III e VI, descritos a seguir.

Domínio III – situa-se no Planalto de Maracás até as cercanias de Feira de Santana (fora da área de estudo), dividido em 3 subdomínios:

Subdomínio III.1 – apresenta dobramentos mesoscópicos e foliação marcante de NNE-SSW a NE-SW e desenvolvem-se principalmente em rochas granulíticas do Bloco Jequié. As estruturas mais marcantes são: Falha da Escarpa do Planalto e Falha da Serra Pelada (Figura 11);

Subdomínio III.2 – gradação dos efeitos compressivos de leste para oeste com sinformais vertendo para oeste e caimento para norte, evidentes nas regiões de Jequié e Santa Inês, com dobras abertas de grande comprimento de onda e delineadas pelas cristas de quartzito. Intensa foliação direcionada para NNE-SSW a N-S, com intenso sistema de fraturas dispostas segundo E-W a WSW-ENE. Ocorre em rochas granulíticas

do Complexo Jequié. Neste subdomínio encontram-se rochas granitóides, provavelmente tardi-tectônicas, relacionadas ao Ciclo Jequié, com destaque a Estrutura Circular de Brejões.

As estruturas locais mais marcantes são: Dobramentos da região de Jequié, Dobramentos da região de Santa Inês, Estrutura Circular de Brejões e Falha de Jequiezinho;

Subdomínio III.3 – apresenta marcante foliação E-W com variações NW-SE e eixos de dobras praticamente paralelos. Destaca-se a ocorrência de corpos graníticos, assim como a presença de dobramentos com eixos N-S, seguramente de formação posterior, provavelmente relacionados ao Ciclo Transamazônico. As estruturas locais mais marcantes são: Sinformal de Milagres e Falha de Milagres;

Domínio VI – Compreende a zona litorânea e é dividido em dois subdomínios:

Subdomínio VI.1 – engloba as bacias costeiras ligadas à evolução da margem continental atlântica, cujo embasamento é representado por rochas granulíticas do Complexo Jequié e anfíbolíticas do Complexo Caraíba-Paramirim.

A tectônica dominante é de movimento de blocos com formação de *grabens*, *semigrabens* e *horsts* interpostos. A direção principal de fraturamentos é NNE-SSW e NE-SW.

As estruturas locais principais são: Falha de Maragogipe, Falha de Salvador e Bacia de Camamu.

Subdomínio VI.2 – semelhante ao domínio acima mencionado com *grabens* e *horsts* responsáveis pela formação das bacias de Almada e Rio Pardo (fora da área de estudo). O embasamento é composto por rochas do Complexo Jequié e da Suíte Intrusiva Itabuna. Destaca-se o alinhamento Ilhéus-Itarantim, também conhecido como Zona de Cisalhamento de Itabuna (Pedreira *et al.*, 1975) ou Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia (Corrêa Gomes *et al.*, 1998), identificado na Figura 11 como ZCI-IC, de formação pré-cambriana e com reativação Mesozóica.

As estruturas mais marcantes são: o *Graben* de Almada, a Zona de Cisalhamento de Itabuna e a Bacia do Rio Pardo (fora da área de estudo).

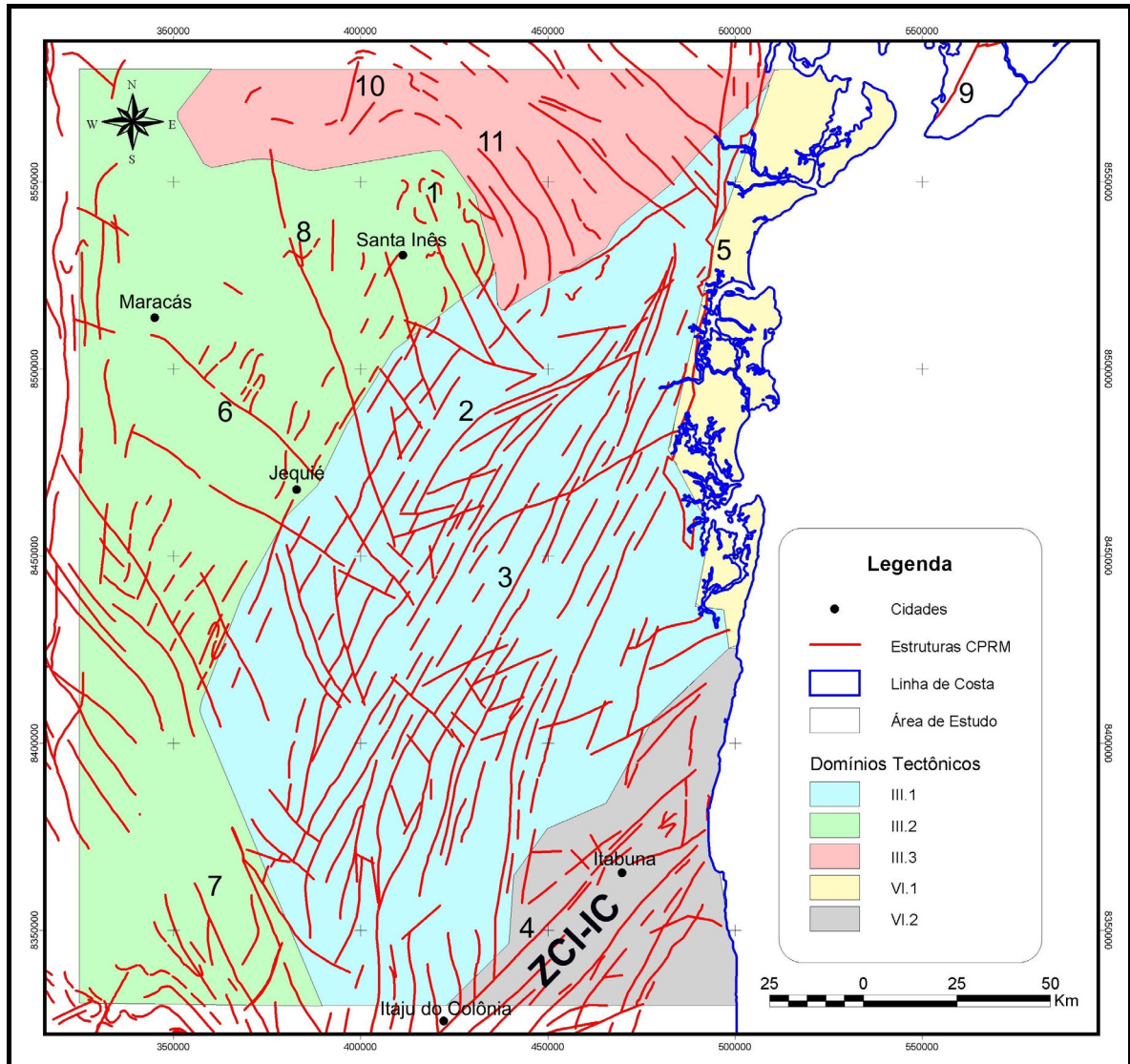


Figura 11– Domínios tectônicos e principais estruturas do embasamento contíguo à área de estudo (modificado de BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1981 e SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.2); 1) Estrutura Circular de Brejões, 2) Falha Escarpa do Planalto, 3) Falha da Serra Pelada, 4) Falha do Rio Colônia, 5) Alinhamento Maragogipe-Ituberá, 6) Falha do Jequezinho, 7) Falha de Potiraguá, 8) Dobramento Regional de Santa Inês, 9) Falha de Salvador, 10) Sinformal de Milagres, 11) Falha de Milagres, ZCI-IC) Zona de Cisalhamento Itabuna-Itaju do Colônia.

Na porção sudeste da área de estudo, Arcanjo (1997) descreve quatro fases de deformação dúcteis e uma dúctil-rúptil ou rúptil para a Folha Itabuna escala 1:100.000 (SB.24-Y-B-VI).

A primeira delas (D1) é representada por bandamento gnáissico (S1) caracterizado por bandas milimétricas a centimétricas. A segunda (D2) é representada por foliação plano-

axial com baixo ângulo (S2), associada a dobras recumbentes e a isoclinais deitadas com vergência para oeste. Através de microestruturas e extrapolações de dados de campo, Arcanjo (*op. cit.*) define essas duas fases (D1 e D2) como progressivas, com deslocamentos de massa de sudeste para noroeste.

A terceira fase de deformação (D3), considerada como a mais marcante na área, é evidenciada por uma foliação penetrativa milonítica verticalizada (S3) de direção aproximadamente N-S, que trunca e crenula as foliações pretéritas e é plano-axial de dobras apertadas, simétricas e assimétricas.

A quarta fase (D4) é pouco penetrativa e raramente observada, representada por dobramentos abertos e por uma foliação subvertical espaçada de direção N70°E, resultante de esforços N-S que proporcionam antififormes e sinformes com grande comprimento de onda e eixos praticamente E-W.

As estruturas relacionadas à deformação dúctil-rúptil ou rúptil, caracterizadas por milonitos e cataclastos, consistem em dois sistemas de falhamentos principais, um de direção N40°E e outro NNE-SSW, com fraturas secundárias de direção NW-SE associadas, sendo a feição mais marcante a Zona de Cisalhamento de Itabuna, limitada por duas grandes falhas de direção NE e movimentação transcorrente dextral. Durante o Cretáceo Inferior, essas falhas foram reativadas em seu extremo nordeste criando uma bacia rifte (porção terrestre da Bacia de Almada), permitindo a deposição dos sedimentos do rio homônimo (Arcanjo, *op. cit.*).

2.3.5. Sistema Petrolífero

Poucos são os trabalhos publicados que abordem tal tema na área de estudo, dentre eles, Gonçalves *et. al.* (2000) descrevem um único sistema petrolífero, Morro do Barro(!)¹ (Figura 12), que inclui rochas geradoras lacustres de água doce Neocomianas (sinrifte) e reservatórios turbidíticos de mesma idade. Porém, devido a nova descoberta (Campo de Manati) citada no capítulo introdutório, deve-se reavaliar o nome do principal sistema petrolífero da bacia, provavelmente passando a Morro do Barro-Sergi(!).

Estes autores, através de modelagens tectônicas, térmicas e geoquímicas, concluíram que o maior volume de óleo gerado ocorreu até o final da fase rifte (Barremiano-Aptiano) e que as taxas de transformação variam entre 10-20% na plataforma e podem alcançar

¹ O símbolo de exclamação indica que é um sistema petrolífero conhecido.

até 100% em regiões de águas profundas. Contudo, deve-se ressaltar que as rochas geradoras ainda não foram amostradas nas porções de águas profundas, não sendo possível afirmar a sua existência nesta região, apesar da boa correlação geoquímica entre óleo e rocha nas áreas sedimentares situadas em águas rasas.

Modelagens de fluxo de fluidos mostraram que a presença de uma fina camada de folhelho com baixa permeabilidade acima da rocha geradora pode ter forçado a migração para os arenitos sotopostos da Formação Sergi (pré-rifte), assim como as falhas normais podem ter colocado em contato direto as rochas da Formação Morro do Barro com as da Formação Sergi. Porém, este reservatório representa apenas 25% do volume de óleo *in place*, sendo mais comum, com 75% de ocorrência, a presença de hidrocarbonetos nos reservatórios turbidíticos da própria Formação Morro do Barro (Gonçalves *et. al.*, 2000), observando-se a necessidade de reavaliação dessas porcentagens com base na nova descoberta já mencionada.

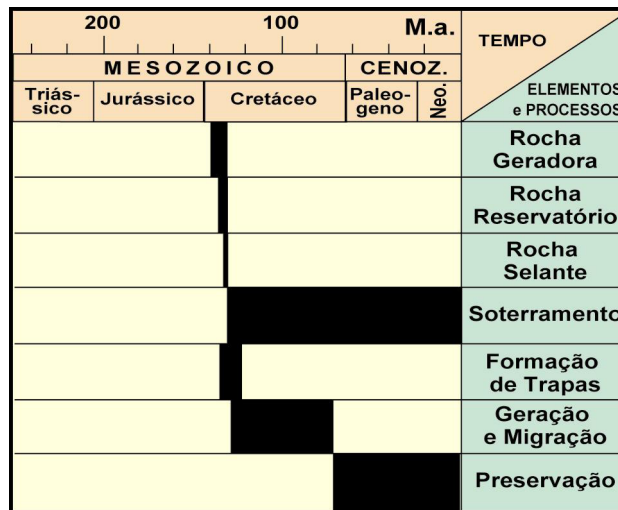


Figura 12 - Diagrama de eventos do sistema petrolífero Morro do Barro(!) (modificado de Gonçalves *et. al.*, 2000).

Capítulo 3: MATERIAL UTILIZADO

3.1. Dados Geológicos Prévios

Além dos trabalhos e dados já apresentados ao longo do texto, foram utilizadas outras fontes de informações geológicas em meio digital e algumas digitalizadas e registradas (georreferenciadas) para integração com os demais dados.

Entre as informações, encontram-se: mapa geológico, estrutural e tectônico na escala 1:2.500.000, publicado pela CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.1 e CD.2), contendo uma ampla base de dados como litotipos, idades, método de datação, classes, etc (Figura 13); mapa geológico e estrutural em escala 1:1.000.000 em meio digital, publicado pela CBPM (COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL); arcabouço estrutural das seções rifte e pré-rifte da porção submersa da Bacia de Camamu-Almada (Figura 14).

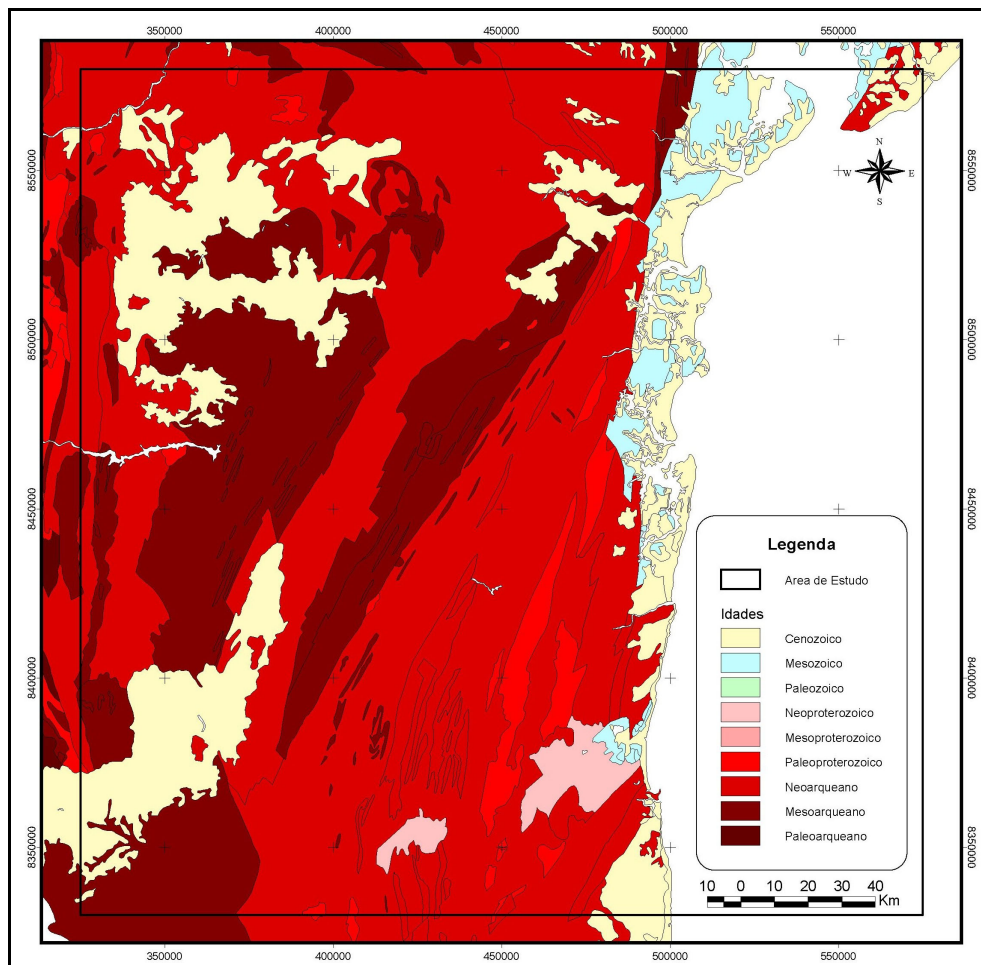


Figura 13 - Mapa geológico (por idade) da área de estudo (modificado de SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.1).

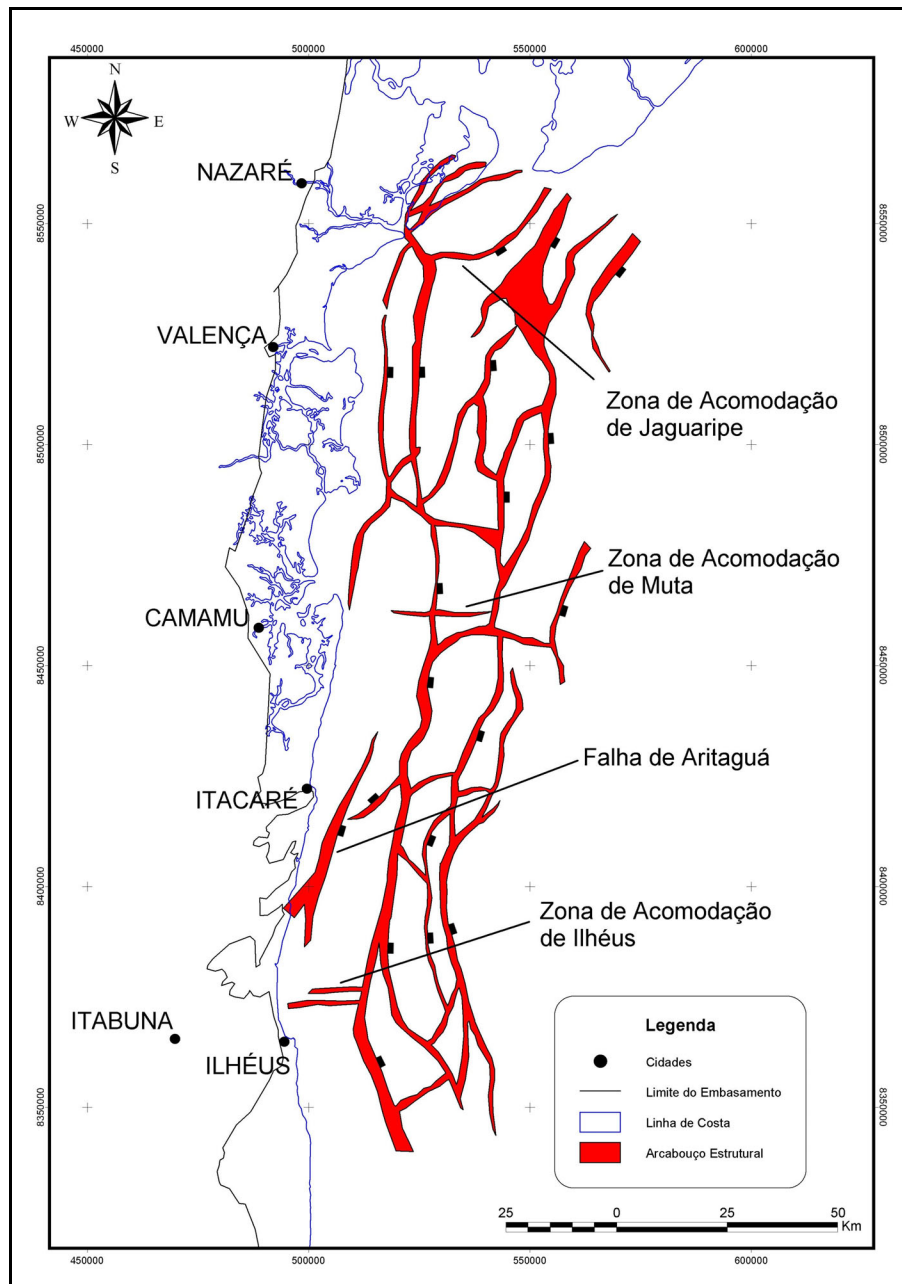


Figura 14 - Arcabouço estrutural simplificado das seções rifte e pré-rifte na porção submersa da Bacia de Camamu-Almada (modificado de Gonçalves *et. al.*, 2000).

3.2. Sensoriamento Remoto

Foram utilizados diversos tipos de sensores: imagens multiespectrais dos satélites LANDSAT 5 e 7 (TM e ETM+, respectivamente), imagens orbitais de radar RADARSAT-1 e, principalmente, modelos digitais de elevação do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission, NASA/NGA*).

3.2.1. Imagens LANDSAT (TM e ETM+)

Este programa espacial desenvolvido pela NASA, inicialmente chamado de ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellites*) e posteriormente rebatizado como LANDSAT, teve seu início com o lançamento do Landsat-1, em julho de 1972. Desde então, os sistemas sensores vêm sendo aprimorados e postos em órbita em sucessivos lançamentos: 1975 (Landsat 2), 1978 (Landsat 3), 1982 (Landsat 4), 1984 (Landsat 5) e 1999 (Landsat 7). A exceção é o Landsat 6, que saiu de órbita logo após o lançamento, em 1993.

A aplicação destes tipos de sensores, considerados do tipo passivo por captar a energia eletromagnética proveniente do sol e refletida/emitida pelo terreno, baseia-se na capacidade de capturar a energia eletromagnética em diferentes comprimentos de ondas, desde o visível até o infravermelho termal. Tal capacidade proporciona ao intérprete a possibilidade de combinar diferentes bandas espectrais, resultando em aumento de qualidade na percepção visual, já que o ser humano é capaz de distinguir muito mais as cores, aproximadamente 7 milhões, do que os tons de cinza, não mais que 30 níveis (Crósta, 1993).

A sua principal desvantagem é que, por se tratar de um sistema óptico, as imagens não são isentas de nuvens. Porém, como se trata de um sistema de imageamento contínuo, são adquiridas imagens de uma mesma região a cada 16 dias, aumentando a probabilidade de aquisição de cenas limpas.

Quanto às diferenças entre os dois sensores ópticos utilizados (TM e ETM+), pode-se dizer que o Landsat 7 é mais aprimorado que o Landsat 5, uma vez que apresenta uma banda a mais (banda 8, pancromática), com resolução espacial de 15 metros, e melhor resolução da banda termal (banda 6), que passou de 120 metros para 60 metros. As demais bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7) mantiveram a mesma resolução espacial de 30 metros e as mesmas faixas de comprimento de onda.

Neste trabalho, foram utilizadas 4 imagens Landsat de dimensões 184 x 184 km, cuja cobertura na área de estudo pode ser observada na Figura 15. Demais informações sobre tais produtos na Tabela 1.

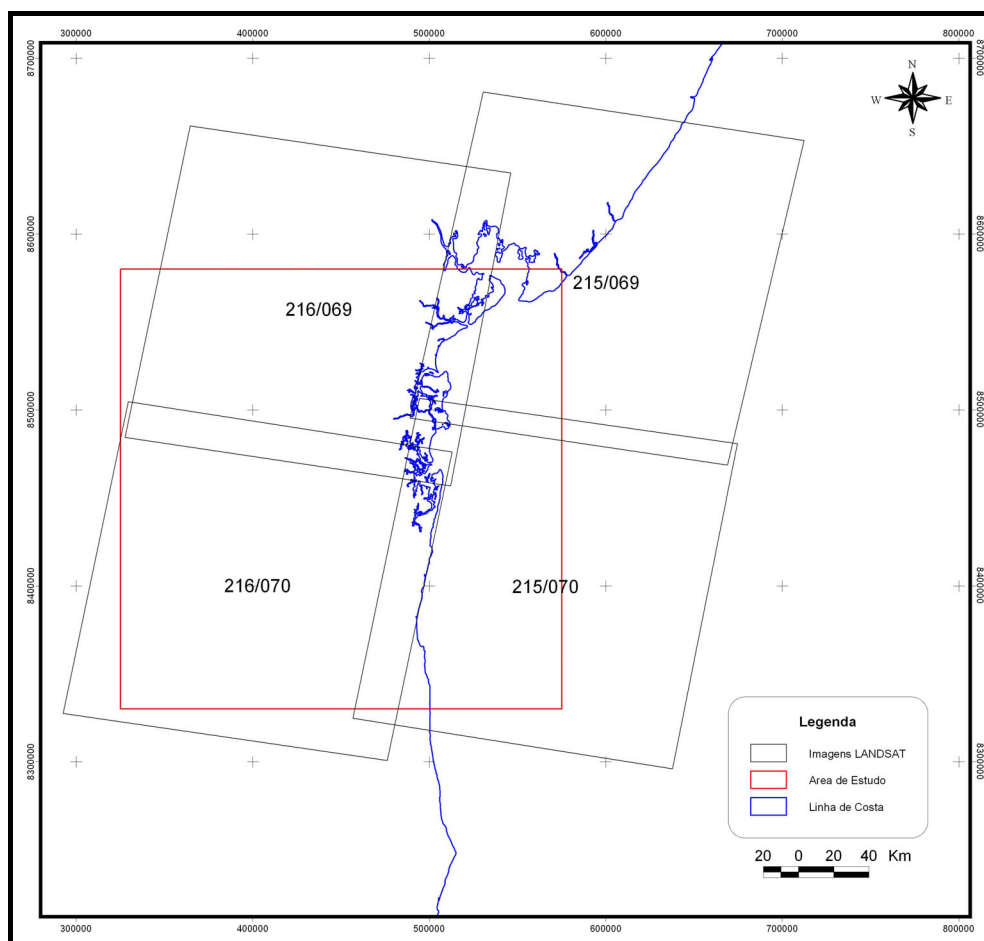


Figura 15 - Imagens LANDSAT utilizadas.

Tabela 1 - Informações das imagens Landsat utilizadas.

| Sensor | Órbita/Ponto | Data | Azimute e Elevação Solar (graus) |
|------------------|--------------|-------------|----------------------------------|
| Landsat 5 (TM) | 215/069 | 13 /06/2000 | 43,43 e 40,28 |
| Landsat 7 (ETM+) | 215/070 | 23/05/2001 | 40,7 e 44,4 |
| Landsat 7 (ETM+) | 216/069 | 05/02/2000 | 100,17 e 57,80 |
| Landsat 7 (ETM+) | 216/070 | 12/04/2001 | 55,11 e 51,87 |

3.2.2. Imagens RADARSAT-1

Este sensor, desenvolvido através de uma cooperação técnica entre a *Canadian Space Agency (CSA)* e a *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, foi lançado em novembro de 1995 com o intuito de gerar o primeiro mosaico de radar de alta resolução de todo continente antártico, assim como o monitorar florestas, derrames de óleos,

inundações e *icebergs*, cuja detecção é importante em razão do tráfego intenso de navios canadenses nas regiões oceânicas de baixa latitude no hemisfério norte (NASAa).

O sistema está equipado com um radar de abertura sintética (SAR – Synthetic Aperture Radar) que atua na frequência das microondas, mais precisamente na banda C (5,3 GHz de frequência ou 5,6 cm de comprimento de onda).

Pode gerar até 35 tipos de imagens, que variam quanto ao ângulo de incidência (Figura 16), a resolução espacial e a área nominal no terreno, sendo que quanto maior a resolução espacial, menor será a área abrangida pela imagem (Figura 17). A imagem *Fine*, por exemplo, possui aproximadamente 8 metros de resolução espacial, 50 x 50 km de área nominal e ângulos de incidência variando entre 36,4° e 47,8°. Já o modo *ScanSar Wide*, possui 100 metros de resolução espacial, 500 x 500 km de área nominal e ângulos de incidência entre 20° a 49°.

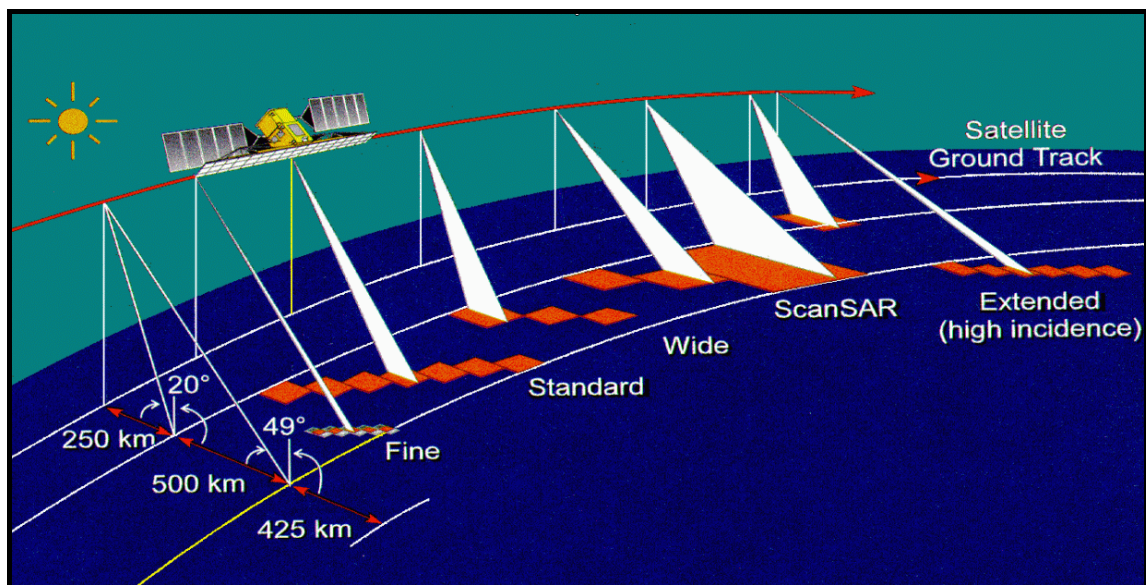


Figura 16- Modos de operação do RADARSAT-1 (Fonte: RADARSAT(a) - Geology Handbook).

A escolha do modo de operação da imagem varia muito conforme a aplicação e o tipo de relevo da área em estudo. Neste trabalho, as 5 imagens utilizadas (Figura 18) faziam parte do acervo de dados da Radarsat International (RSI), que as cedeu gratuitamente para fins educacionais. As imagens são do modo de operação *Wide 2*, que possui resolução espacial de 30 metros, 150 x 150km de área nominal e ângulos de incidência variando entre 31° e 39°.

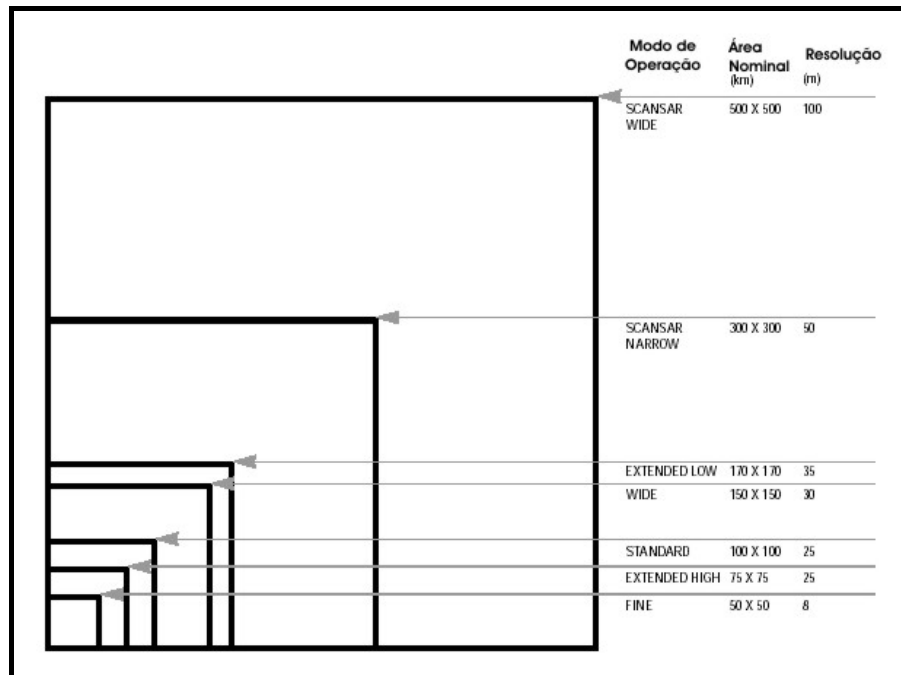


Figura 17 - Resolução espacial e área nominal dos modos de operação do RADARSAT-1.

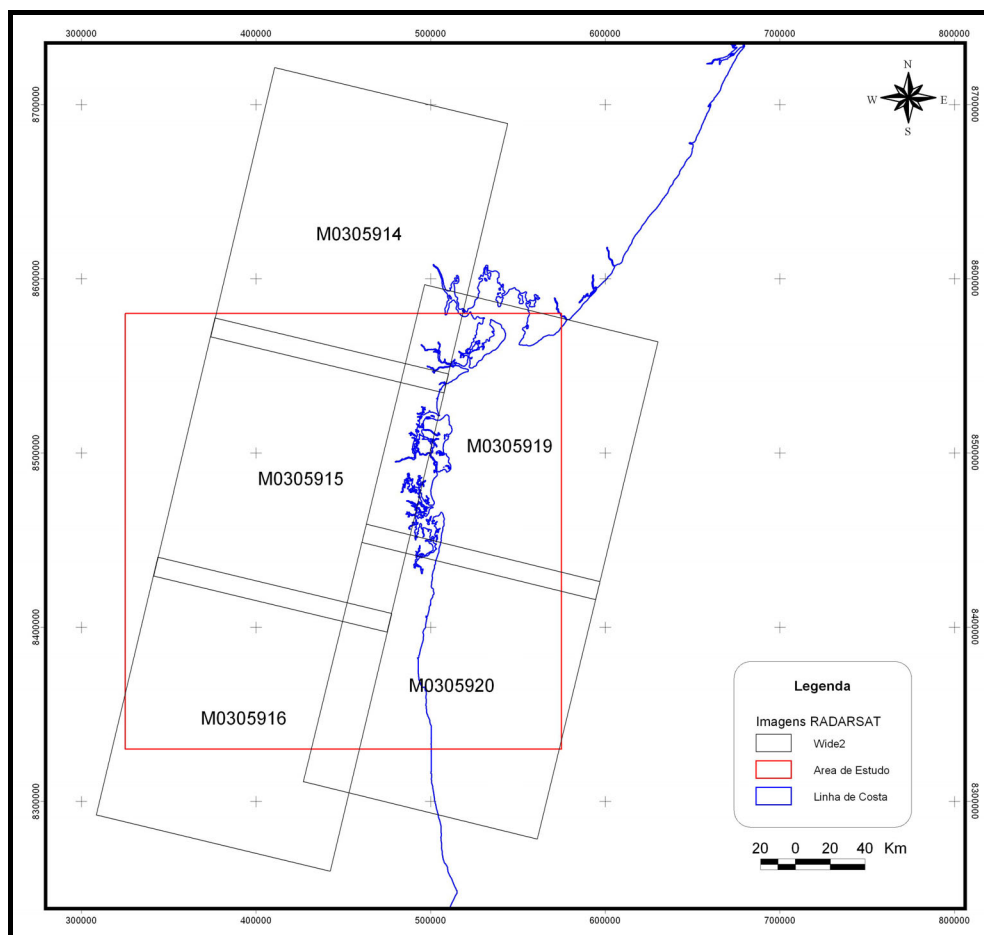


Figura 18 - Imagens RADARSAT-1 utilizadas.

Na aquisição da imagem, deve-se considerar também a órbita do sensor, pois, como pode ser observado na Figura 19, o sentido da visada pode ser para ENE (passagem ascendente) ou para WNW (passagem descendente). O modo de aquisição implica em que os lineamentos serão melhor ressaltados quando perpendiculares a estas direções. Neste caso, como a direção principal dos lineamentos da área em estudo é NNE, a órbita descendente é a mais indicada para este estudo. No entanto, é aconselhável que se tenha imagens ascendentes e descendentes para um mapeamento homogêneo, sempre que possível.

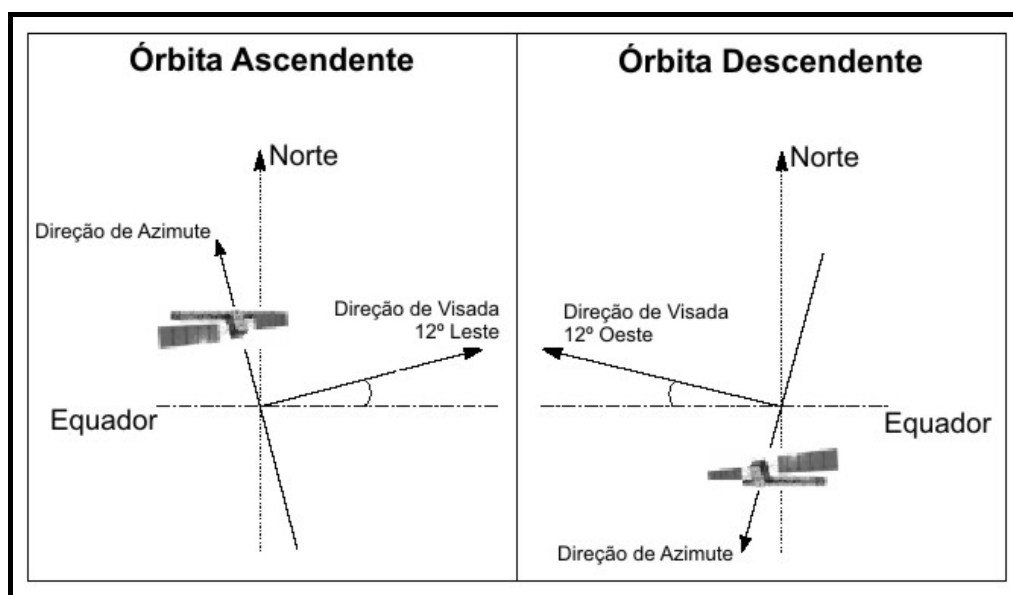


Figura 19 - Direções de visadas em órbitas ascendente e descendente do RADARSAT-1 (Fonte: RADARSAT(b) – *Illuminated*).

3.2.3. Dados SRTM

O projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) operou durante 11 dias em fevereiro de 2000, através do sensor SIR-C/X-SAR a bordo do ônibus espacial *Shuttle* (NASA(b)).

A missão teve como objetivo gerar imagens de relevo de quase todo o globo terrestre (80%), desde a latitude 60° norte até 54° sul (Figura 20), com uma resolução espacial de 90 metros, podendo alcançar 30 metros em algumas áreas “prioritárias”, o que representa um aumento significativo na qualidade deste tipo de dado disponível em escala global até o momento.

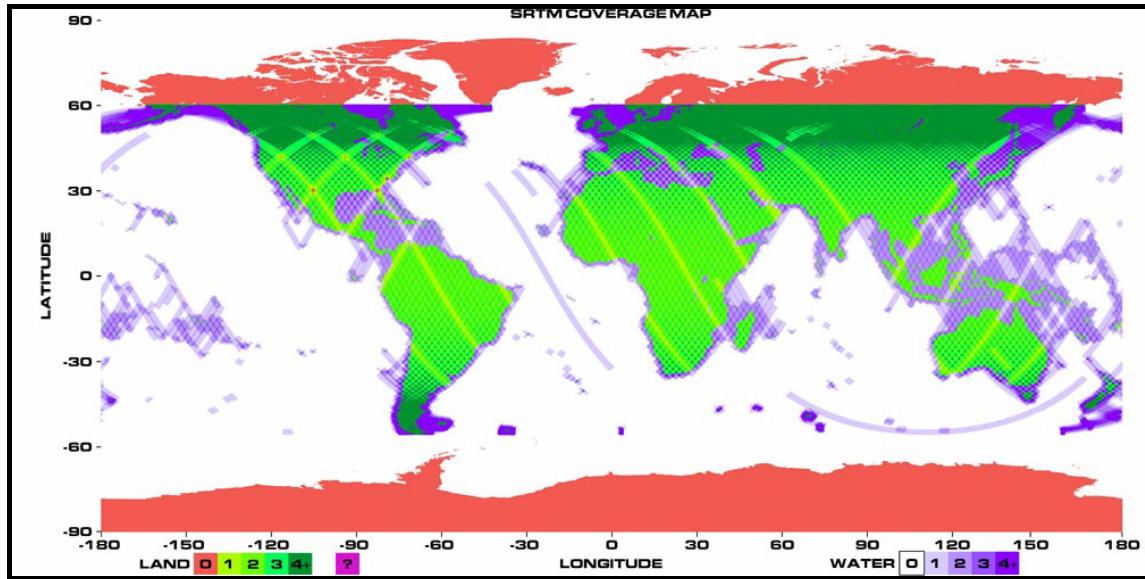


Figura 20 - Cobertura do Projeto SRTM (áreas em tons de verde) (Fonte: NASA(b)).

O processo de interferometria de passagem única, escolhido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) para produzir os modelos digitais de elevação, baseia-se na diferença de fase entre os sinais captados por duas antenas: uma na extremidade de um braço de 60 metros de comprimento e a outra a bordo do ônibus espacial. Esta técnica, por coletar os dados simultaneamente, minimiza os erros provenientes de variações atmosféricas e de alterações nas propriedades físico-químicas dos alvos, melhorando a correlação entre as imagens e, conseqüentemente, aumentando sua precisão (Rabus *et. al.*, 2003).

Este tipo de sensor trabalha no comprimento de onda na faixa do radar e foi escolhido por apresentar algumas vantagens sobre os sensores ópticos convencionais, como por exemplo: a independência da iluminação solar, uma vez que se trata de um sensor ativo, e por não sofrer a interferência das nuvens (Duren *et. al.*, 1998).

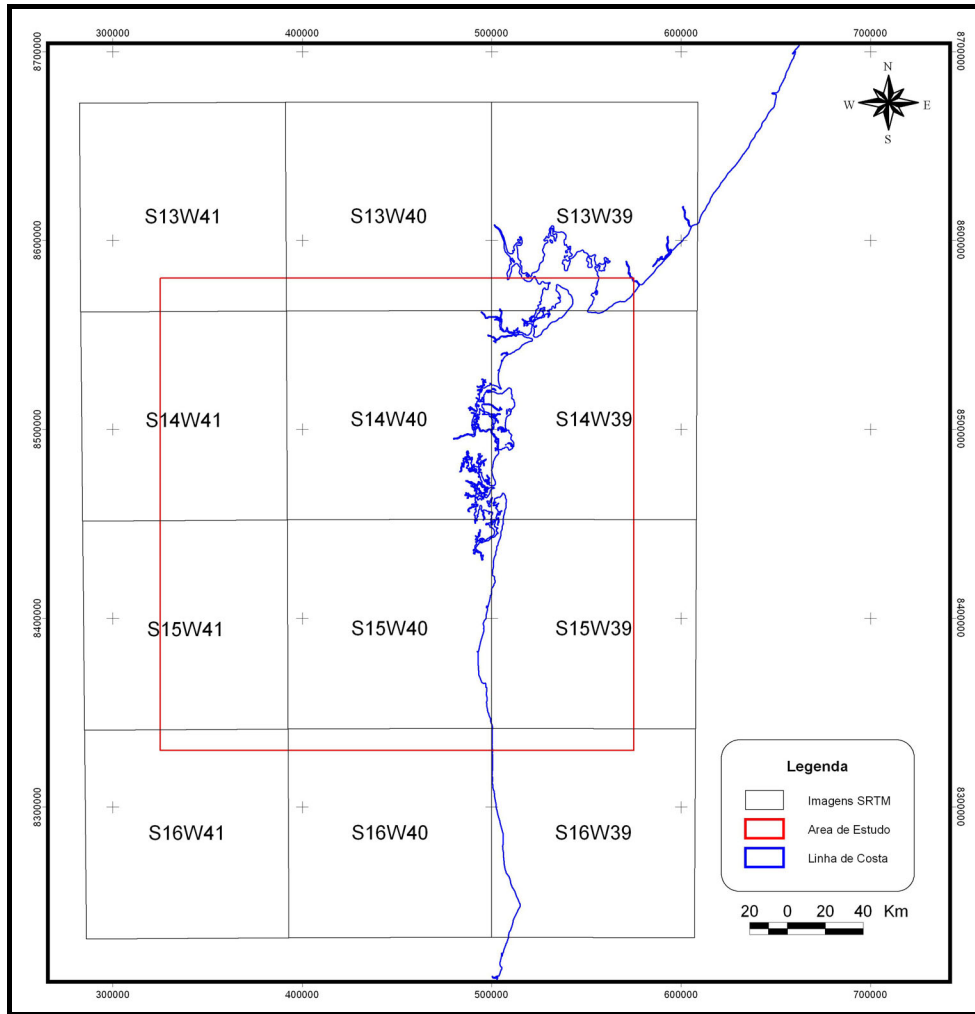


Figura 21 - Imagens SRTM utilizadas no estudo.

Quanto à precisão, o sistema opera com acurácia vertical absoluta menor que 16 metros, acurácia vertical relativa menor que 10 metros e acurácia horizontal absoluta menor que 20 metros em 90% do dado (Foni e Seal, 2004).

Sua órbita circular, inclinada a 57° com o equador e a aproximadamente 233 km de altitude, permitiu o imageamento de faixas com 252 km de largura e 7 km de superposição (no equador), resultando em 12 *Terabytes* de dados após 159 passagens.

A área em estudo foi coberta por conjunto de 12 imagens disponibilizadas pelo Projeto SRTM (Figura 21), com dimensões geográficas de 1° x 1° e resolução espacial de 90 metros.

3.3. Métodos Potenciais

A investigação do arcabouço estrutural de bacias sedimentares através dos métodos potenciais (gravimetria e magnetometria) é por muitas vezes utilizada em primeira mão em mapeamentos de cunho regional.

Tais ferramentas, utilizadas amplamente desde a década de 20 (Indústria Sísmica no Brasil, 2003), são capazes de captar as diferenças de densidades entre os corpos do substrato, no caso da gravimetria, e o magnetismo presente nas rochas ígneas e metamórficas, no caso da magnetometria.

Após o conhecimento do arcabouço estrutural da bacia, este método investigativo, além de subsidiar a seleção das áreas prioritárias de estudos mais detalhados, dá lugar ao levantamento sísmico para a identificação de estruturas locais favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos.

3.3.1. Dados de Gravimetria

A gravidade do globo terrestre é representada de modo simplificado por um modelo matemático (GRF – *Gravity Reference Field*) de componentes: a) movimento de rotação da Terra produzindo uma força centrífuga diferenciada desde o pólo até o equador; b) achatamento da Terra nos pólos, aproximando o centro de massa nesta região; c) maior concentração de massa continental no equador do que nos pólos. O somatório desses fatores provoca uma aceleração da gravidade 5,17 gals maior nos pólos que no equador (Nettleton, 1976).

O modelo matemático assume uma série de simplificações: a) a Terra possui densidade homogênea; b) o ponto de observação está estático; c) a observação é feita ao nível do mar. A primeira simplificação é falha localmente e as duas seguintes são passíveis de correções, Eötvös e de elevação, respectivamente.

Além disso, a força da gravidade varia conforme a altitude. Segundo a lei de Newton, $g=GM/R^2$, onde g é a aceleração devido à gravidade, G é a constante universal da gravidade, M é a massa da Terra e R é a distância entre o ponto de observação e o centro da Terra. Assumindo algumas constantes e considerando a Terra esférica, é possível chegar ao um valor simplificado de -0,3086 mGal por metro acima do nível do mar.

Esta correção de altitude considera que existe apenas ar entre a posição da leitura e o nível de referência e por isso é denominada de *Free-Air*². Contudo, a atração exercida por toda massa abaixo da estação de leitura até o nível zero não está sendo levada em conta e por isso se faz necessária a correção Bouguer³, que representa uma placa infinita de espessura igual à altitude e de densidade arbitrada, normalmente 2,2, 2,5 ou 2,67 g/cm³.

Devido a uma série de mudanças ocorridas ao longo do tempo, outras medidas corretivas devem ser aplicadas aos dados para que os mesmos não apresentem problemas no momento da integração de diferentes levantamentos.

Dentre as correções podemos citar a mudança da rede gravimétrica de referência, que até 1971 era a Rede Gravimétrica de Woollard (WGN – *Woollard Gravity Network*) e, após essa data, substituída pela IGSN71 (*International Gravity Standardization Net 1971*). Essa correção provoca uma diminuição de aproximadamente 15,1 mGal em média nos dados gravimétricos da região nordeste (Sá e Blitzkow, 1986).

Outra correção importante é a de latitude, uma vez que alguns dados disponibilizados pela ANP, provenientes da PETROBRAS, utilizam a fórmula de 1930, que foi aperfeiçoada em 1967.

Vale lembrar que, na união de dados adjacentes, a falta de uma análise criteriosa se essas correções já foram ou não aplicadas é de suma importância, pois pode provocar erros grosseiros de nivelamento, resultando feições lineares inexistentes.

A área em estudo possui cobertura gravimétrica com a integração de 3 tipos de levantamentos (Figura 22): terrestre (Gravter_Bahia), marítimo (EG13_Bahia) e satelital (GEOSAT), com corte aproximado na cota batimétrica de 400 metros.

$$^2 Cf = Go - Cl + 0,3086h$$

$$^3 Cb = Cf - 0,041928\rho h$$

Onde: Cf = Correção Free-Air; Go = Gravidade observada; Cl = Correção de latitude; h = altitude (em metros); Cb = Correção Bouguer; e ρ = densidade (em g/cm³)

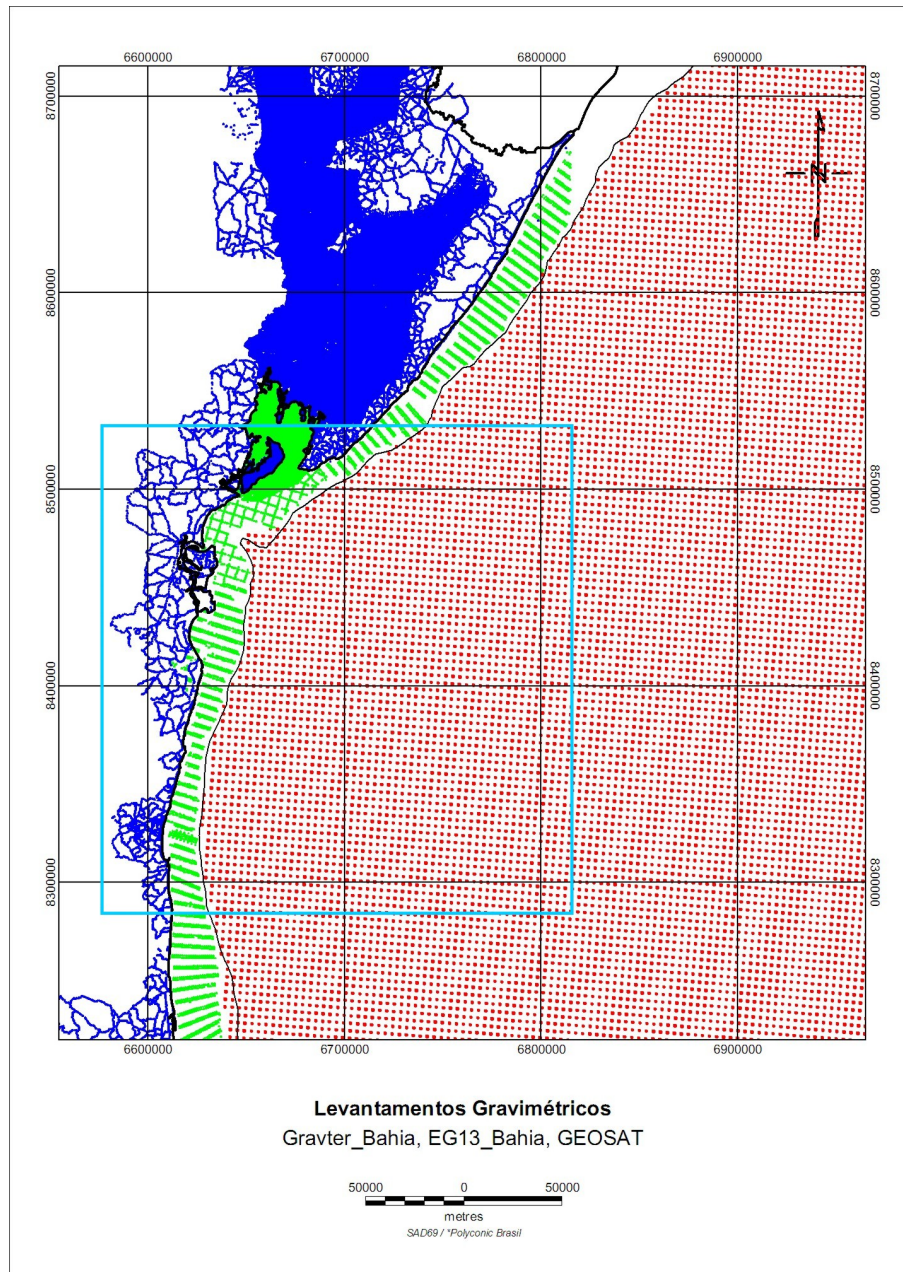


Figura 22 - Levantamentos gravimétricos utilizados. Obs: A linha preta fina representa a cota batimétrica de 400 metros e o quadrado azul, a área de estudo.

Como a origem e as características dos levantamentos são bastante distintas, deve-se levar em consideração a resolução dos dados no momento da interpretação. O levantamento terrestre possui malha de amostragem densa com aproximadamente 500 metros de distância entre as leituras e dispõe-se preferencialmente ao longo das estradas. Já o levantamento marinho possui distancia média de 1000 metros entre as leituras e 4.000 metros entre uma linha e outra. O levantamento orbital possui amostragem regular de aproximadamente 4.000 metros.

3.4. Programas de Computador

Para a manipulação dos dados em meio digital, foram utilizados diversos programas de processamento e de análises estatísticas, entre eles: ArcView 3.3 para interpretação visual das imagens e integração das informações; ErMapper 6.3 para registro das imagens LANDSAT; PCI 9.0 para registro das imagens RADARSAT-1; SPRING 4.0 para análises direcionais e de frequência dos lineamentos; SETEREONET 2.46 para confecção de rosetas; STATISTICA 6.0 para análise dos tamanhos e direções preferenciais; SURFER 8.0 para interpolação das informações provenientes do SPRING; OASIS MONTAJ 5.1.5 (GEOSOFT) com os módulos MAGMAP e GM-SYS 4.8.30 para análise dos dados de gravimetria.

Capítulo 4: MÉTODOS

4.1. Preparação das Imagens

Todas as imagens disponíveis passaram pelo processo de registro (georreferenciamento), obedecendo sempre ao mesmo sistema de projeção (UTM, Zona 24 Sul, Meridiano Central 39°W) e ao mesmo *datum* (SAD69), para que elas pudessem ser comparadas entre si, aumentando assim o grau de confiabilidade na determinação das feições observadas.

No caso do RADARSAT-1, as imagens foram registradas no *software* PCI 9.0 com base nos dados de efemérides do satélite, reamostradas bilinearmente com polinômio de 2ª ordem.

As imagens do LANDSAT tiveram seu registro através do *software* ErMapper 6.3 com base em GCPs (pontos de controle, do inglês *Ground Control Points*) coletados das imagens já registradas, com reamostragem bilinear, polinômio de 2ª ordem e no máximo 1 *pixel* de RMS (*Root Mean Square*).

Por sua vez, o modelo digital de elevação foi iluminado artificialmente em oito diferentes azimutes (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°) e com uma mesma inclinação (45°) para que o sombreamento produzido pelo relevo pudesse realçar as estruturas em todas as direções, principalmente quando perpendiculares à iluminação, como pode ser observado na Figura 23. Estes dados foram mosaicados e exportados para o formato *raster* com reamostragem para 50 metros, com o intuito de melhorar a qualidade visual e, conseqüentemente, facilitar a interpretação.

4.2. Extração de Lineamentos

Segundo a definição de O'Leary *et. al.* (1976), o lineamento observado em imagens de sensoriamento remoto é uma feição da superfície terrestre, mapeável, simples ou composta, de traço retilíneo ou suavemente curvilíneo, diferenciando-se das feições adjacentes e presumivelmente refletindo um fenômeno de subsuperfície.

Deste modo, com base principalmente na morfologia do terreno, foram extraídas das imagens as feições lineares em 3 níveis de observação: menor escala (1:500.000), determinando as estruturas regionais mais marcantes, escala intermediária (1:300.000) e maior escala (1:150.000), visando determinar as estruturas menos evidentes, sempre maiores que 1 km. Porém, todos lineamentos foram tratados estatisticamente em uma

única base de dados, o que será abordado em maiores detalhes no item 4.3 deste mesmo capítulo.

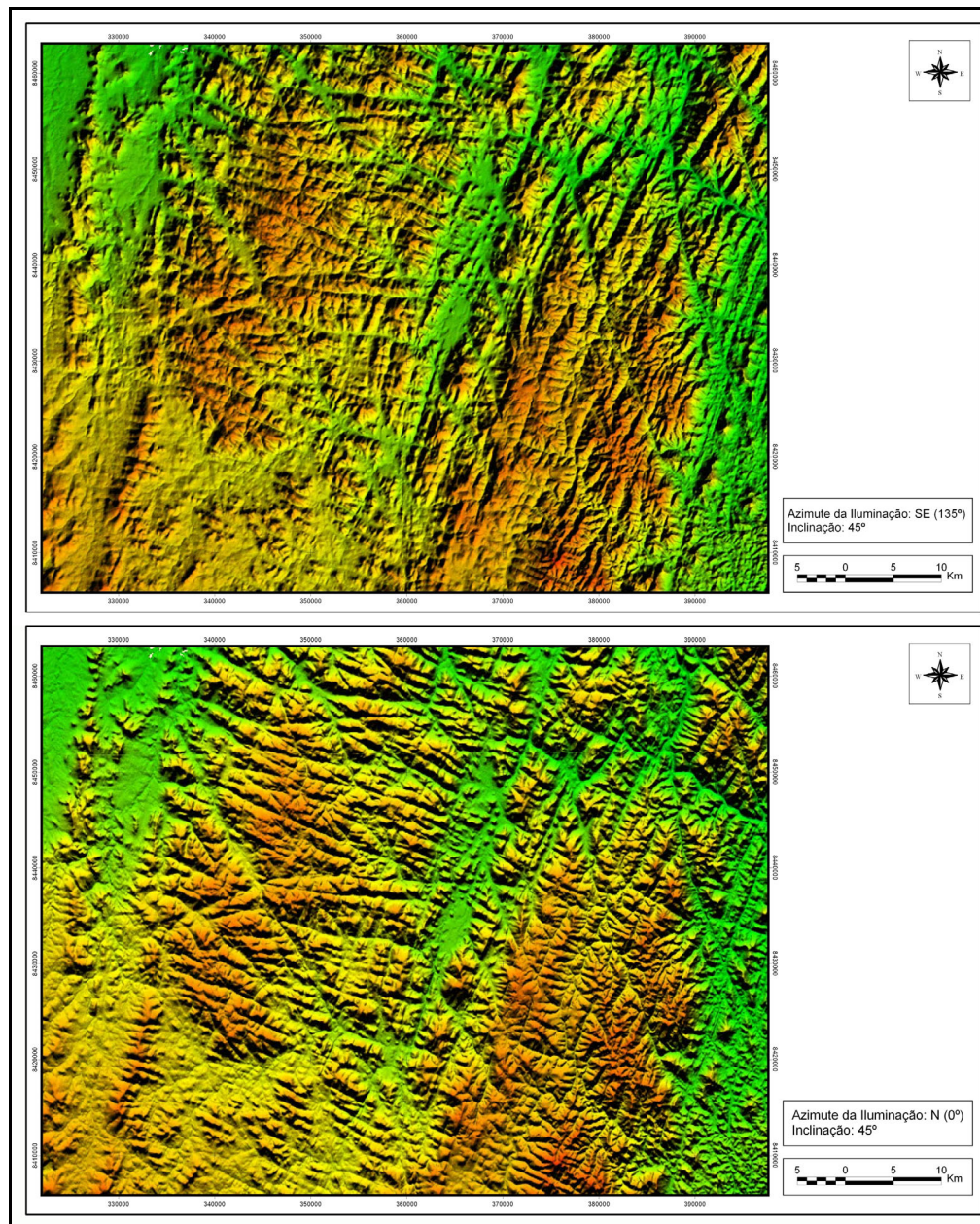


Figura 23 – Exemplo de imagem SRTM sombreada com diferentes azimutes de iluminação (135° e 0°).

O padrão de drenagem também serviu como um indicativo de lineamentos uma vez que os rios tendem a se encaixar nas estruturas, produzindo feições peculiares como inflexões bruscas de até 90° (Figura 24).

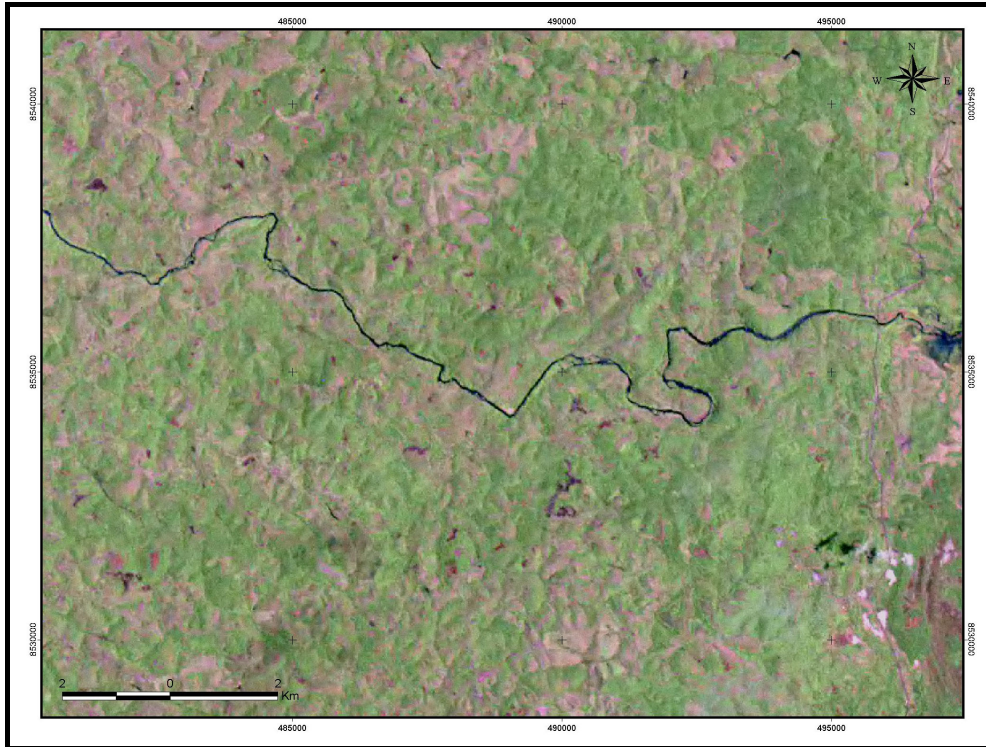


Figura 24 - O padrão de drenagem como indicativo de lineamentos (imagem Landsat 7/ETM+, composição 5R4G3B).

Também deve ser levado em consideração que, ao se trabalhar com imagens de radar, eventualmente, feições lineares naturais confundem-se com feições antrópicas, como por exemplo, estradas e ferrovias. Assim sendo, as malhas rodoviária e ferroviária apresentadas no item 2.1 (Figura 3) foram superpostas às imagens para evitar este tipo de problema na interpretação.

A interpretação das imagens foi feita visualmente através da digitalização das feições no *software* ArcView 3.3, utilizando as imagens previamente processadas como pano de fundo.

Um agravante da utilização da técnica de extração de lineamentos a partir de sensores remotos é a ambigüidade e a falta de reprodutibilidade reportada por Short (2003), em um estudo onde 4 geólogos experientes em fotointerpretação utilizaram uma mesma imagem Landsat para determinar o padrão estrutural da Bacia Paleozóica de Anadarko (Oklahoma, EUA).

De todas as feições identificadas pelos geólogos, apenas 0,5% foi notada por todos eles, 4,7% foi observada por 3 intérpretes, 17,8% por 2 e o restante (77%) foi notada por apenas 1 intérprete. Porém, este resultado é questionável uma vez que o autor não cita

técnicas de processamento digital de imagens como, por exemplo, razão de bandas ou filtragens direcionais, levando a crer que as imagens foram interpretadas como fotografias aéreas em meio analógico, subestimando todas as informações que podem ser extraídas de uma imagem digital.

Segundo ele, este resultado é desanimador e pode ser fruto da subjetividade da decisão se determinada feição linear realmente existe, se é geológica, ou se não significa nada. Porém, ainda segundo Short (2003), bons trabalhos provaram que uma análise apropriada pode revelar lineamentos estruturais verdadeiros e promover um ganho na exploração petrolífera.

Neste tipo de estudo, há uma tendência em se extrair toda e qualquer feição que pareça linear, provocando uma grande quantidade de dados, que por muitas vezes, dificulta o diagnóstico. Uma maneira de minimizar este problema é o tratamento estatístico dos dados, uma vez que, os lineamentos “não geológicos” tendem a desaparecer por serem minoria e de direções aleatórias, prevalecendo o padrão estrutural regional.

Outra maneira encontrada para contornar estes problemas foi a utilização de 3 tipos diferentes de sensores quanto ao modo de aquisição: óptico (LANDSAT), radar (RADARSAT) e modelo digital de elevação proveniente de radar interferométrico (SRTM). Apesar da interpretação ocorrer preferencialmente sobre este último, devido à facilidade de identificação das feições morfo-estruturais (Figura 25), as demais também foram importantes para confirmação da existência ou não de determinadas feições.

4.3. Análise Estatística de Lineamentos

Visando a observação da tendência geral das feições lineares extraídas das imagens digitais e, conseqüentemente, da síntese das informações, fez-se necessária a utilização de tratamentos estatísticos, como por exemplo, as rosetas elaboradas no STERONET 2.46, as filtragens direcionais feitas no SPRING 4.0 e até mesmo a estatística básica com o *software* STATISTICA 6.0.

Uma vez digitalizados, os comprimentos dos lineamentos foram calculados e posteriormente agrupados em classes com o uso do *software* STATISTICA.

Com este procedimento foi possível observar os valores mais comuns e a existência de lineamentos com grandes extensões que poderiam ser reinterpretados. Porém, esta “releitura” dos dados mostrou que, apesar de parecerem valores espúrios, essas dimensões eram verdadeiras, como por exemplo, a Falha do Rio Colônia, que limita a

Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia, com aproximadamente 150 km de extensão, consistente com o reportado por Corrêa Gomes *et. al.* (1998).

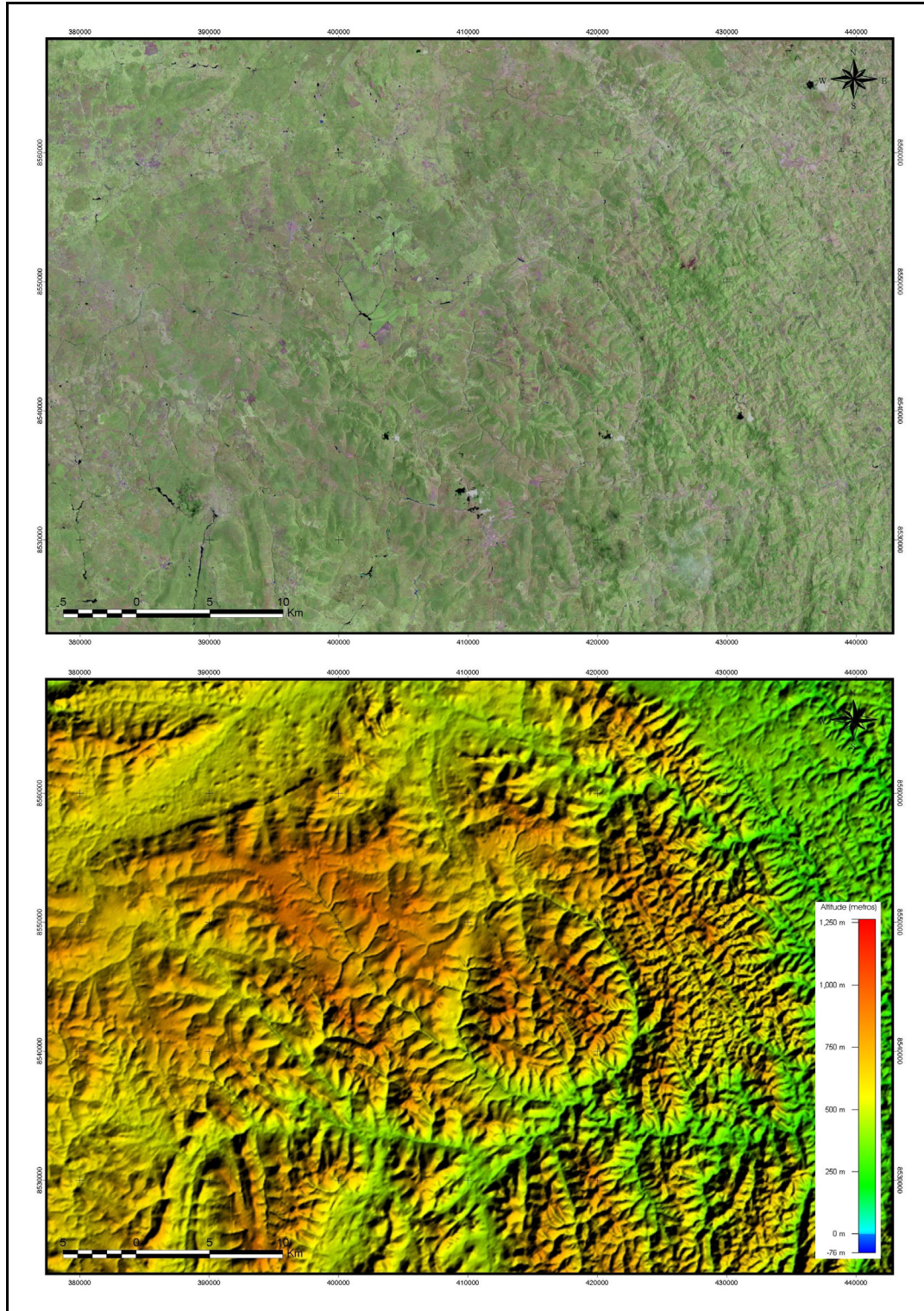


Figura 25 - Comparação entre imagem Landsat 7/ ETM+, composição 5R4G3B (acima) e MNT sombreado do SRTM (abaixo); estrutura circular de Brejões.

Estas informações, além de subsidiar a caracterização estrutural do ambiente terrestre, auxiliaram também na interpretação dos dados gravimétricos da porção submersa, uma vez que serviram como parâmetro no que diz respeito às dimensões médias e possíveis dos lineamentos, com ressalvas quanto à resolução das ferramentas utilizadas.

Também foram utilizadas análises estatístico-espaciais como a construção de diagramas de rosetas. Para tal, a área em estudo foi subdividida arbitrariamente em 21 setores com 2.500 km² cada (50 x 50km), como pode ser observado na Figura 26.

A alteração do tamanho desses setores, para mais ou para menos, pode provocar diferenças no resultado da análise, como por exemplo, a observação de um padrão estrutural mais regional ou mais local, respectivamente. Porém, como o resultado observado foi condizente com o até então postulado na literatura, acredita-se que o tamanho escolhido esteja de acordo com as expectativas. Alternativas para a confecção das rosetas serão abordadas no Capítulo 7.

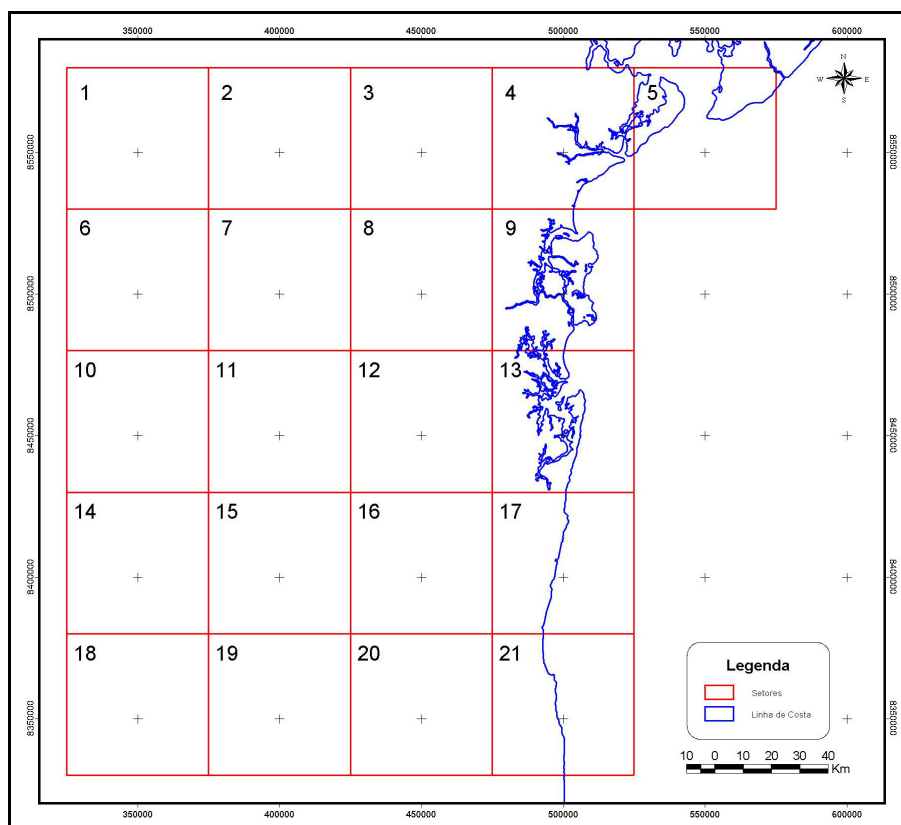


Figura 26 - Subdivisão da área em estudo em setores para a confecção das rosetas.

Nesta etapa do trabalho, os lineamentos curvilíneos tiveram que ser desmembrados em segmentos de retas, do contrário, as direções dos lineamentos não representariam a realidade, pois estas são extraídas com base na coordenada inicial e final de cada feição.

Um outro tipo de análise estatístico-espacial realizada foi a frequência de lineamentos por classes de direções (de 10° em 10°) por unidade de área com 625 km² (25 x 25km), permitindo a identificação das regiões com maior concentração de lineamentos em cada grupamento direcional.

Para este caso específico, visando garantir uma homogeneidade nos dados e, conseqüentemente, possibilitar a correlação entre as células, os segmentos foram quebrados em porções menores, de no máximo 1km. Desta forma, as discrepâncias devido ao tamanho dos segmentos foram minimizadas.

4.4. Análise dos Dados de Gravimetria

A primeira etapa de preparação dos dados foi a comparação destes com outros já corrigidos, possibilitando a determinação de qual rede gravimétrica os dados foram calculados, WGN ou IGSN71, conforme mencionado anteriormente no item 3.3.1. Como a diferença entre os valores era de aproximadamente +15,1 mGal, compatível com a média da região nordeste calculada por Sá e Blitzkow (1986), verificou-se que os dados deveriam ser corrigidos com a subtração deste valor.

Uma vez definida a rede gravimétrica utilizada no primeiro dado e sua devida correção, o mesmo procedimento foi efetuado para os demais levantamentos, agora com base no primeiro, minimizando assim os problemas que podem ocasionar o desnivelamento.

Um outro fator observado foi a correção de latitude, que também teve sua fórmula alterada em 1967, até então utilizada a de 1930. Neste caso específico, as diferenças foram de aproximadamente -16,5 mGal, porém, este problema é bem mais fácil de ser resolvido, pois não depende de um dado corrigido previamente, bastando apenas utilizar as fórmulas de correção^{4,5} para verificar qual foi utilizada e aplicar a correta, caso necessário.

⁴ $Cl_{30} = 978049,0 (1 + 0,0052884\text{sen}^2\varphi - 0,0000059\text{sen}^2 2\varphi)$ mGal

⁵ $Cl_{67} = 978031,8 (1 + 0,0053024\text{sen}^2\varphi - 0,0000059\text{sen}^2 2\varphi)$ mGal

Onde: Cl = Correção de latitude; e φ = latitude geodésica da leitura (em radianos).

As informações provenientes do GEOSAT apresentaram desnível de aproximadamente - 14,1 mGal em relação aos levantamentos anteriormente corrigidos e, conseqüentemente, teve que ser alterado neste valor visando minimizar os problemas de nivelamento já mencionados.

Além dessas correções fez-se necessária também uma investigação detalhada para detecção de valores espúrios que pudessem comprometer a análise. Em particular, os dados do levantamento terrestre (Gravter_Bahia) apresentaram grande quantidade de valores anormais (9999,99) simultaneamente para elevação, gravidade observada e correção de latitude, o que provocou feições tabulares inexistentes em algumas porções da área de estudo. Por isso, estes pontos foram eliminados do levantamento.

Tendo corrigido e integrado todos os levantamentos em uma única base de dados, iniciou-se o processo de gridagem das anomalias *Free-Air* (Figura 27) e *Bouguer* (Figura 28) com o método de mínima curvatura e espaçamento de 2.500 metros.

Após esta etapa, fez-se necessário a aplicação de filtros com intuito de realçar as estruturas internas da bacia e eliminar a interferência provocada pela subida do manto proveniente do estiramento crustal.

Tal filtragem, denominada de separação regional/residual, foi executada com o módulo MAGMAP do *software* Oasis Montaj 5.1.5 (GEOSOFT) sobre o mapa de anomalia *Bouguer* através do seguinte procedimento: preparação do grid com a remoção do *trend* regional com um polinômio de primeira ordem com base nas extremidades e expansão retangular de 10%; transformação do grid para o domínio da freqüência através da transformada de Fourier; especificação dos filtros; aplicação dos filtros e retorno do grid para o domínio do espaço.

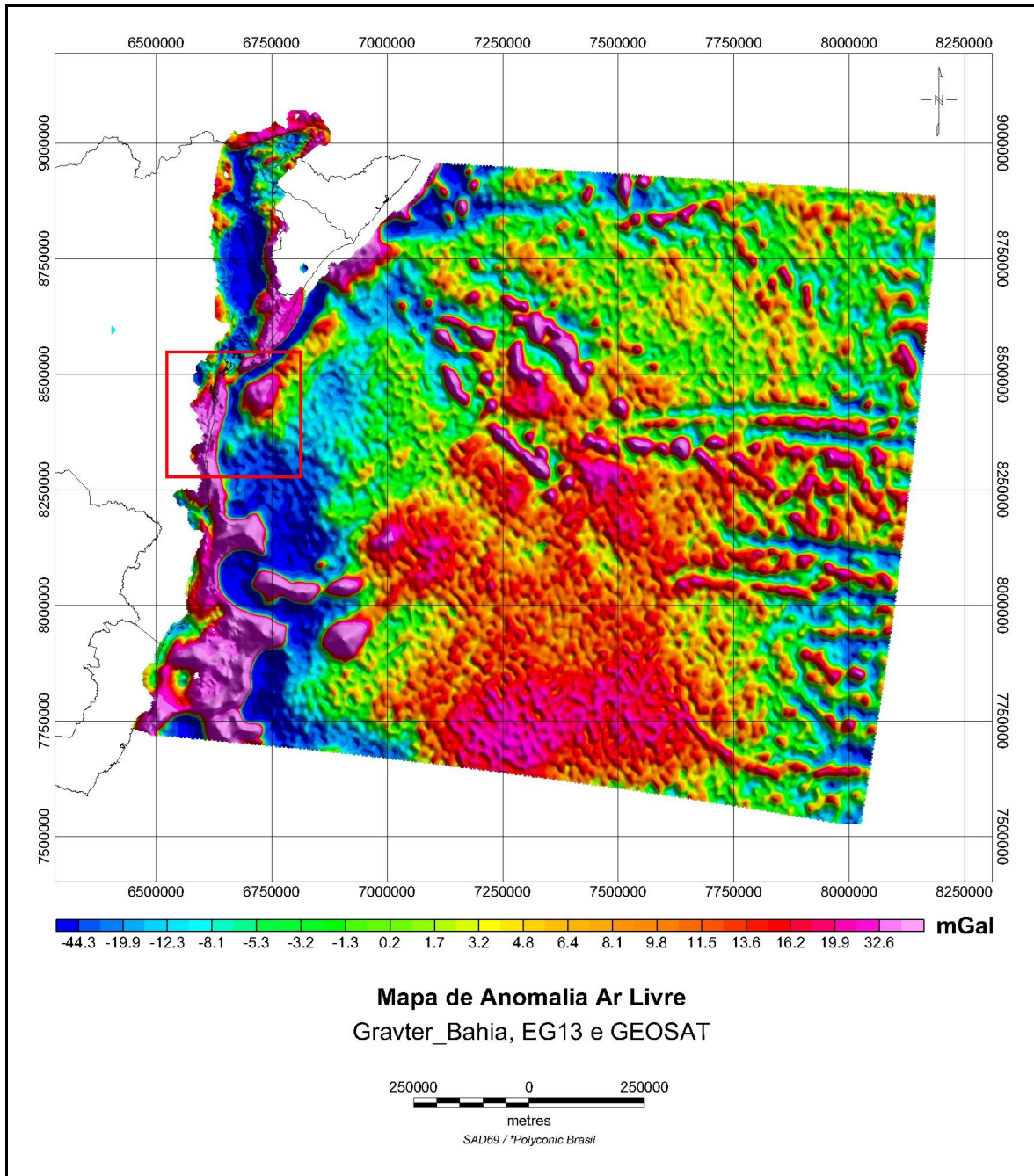


Figura 27 - Mapa regional de anomalia *Free-Air*. OBS: o quadrado vermelho representa a área de estudo.

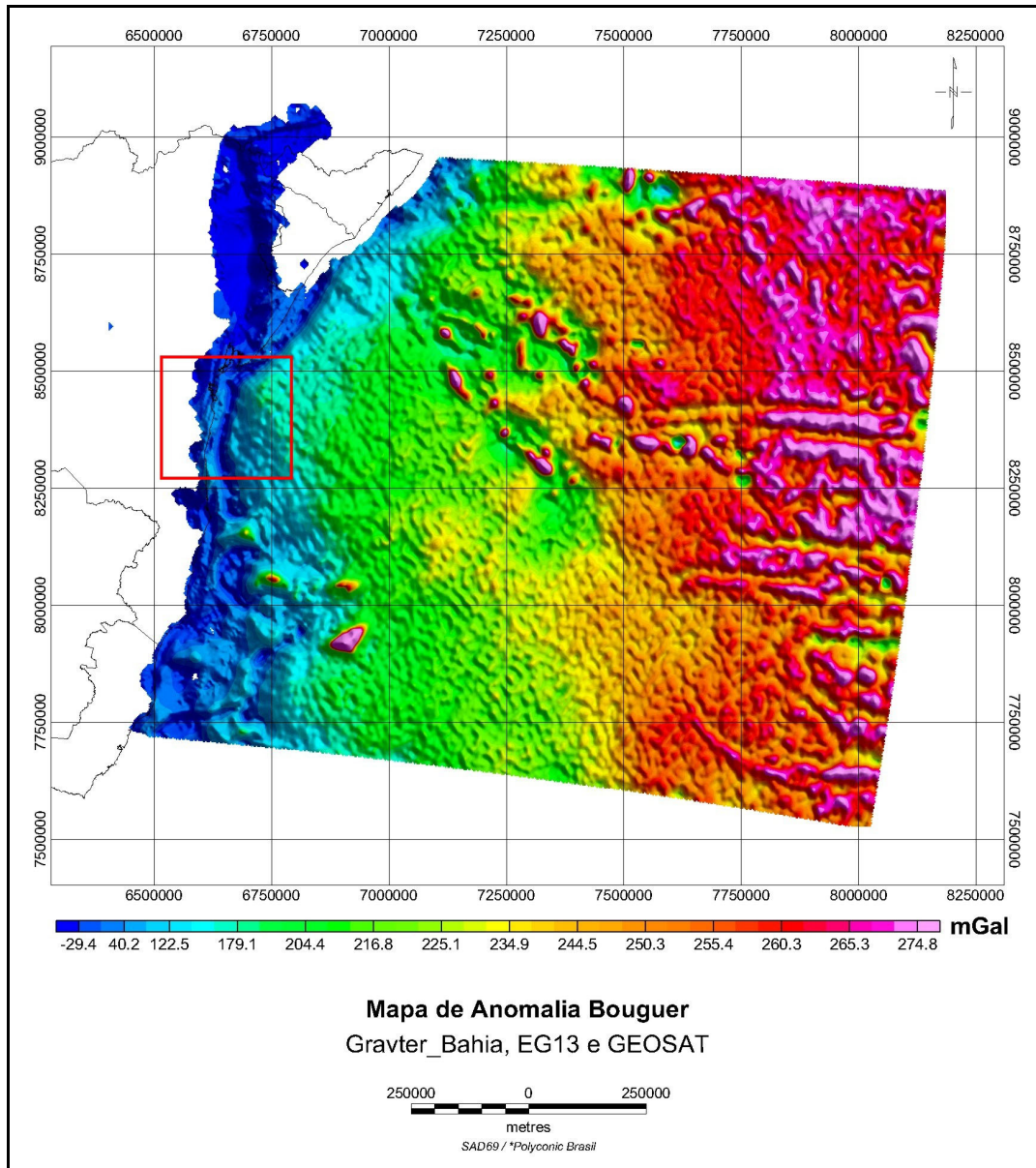


Figura 28 - Mapa regional de anomalia *Bouguer*. OBS: o quadrado vermelho representa a área de estudo.

Com base no mapa estrutural da Bacia do Recôncavo publicado por Figueiredo *et. al.* (1994), filtrou-se os dados com diferentes comprimentos de onda até que fosse possível identificar as feições mais marcantes, como por exemplo, a Falha de Mata-Catu, os Altos de D. João e Aporá e os Baixos de Camaçari, Alagoinhas e Quiambina (Figura 29), e assim, ter um parâmetro de filtragem ideal, capaz de realçar as principais estruturas com mínima criação de artefatos. O filtro que obteve o melhor resultado, passa-banda com 10 km (baixa frequência) e 20 km (alta frequência), foi aplicado em toda área de estudo para posterior interpretação.

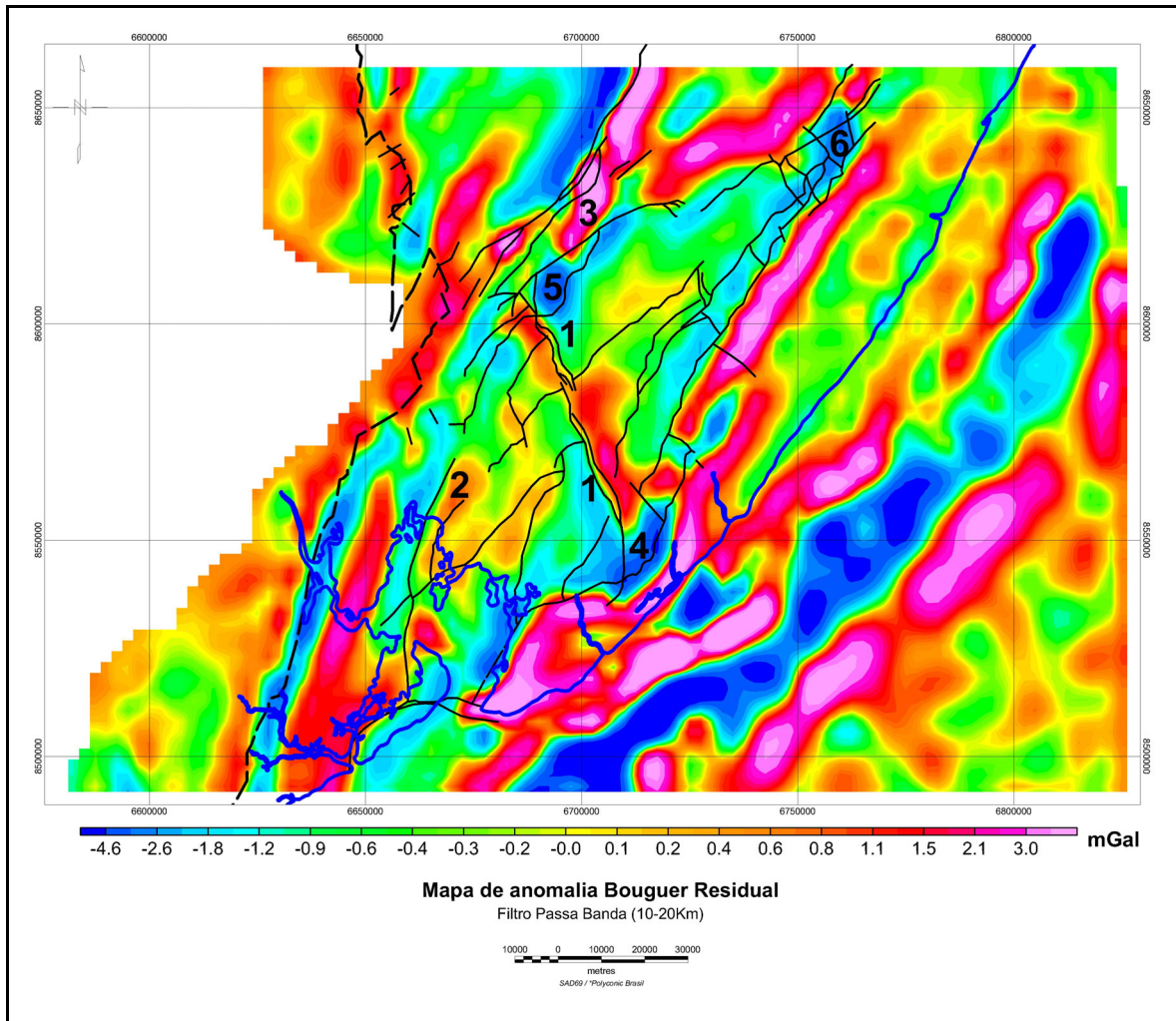


Figura 29 – Mapa de anomalia *Bouguer* residual da Bacia do Recôncavo como balizador na identificação de estruturas; 1) Falha de Mata-Catu; 2) Alto de D. João; 3) Alto de Aporá; 4) Baixo de Camaçari; 5) Baixo de Alagoinhas; 6) Baixo de Quiambina (modificado de Figueiredo *et. al.*, 1994).

Também foi possível inferir, a partir de filtragens com grande comprimento de onda (*i.e.* passa banda com 20 km de baixa frequência e 150 km de alta frequência), a posição provável da interface crosta oceânica-crosta continental com base na anomalia característica da crosta oceânica e nas terminações das grandes falhas transformantes que se estendem desde a cadeia meso-oceânica até os continentes Sul-Americano e Africano.

Visando caracterizar a geometria da bacia, utilizou-se o processo de inversão gravimétrica ao longo de cinco perfis perpendiculares à linha de costa. Tal procedimento foi efetuado através do módulo GM-SYS 4.8.30 do software Oasis Montaj 5.1.5 e teve como parâmetros: densidade do sedimento – 2,35 g/cm³, densidade da crosta continental

– 2,835 g/cm³, densidade da crosta oceânica – 3,0 g/cm³, densidade do manto - 3,33 g/cm³ e densidade da água – 1,07 g/cm³.

A densidade aparentemente alta da crosta continental é justificada pela grande quantidade de rochas máficas e ultramáficas de natureza vulcano-sedimentar de alto grau metamórfico (fácies granulito), o que proporciona um aumento de densidade devido à redução de porosidade e recristalização dos minerais (Telford *et.al.*, 1990). Este valor foi calculado com base na média de densidade dos litotipos indicados no mapa geológico da Folha Itabuna (1:100.000), realizado pelo Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), como pode ser observado na Tabela 2 (Arcanjo, 1997).

Tabela 2 - Densidade média das rochas que compõem a crosta continental na área de estudo (Arcanjo, 1997).

| Litologia | Densidade (g/cm³) |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Metagabro alterado | 2,81 |
| Meta-hiperstênio gabro | 3,04 - 3,14 |
| Meta-hornblenda gabro | 2,82 |
| Metabasalto | 3,13 |
| Diabásio | 2,74 |
| Metadiorito | 2,73 - 2,90 |
| Sienito | 2,74 - 2,89 |
| Gnaiss félsico | 2,64 |
| Biotita-gnaiss diorítico | 2,82 |
| Meta-hiperstênio tonalito | 2,64 - 2,84 |
| Metandesito | 2,73 |
| Metanorito gnáissico | 2,87 |
| Média | 2,835 |

Segundo Telford (*op. cit.*), medidas feitas em laboratório raramente fornecem a densidade real das rochas, pois amostras de superfície podem estar intemperizadas, fragmentadas, desidratadas ou alteradas durante o processo de coleta. Porém, considerou-se o procedimento adotado como a melhor aproximação possível para a densidade da crosta continental.

As demais médias foram estipuladas com base em outros trabalhos de modelagem de bacias, como: Karner *et. al.* (2000), Driscoll e Karner (1994), Watts e Stewart (1998), Fernandes e Chang (2002) e Mohriak *et. al.* (1998), levando também em consideração a densidade média das rochas e minerais descritas por Telford *et.al.* (1990).

Capítulo 5: RESULTADOS

5.1. Análise Estrutural da Porção Emersa

Através da interpretação das imagens SRTM, Landsat (5 e 7) e Radarsat-1 foi possível identificar aproximadamente 4.600 feições lineares que perfazem 37.800 km (Figura 30).

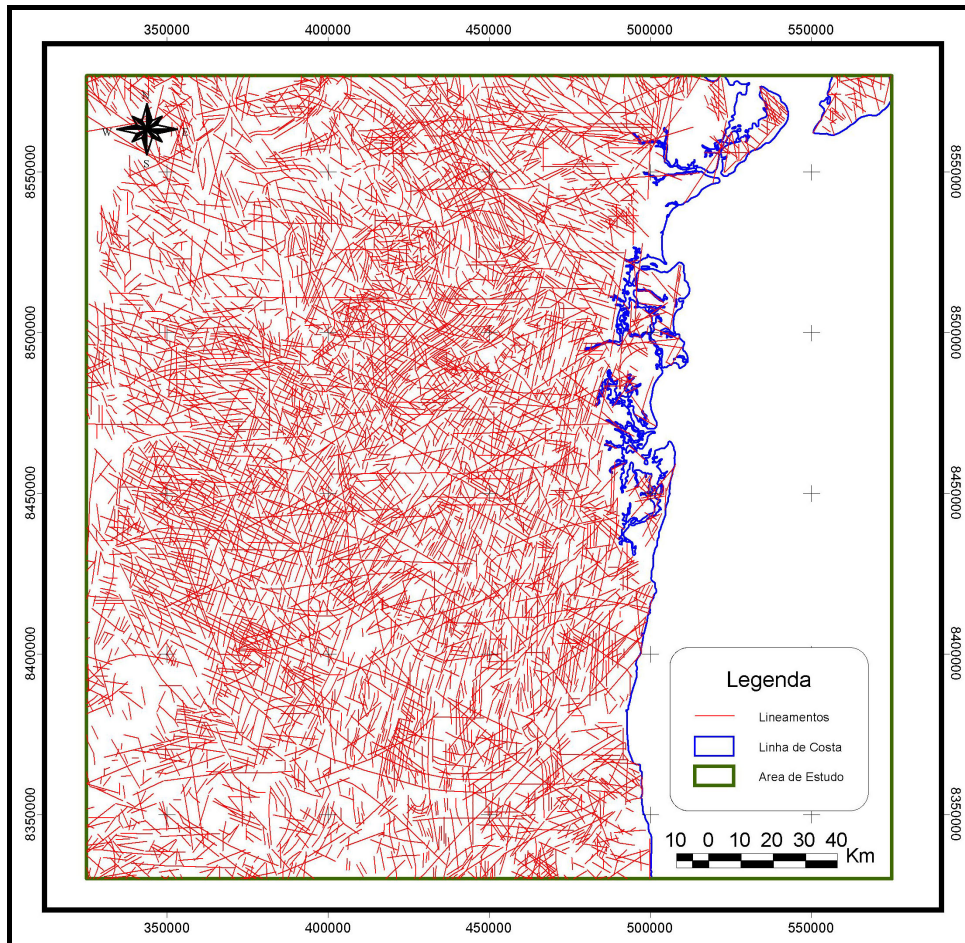


Figura 30 - Lineamentos interpretados na área de estudo.

De forma geral, os valores mais comuns estão entre 2 e 15 km, sendo o mais freqüente entre 3 e 4 km. Existem também lineamentos com grandes extensões que poderiam ser revistos (Figura 31), aparentemente resultado de uma interpretação errônea conforme mencionado no item 4.3 do capítulo anterior. No entanto, estas feições mostraram-se verdadeiras e corroboradas por informações disponíveis na literatura.

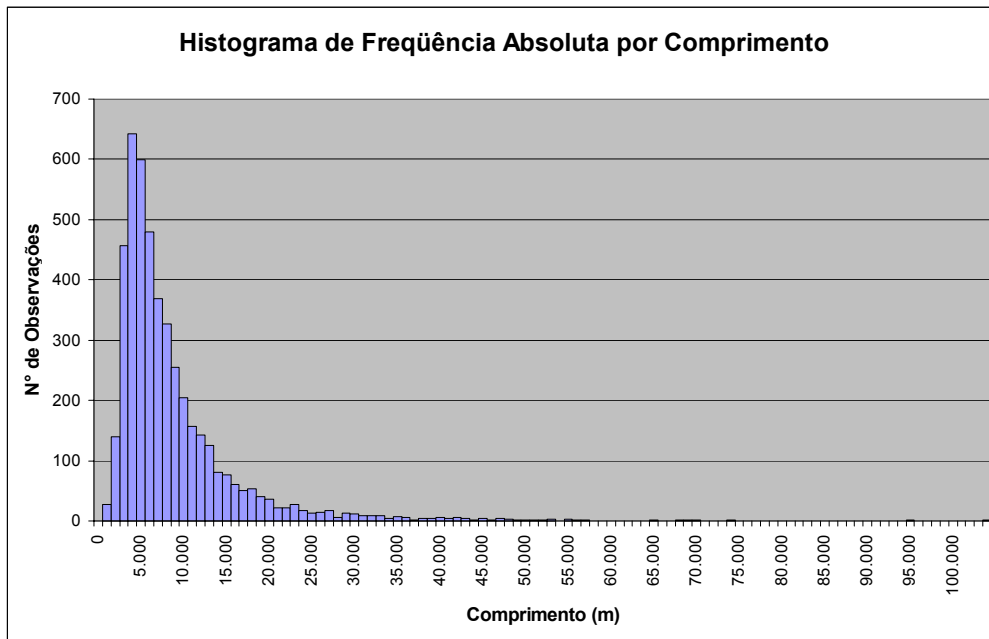


Figura 31 - Histograma de frequência absoluta dos lineamentos por comprimento.

As direções principais de toda a área de estudo estão sintetizadas na Figura 32, onde fica evidenciada a direção preferencial dos lineamentos NNE (de N0° a N30°) e ESE (de N110° a N130°).

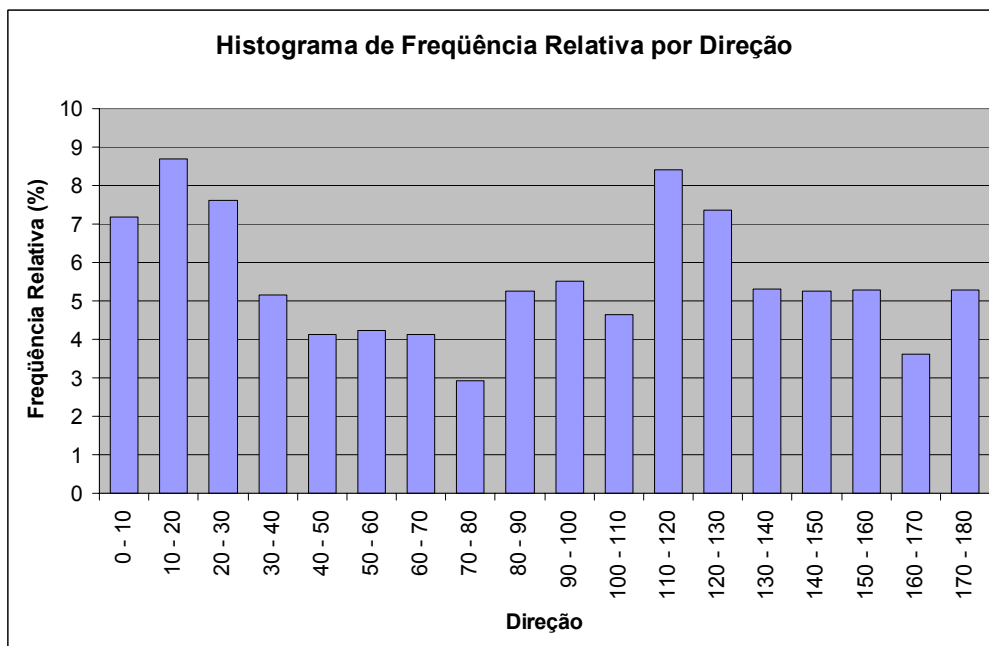


Figura 32 - Histograma de frequência relativa por direção.

No mapa de rosetas (Figura 33) pode-se observar de uma forma mais detalhada que existe predominância bimodal nas direções dos lineamentos, NNE e ESE, interpretadas como um par conjugado de falhas do Cinturão Móvel Itabuna-Costeiro Atlântico e falhas de transferência de alívio de tensão, respectivamente. Estão associadas principalmente às rochas Arqueanas de natureza vulcano-sedimentar e ortognaisses (tonalito/trondjhemito), além de rochas máficas e ultramáficas, em menor quantidade.

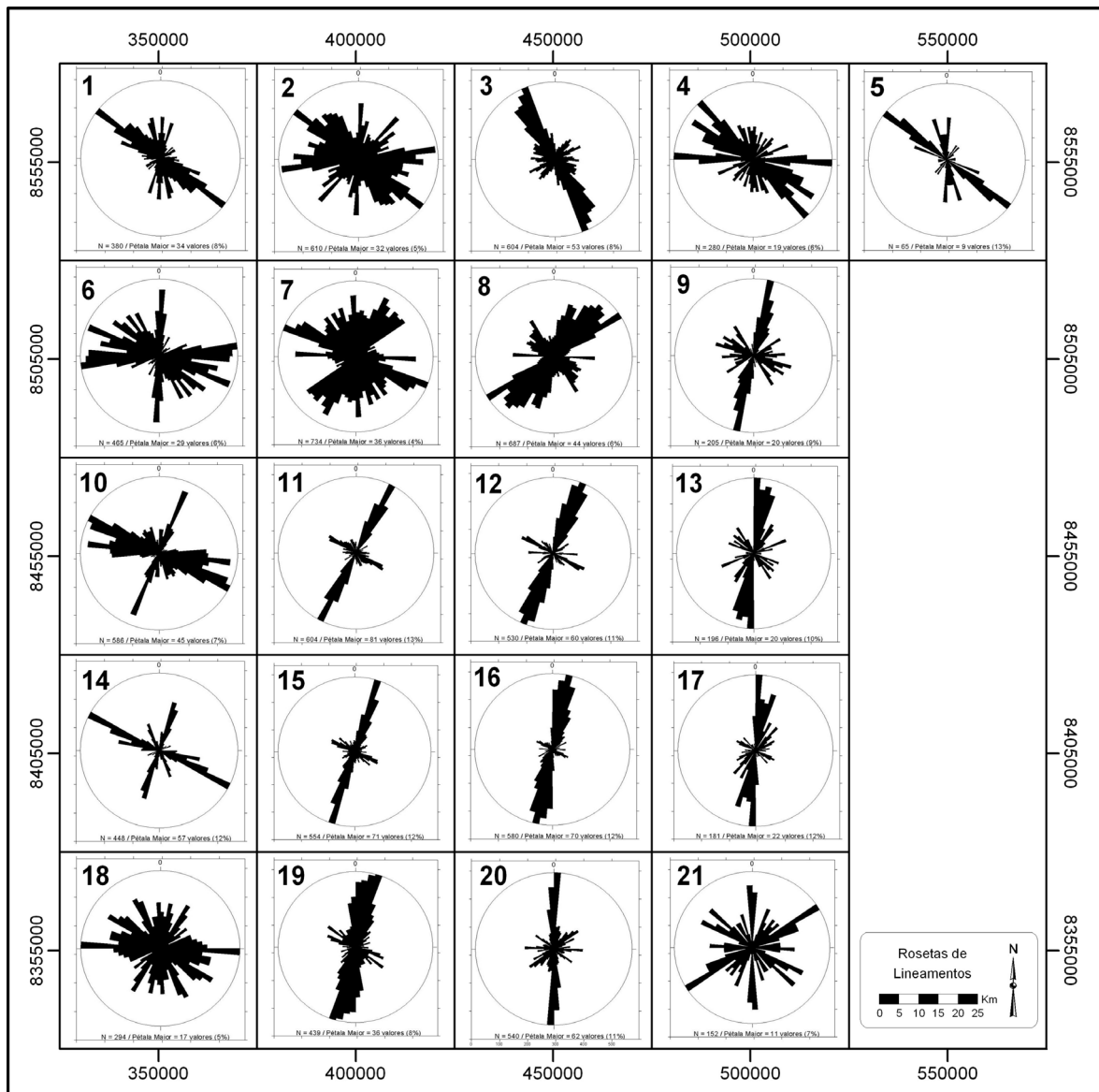


Figura 33 - Diagramas de rosetas por setor; comparar com Figura 26.

Há setores também com direção preferencial de lineamentos menos marcantes, praticamente dispersos, como é o caso dos setores 2, 7 e 18, refletindo a maior cobertura de depósitos lateríticos nestes quadrantes, que podem estar mascarando as estruturas em subsuperfície.

Há de se ressaltar também a direção preferencial das estruturas nos setores 4 e 5 que controlam a desembocadura do Rio Paraguaçu e as estruturas do setor 4 que controlam a formação do Cânion Jequiriçá na porção submersa. Essa direção preferencial (ESE) é condizente com o padrão estrutural do Cinturão Móvel Salvador-Curuçá, que aparentemente reflete inclusive nos sedimentos da bacia sedimentar, evidenciado principalmente na Ilha de Itaparica.

A direção principal do setor 21 (NE) é reflexo da Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia, de formação Pré-Cambriana e reativação Mesozóica, que controlou a formação da Bacia de Almada na porção terrestre e, provavelmente, o grande Paleocânion de Itacaré (termo proposto por Karam *et. al.*, 2004) na porção marítima.

Já no mapa de frequência de lineamentos em todas as direções (Figura 34), pode-se observar que maior densidade dessas feições ocorre na região do Bloco Jequié, principalmente na borda leste, onde as atividades tectônicas devem ter sido mais intensas durante a implantação do Cinturão Itabuna-Costeiro Atlântico, além de se tratar de um núcleo Arqueano que, por ser mais antigo, sofreu a influência de várias fases de deformação.

A leste do Bloco Jequié, no Cinturão Itabuna-Costeiro Atlântico, a densidade de lineamentos de direções NNE é bastante expressiva (Figura 35 e Figura 36) compatível com a estruturação milonítica da terceira fase de deformação (D3) descrita por Arcanjo (1997).

Já os lineamentos de direção NE, entre N20° e N60° (Figura 37, Figura 38, Figura 39 e Figura 40), ocorrem preferencialmente no Bloco Jequié, assim como os de direção SE, entre N100° e N130° (Figura 41, Figura 42 e Figura 43), caracterizando o par conjugado principal anteriormente mencionado.

Na Figura 39 também pode ser observado a maior densidade de lineamentos de direção N40° a N50° na porção SE da área de estudo, reflexo da Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia.

Outro resultado expressivo é a densidade de lineamentos de direção ESE que ocorre no nordeste da área (Figura 44), sendo observado também na porção marítima através dos

dados de gravimetria, reflexo da Falha da Barra que limita a área de estudo com a Bacia do Recôncavo.

As figuras das demais direções podem ser observadas em anexo por serem menos expressivas e conseqüentemente de difícil correlação geológica.

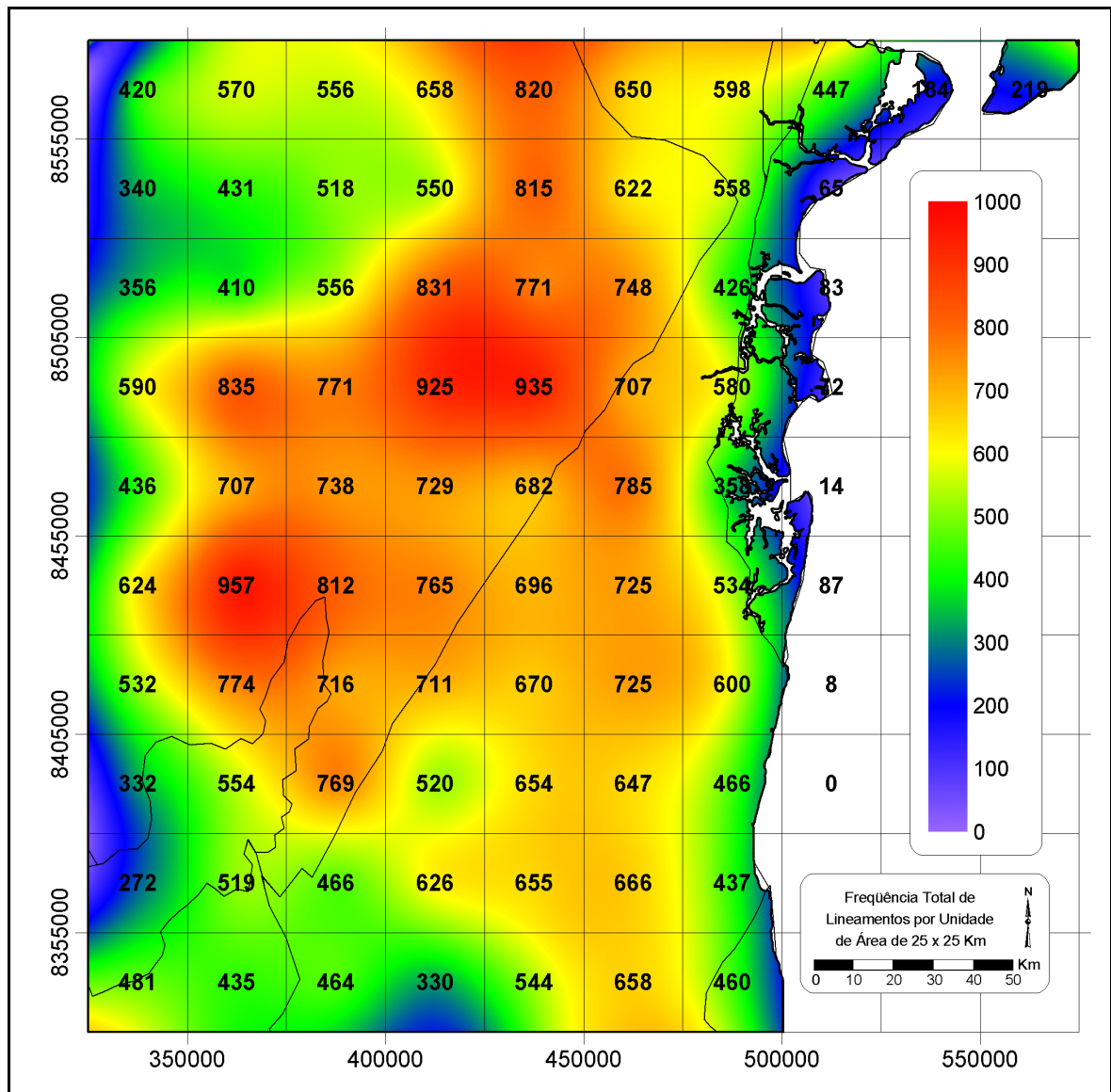


Figura 34 - Frequência de lineamentos em todas as direções por unidade de área (25 x 25km). OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula e a linha preta, os limites tectônicos.

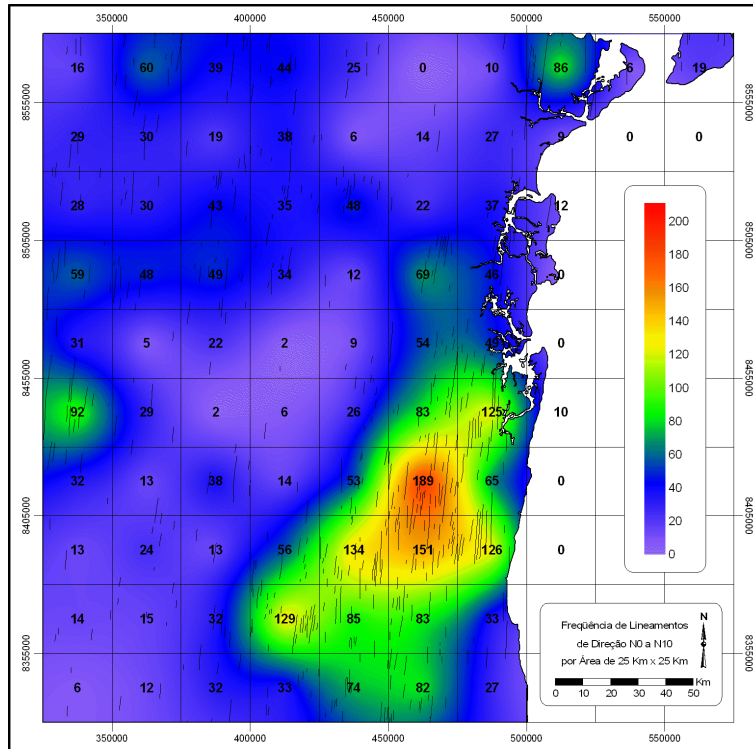


Figura 35 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N0° a N10°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

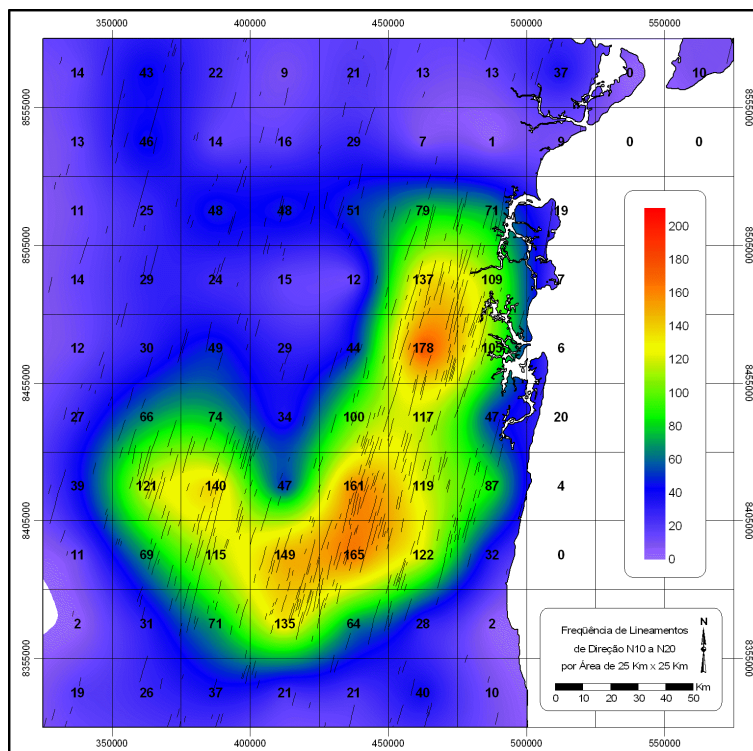


Figura 36 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N10° a N20°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

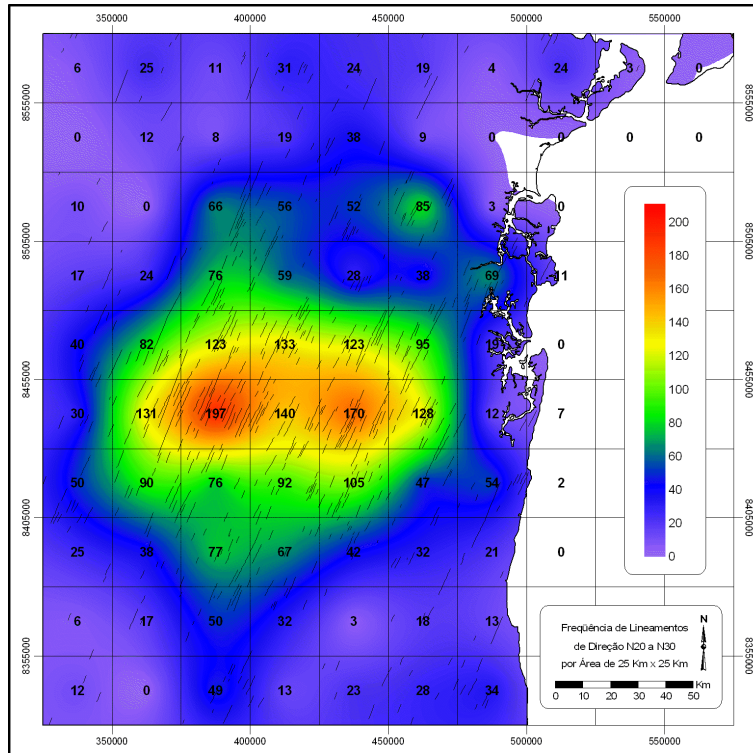


Figura 37 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N20° a N30°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

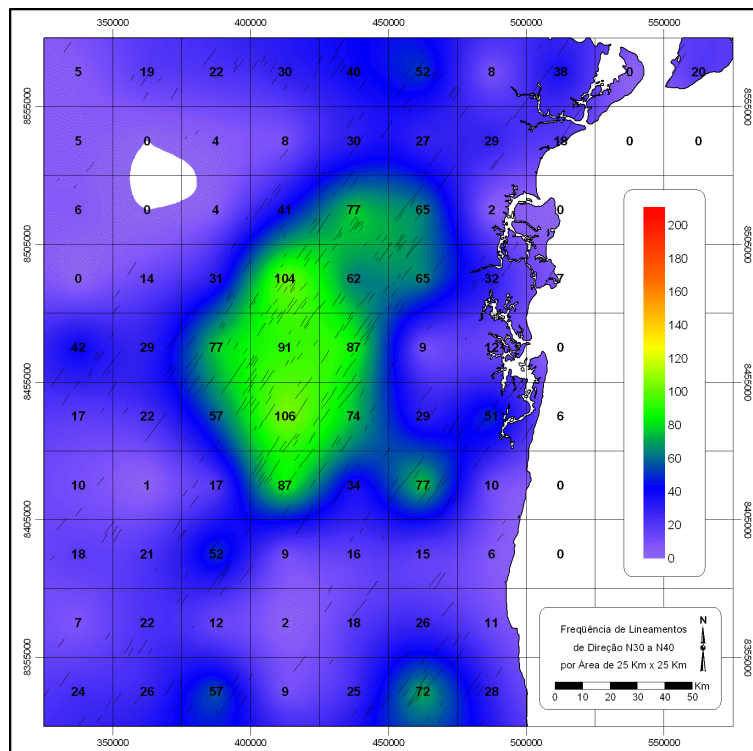


Figura 38 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N30° a N40°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

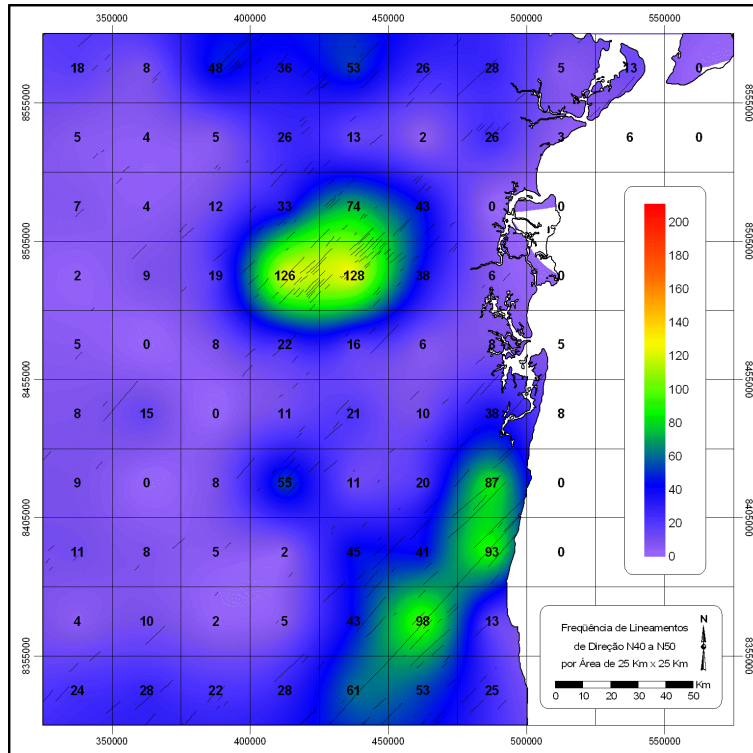


Figura 39 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N40° a N50°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

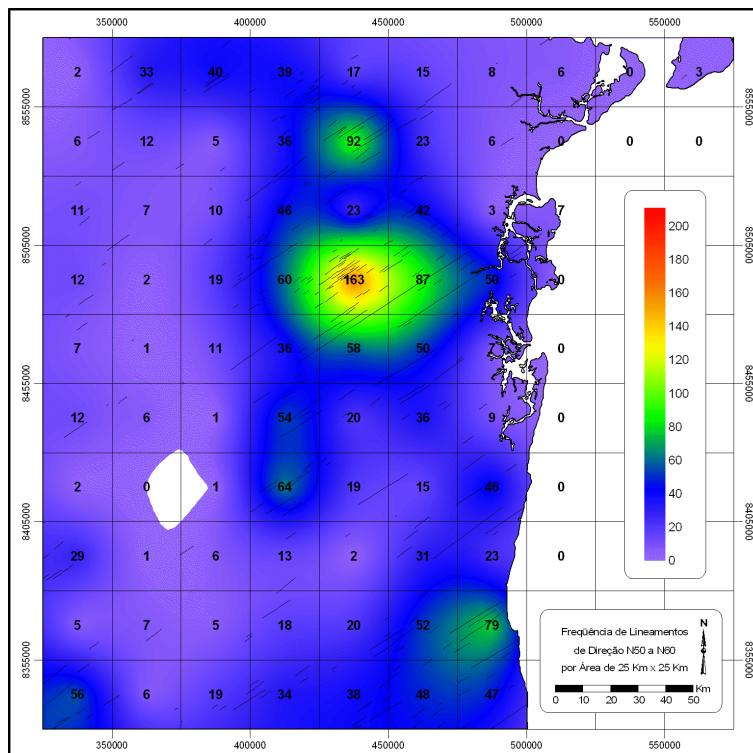


Figura 40 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N50° a N60°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

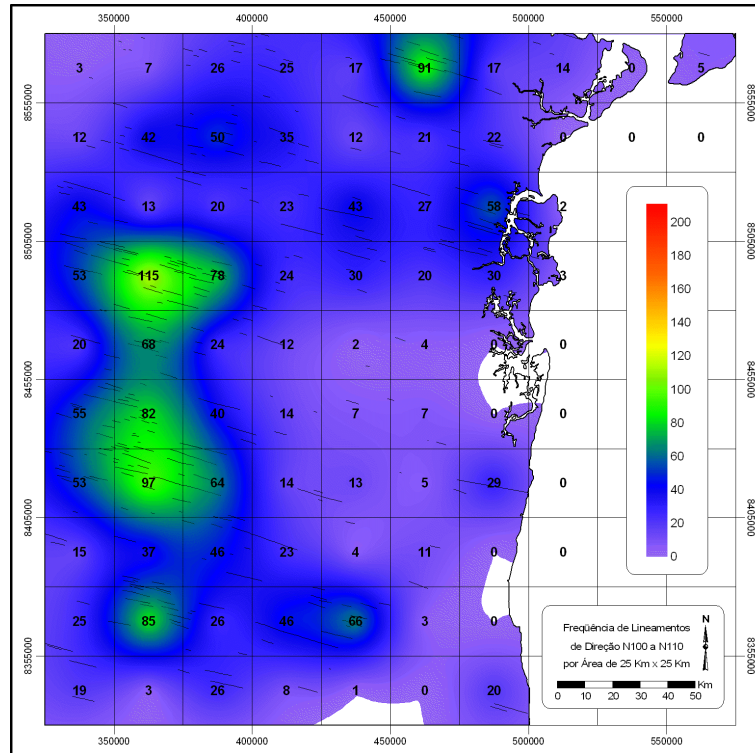


Figura 41 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N100° a N110°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

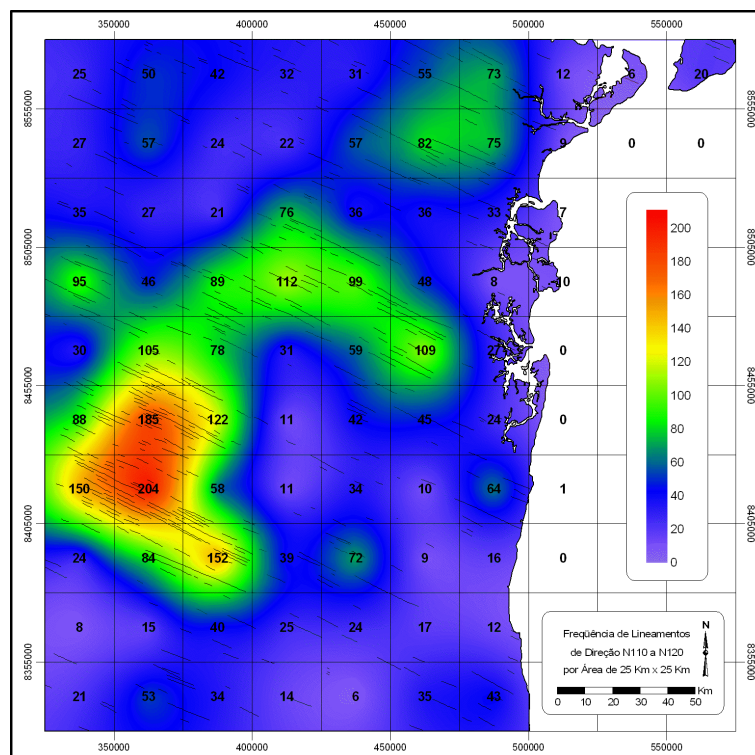


Figura 42 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N110° a N120°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

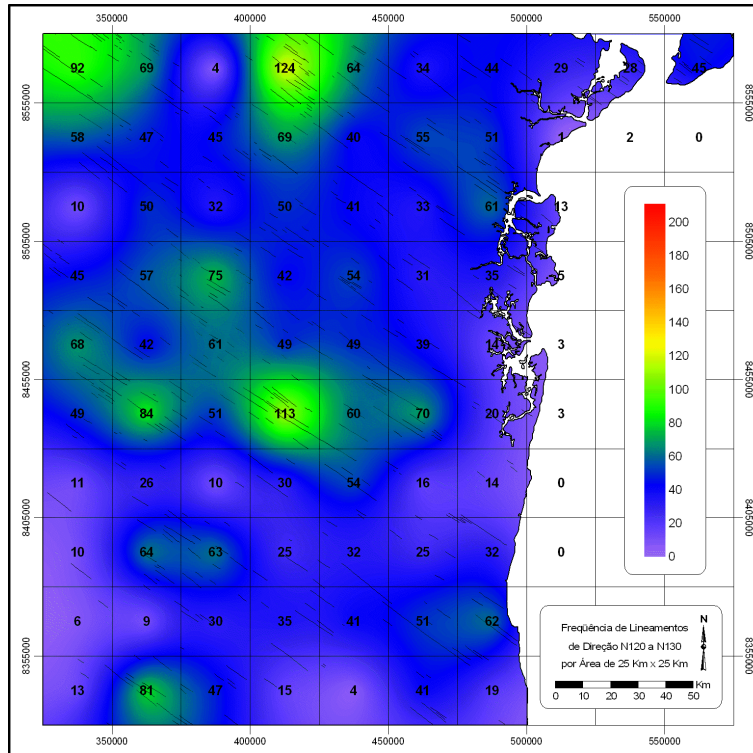


Figura 43 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N120° a N130°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

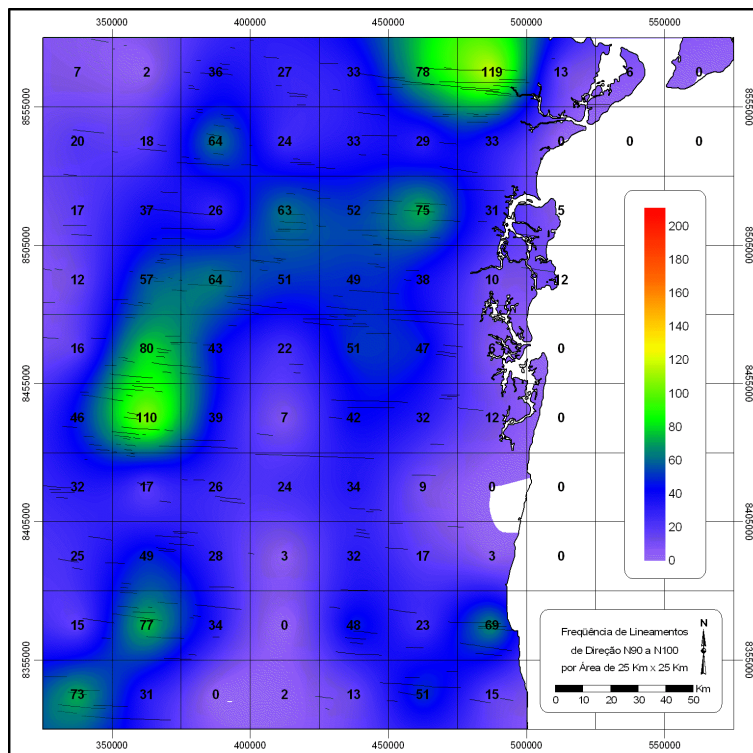


Figura 44 - Frequência de lineamentos por unidade de área (25 x 25km) entre as direções N90° a N100°. OBS: Os números representam a quantidade de lineamentos de cada célula.

5.2. Análise Estrutural da Porção Submersa

A exemplo do padrão estrutural do embasamento na porção terrestre descrito no item anterior, as feições mais evidentes da porção submersa são os lineamentos de direção N-S e NNE-SSW, provocados pela rotação de blocos através de falhas e possivelmente pela intercalação de falhas sintéticas e antitéticas, resultando no surgimento de *horsts* e *grabens* locais até a linha de charneira principal da bacia.

O bloco alto de maior expressão se prolonga por quase toda área de estudo, desde a Bacia de Jequitinhonha até a Bacia de Jacuípe (Figura 45), a uma distância média de aproximadamente 16km da linha de costa, sendo interrompido apenas entre as ilhas de Itaparica e Tinharé, onde lineamentos NW-SE sugerem a presença de estruturas controladoras do Cânion Jequiriçá, assim como observado nos dados de sensoriamento remoto.

Uma ligeira inflexão para NE dessa feição entre Itacaré e Camamu (linhas brancas na Figura 45) sugere que a formação da bacia nesta região pode ter sido controlada pela Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia, representada na porção submersa por uma ramificação da Falha Aritaguá, apresentada na Figura 14 do item 3.1, e algumas outras menores de mesma direção.

Na porção norte da área de estudo, estruturas NE de menor porte, paralelas à linha de costa na Bacia de Jacuípe, evidenciam a tendência de abertura da bacia nesta direção desde a cidade de Valença ou até mesmo mais a sul, se considerarmos também a ramificação da Falha Aitaguá e seus prolongamentos (Figura 45 e Figura 46).

A morfologia do assoalho oceânico também parece estar controlada por este alto estrutural, uma vez que o talude continental, com aproximadamente 5° de declividade, está posicionado justamente sobre tal feição, dando lugar ao sopé continental com aproximadamente 2° de inclinação.

A leste dessa estrutura maior, após a calha principal da bacia, ocorre uma outra também alongada e de direção N-S, aparentemente fragmentada por zonas de alívio de tensão, resultando em altos e baixos estruturais mais localizados, como pode ser observado através do prolongamento da Zona de Acomodação de Ilhéus, apresentada na Figura 14 do item 3.1.

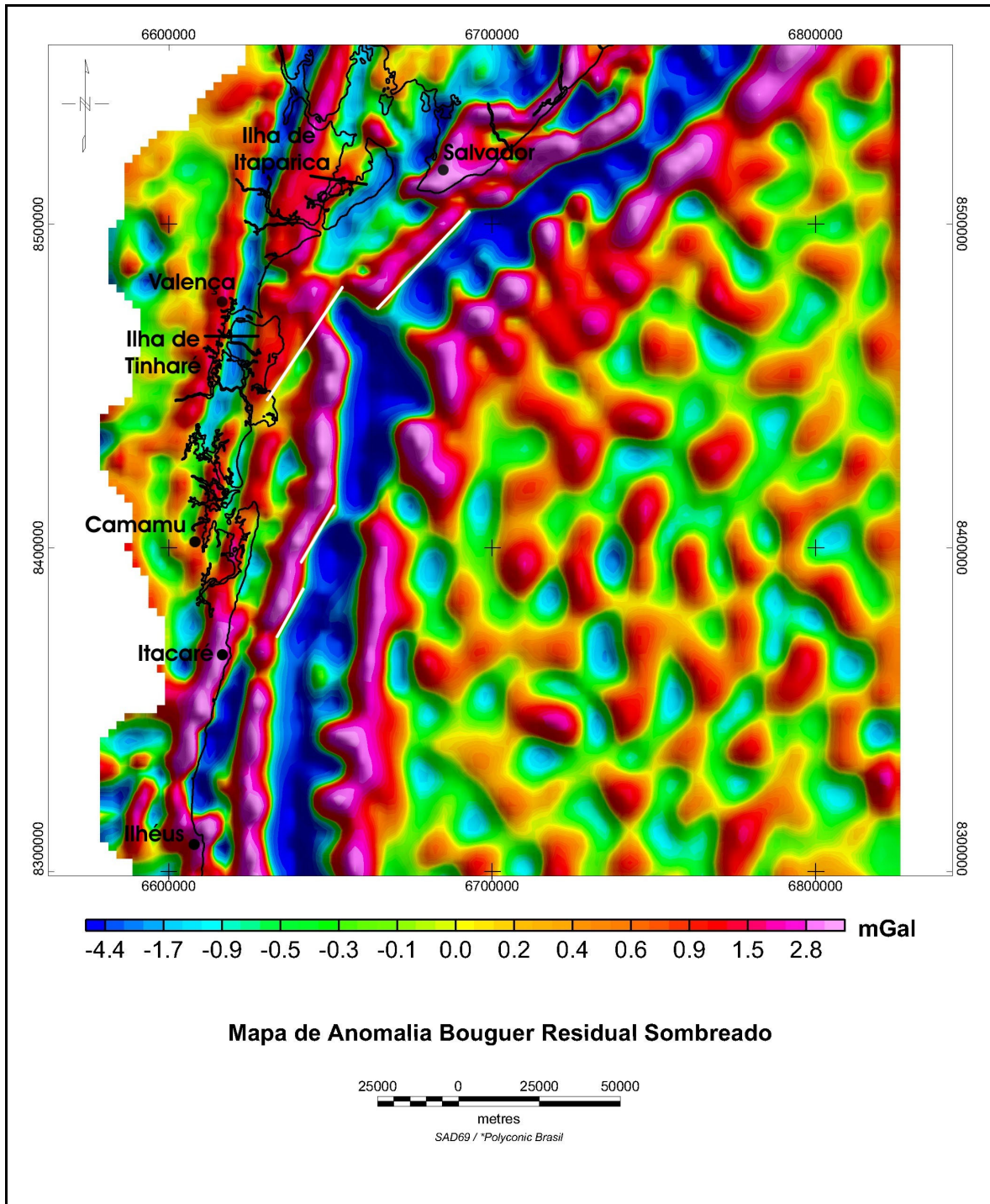


Figura 45 - Mapa de anomalia Bouguer residual da área de estudo.

É importante ressaltar que a menor quantidade de lineamentos apresentados na Figura 46, resultado da interpretação dos dados gravimétricos, deve-se à baixa resolução deste tipo de dado se comparado com o sensoriamento remoto, não permitindo avaliações quanto à quantidade de feições interpretadas.

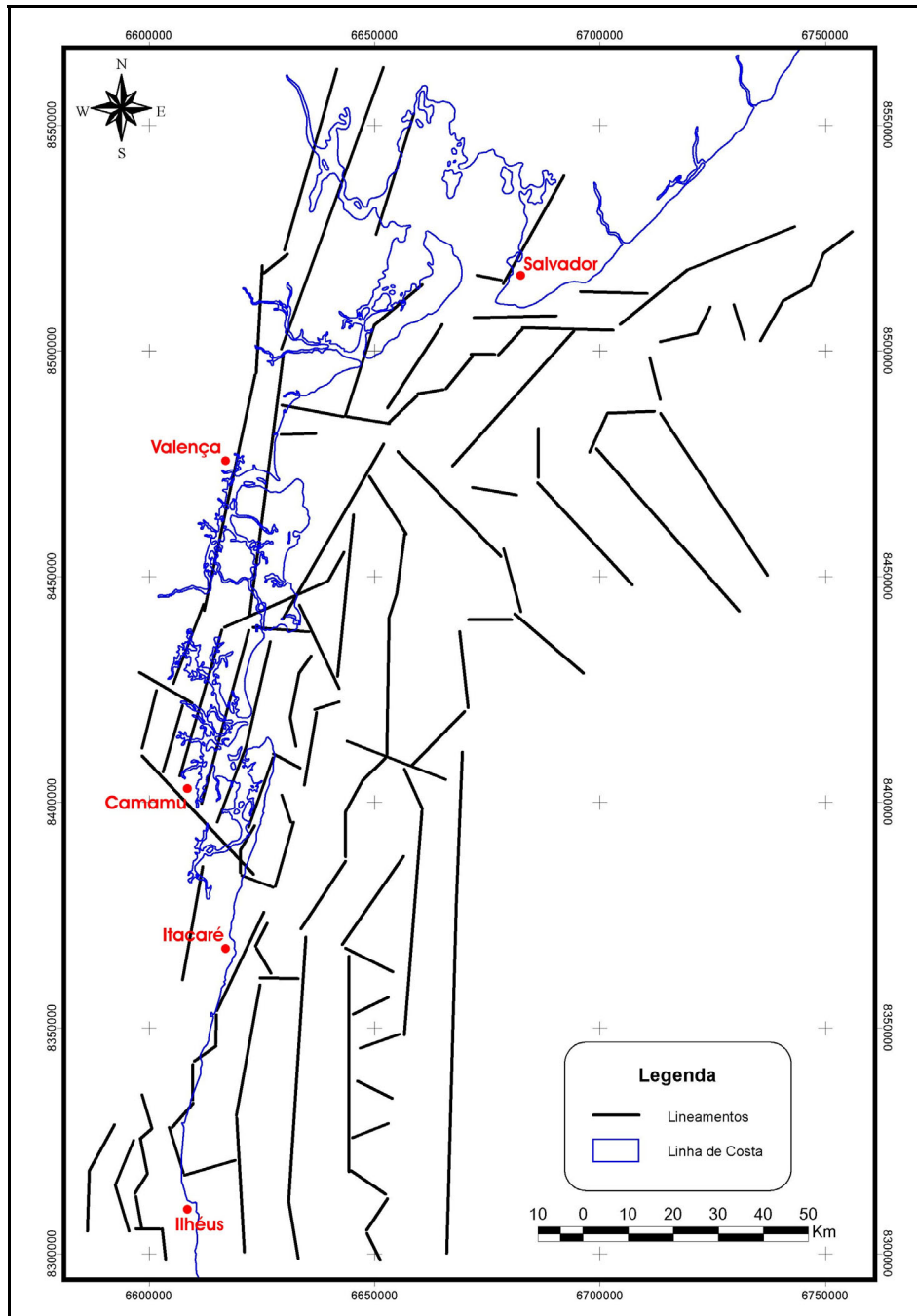


Figura 46 - Mapa estrutural da porção submersa interpretada através da gravimetria.

Com base em filtragens do tipo passa banda (com comprimento de onda de 150 km de alta frequência e 20 km de baixa frequência), pode-se constatar que o limite crosta continental-crosta oceânica dista aproximadamente 72 km da linha de costa na porção norte da área de estudo e 133 km na porção sul (Figura 47). Porém, é sabido que este limite pode se apresentar transicionalmente, com enxame de diques associado como na Bacia de Campos, embora tal fenômeno ainda não tenha sido reportado na Bacia de

Camamu-Almada. As posições de contato entre as crostas foram corroboradas pela interpretação através do processo de inversão gravimétrica, descrito no próximo item deste capítulo.

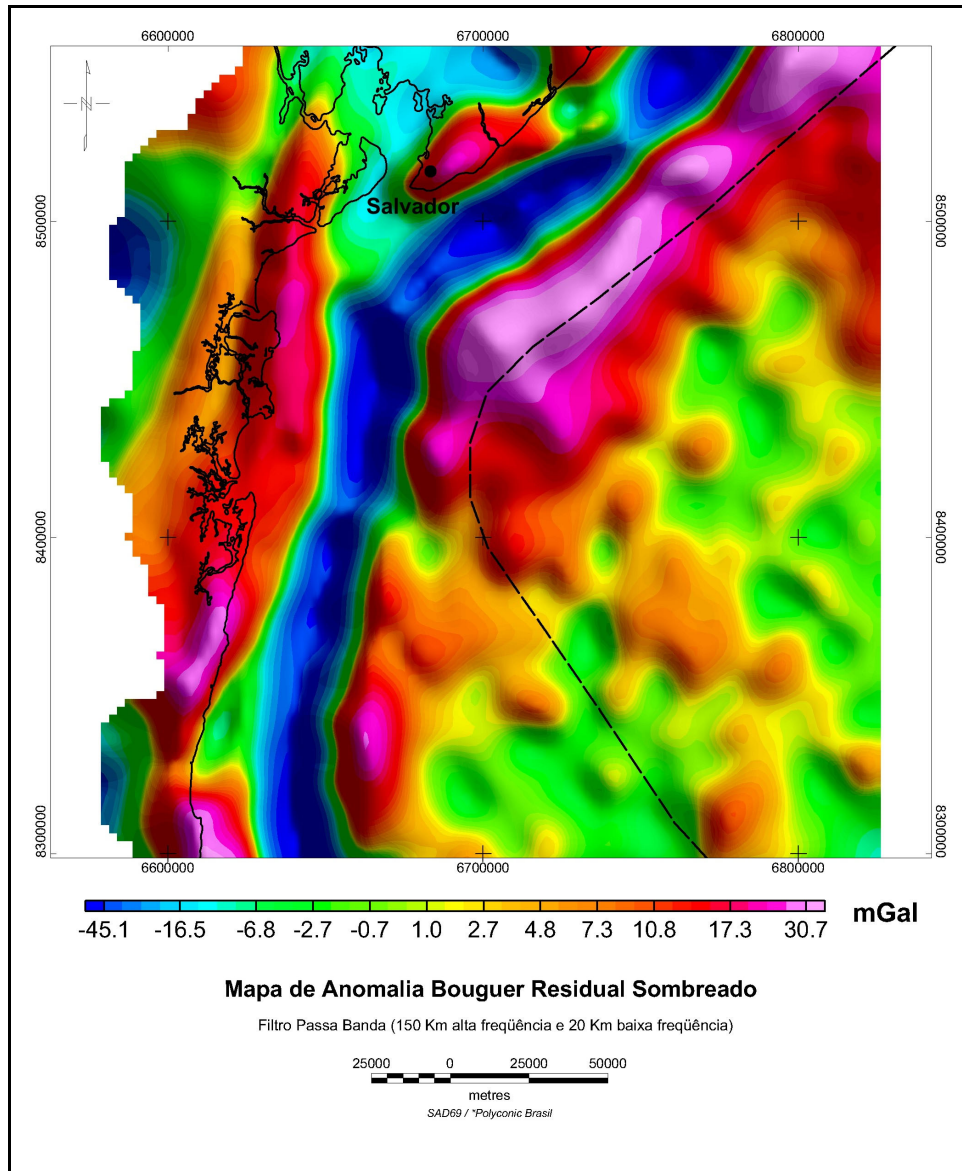


Figura 47 - Provável posição de contato entre crosta continental e crosta oceânica (linha preta tracejada).

O efeito da subida do manto pode ser observado através de filtragens regionais (i.e. passa baixa com 150 km de comprimento de onda) representando praticamente a morfologia da descontinuidade de Mohorovicic (Figura 48), onde as maiores anomalias gravimétricas significam a menor espessura de crosta, seja ela oceânica ou continental.

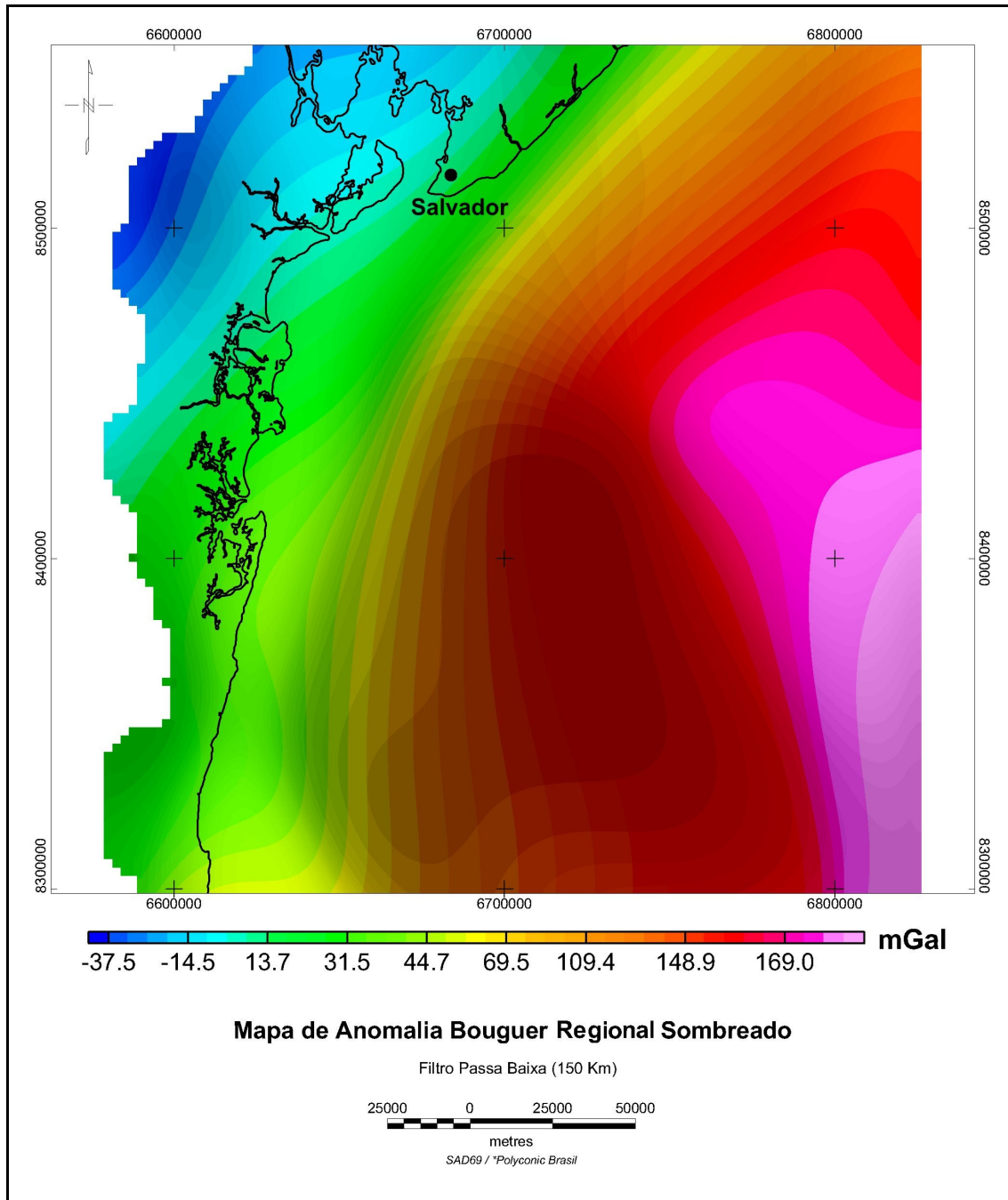


Figura 48 - Mapa de anomalia *Bouguer* regional sombreado (filtro passa baixa com 150km de comprimento de onda) demonstrando a subida do manto conforme aumento do valor gravimétrico.

5.3. Geometria da Bacia

A Bacia de Camamu-Almada apresenta-se com direção aproximadamente NNE, com inflexão para NE no extremo norte da área de estudo, na altura da cidade de Valença, sendo praticamente contínua, interrompida apenas por dois altos estruturais, que podem

representar zonas de acomodação de direção praticamente E-W, na altura da cidade de Camamu, e NW-SE, na altura de Valença (Figura 49).

Através do processo de inversão gravimétrica, ao longo de 5 perfis E-W (Figura 49), foi possível caracterizar a geometria da bacia, bem como da crosta continental, da crosta oceânica e do manto litosférico.

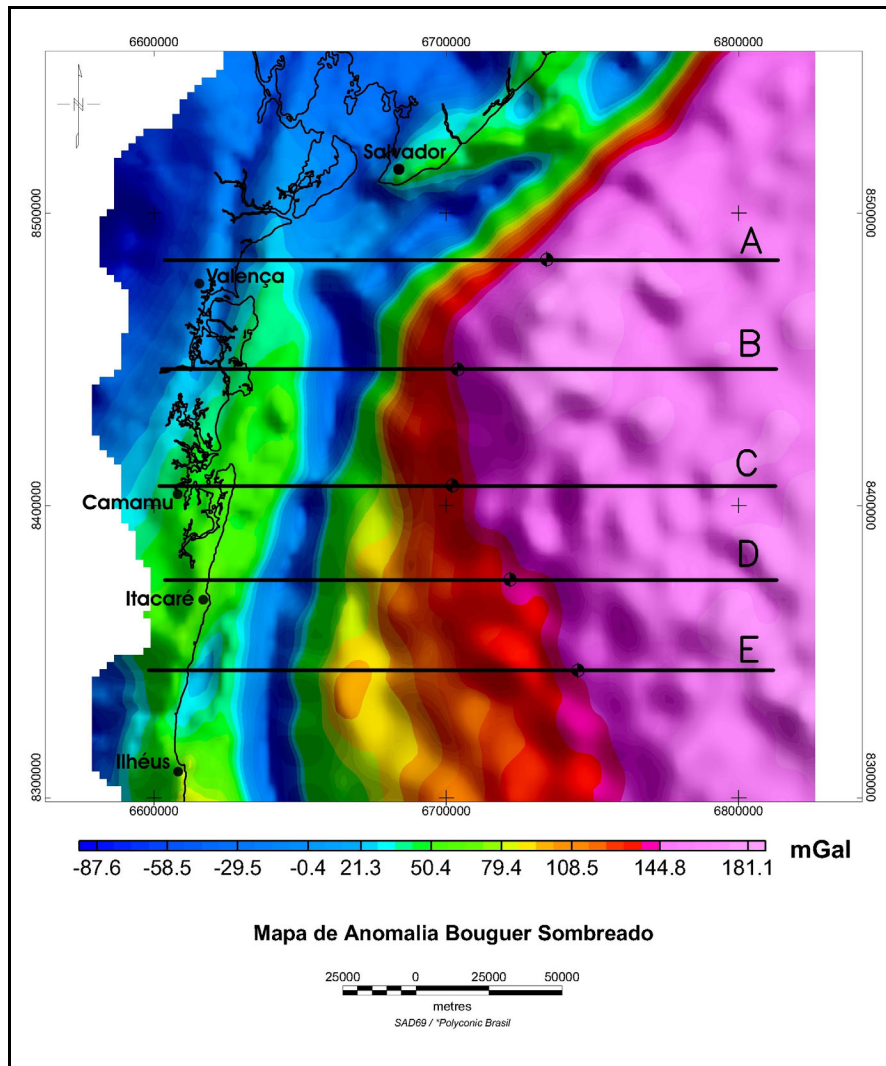


Figura 49 - Mapa de anomalia Bouguer sombreado com o posicionamento dos perfis gravimétricos modelados. OBS: os pontos pretos ao longo dos perfis representam o limite entre as crostas continental e oceânica.

De forma geral, a largura média da calha rifte da bacia varia entre 10 e 23 km e apresenta profundidade em torno de 10 km, com o depocentro em 12 km de profundidade, calculado a partir do Perfil B (Figura 50) por apresentar as maiores

anomalias negativas, aproximadamente -30 mGals se considerado o valor bruto ou -100 mGals se descontada a tendência regional.

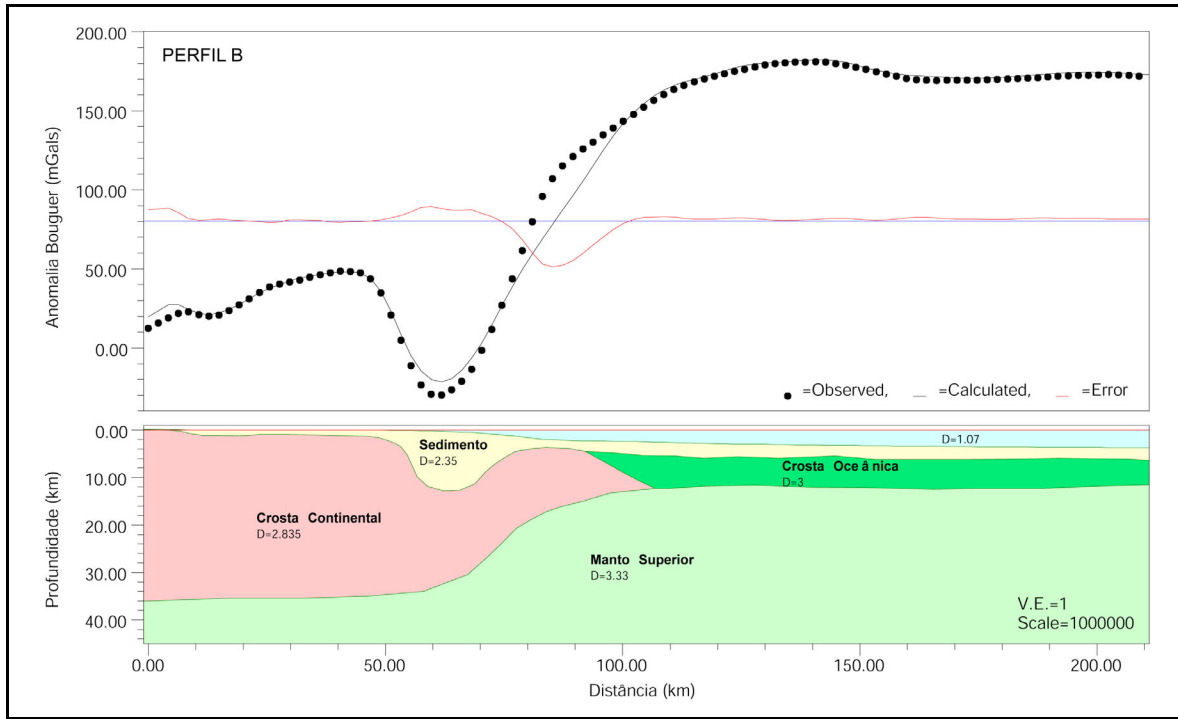


Figura 50 - Modelagem gravimétrica ao longo do perfil B, indicando o depocentro da bacia e subida abrupta do manto.

Quanto ao estilo de afinamento crustal, pode-se observar duas feições distintas ao longo da área de estudo. A primeira delas próxima à Salvador (Perfil A, Figura 51), com estiramento mais gradual, onde a subida do manto se apresenta em rampa contínua e suave. A outra mais brusca, como na figura anterior, com subida do manto de forma abrupta, a exemplo do que Mohriak *et. al.* (1998) descrevem na bacia vizinha de Jacuípe, com base em dados gravimétricos e perfis sísmicos profundos (18 seg, tempo duplo) de alta resolução.

Esta subida abrupta do manto é pouco comum de ser observada, porém, modelos análogos foram empregados com uma arquitetura crustal semelhante, como por exemplo, na margem continental de Ghana (Edwards e Whitmarsh, 1997 *apud* Mohriak, *op. cit.*). Entretanto, modelos alternativos com melhor ajuste entre os valores observados e calculados serão apresentados no próximo item deste mesmo capítulo.

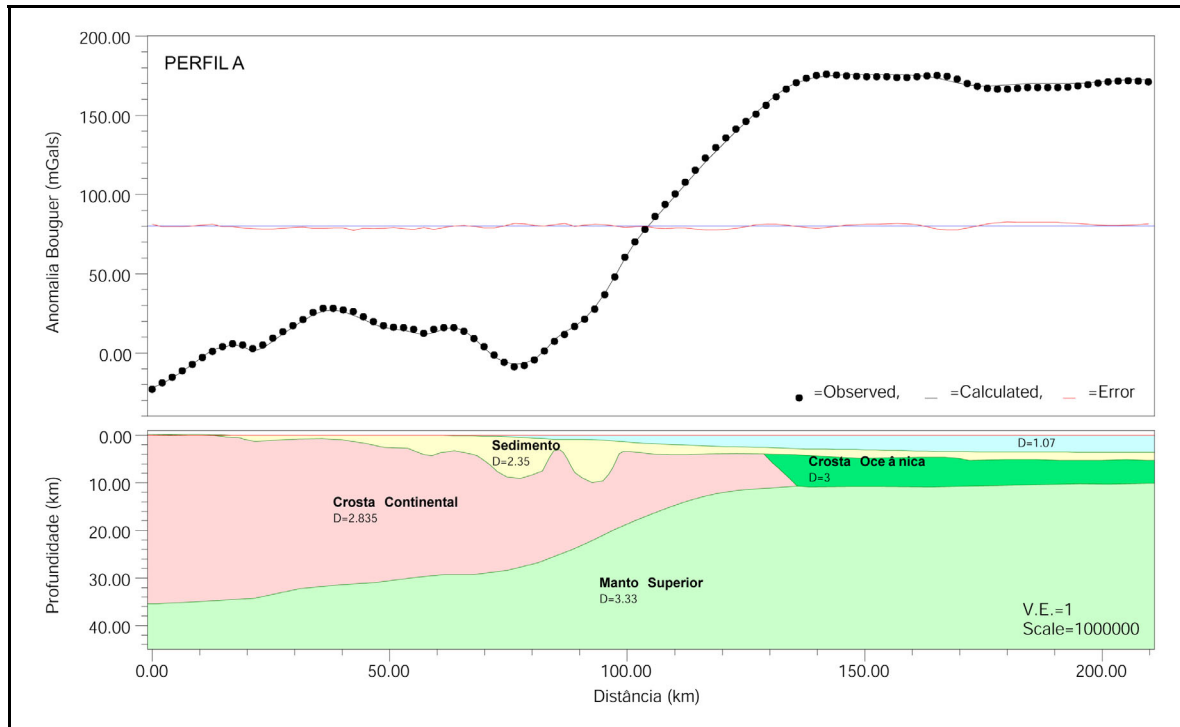


Figura 51 - Modelagem gravimétrica ao longo do perfil A, indicando o alto estrutural interno da bacia e a rampa suave de subida do manto.

Excepcionalmente observado no Perfil A (Figura 51), altos estruturais internos podem compartimentar a bacia localmente na porção norte da área de estudo. Neste caso, tal fato pode ser reflexo de falhamentos *en-echelon* reportados por Mohriak (*op. cit*), desde a bacia vizinha de Jacuípe até a Bacia de Sergipe-Alagoas, interpretados principalmente através de dados magnéticos.

A profundidade do embasamento na porção terrestre é relativamente rasa, da ordem de 1km, alcançando valores maiores, de 3 a 5km, na plataforma continental, até atingir a linha de charneira principal da bacia, onde grandes rejeitos verticais colocam o embasamento a até 12km de profundidade, conforme citado anteriormente. Tal fenômeno pode ser observado tanto no perfil A (Figura 51), quanto nos perfis C e D (Figura 52 e Figura 53).

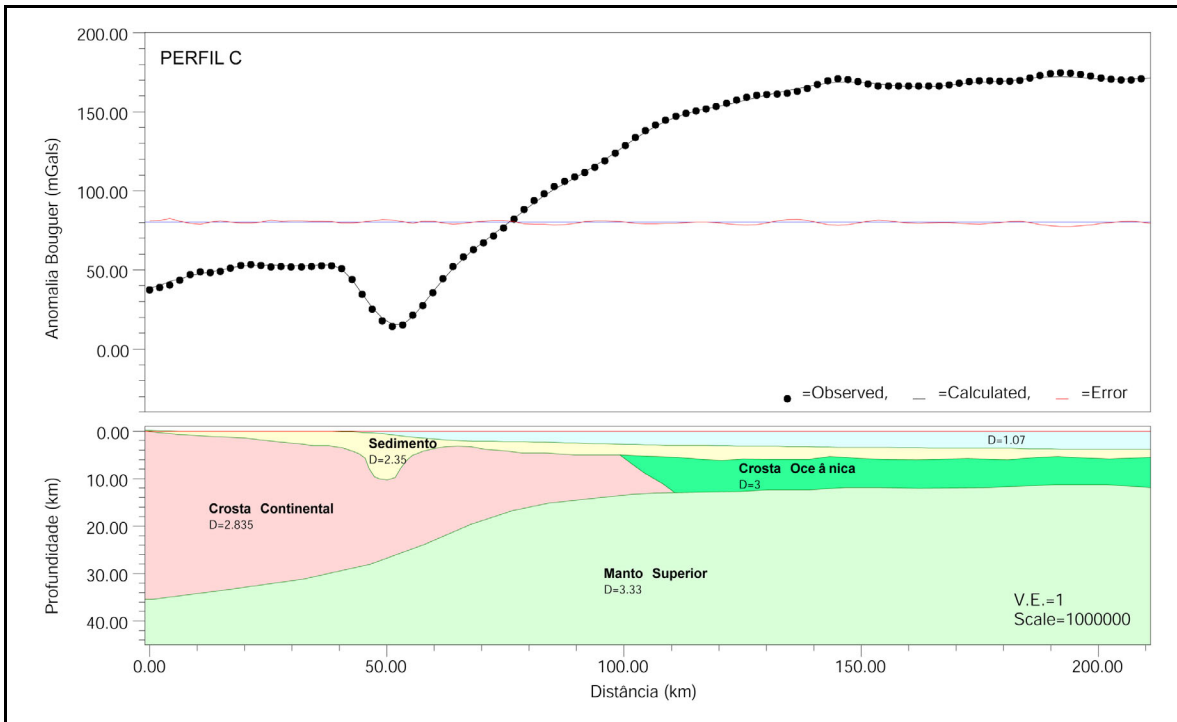


Figura 52 - Modelagem gravimétrica ao longo do perfil C, indicando a profundidade do embasamento em até 5km na plataforma continental.

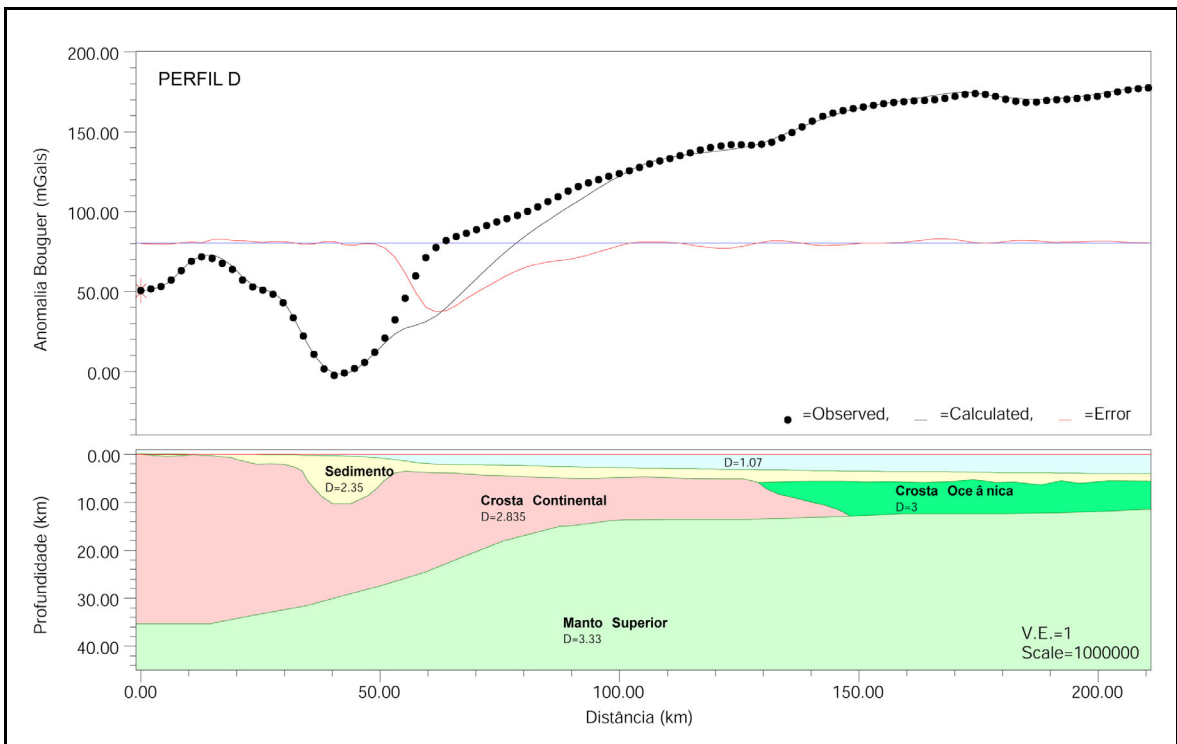


Figura 53 - Modelagem gravimétrica ao longo do perfil D, indicando a profundidade do embasamento em até 5km na plataforma continental.

O Perfil E (Figura 54), o único na Bacia de Almada, apresenta duas sub-bacias distintas separadas por um alto estrutural. A primeira delas, a oeste, claramente reflexo da reativação de zonas de fraqueza da Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia, como pode ser observado no mapa de anomalia *Bouguer* (Figura 45), alcança a profundidade de aproximadamente 6km. A segunda sub-bacia, a leste, é a continuidade da calha principal que se estende por toda a área de estudo.

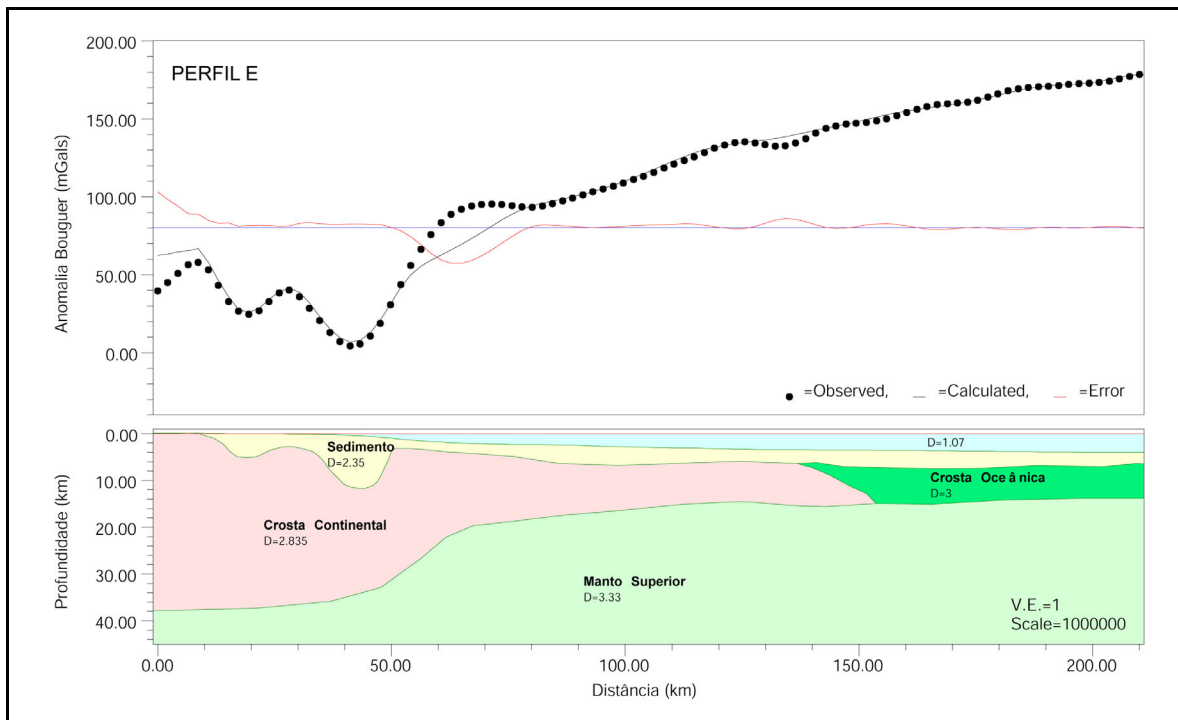


Figura 54 - Modelagem gravimétrica ao longo do perfil E, indicando duas sub-bacias na porção sul da área de estudo (Bacia de Almada).

Vários autores (Dias *et. al.*, 1980, Blitzkow *et. al.*, 1979, Motta *et. al.*, 1979) *apud* Almeida e Hasui (1984) calcularam a espessura da crosta continental através de perfis gravimétricos e velocidades das ondas P e S, originadas por explosões na construção de barragens e exploração mineral, estimando valores da ordem de 42km na porção central do Cráton do São Francisco e 32km na região costeira. A mesma ordem de grandeza foi alcançada neste trabalho a partir das inversões gravimétricas, principalmente nas regiões onde o embasamento aflora, com valores variando entre 35 e 37 km de espessura (Tabela 3).

A crosta oceânica se apresenta com espessuras variando entre 5 e 8km, com tendência ao afinamento em direção à cadeia meso-oceânica, o mesmo acontecendo com a

sedimentação marinha, com aproximadamente 1,5-3km de espessura sobre a crosta continental estirada e crosta oceânica.

É importante ressaltar que o limite entre crosta oceânica-crosta continental pode se apresentar de forma transicional, com uma região de rochas com densidade intermediária entre as crostas, tendo a geometria proposta baseada em feições tipo *seaward dipping reflectors* reportadas por Mohriak *et. al.* (1998) na bacia vizinha de Jacuípe. Tal fato também pode ser resultado de enxame de diques básicos injetados na crosta continental durante o processo de rifteamento, ainda não reportado na área de estudo.

Tabela 3 – Feições geológicas modeladas em cada perfil

| | Profundidade da Bacia (km) | Largura da Bacia (km) | Sedimentação Marinha (km) | Crosta Continental (km) | Crosta Oceânica (km) |
|----------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| Perfil A | 8,52 - 9,01 | 12,20 – 16,26 | 1,34 - 2,13 | 35,42 | 4,9 - 6,66 |
| Perfil B | 12,46 | 23,30 | 1,83 - 2,57 | 35,61 | 5,34 - 6,93 |
| Perfil C | 9,37 | 10,27 | 1,26 – 3,16 | 35,21 | 5,47 - 7,37 |
| Perfil D | 9,74 | 21,11 | 1,23 – 2,56 | 35,31 | 5,84 - 7,17 |
| Perfil E | 5,5 – 10,91 | 13,65 - 16,19 | 1,52 – 3,05 | 37,63 | 6,47 - 8,04 |

5.3.1. Interpretação Alternativa para as Inversões Gravimétricas

A dificuldade de ajuste do modelo na porção leste da calha principal da bacia foi, por muitas vezes, dificultada pelos altos valores de anomalia *Bouguer*, não sendo possível atender a premissa da modelagem simples e geologicamente consistente, como pode ser observado nos perfis B, D e E mostrados no item anterior.

Para tal, lançou-se mão da inferência de um *greenstone-belt* alinhado norte-sul, a exemplo do que ocorre a oeste da área de estudo na porção terrestre, com o alinhamento Contendas-Jacobina apresentando aproximadamente 800km de dimensão (Teixeira *et. al.*, 2000). Outros terrenos *greenstone* também ocorrem nas vizinhanças da área de estudo, como no Bloco da Serrinha situado na borda oeste da Bacia de Tucano (Almeida e Hasui, 1984).

Com este procedimento, sem grandes alterações na geometria primeiramente modelada, alcançou-se um bom ajuste entre os valores observados (pontos pretos) e valores

calculados (linha preta), produzindo um erro menor que o anterior (linha vermelha), como pode ser observado no perfis abaixo (Figura 55, Figura 56 e Figura 57).

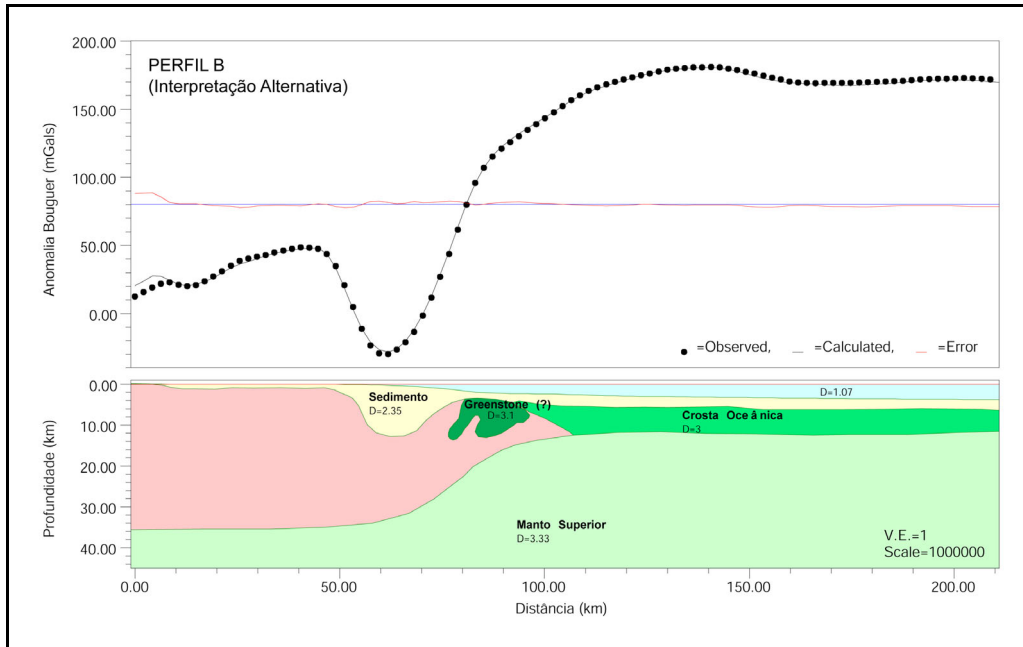


Figura 55 - Interpretação alternativa para o Perfil B, indicando melhor ajuste da curva entre os valores observados e calculados com a inferência do suposto *greenstone-belt*.

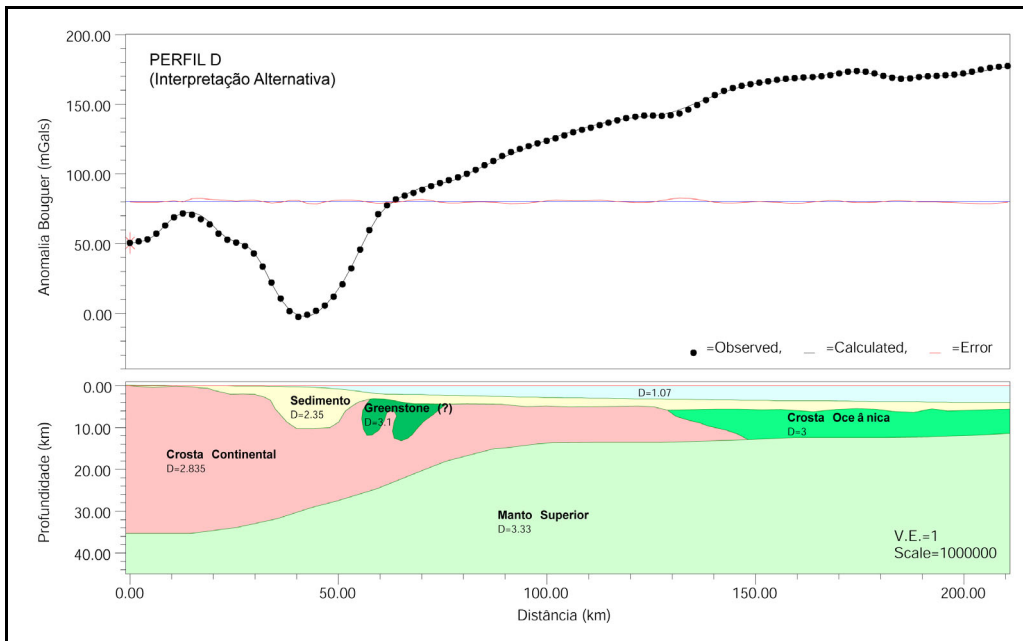


Figura 56 - Interpretação alternativa para o Perfil D, indicando melhor ajuste da curva entre os valores observados e calculados com a inferência do suposto *greenstone-belt*.

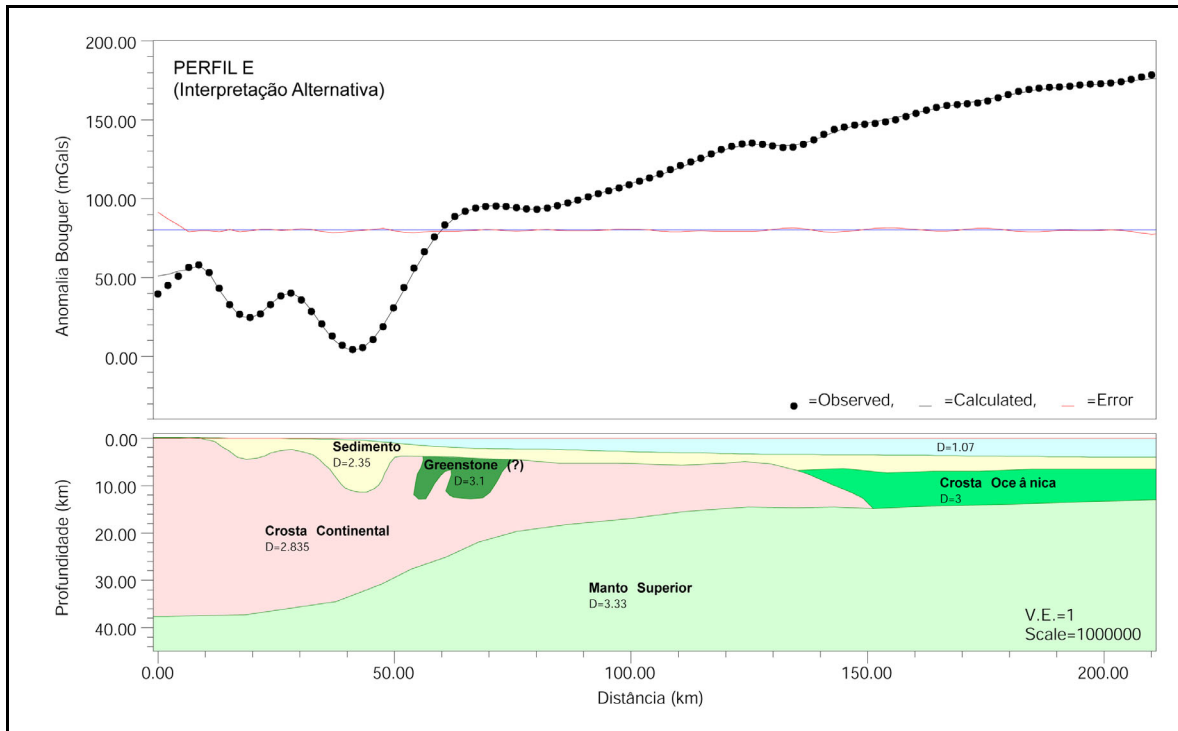


Figura 57 - Interpretação alternativa para o Perfil E, indicando melhor ajuste da curva entre os valores observados e calculados com a inferência do suposto *greenstone-belt*.

A densidade deste corpo do tipo *greenstone* foi estipulada em $3,1 \text{ g/cm}^3$ uma vez que, teoricamente, além de possuir composição básica, estaria metamorfizado em alto grau, fácies anfíbolito ou granulito, o que proporciona um aumento significativo de seu peso específico, como já descrito no Capítulo 4.

Outros fenômenos poderiam influenciar esses altos valores gravimétricos na região, como por exemplo, a injeção de diques básicos na crosta continental durante a criação da bacia, o extravasamento vulcânico, como na bacia vizinha de Jequitinhonha, ou até mesmo colocação de *plugs* vulcânicos a exemplo do que ocorre na Bacia de Sergipe-Alagoas (Mohriak *et. al.*, 1998), porém, devido ao curto comprimento de onda dessas anomalias gravimétricas, estima-se que a fonte geradora esteja relativamente rasa, não permitindo a interpretação de subida abrupta do manto litosférico.

Deve-se ressaltar que a forma do corpo, tanto quanto a sua existência, é uma incógnita difícil de ser resolvida apenas com os dados gravimétricos, sendo necessária a utilização de ferramentas baseadas outras técnicas de aquisição de dados, como por exemplo, a magnetometria, para auxiliar nesta tarefa.

5.4. Integração das Informações

A visualização integrada dos diferentes níveis de informação é de suma importância na correlação entre as feições existentes nas porções emersa e submersa da bacia, como pode ser observado no setor 4 da Figura 58, onde é evidente o controle estrutural de direção NW-SE na implantação do Cânion Jequiriçá, evidenciado na batimetria. Desse modo, pode-se inferir que as estruturas do embasamento nesta região se propagam em direção ao centro da bacia, podendo ser interpretadas como possíveis rotas de migração de hidrocarbonetos gerados nas regiões mais profundas para as regiões plataformas. Tal fenômeno pode ter favorecido o acúmulo de gás presente no campo de Manati, que se encontra a aproximadamente 5 km de distância a sul dessas estruturas, assim como o acúmulo de óleo no campo de Sardinha em relação às estruturas E-W.

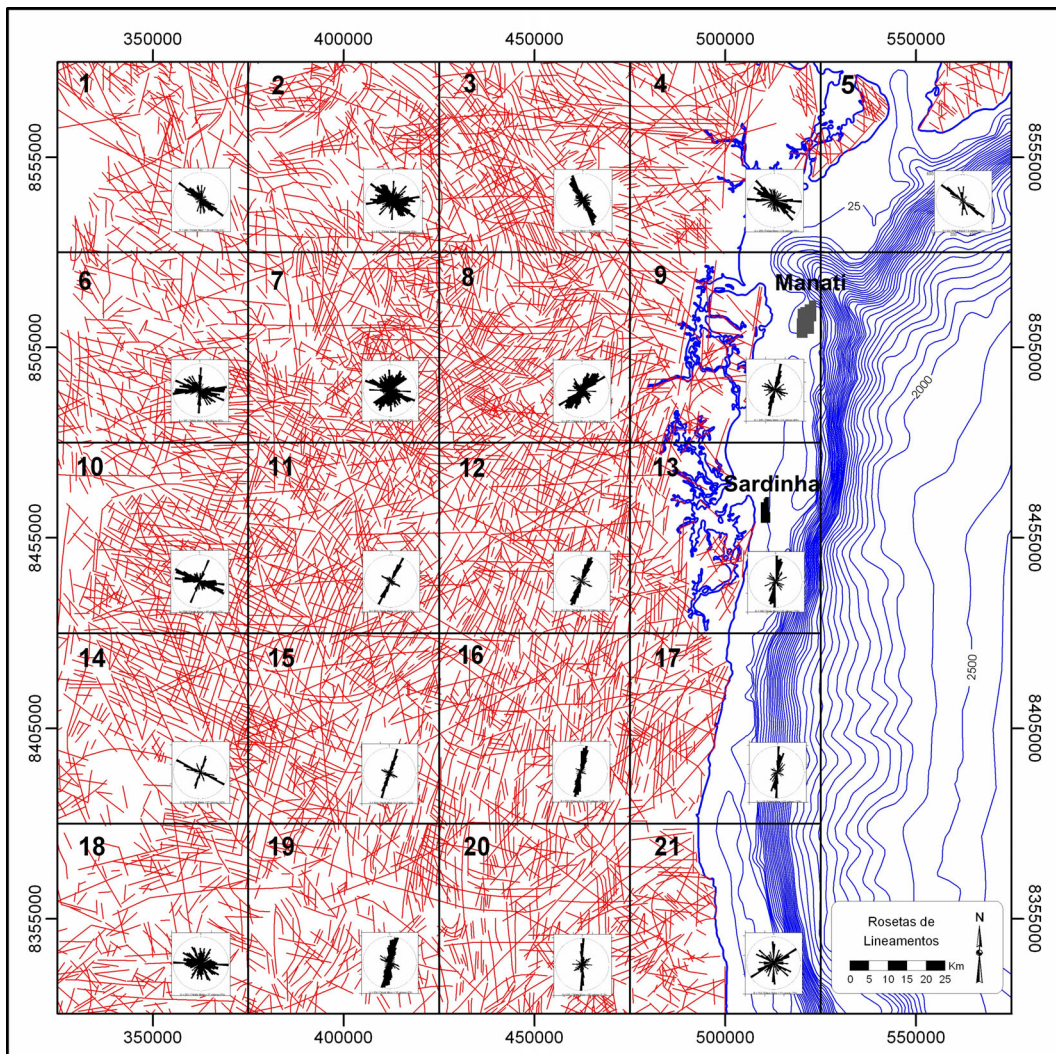


Figura 58 - Lineamentos interpretados, rosetas e batimetria, indicando o controle estrutural do embasamento (setor 4) sobre a implantação do Cânion Jequiriçá.

O dado de gravimetria não corrobora o arcabouço estrutural apresentado na Figura 14, uma vez que este prevê falhas antitéticas limitando a borda leste da calha principal da bacia (Figura 59), ressaltando a importância de se utilizar a integração de diferentes fontes de informação para uma interpretação mais eficaz.

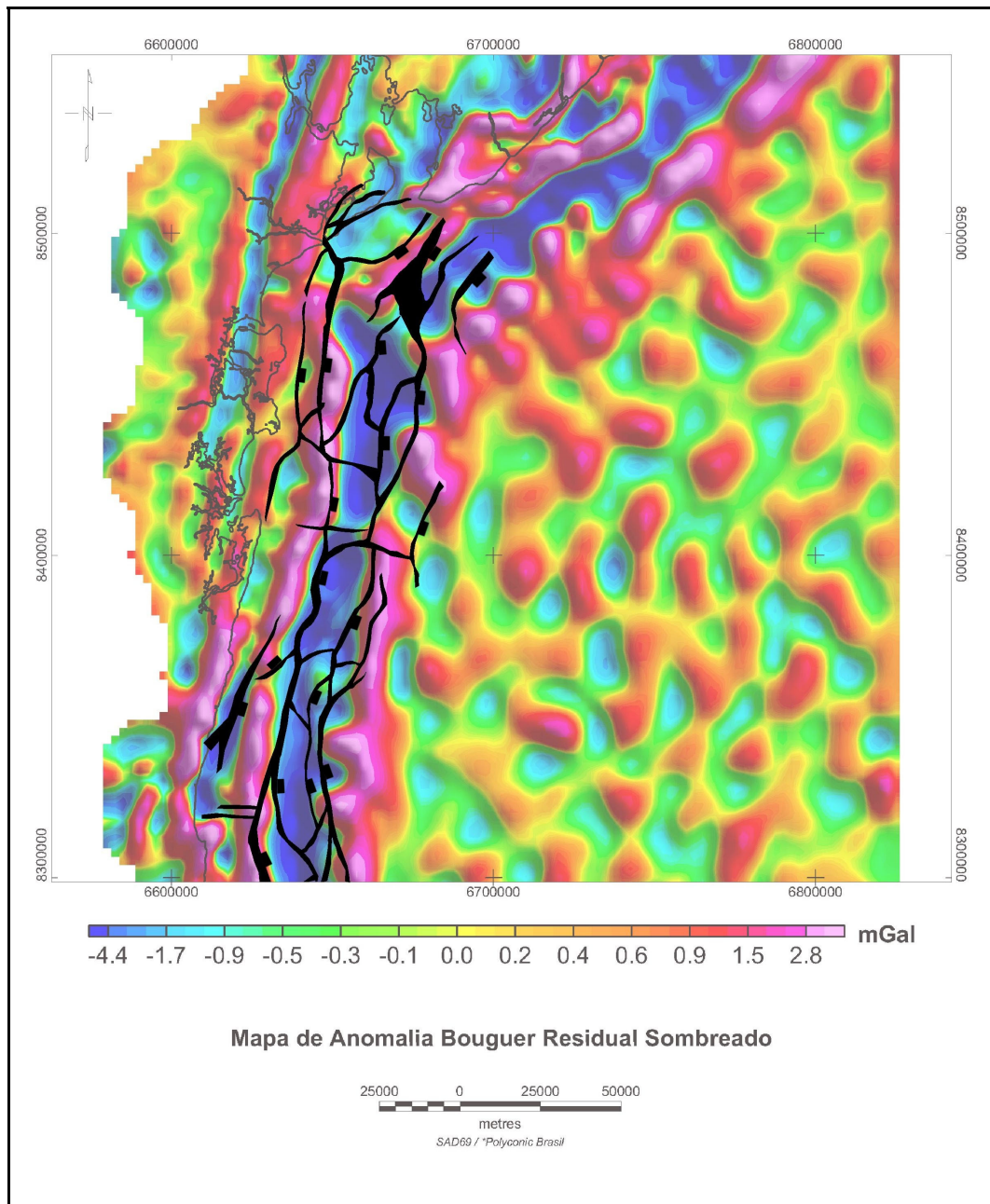


Figura 59 - Mapa de anomalia *Bouguer* residual com as principais estruturas da porção submersa (modificado de Gonçalves *et. al.*, 2000).

A Figura 60 mostra a integração do arcabouço estrutural da porção emersa (linhas pretas) elaborado pela CPRM em escala 1:2.500.000 (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, cd.2) e os lineamentos da porção submersa interpretados com base nos dados de gravimetria (linha vermelha). Nela pode-se observar a continuidade de várias feições que ultrapassam o limite da linha de costa, demonstrando que estruturas do embasamento contíguo à bacia refletem na estruturação da mesma, levando a crer que a abertura do Atlântico-Sul aproveitou zonas de fraqueza pretéritas do embasamento cristalino.

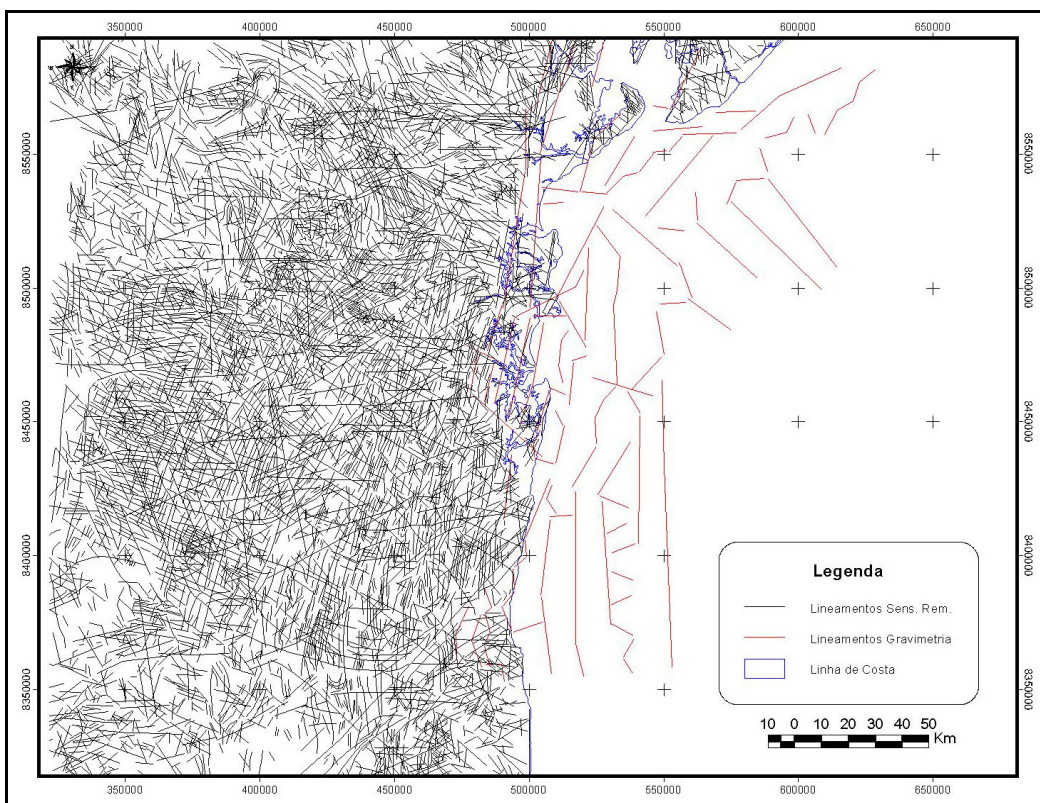


Figura 60 - Integração das informações obtidas a partir dos dados de gravimetria (*off-shore*) e mapa estrutural da CPRM escala 1:2.500.000 (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2001, CD.2).

Capítulo 6: CONCLUSÕES

O embasamento cristalino contíguo à Bacia de Camamu-Almada apresenta uma estruturação orientada preferencialmente NNE-SSW e WNW-ESE, perfazendo um par conjugado de falhas de empurrão e falhas de alívio de tensão, respectivamente, implantadas durante o Ciclo Jequié (Neoarqueano).

Este mesmo padrão estrutural é observado na bacia sedimentar, tanto na porção emersa, quanto na submersa, sugerindo reativações de zonas de fraqueza do embasamento durante o processo de abertura do Atlântico-Sul.

O limite oeste da Bacia de Camamu, representado pela Falha de Maragogipe, pode ser interpretado como reflexo do primeiro pulso tectônico de abertura do Atlântico-Sul, tendo a linha de charneira migrado para leste em busca de zonas de fraqueza mais favoráveis ao rifteamento.

Entre esses limites ocorre a interposição de grabens e horsts locais, normalmente rasos, resultantes da intercalação de falhas sintéticas e antitéticas, dando lugar à calha principal da bacia através de uma falha sintética de grande rejeito vertical, colocando o embasamento a aproximadamente 10 km de profundidade.

Na porção meridional da área de estudo, a reativação Mesozóica da Zona de Cisalhamento Itabuna-Itajú do Colônia avança em direção à bacia por pelo menos 60 km de distância, colocando o embasamento a aproximadamente 6 km de profundidade e controlando a estruturação do Paleocânion de Itacaré.

Os sedimentos da porção emersa da bacia preservam as principais direções encontradas no embasamento cristalino contíguo, podendo ser produto de eventual controle sin-sedimentar ou de reativações dessas estruturas.

A borda leste da calha principal da Bacia de Camamu-Almada foi pouco testada quanto à existência de hidrocarbonetos, com apenas 3 poços perfurados até o momento, constituindo uma nova fronteira exploratória. Tal limite encontra-se aproximadamente a uma lâmina d'água de 2000 metros, o que não é mais obstáculo tecnológico.

Estruturas de direção NW-SE e E-W podem ter contribuído como dutos na carga de hidrocarbonetos para os campos de Manati e Sardinha, uma vez que a taxa de transformação para a Formação Morro do Barro no ambiente plataformar é muito pequena, levando a crer que o óleo e gás encontrados nessas acumulações sejam provenientes de regiões mais profundas da bacia.

A provável existência de um corpo raso do tipo *greenstone-belt* na crosta continental situado na borda leste da calha principal da bacia pode explicar a alta anomalia gravimétrica positiva nesta região. No entanto, alternativas para explicar tal fenômeno podem ser apresentadas se baseadas em fontes de informações adicionais, como por exemplo a magnetometria.

Capítulo 7: DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de diferentes ferramentas é de suma importância para o real entendimento dos processos envolvidos, tanto na formação de bacias sedimentares quanto na geração, migração, aprisionamento e preservação de hidrocarbonetos, pois, ferramentas carentes de determinadas informações podem ser supridas por outras, aumentando assim a consistência da análise.

Um exemplo disso é a utilização de modelagens gravimétricas e/ou magnetométricas para determinação da profundidade do embasamento quando não se possui linha sísmica de boa qualidade ou que não alcance o embasamento cristalino nas regiões mais distais das bacias costeiras, servindo como dado de entrada em modelagens do sistema petrolífero.

Mesmo com a utilização de técnicas de cunho regional é possível obter informações importantes que, se não solucionam alguns questionamentos, ao menos restringem a área de atuação nas investigações mais dispendiosas.

No caso específico deste trabalho, ferramentas como a magnetometria e a sísmica profunda de alta resolução, poderiam contribuir em muito para a determinação do arcabouço estrutural da bacia, uma vez que, informações provenientes de outras técnicas de aquisição ajudariam na solução de questões em aberto.

A falta de trabalhos de campo dificultou o estudo da geologia estrutural na porção terrestre, uma vez que, não foi possível conferir *in situ* os lineamentos interpretados através de sensoriamento remoto, sendo esta etapa substituída por informações disponíveis na literatura, que normalmente são as mais evidentes e/ou mais representativas do arcabouço estrutural.

Outra alternativa para a confecção das rosetas de lineamentos seria a amostragem por domínios geológicos, geomorfológicos e/ou tectônicos, favorecendo uma comparação direta entre as estruturas e estes ambientes, assim como uma amostragem temporal, que poderia refletir a evolução cinemático-estrutural da área de estudo.

O modelo geométrico da bacia pode ser melhorado com o desmembramento do pacote sedimentar em diversos horizontes, com densidades crescentes conforme o aumento da profundidade e/ou conforme a variação litológica, uma vez que, o programa utilizado na inversão gravimétrica não leva em consideração o fator de compactação do sedimento.

O aumento no número de perfis modelados, além de tornar o modelo geométrico mais refinado, também proporcionaria o melhor entendimento da morfologia da bacia, pois

tornaria possível a interpolação dos diversos horizontes para posterior visualização, tanto em mapa quanto em 3D.

O processo de inversão gravimétrica não produz um resultado único e definitivo, pois além de assumir uma série de simplificações, estas podem ser alteradas com base em observações de bacias análogas, proporcionando um novo resultado a cada alteração dos parâmetros iniciais. A maneira usual para resolver esse tipo de problema é a elaboração de modelos simples, consistentes geologicamente e calibrados com dados provenientes de outras fontes de informação, como por exemplo: densidade das rochas do embasamento contíguo medida em laboratório, densidade do sedimento a partir de perfilagens, profundidade do embasamento a partir de poços perfurados, etc.

A atratividade da Bacia de Camamu-Almada foi confirmada pelo grande volume de recursos investidos pelas empresas petrolíferas na 6ª Rodada de Licitações (2004) para a aquisição das concessões exploratórias, aproximadamente 28 milhões de reais distribuídos em 10 blocos, um valor relativamente alto por se tratar de área de fronteira exploratória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v.7, p.349-364, 1977.
- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Yociteru. (Coords.). *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo: Ed.Edgard Blücher, 1984, 378p.
- ANP. Seções Geológicas e Cartas Estratigráficas. Disponível em:< http://www.brasil-rouds.gov.br/geral/ATIV_secoes_e_cartas.asp> Acesso em 21 de abr. 2004.
- ARCANJO, J.B.A. (Org.). *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Itabuna Folha SD 24-Y-B-VI. il.mapas. Brasília: CPRM, 1997, 276p. (Escala 1:100.000)
- BARBOSA, J.S.F. *Constitution lithologique et metamorphique de la région granulitique du sud de Bahia (Brésil)*. 1986. 401f. Tese (Doutorado) – Université Pierre et Marie Curie, Paris, França, 1986.
- _____. Síntese do conhecimento sobre a evolução geotectônica das rochas metamórficas arqueanas e paleoproterozóicas do embasamento do Cráton do São Francisco na Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.27, n.3, p.241-256, 1997.
- BARBOSA, J.S.F., SABATÉ, P., MARINHO, M.M. O Cráton do São Francisco na Bahia: uma síntese. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.33, n.1, p.3-6, 2003.
- BLITZKOW, D., GASPARINI, P., MANTOVANI, M.S.M., SÁ, N.C. Crustal structure of southeastern Minas Gerais, Brazil, deduced from gravity measurements. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.9, n.1, p.39-43, 1979.
- BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL Folha SD 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. 624p. il., 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 24)
- CAIXETA, J.M., BUENO, G.V., MAGNAVITA, L.P., FEIJÓ, F.J. Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.163-172, 1994.

- CBPM. Mapa Geológico da Bahia. Disponível em:<<http://www.cbpm.com.br/download02.asp>>. Acesso em 18 de jul. 2003.
- CHANG, H. K., KOWSMANN, R. O., FIGUEIREDO, A. M. F., BENDER, A. A. Tectonics and stratigraphy of the east Brazil rift system. *Tectonophysics*, 213 (1/2): 97-138, 1992.
- CORRÊA GOMES, L. C, PAIVA DE OLIVEIRA, E., BARBOSA, J.F.S., FERNANDES DA SILVA, P.C. Tectônica associada à colocação de diques alcalinos félsicos a máficos neoproterozóicos da Zona de cisalhamento de Itabuna-Itajú do Colônia, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v.28, p.449-458, 1988.
- CRÓSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. ed. rev. São Paulo: Instituto de Geociências/UNICAMP, 1993, 170p.
- DIAS, L., FERNANDES, C., BERROCAL, J. 1980. Estrutura crustal na área do reservatório de Sobradinho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31 (2), 1980, Camboriú. *Resumos Expandidos...* Santa Catarina: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. p.352.
- DRISCOLL N. W., KARNER G. D. Flexural deformation due to Amazon fan loading: a feedback mechanism affecting sediment delivery to margins. *Geology*, v.22, p.1015-1018, 1994.
- DUREN, R., WONG, E., BRECKENRIDGE, B., SHAFFER, S., DUNCAN, C., TUBBS, E., SALOMOM, P. Metrology, attitude, and orbit determination for spaceborne interferometric synthetic aperture radar. SPIE AeroSense Conference on Acquisition, Tracking and Pointing. XII Proceedings of SPIE, v. 3365, p. 51-60, 1988.
- EDWARDS, R.A., WHITMARSH, R.B. The crustal structure across the transform continental margin off Ghana, eastern equatorial Atlantic. *Journal Geophysical Research*, v.102 (B1), p.747-772, 1997.
- FERNANDES, F.L., CHANG, H. K. Modelagem Gravimétrica da Bacia de Taubaté - Vale do Rio Paraíba do Sul, Leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geofísica. Brasil:* , v.17, n.4, p.102 - 110, 2002.
- FIGUEIREDO, A.M.F. de, BRAGA, J.A.E., ZABALAGA, J.C., OLIVEIRA, J.J., AGUIAR, G.A., SILVA, O.B., MATO, L.F., DANIEL, L.M.F., MAGNAVITA, L.P., BRUHN, C.H.L. Recôncavo Basin, Brazil: a prolific intracontinental Rift Basin. In:

- BUDD, D.A.; SALLER, A.H.; HARRIS, P.M. (Eds.). *Interior rift basins*, Tulsa: The American Association of Petroleum Geologists, 1994. p. 157 – 203. (AAPG Memoir 59).
- FONI, A., SEAL, D. Shuttle Radar topography mission: an innovative approach to shuttle orbital control. *Acta Astronautica*, v. 54, n. 8, p. 565-570, 2004.
 - GONÇALVES, F.T.T., BEDREGAL, R.P., COUTINHO, L.F.C., MELLO, M.R. Petroleum system of the Camamu-Almada Basin: a quantitative modeling approach. In: MELLO, M.R., KATZ, B.J. (Eds). *Petroleum system of South Atlantic margins*. Tulsa: The American Association of Petroleum Geologists, 2001. cap. 19, p.257 – 271. (AAPG Memoir 73)
 - INDÚSTRIA SÍSMICA NO BRASIL. *Situação da sísmica terrestre no Brasil: Projeto ONIPGEO*. Rio de Janeiro: ONIP/GEO, 2003.
 - KARAM, M.K., BRITO, A.F., KUCHLE, J., ANTUNES, P.T., LANDAU, L. A Influência das falhas do embasamento no emplacement do Paleocânion de Itacaré na bacia de Camamu-Almada, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2004, Minas Gerais. *Resumos expandidos...* Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Geologia, 2004.
 - KARNER, G., BYAMUNGU, B., EBINGER, C., KAMPUNZU, A., MUKASA, R., NYAKAANA, J., RUBONDO, E., UPCOTT, N. Distribution of crustal extension and regional basin architecture of the Albertine Rift, East Africa. *Marine and Petroleum Geology*, v.17, n.10, p.1131-1150, 2000.
 - MASCARENHAS, J. F. *Geologia da região centro-oriental da Bahia – Projetos Bahia, Bahia II e Sul da Bahia*. Relatório Integrado. Brasília: DNPM/CPRM, 1979.
 - MOHRIAK, W.U., BASSETTO, M., VIEIRA, I.S. Crustal architecture and tectonic evolution of the Sergipe-Alagoas and Jacuípe basins, offshore northeastern Brazil. *Tectonophysics*, v.288, p. 199 – 220, 1988.
 - MOTTA, A.C., GOMES, R.A.A.T., DELGADO, I.M., SIQUEIRA, L.P., PEDREIRA, A.J. *Feições gravimétricas e magnéticas do Cráton do São Francisco*. Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. (Publ. Esp. do Núcleo da Bahia)
 - NASA(a). RADARSAT-1, Antarctic Mapping Mission. Disponível em: <<http://www.earth.nasa.gov/history/radarsat/radarsat1.html>>. Acesso em: 08 abr. 2004.

- NASA(b). Shuttle Radar Topography Mission, the mission to map the world. Disponível em:<<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 03 nov. 2003.
- NETTLETON, L.L. *Gravity and magnetics in oil prospecting*. McGraw Hill Book Company – USA, 1976.
- O'LEARY D.W., FRIEDMAN D.D, POHN H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standarts for old terms. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.87, p.1463-1469, 1976.
- PEDREIRA, A.J., ARCANJO, J.B.A., PEDROSA, C.J., OLIVEIRA, J.E., SILVA, B.C.E. *Projeto Bahia – Geologia da Bacia de Rio de Contas*. Salvador: DNPM/CPRM, 1975.112 p. (Relatório, n. 3).
- RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A., BAMLER, R. The Shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v.57, n.4, p.241-262, 2003.
- RADARSAT(a). *Radarsat Geology Handbook*. Disponível em:< <http://www.rsi.ca/rsic/education/handbook.asp>>. Acesso em 14 de out. 2002.
- RADARSAT(b). *Radarsat Illuminated – Your Guide to Products and Services*. Disponível em: <<http://www.rsi.ca/rsic/education/handbook.asp>>. Acesso em 11 de out. 2002.
- SÁ, N. C. de.; BLITZKOW, D. Uma Tentativa de homogeneizar os dados gravimétricos existentes no Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 4, p.73-77, 1986.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: sistema de informações geográficas – SIG*. Rio de Janeiro: CPRM, 2001. 4 CD'S-ROM.
- SHORT, N.M. *Geologic applications II – mineral & petroleum exploration*. Disponível em:<http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect5/Sect5_5.html> Acesso em: 09 de dez. 2003
- TEIXEIRA NETTO, A.S., WANDERLEY FILHO, J.R. e FEIJÓ, F.J. Bacias de Jacuípe, Camamu e Almada. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.173-184, 1994.

- TEIXEIRA W., SABATÉ, P., BARBOSA, J.S.F., NOCE, C.M., CARNEIRO, M.J. Archean and paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Cráton. In: CORDANI, U.G. et al. (Eds.) *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro, 2000. p.101-137.
- TELFORD, W.M., GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E. *Applied Geophysics*, 2 ed. Lugar: Cambridge University Press, 1990, 770p.
- VIEIRA, R.A.B., MENDES, M.P., VIEIRA, P.E., COSTA, L.A.R., TAGLIARI, C.V., BACELAR, L.A.P., FEIJÓ, F.J. Bacias de Espírito Santo e Mucuri. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p. 191-202, 1994.
- WATTS, A. B., STEWART, J. Gravity anomalies and segmentation of the continental margin offshore West Africa. *Earth and Planetary Science Letters*, v.156, p.239-252, 1998.

ANEXOS

