



Universidade Federal do Rio de Janeiro
CCMN – Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Aspectos Geomorfológicos e Reativação Tectônica Cenozóica na Faixa de Lineamentos Colatina (Espírito Santo)

Relatório de Estágio de Campo IV - D

Aluna: Helen Belfort Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

Março de 2005

**ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E REATIVAÇÃO TECTÔNICA CENOZÓICA NA
FAIXA DE LINEAMENTOS COLATINA (ESPÍRITO SANTO)**

Helen Belfort Rodrigues

Monografia submetida ao curso de graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito obrigatório da disciplina *Estágio de Campo IV - D.*

Área de Concentração: Estratigrafia & Paleontologia

Orientador: Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

Aprovada por:

Prof. Dr. Claudio Limeira Mello, UFRJ

Prof. Dr. Julio Cesar Mendes, UFRJ

Prof. Dr. Telma Mendes da Silva, UFRJ

FICHA CATALOGRÁFICA

RODRIGUES, HELEN BELFORT

Aspectos Geomorfológicos e Reativação
Tectônica Cenozóica na Faixa de Lineamentos Colatina
(Espírito Santo)

Rio de Janeiro, 2005

52p. Instituto de Geociências – UFRJ,
Dissertação de Graduação em Geologia – Relatório
Final de Estágio de Campo IV-D – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,
2005.

1. Faixa Colatina 2. Geomorfologia 3. Neotectônica

I – IGEO/UFRJ

II- Título

AGRADECIMENTOS

Para a realização desse trabalho, contei com a ajuda de algumas pessoas, a quem, nesse momento, devo expressar o meu mais sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, professor Dr. Claudio Limeira Mello, por sua dedicação e paciência na orientação desse trabalho. Além disso, agradeço a chance que tive de poder conviver com esse profissional extremamente dedicado à pesquisa científica.

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro para realização deste trabalho, através das bolsas de Iniciação Científica.

Agradeço à Geóloga M. Sc. e recém Doutora Isabela de Oliveira Carmo, por estar sempre pronta a ajudar e pelas primeiras orientações nos trabalhos que desenvolvi.

Agradeço à minha amiga, Geóloga e M. Sc. Ana Paula Barroso, a quem atribuo o início de tudo. Muito obrigada por sempre me incentivar a seguir em frente, com seus comentários positivos e bem humorados.

Agradeço à minha amiga Geóloga M. Sc. e doutoranda deste departamento, Denise Glória por seu incentivo com comentários positivos e bem humorados.

Agradeço aos antigos e atuais colegas da pesquisa: Rodrigo Correia Baptista da Silva, Erick Alves Tomaz, Fábio de Oliveira Costa, Roseane Ribeiro Sarges, Paula de Freitas Santos, Marcel de Souza Romero Sanson, Rute Maria Oliveira, Fredy Santana, Leonardo Gomes, Aline Garcia, Tiago Silva, Tom Araújo, Duarte, Ivanilson Moreira, Renato Ramos, Carolina Ribeiro, Alesandra e em especial ao Raphael Hatushika pela camaradagem, ajuda, compreensão, e principalmente por dividir as preocupações e trabalhos durante a etapa final de edição deste volume.

Agradeço aos meus colegas de turma, Camila, Marcelle, Carolina, Paula, Janaina, Luisa, Diogo, Reginaldo, Igor e Antonio, pois de alguma forma colaboraram não só na execução deste e de muitos outros trabalhos, como também em vários momentos difíceis que passamos juntos durante o curso.

Agradeço em especial aos meus pais Juvenal e Irene, pelo apoio incondicional durante todos esses anos de estudo. Seus conselhos e ensinamentos foram fundamentais para que me tornasse a pessoa que sou hoje.

Agradeço a Deus por colocar estas pessoas em meu caminho e pela oportunidade de poder chegar ao fim de mais uma etapa.

RESUMO

A faixa de lineamentos Colatina constitui um conjunto de feições lineares de direção NNW-SSE localizada na porção continental emersa adjacente à bacia do Espírito Santo, no Sudeste do Brasil. Esta feição, de idade proterozóica (Ciclo Brasiliano), foi reativada no Cretáceo durante o evento de ruptura do supercontinente Gondwana e de abertura do oceano Atlântico. O trabalho aqui apresentado tem o objetivo avaliar o controle tectônico ocasionado por reativações cenozóicas na configuração do relevo atual da região da faixa de lineamentos Colatina, considerando que os eventos tectônicos associados à configuração morfológica-sedimentar da porção continental emersa podem ser correlacionados ao registro evolutivo das bacias sedimentares marginais e, sendo assim, úteis para a exploração de hidrocarbonetos. A área de estudo está compreendida entre as coordenadas 18° 30' e 21° de latitude Sul e 39° 30' e 41° de longitude Oeste. A metodologia usada consistiu em: (i) elaboração de um mapa hipsométrico a partir de cartas topográficas na escala 1:500.000 (IBGE) e de um modelo digital de elevação confeccionado com dados do *SRTM* disponibilizados no *site* da *USGS*; (ii) confecção de três perfis em varredura sobre cartas topográficas 1:50.000 e 1:100.000 (IBGE); (iii) identificação de lineamentos topográficos e de anomalias de drenagem sobre cartas topográficas e sobre o modelo digital de elevação; e (iv) coleta de dados estruturais rúpteis afetando os depósitos cenozóicos. Os dados estruturais coletados em campo foram tratados, para a obtenção dos campos de tensão geradores, utilizando-se o programa Tensor. Os resultados obtidos mostram que o relevo está condicionado à reativação de estruturas pré-existentes (NW-SE, NE-SW), principalmente na região da faixa de lineamentos Colatina (NNW-SSE), promovendo desnivelamentos e basculamentos sob dois campos de tensão principais de idades distintas: esforços de compressão NW-SE e extensão NE-SW, compatíveis com um regime de transcorrência dextral E-W, de idade supostamente Pleistoceno final/Holoceno inicial; e esforços de extensão NW-SE, holocênicos.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVO	2
3 - ÁREA DE ESTUDO	3
3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	3
3.2 CLIMA E VEGETAÇÃO	5
3.3 GEOLOGIA REGIONAL	5
3.3.1 Subprovíncia Araçuaí	6
3.3.2 Alinhamento Vitória-Ecoporanga.....	11
3.3.3 Bacia do Espírito Santo.....	12
3.4 GEOMORFOLOGIA	15
3.4.1 Depósitos Sedimentares.....	15
3.4.2 Maciços Plutônicos	19
3.4.3 Faixa de Dobramentos Reativados.....	22
4 – EVENTOS NEOTECTÔNICOS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL.....	24
4.1 TRABALHOS SOBRE NEOTECTÔNICA NO ESPÍRITO SANTO.....	27
5 – METODOLOGIA.....	28
5.1 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA	28
5.1.1 Compartimentação Topográfica	28
5.1.2 Análise de Lineamentos	28
5.1.3 Análise da Rede de Drenagem.....	29
5.2 ANÁLISE ESTRUTURAL	29
5.2.1 Método dos Diedros Retos	30
6 – RESULTADOS	31
6.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	31
6.2 ANÁLISE DE LINEAMENTOS E DADOS ESTRUTURAIS	37
6.2.1 Sgp 09	39
6.2.2 Lin 02	41
6.2.3 Ara 01	43
6.3.1 Interpretação da Origem das Anomalias e Relação com Dados Estruturais Obtidos.....	48
7 – CONCLUSÕES.....	49
8 - BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS NA MARGEM CONTINENTAL ASSOCIADA ÀS BACIAS DE SANTOS, CAMPOS E ESPÍRITO SANTO. SÃO DESTACADAS A FAIXA DE LINEAMENTOS COLATINA (1) E O LINEAMENTO DE ALÉM PARAÍBA (2) – MODIFICADO DE CHANG ET AL. (1992).....	1
FIGURA 2 – MAPA RODOVIÁRIO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (MODIFICADO DO GUIA 4 RODAS)	3
FIGURA 3 – (A) LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO; B) E C) DETALHES DA PORÇÃO NORTE E DA PORÇÃO SUL DA ÁREA DE ESTUDO, DESTACANDO A FAIXA COLATINA/ALINHAMENTO VITÓRIA-ECOPORANGA (MODIFICADO DO RADAMBRASIL, 1987 E 1983, RESPECTIVAMENTE).....	4
FIGURA 4 – TIPOS CLIMÁTICOS PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO(MODIFICADO DO RADAMBRASIL 1983 E 1987).....	5
FIGURA 5 – MAPA GEOLÓGICO DA PORÇÃO SUL DA ÁREA DE ESTUDO (MODIFICADO DO RADAMBRASIL, 1983).....	7
FIGURA 6 - MAPA GEOLÓGICO DA PORÇÃO NORTE DA ÁREA DE ESTUDO (MODIFICADO DO RADAMBRASIL, 1987).....	8
FIGURA 7 – ALINHAMENTO VITÓRIA-ECOPORANGA (MODIFICADO DO RADAMBRASIL, 1987) .	12
FIGURA 8: CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO (FONTE: HTTP://WWW.ANP.GOV.BR).....	14
FIGURA 9 - MAPA GEOMORFOLÓGICO DA PORÇÃO SUL DA ÁREA DE ESTUDO (MODIFICADO DO RADAMBRASIL, 1983).....	16
FIGURA 10 – MAPA GEOMORFOLÓGICO DA PORÇÃO NORTE DA ÁREA DE ESTUDO (MODIFICADO DO RADAMBRASIL, 1987).....	17
FIGURA 11 – FALÉSIAS A SUL DE MARATAÍZES	18
FIGURA 12 – VISÃO DA LAGOA JUPARANÃ ENTALHADA NOS TABULEIRO COSTEIROS E, AO FUNDO, ELEVAÇÕES DA FAIXA DE DOBRAMENTOS REATIVADOS.....	19
FIGURA 13 – VISTA DO BLOCO MONTANHOSO CENTRAL (PONTÕES), PRÓXIMO À CIDADE DE PANCAS.....	21
FIGURA 14 – VISÃO DAS ÁREAS APLAINADAS COM FEIÇÕES CONVEXAS AO FUNDO.....	22
FIGURA 15 – MAPA DE SISMOS NO BRASIL (SITE HTTP://WWW.OBSIS.UNB.BR). NOTA-SE IMPORTANTE CONCENTRAÇÃO DE SISMOS NO SUDESTE BRASILEIRO, INCLUINDO A ÁREA DE ESTUDO.....	25
FIGURA 16 – QUADRO DE FASES TECTÔNICAS CENOZÓICAS NO SUDESTE DO BRASIL SEGUNDO DIFERENTES AUTORES E REGIÕES (MELLO & FERRARI, 2003).....	26
FIGURA 17 – MÉTODO DOS DIEDROS RETOS. (A) VISTA EM PERSPECTIVA DO PLANO DE FALHA (F) E DO PLANO AUXILIAR (A), DELIMITANDO QUATROS DIEDROS: DOIS EM COMPRESSÃO (P) E DOIS EM EXTENSÃO (T). (S): VETOR UNITÁRIO DE MOVIMENTO E (N): VETOR UNITÁRIO NORMAL. (B) PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA DOS PLANOS A E F, ONDE B É A INTERSEÇÃO DOS PLANOS. (C) SUPERPOSIÇÃO DE DOIS PLANOS DE FALHA, MOSTRANDO	

ÁREAS 100 % COMPRESSIVAS (EM CINZA ESCURO) E ÁREAS 100% DISTENSIVAS (EM CINZA CLARO) – ANGELIER (1994).....	30
FIGURA 18 – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO A PARTIR DO MAPA HIPSOMÉTRICO. A - COMPARTIMENTO LITORÂNEO, B - COMPARTIMENTO PANCAS, C - COMPARTIMENTO SÃO MATEUS, D - COMPARTIMENTO ARACRUZ, E - COMPARTIMENTO COLATINA, F - COMPARTIMENTO SUL CAPIXABA; X,Y,W – PERFIS EM VARREDURA.....	31
FIGURA 19 – PERFIL EM VARREDURA X. NOTA-SE OS DESNIVELAMENTOS NO LIMITE DOS COMPARTIMENTOS, ASPECTO RECORTADO (DISSECADO) E A INCLINAÇÃO EM TODO O PERFIL EM DIREÇÃO AO OCEANO ATLÂNTICO.....	35
FIGURA 20 – PERFIL EM VARREDURA Y. O COMPARTIMENTO LITORÂNEO APRESENTA SUAVE INCLINAÇÃO. O RESTANTE DO PERFIL REPETE O PADRÃO DO PERFIL X PARA A PORÇÃO CENTRAL DA ÁREA DE ESTUDO. O LOCAL ONDE OCORRE O DESNIVELAMENTO COINCIDE COM A FAIXA DE LINEAMENTOS COLATINA.	35
FIGURA 21 – PERFIL EM VARREDURA W, MOSTRANDO O EXPRESSIVO DESNÍVEL ENTRE O COMPARTIMENTO LITORÂNEO E O COMPARTIMENTO SUL CAPIXABA. O LOCAL ONDE OCORRE O DESNIVELAMENTO COINCIDE COM A FAIXA DE LINEAMENTOS COLATINA.	36
FIGURA 22 – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO COM OS LINEAMENTOS TRAÇADOS. AS PRINCIPAIS ORIENTAÇÕES DETECTADAS FORAM NW-SE, NNW-SSE, NE-SW E E-W.	37
FIGURA 23 – MAPA DE LINEMENTOS, COM A LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS SGP 09, LIN 02 E ARA 01, ONDE FORAM COLETADOS OS DADOS ESTRUTURAIS APRESENTADOS NESTE ESTUDO.	38
FIGURA 24 – SGP 09; VISTA GERAL DO AFLORAMENTO E A SUA INTERPRETAÇÃO (RODOVIA ES-080, ENTRE SÃO DOMINGOS DO NORTE E ÁGUA BRANCA).....	40
FIGURA 25 – SGP 09; ANÁLISE ESTRUTURAL DOS DADOS DE FALHA COM ESTRIA.....	41
FIGURA 26 – LIN 02; VISTA GERAL E INTERPRETAÇÃO DA PORÇÃO FALHADA DO AFLORAMENTO (RODOVIA DE LINHARES P/ RIO BANANAL).....	42
FIGURA 27 – LIN 02; ANÁLISE ESTRUTURAL DOS DADOS DE FALHA COM ESTRIA: A) DADOS DE FALHAS NORMAIS, ENE A NE; B) DADOS DE FALHAS DEXTRAIS NORMAIS NE-SW.....	43
FIGURA 28 – ARA 01; VISTA GERAL E INTERPRETAÇÃO DA PORÇÃO FALHADA DO AFLORAMENTO (RODOVIA BR-101, ENTRE AS CIDADES DE LINHARES E GUARANÁ).....	44
FIGURA 29 – ARA 01; ANÁLISE ESTRUTURAL DOS DADOS DE FALHA COM ESTRIA: A) DADOS DE FALHAS NORMAIS NW-SE E DEXTRAIS NORMAIS NE-SW; B) DADOS DE FALHAS NORMAIS NE-SW.	45
FIGURA 30 – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO MOSTRANDO O DECALQUE DAS ANOMALIAS DE DRENAGEM (COTOVELOS E VALES SECOS).	46
FIGURA 31 – DETALHE DA ÁREA DE ESTUDO MOSTRANDO A TENDÊNCIA, NESTA REGIÃO, DA DRENAGEM - MUDANÇA BRUSCA DE DIREÇÃO, ABANDONO DA ORIENTAÇÃO DE ORIGEM. OS CÍRCULOS EM VERMELHO CHAMAM ATENÇÃO PARA AS ANOMALIAS IDENTIFICADAS.	47

1 - INTRODUÇÃO

A margem continental do Sudeste do Brasil, apresenta grande interesse geológico por abrigar três importantes bacias sedimentares produtoras de hidrocarbonetos (Santos, Campos e Espírito Santo). Na porção continental emersa adjacente a estas bacias, duas feições geomorfológicas, de direções distintas, chamam atenção (Figura 1): uma delas é o lineamento Paraíba do Sul (Almeida *et al.*, 1975), de direção NE-SW a ENE-WSW, adjacente às bacias de Campos e Santos; a outra feição, localizada adjacente à bacia do Espírito Santo, apresenta direção NNW a NW e é denominada Zona de Cisalhamento Colatina (Chang *et al.*, 1992), Lineamento Vitória-Ecoporanga (RADAMBRASIL, 1987) ou Faixa Colatina (Novais *et al.*, 2004). Ambas apresentam idade pré-cambriana e foram reativadas no Cretáceo, durante o evento tectônico de formação da margem atlântica brasileira (evento Sul-Atlântiano – Shobbenhaus *et al.*, 1984).

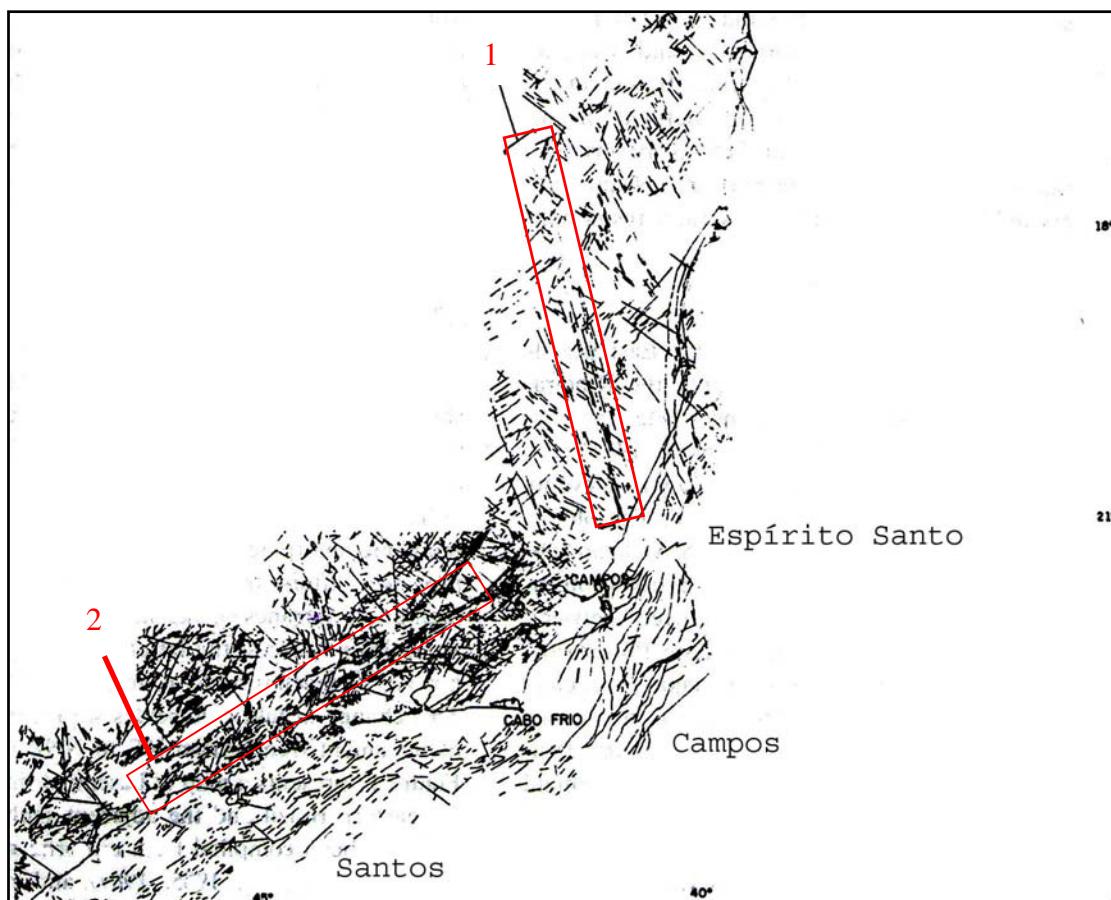


Figura 1 – Mapa de lineamentos estruturais na margem continental associada às bacias de Santos, Campos e Espírito Santo. São destacadas a Faixa de Lineamentos Colatina (1) e o Lineamento de Além Paraíba (2) – modificado de Chang *et al.* (1992).

Diversos estudos referentes à evolução tectono-sedimentar e geomorfológica durante o Cenozóico têm sido realizados na porção continental que compreende o lineamento Paraíba do Sul. Entre estes, destacam-se os estudos sobre o tectonismo na margem oceânica e a evolução da porção emersa adjacente (Asmus & Ferrari, 1978; Macedo, 1989) e os estudos desenvolvidos sobre a história evolutiva do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Almeida, 1976; Riccomini, 1989) e do Gráben da Guanabara (Ferrari, 2001).

No entanto, muito poucos são os trabalhos desta natureza realizados na porção continental que compreende a faixa de lineamentos Colatina. Pode-se destacar, neste caso, os trabalhos de Gallardo *et al.* (1987), em estudo sobre a atividade tectônica atual na região de Nova Venécia (ES e Novais *et al.* (2004), relatando novas ocorrências de diques ao longo da faixa Colatina, com evidências de possíveis reativações e suas implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo.

Considerando que o estudo integrado da geomorfologia e da tectônica cenozóica constitui uma valiosa ferramenta para compreender a configuração do relevo atual na região em estudo, o presente trabalho foi realizado no âmbito do projeto de pesquisa “Tensões Neotectônicas na Margem Continental Emersa Adjacente às Bacias de Campos e do Espírito Santo”, financiado pela FAPERJ (Nº. Processo E-26/150.710/2003), a partir de análises integradas de caráter geomorfológico e estrutural.

2 – OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o controle tectônico ocasionado por reativações cenozóicas na configuração do relevo atual da região da Faixa Colatina, a partir da integração de dados geomorfológicos e estruturais, relacionados aos dados geológicos regionais.

3 - ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Este estudo foi realizado em uma área situada entre as coordenadas 18° 30' e 21° de latitude Sul e 39° 30' e 41° de longitude Oeste, compreendendo parte da extensão da Faixa Colatina. (Porção norte – Figura 3 b, porção sul – Figura 3 a)

Localizada no Estado do Espírito Santo, a área de estudo abrange cidades como Colatina, Linhares, Aracruz, São Mateus e Vitória. A principal via de acesso é a BR-101, que corta o estado de Norte a Sul e o liga aos estados da Bahia e Rio de Janeiro. Outra importante via é a BR-259, que se estende desde a BR-101 até Governador Valadares (MG), passando por Colatina (Figura 2).



Figura 2 – Mapa rodoviário do estado do Espírito Santo (modificado do Guia 4 rodas)

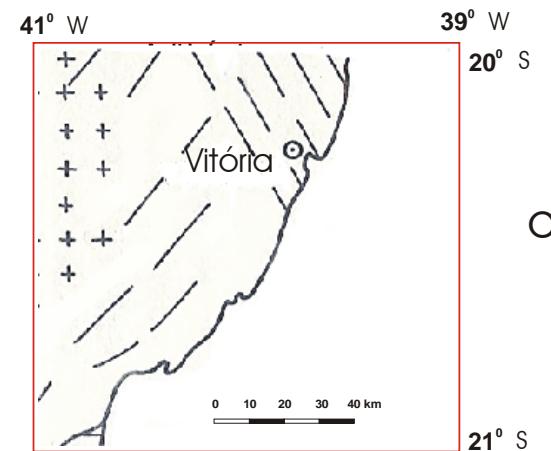
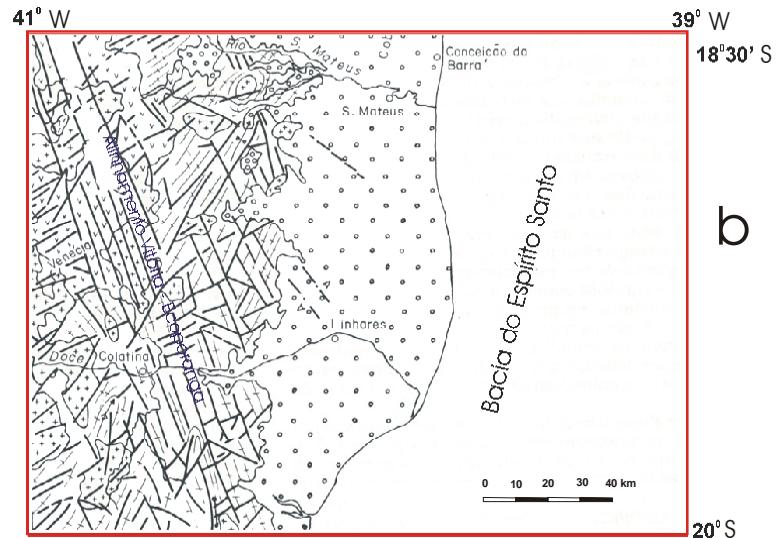
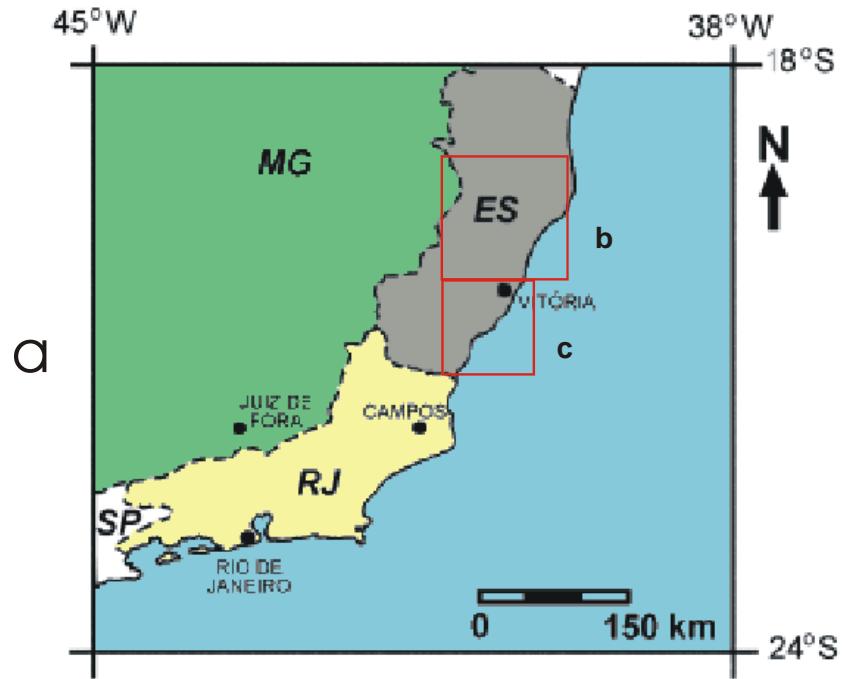


Figura 3 – (a) Localização da área de estudo; b) e c) detalhes da porção norte e da porção sul da área de estudo, destacando a Faixa Colatina/Alinhamento Vitória-Ecoporanga (modificado do RADAMBRASIL, 1987 e 1983, respectivamente).

3.2 CLIMA E VEGETAÇÃO

A área de estudo, segundo RADAMBRASIL (1983 e 1987), abrange duas regiões com índices pluviométricos distintos: a zona do rio Doce e a faixa litorânea. A zona do rio Doce apresenta índices pluviométricos que variam de 800 a 1.000 mm anuais. Na faixa litorânea, ocorrem índices pluviométricos de 1.200 a 1.400 mm anuais. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de novembro, dezembro e janeiro e o trimestre mais seco corresponde aos meses de junho, julho e agosto.

Ainda segundo RADAMBRASIL (1983 e 1987), ocorrem na área os seguintes tipos climáticos (classificação de Köppen) – Figura 4, e respectivas formações vegetais:

Am - clima tropical úmido, com chuvas do tipo monção. Caracteriza-se pela ocorrência de uma estação seca de pequena duração. O regime de temperatura é sem estação fria e com temperatura média do mês menos quente acima de 18°C. Corresponde a uma região de Florestas Ombrófilas.

Aw - clima quente com estação seca bem acentuada coincidindo com inverno. A temperatura do mês mais frio é superior a 18°C. Corresponde a uma região de Floresta Estacional Semidecidual.

Cwa – clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. Corresponde a uma região de savana.

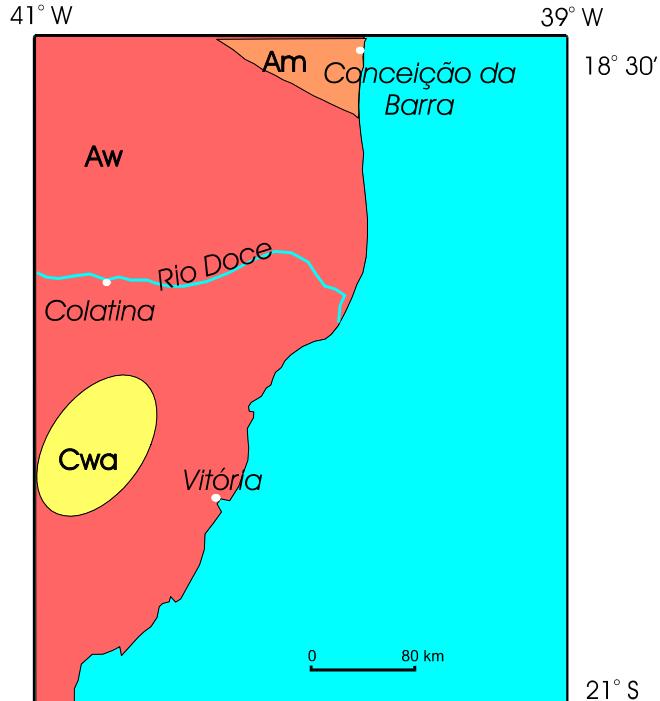


Figura 4 – Tipos climáticos presentes na área de estudo(modificado do RADAMBRASIL 1983 e 1987).

3.3 GEOLOGIA REGIONAL

A região estudada caracteriza-se por terrenos pré-cambrianos retrabalhados no Ciclo Brasiliano. Durante o Mesozóico e o Cenozóico sofreu reativações, que culminaram com a deriva continental Brasil-África e a formação da bacia sedimentar marginal do Espírito Santo. No Neógeno, houve uma intensa deposição continental, caracterizada pela Formação Barreiras, e a deposição de sedimentos quaternários marinhos na faixa costeira, enquanto que no interior do continente depositaram-se sedimentos fluviais e flúvio-lacustres ao longo das principais redes de drenagem.

Segundo o mapeamento geológico realizado pelo projeto RADAMBRASIL na escala 1: 1.000.000 (1987, folha SE 24 Rio Doce; 1983, folha SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória) – Figuras 4 e 5, a área de estudo está inserida na Província Geológica Mantiqueira e Província Costeira (Almeida *et al.*, 1977). Na Província Geológica Mantiqueira a área de estudo está contida na subprovíncias Araçuaí (RADAMBRASIL , 1987)

Será descrita a seguir a Província Geológica Mantiqueira segundo RADAMBRASIL (1983, 1987).

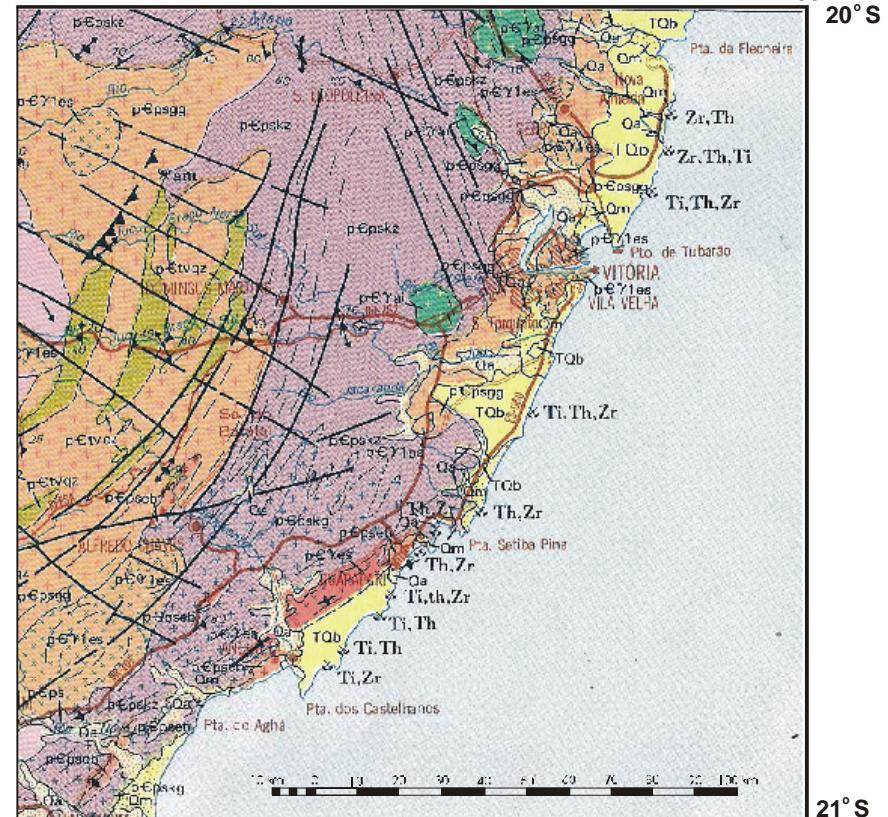
3.3.1 Subprovíncia Araçuaí

3.3.1.1 Embasamento

As rochas mais antigas do embasamento desta subprovíncia, encontradas na região de estudo, pertencem ao Complexo Paraíba do Sul. Este complexo apresenta evidências de origem sedimentar e é caracterizado por metatexitos de composição kinzigítica e lentes de calcossilicatadas. Atribui-se uma idade relacionada ao Ciclo Transamazônico, posteriormente retrabalhado intensamente no Ciclo Brasiliano.

O Complexo Italva, de idade do eoproterozóico final e metamorfizado no Ciclo Brasiliano (RADAMBRASIL, 1983), constitui um conjunto de hornblenda gnaisses, anfibolitos, sillimanita-granada-biotita gnaisses, bandados ou não, com lentes de meta-ultrabásicas, quartzitos, mármore e calciosilicáticas. A principal área de ocorrência deste complexo está situada na região sul do Espírito Santo, tendo como característica básica a presença de grandes massas de mármore.

41°W

**Cenozóico**

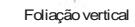
Quaternário	Holocene	Ca	Ha	Holocene Aluvionar	Holocene Fluvio Lagunar	Holocene e mangues Holocénicos	Pântanos e mangues Holocénicos	Terraços arenosos Holocénicos	Terraços arenosos Holocénicos	Coberturas Detriticas	Csm	Sedimentos Marinhos
Pleistoceno												
Terciário												
Mioceno												

Mesozóico**Jurássico****Paleozóico****Ordoviciano****Cambriano****Proterozoico****Superior****Médio****Arqueano**

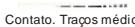
Camada horizontal



Camada inclinada



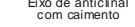
Foliação vertical



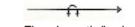
Contato. Traços médios onde localizado. Traços curtos onde litológico



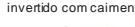
Eixo de anticlinal com cimento



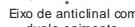
Eixo de sinclinal com duplo cimento



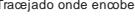
Eixo de sinclinal com cimento



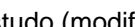
Eixo de anticlinal invertido com cimento



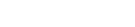
Eixo de anticlinal invertido com duplo cimento



Eixo de siniformal com cimento



Domo



Falha normal. Tracejado onde encoberta. A-bloco alto



Eixo de anticlinal com deslocamento horizontal.

Tracejado onde inferida



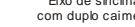
Falha interrompida, responde ao mesmo domínio. Verifica-se ruptura e deslocamento



Zr - Zircônio



Th - Tório



Ti - Titânio

Falha indiscriminada. Traços médios onde inferida. Traços curtos onde encoberta

Fratura

Fratura encoberta

Alinhamento: delineação de estrutura, traços de camada e foliação

Dique ou corpo tabular

Figura 5 – Mapa geológico da porção sul da área de estudo (modificado do RADAMBRASIL, 1983).

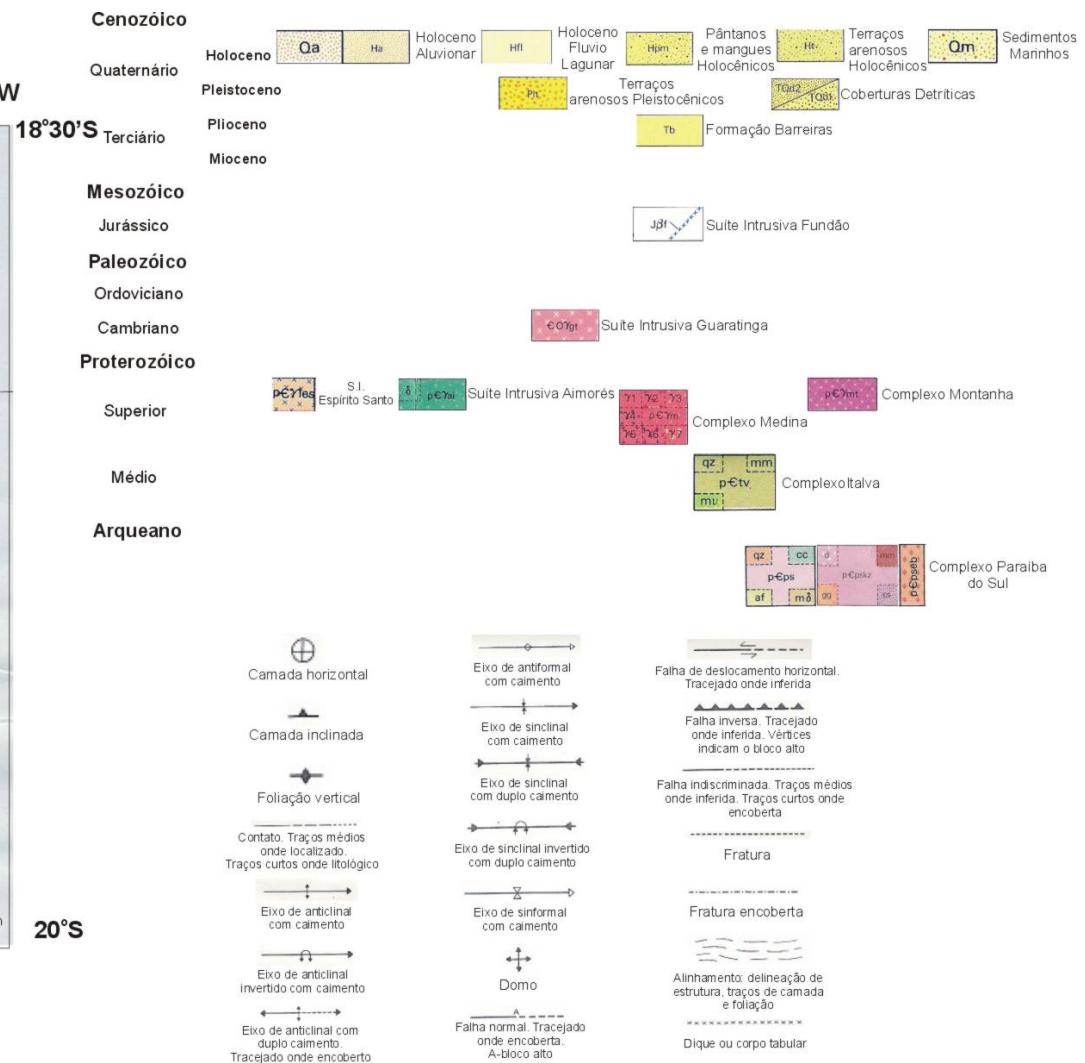
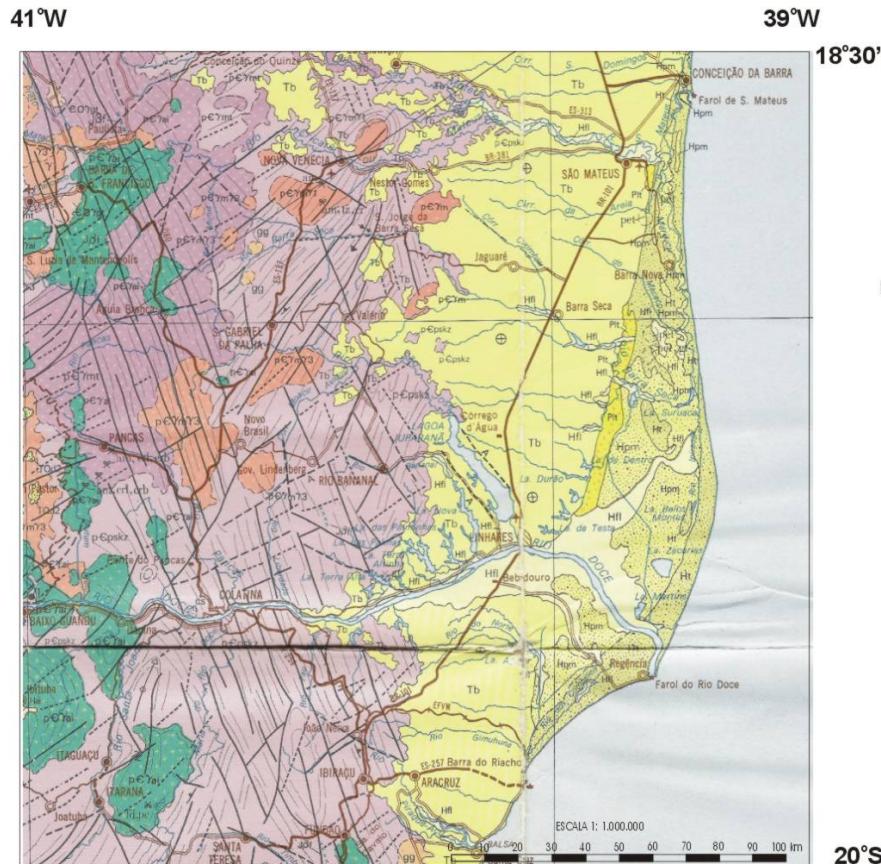


Figura 6 - Mapa geológico da porção norte da área de estudo (modificado do RADAMBRASIL, 1987).

A atividade ígnea foi bem marcante nos domínios desta subprovíncia, representada por batólitos e *stocks* de magmatitos sin, tardi e pós-tectônicos em relação ao Ciclo Brasiliano:

- o Complexo Montaña constitui-se por *augen* granitóides gnaisses, sob a forma de batólitos sintectônicos;
- o Complexo Medina, de composição granítica a granodiorítica, e a Suíte Intrusiva Aimorés e pegmatitos associados, sob a forma de batólitos, constituem plutonitos sin a tarditectônicos;
- a Suíte Intrusiva Guaratinga, formada por rochas graníticas e diques de pegmatitos associados, posicionados no Eopaleozóico, ocorrem em maciços com dimensões de *stocks* e constituem os magmatitos de caráter tardi a pós-tectônicos.. A suíte relaciona-se ao Alinhamento Vitória-Ecoporanga e pode estar ligada a um evento de reativação;
- a denominação Suíte Intrusiva Espírito Santo foi informalmente proposta por RADAMBRASIL (1983) para representar um conjunto predominantemente granítico a granodiorítico, sin a pós-tectônico em relação ao Ciclo Brasiliano, que ocorre na porção sul do Estado do Espírito Santo. Os corpos intrusivos exibem formatos aproximadamente circulares ou ligeiramente alongados na direção nordeste, em concordância com a estrutura regional e compõem elevações expressivas na topografia da região;
- a Suíte Intrusiva Fundão é a mais recente atividade ígnea, sendo composta essencialmente por diques de diabásios e gabros, de idade jurássica. Esta atividade ígnea pode estar relacionada à separação continental Brasil-África e dispõe-se paralelamente ao Alinhamento Vitória-Ecoporanga.

3.3.1.2 Sedimentos Cenozóicos

Sedimentos cenozóicos estão representados pela Formação Barreiras, Coberturas Detríticas e Depósitos Quaternários. Na faixa costeira, onde mostram melhor grau de exposição, recobrem discordantemente a bacia marginal costeira de idade terciário-cretácea retratada pela bacia do Espírito Santo.

➤ Formação Barreiras

Uma das unidades mais expressivas da faixa litorânea é a Formação Barreiras, que aflora ao longo de toda costa do Espírito Santo sob a forma de extensos tabuleiros ou falésias de vários metros de altura.

Esse pacote sedimentar é constituído por areias grossas a conglomeráticas, com matriz caulínica e estruturas de estratificação cruzada, e argilas arroxeadas levemente arenosas

No modelo de evolução paleogeográfica e paleoclimática proposto por Martin *et al.* (1997), a sedimentação Barreiras ocorreu provavelmente durante o Plioceno, quando o clima era semi-árido, sujeito a chuvas esporádicas torrenciais. Dessa forma teriam se formado amplas faixas de leques aluviais no sopé das encostas constituídas pelas rochas do embasamento.

➤ Coberturas Detritico-Lateríticas

Coberturas detritico-lateríticas, em geral, apresentam-se associadas a colinas de perfis convexos, suaves, contíguas aos depósitos aluviais ou mesmo afastadas destes, capeando interflúvios. Em outros casos, podem constituir extensas áreas aplainadas em regiões serranas, onde localmente são espessas, envolvendo também solos transportados.

➤ Depósitos Quaternários

A sedimentação quaternária nesta região abrange desde depósitos aluvionares a depósitos litorâneos. Os sedimentos aluvionares, arenosos e argilosos, localmente conglomeráticos, associados à calha de drenagens, alcançam suas maiores dimensões no vale do rio Doce. Os depósitos litorâneos ocorrem como depósitos de mangue (areno-argilosos), permanentemente sob a influência das marés, e depósitos de cordões praiais, eólicos, flúvio-marinhos, lagunares e fluviais indiferenciados.

A seguir serão descritas, simplificadamente, três unidades quaternárias de maior expressão na área de estudo.

- Depósitos marinhos e flúvio-marinhos: sua característica mais notável refere-se aos sistemas subparalelos ao litoral, relacionados aos alinhamentos quase que retilíneos dos antigos cordões litorâneos ou linhas de praia. Representam terraços arenosos, marinhos, cuja principal área de ocorrência está diretamente ligada ao desenvolvimento do delta do rio Doce. Esses sedimentos compreendem areias quartzosas de cor esbranquiçada, por vezes amarelada e acastanhada, exibindo razoável seleção, com grãos que variam de finos a muito grossos, subarredondados a

arredondados, localmente conglomeráticas e com fragmentos de conchas marinhas. Às vezes, observam-se estreitas faixas entre antigas linhas de praia de material mais úmido e escuro, argilo-arenoso, caracterizando brejos e pântanos recentes, também estruturados concordante o alinhamento dos antigos cordões litorâneos. Os cordões pleistocênicos e holocênicos são representados por corpos delgados e alongados, subparalelos entre si, localmente descontínuos, atingindo cerca de dezenas de metros a quilômetros de comprimento. Comumente exibem estratificação plano-paralela.

- Depósitos flúvio-lacustrinos: a área mais expressiva desta unidade restringe-se às margens dos lagos próximo ao rio Doce. São constituídas basicamente de argila plástica com alto teor de matéria orgânica. Ocorre também material turfáceo derivado de detritos vegetais carbonizados e argilas caulínicas, em geral arenosas, localmente orgânica. Nas argilas plásticas dominantes podem ocorrer depósitos conchíferos.
- Depósitos colúvio-aluvionares: unidade com ampla predominância de sedimentos fluviais recentes, encontra-se estabelecida ao longo das calhas dos rios principais. Os depósitos aluvionares dessa unidade são, em geral, constituídos de argila, argila siltica, silte arenoso, silte e areia quartzosa, eventualmente conglomerática. Os colúvios ou rampas de colúvio normalmente têm constituição argilo-arenosa a areno-argilosa, observando-se, às vezes, nas meias encostas inferiores de morros do tipo “meia-laranja”, linhas de seixos associadas a solos transportados. Os depósitos de tálus, geralmente, são compostos por matações e blocos de diversos tamanhos, caoticamente distribuídos em matriz pelito-psamítica incoerente.

3.3.2 Alinhamento Vitória-Ecoporanga

Esta feição topográfica é descrita pelo projeto RADAMBRASIL (1987) como sendo um importante evento tectônico exposto, de orientação NNW-SSE, podendo constituir uma zona de reativação (Figura 7).

Durante o Eopaleozóico teria sofrido movimentos de cisalhamento e aparecimento de plutões da Suíte Intrusiva Guaratinga. No Mesozóico (Jurássico), teria ocorrido a colocação de diques básicos da Suíte Intrusiva Fundão e os movimentos seriam tensionais devido à intumescência do Arco de Vitória.

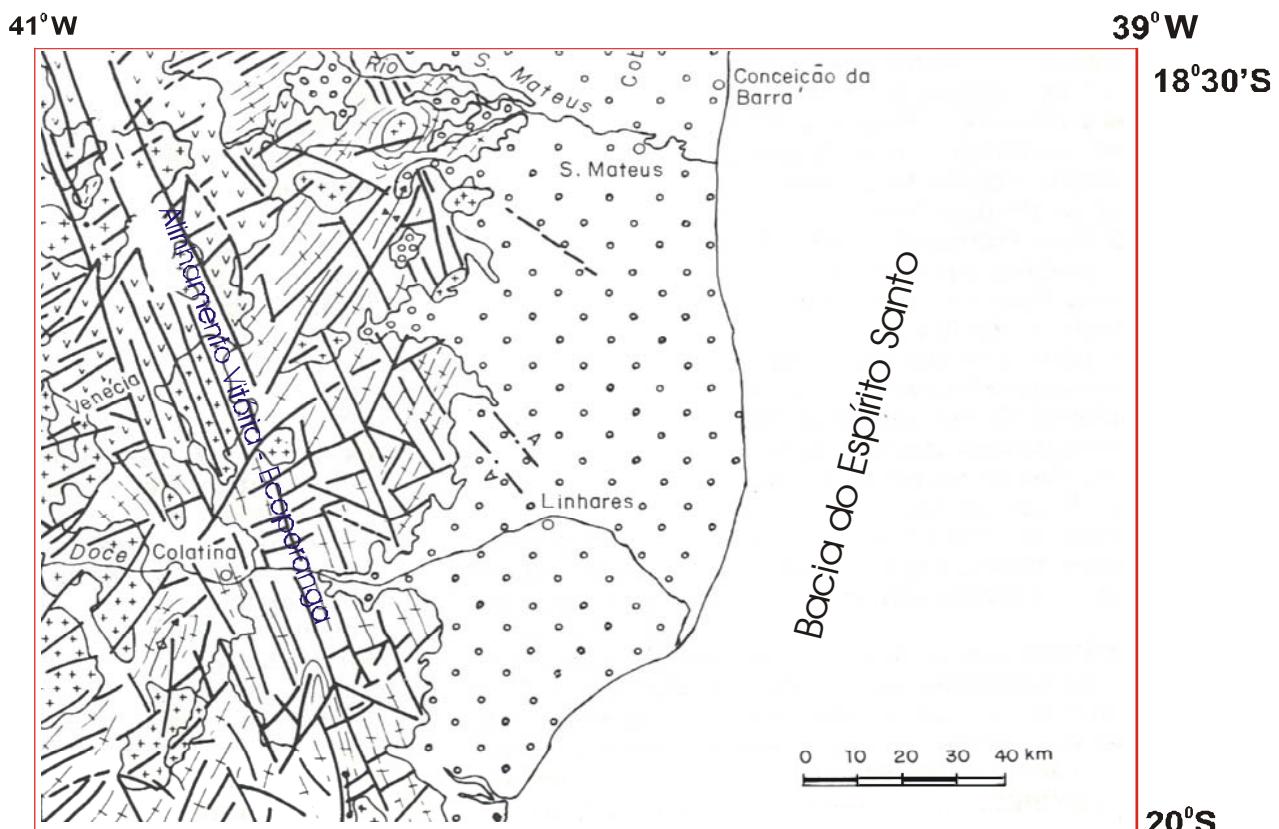


Figura 7 – Alinhamento Vitória-Ecoporanga (modificado do RADAMBRASIL, 1987).

3.3.3 Bacia do Espírito Santo

A bacia sedimentar do Espírito Santo tem origem comum às demais bacias sedimentares da margem continental leste brasileira, que resultaram da separação dos continentes americano e africano.

Esta bacia localiza-se ao longo do litoral centro-norte do Estado do Espírito Santo. Possui uma área emersa que compreende uma estreita faixa entre a Vila de Regência, no Estado do Espírito Santo até a divisa com a Bahia, estendendo-se no mar até a altura da cidade de Vitória. O limite sul da bacia do Espírito Santo é a feição geológica conhecida como Alto de Vitória, que a separa da bacia de Campos. O limite norte da bacia, separando-a da bacia de Mucuri, é representado pela divisa entre os estados da Bahia e Espírito Santo.

As rochas sedimentares e vulcânicas da bacia do Espírito Santo podem ser organizadas em três fases, em função do estilo tectônico atuante durante sua deposição: *rift* e margem passiva, permeadas por uma fase de transição (Figura 8).

➤ Seqüência Rift

A evolução da bacia do Espírito Santo iniciou com a quebra do supercontinente Gondwana por um sistema de rifte, que teve inicio no Jurássico final. O preenchimento da bacia começou com uma seqüência do tipo rifte, que foi controlada por uma tectônica extensional responsável por falhas normais que seguem a mesma orientação do embasamento cristalino pré-cambriano. Esta seqüência inicial deposita-se em inconformidade sobre as rochas cristalinas e em discordância abaixo da seqüência superior. É composta por ruditos intercalados com folhelhos cinza e coquinas, depositados em um ambiente continental caracterizado por leques aluviais, rios entrelaçados e lagos. Intercaladas nesta seqüência, existem algumas rochas vulcânicas, relacionadas ao rifteamento.

➤ Seqüência Transicional

A seqüência transicional é caracterizada por ambientes continental e marinho. A deposição foi iniciada em ambientes flúvio-deltaico a lacustrino e é caracterizada por sedimentos clásticos grossos intercalados com camadas de folhelho, calcários e anidritos. A parte superior desta seqüência é composta por evaporitos depositados sob condições de águas salobras. Idades Aptiano final a Albiano inicial são atribuídas a esta seqüência.

➤ Seqüência de Margem Passiva

Durante a separação continental, sedimentos marinhos começaram a ser depositados em fases transgressivas e regressivas, entre o Albiano e o Recente.

A fase transgressiva, foi caracterizada por deposição de siliciclásticos mistos e plataforma carbonática associados a leques aluviais. Uma rápida subida do nível do mar causou um afogamento marinho da bacia. Isto foi registrado por depósitos de folhelhos marinhos batiais e abissais. Arenitos turbidíticos são associados, principalmente de acordo com o desenvolvimento de cânions na margem da plataforma (paleocânions Regência e Fazenda Cedro). Lobos turbidíticos de água profunda foram também depositados em áreas modificadas pela tectônica de sal e associadas à falhas lístricas. A configuração final destes paleocânions é resultado da escavação de muitos outros canais (cânions submarinos de dimensões pequenas) que evoluíram durante quedas do nível do mar, que pontuaram a natureza transgressiva por todo o Cetáceo final e Terciário inicial na bacia.

Um importante evento vulcânico básico é registrado nesta bacia entre o Santoniano e o Oligoceno, com a principal atividade durante o Eoceno médio. Este evento vulcânico afetou fortemente a fisiografia da bacia, fazendo surgir o Complexo Abrolhos, na parte norte da bacia. O evento foi provavelmente responsável pelo surgimento de montanhas submarinas conhecidas como Cadeia Vitória – Trindade, na parte sul da bacia, e perdurou até o Quaternário. A origem deste evento magmático na bacia do Espírito Santo é atribuída a

passagem da placa sul-americana por um *hot spot*. Uma plataforma carbonática nova, longa e espessa se desenvolveu subsequentemente a neste complexo vulcânico.

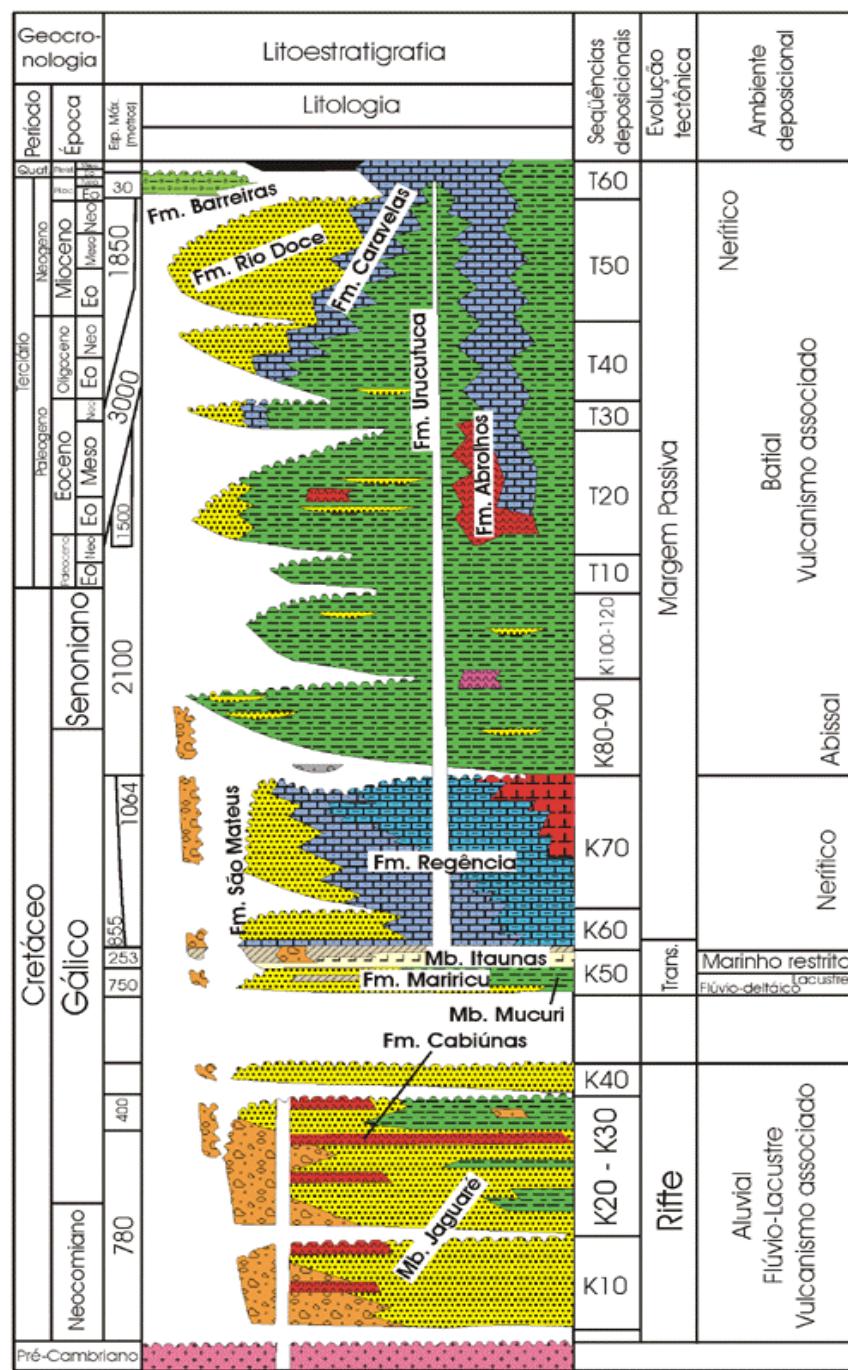


Figura 8: Carta Estratigráfica da Bacia do Espírito Santo (Fonte: <http://www.anp.gov.br>).

No Eoceno médio, uma fase regressiva iniciou, marcada por um sistema progradante, com arcóseos depositados em leques costeiros e calcoarenitos de plataforma, e calcilutitos que se desenvolveu sobre o complexo vulcânico Abrolhos. A espessura desta plataforma carbonática, sobreposta no complexo vulcânico, causou um desequilíbrio isostático na bacia, promovendo erosão nas bordas e contribuindo para o processo progradacional no Eoceno médio.

O registro emerso de sedimentos clásticos terrestres, de idade mio-pliocênica (Formação Barreiras) é incluído no topo da coluna estratigráfica da bacia do Espírito Santo.

3.4 GEOMORFOLOGIA

Segundo RADAMBRASIL (1983 e 1987), os eventos geotectônicos ocorridos na região, combinados às modificações climáticas, condicionaram a ação de variados tipos de processos morfogenéticos, que originaram formas distintas.

Na área de estudo, o projeto RADAMBRASIL (1983 e 1987) reconheceu feições geomorfológicas de diferentes ordens de grandeza (Figura 9 e 10), cuja ordenação taxonômica compreende domínios morfoestruturais subdivididos em regiões e unidades geomorfológicas, conforme descrição a seguir.

3.4.1 Domínio dos Depósitos Sedimentares

Engloba áreas distribuídas numa faixa alongada de direção aproximadamente norte-sul no litoral do Estado do Espírito Santo. Caracterizam-se pela ocorrência de sedimentos da Formação Barreiras e de ambientes costeiros, depositados durante o Cenozóico, sobre o embasamento pré-cambriano.

3.4.1.1 Planícies Costeiras

Compreendidas no domínio dos Depósitos Sedimentares, distribuem-se ao longo da costa, englobando os modelados marinhos, flúvio-marinhos e eólicos, que retratam diversas fases de evolução geomorfológica no decorrer do Quaternário. Estão representadas pelos Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praiais, distribuídos de forma irregular e descontínua entre o Oceano Atlântico e os Tabuleiros Costeiros, englobando faixas de praias e as

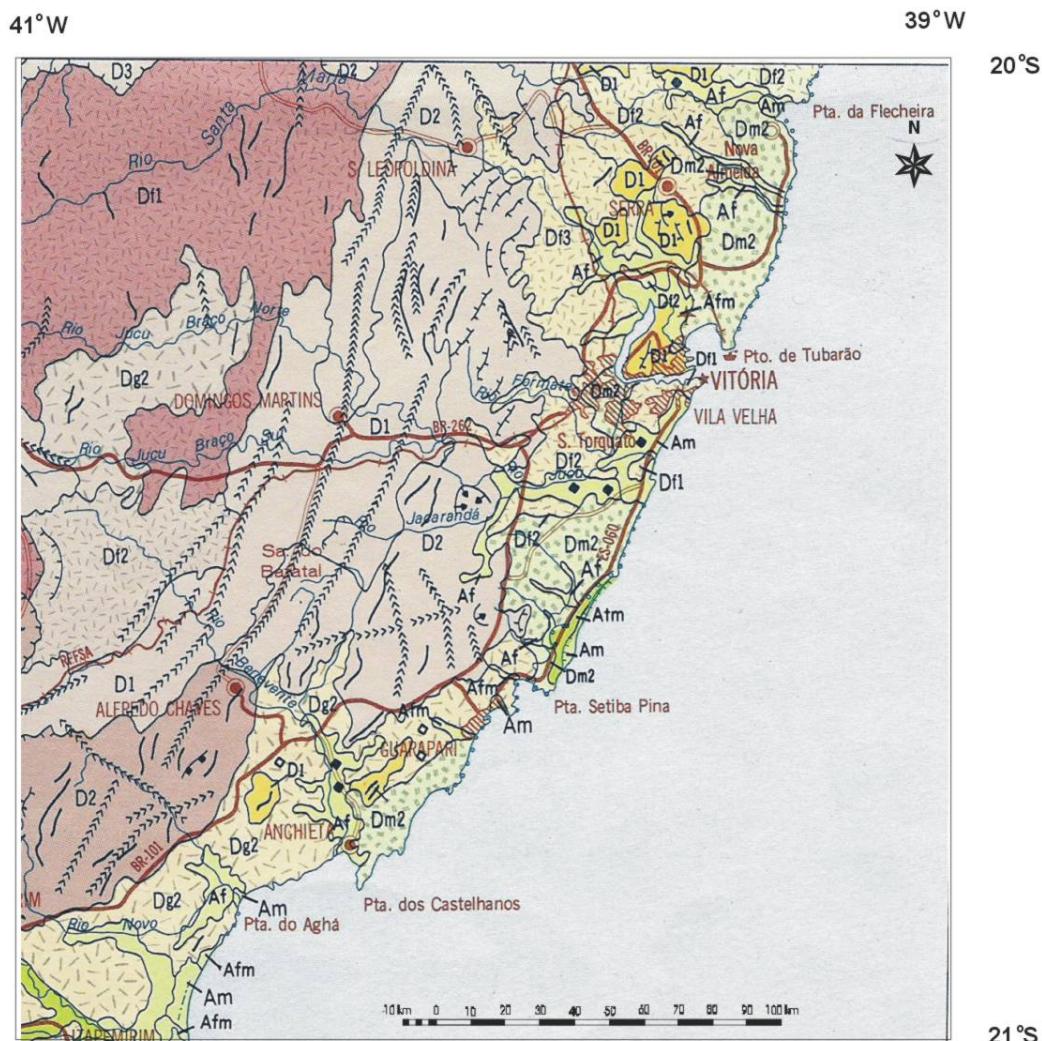


Figura 9 - Mapa geomorfológico da porção sul da área de estudo (modificado do RADAMBRASIL, 1983).

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS, REGIÕES E UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS												
20°S	PLANEJAMENTO E HABITAÇÃO						COMPLEXOS DRAZENS, ESTUARINOS E PRAIAS					
DEPÓSITOS SEDIMENTARES	PIRAMENTES INVERTIDOS						Pj	7.960	Dt	2.400	Dm	10.000
Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias						Abuareiros Costeiros						
PIANEALTO DOS GIGAIZINHOS						Pg	2.000	Pt	100	Dm	1.000	
REMANESCENTES DE CADEIAS DOBRADAS	Serranias da Almenara						Pg	1.000	Pt	100	Dm	1.000
PIANEALTO DA JEGALIMONHA						Pg	1.000	Pt	100	Dm	1.000	
PIANEALTO DAS ORIENTAIS												
FAIXA DE DOBRAMENTOS REMOBILIZADOS	Bancada Litorânea						Dm	1.000	Dt	800	Dm	800
Depressão do Médio Rio Doce						Pri	1.000	Dt	100	Vn	100	
CHIPE PIRENEANA												
COMPARTIMENTOS PLANALTICOS DO LESTE DE MINAS												
DT						Dm	7.240	Dm	6.600	Dm	1.000	
Depressão do Médio Rio Doce						Dm	1.000	Dt	200	Dm	1.000	
Patamar do Túnel dos Rios Doce-Vacaria						Dm	1.000	Dt	200	Dm	1.000	
Serranias do Alto Mucuri						Dm	1.000	Dt	200	Dm	1.000	
PIANEALTO DA MANTOLHURA SETENTRIONAL												
Depressão do Médio Jequitinhonha						Pri	1.000	Dt	100	Vn	100	
Serra das Zonas da Mata Mineira						Pri	1.000	Dt	100	Vn	100	
Maciços do Caparaó						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000	
PATAMARES ESCALONADOS DO SUL CAPEXABA												
Dm						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000	
Depressão Marginal						Pri	2.000	Dm	100	Vn	100	
DEPRESÃO DO MÉDIO JEQUITINHONHA												
Depressão do Médio Jequitinhonha						Pg	10	Dt	100	Dm	2.800	
Maciços de Pedra Avel						Pg	100	Dt	100	Dm	2.000	
PLANEALTO DO JEQUITINHONHA												
Chapadas Cimeras						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000	
Serranias Marginais						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000	
PLANEALTO SOFRIGUIDOS												
Bloco Montanhoso Central						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000	
Bloco Montanhoso de Santo Antônio do Hermito						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000	
21°S	PLANEALTO SOFRIGUIDOS						Dm	1.000	Dt	100	Dm	1.000

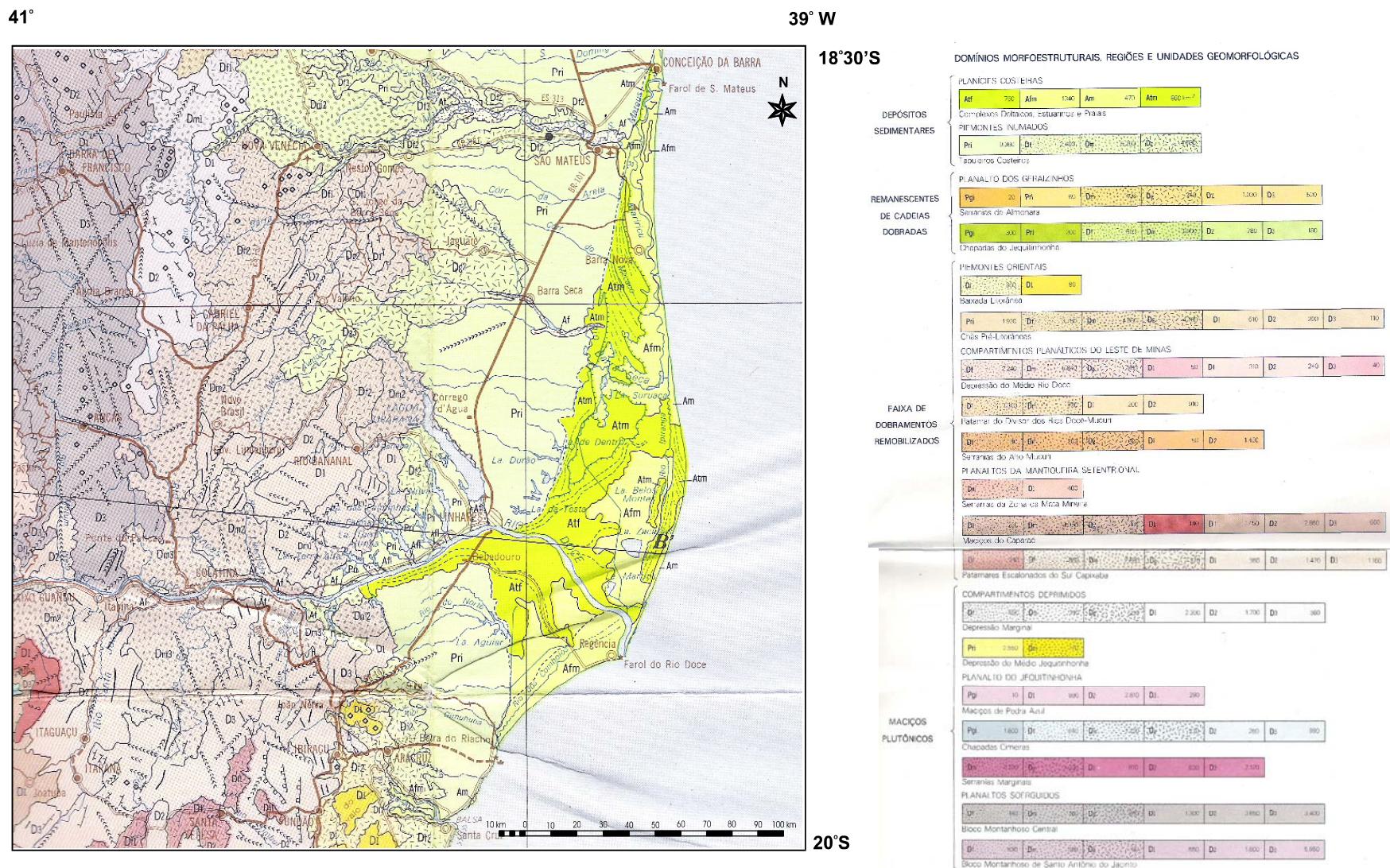


Figura 10 – Mapa geomorfológico da porção norte da área de estudo (modificado do RADAMBRASIL, 1987).

desembocaduras dos rios que para elas se dirigem. Nos trechos entre o mar e os Tabuleiros Costeiros, as costas de abrasão apresentam-se destacadas por falésias atuais (Figura 11). Esta unidade penetra para o interior através dos vales dos principais rios, onde alcança extensões mais significativas, localmente assumindo feições de deltas na área da foz do rio Doce, com cerca de 20 a 30 km de largura. Nessas feições deltaicas mapearam-se modelados de acumulação flúvio-marinha, que apresentam em sua grande maioria cordões arenosos litorâneos, cujas disposições N-S, SW-NE e NW-SE refletem as mudanças de direção das correntes e posicionamentos de antigas linhas de costa. Na parte interna do delta do rio Doce ocorrem pântanos e lagoas, citando-se dentre estas as lagoas Suruaca, Zacarias, Monsarás e Belos Montes, originadas sobre os antigos cordões e paleocanais.



Figura 11 – Falésias a sul de Marataízes.

3.4.1.2 Piemontes Inumados

Esta região abrange a maior porção do domínio dos Depósitos Sedimentares, registrando altitudes que decrescem de oeste para leste, com uma variação altimétrica de cerca de 100 m. Constitui-se de sedimentos cenozóicos da Formação Barreiras depositados sobre o embasamento muito alterado, fato que dificulta muitas vezes a diferenciação dos dois materiais. Os sedimentos apresentam espessura variada e disposição sub-horizontal, com mergulho para leste, em direção ao Oceano Atlântico, e apresentando inclinações locais para NE e SE. Foi identificada apenas uma unidade geomorfológica denominada de Tabuleiros Costeiros (Figura 12). Esta unidade está posicionada no sentido norte-sul, com largura

variável entre 20 e 120 km e altitudes em torno de 10 a pouco mais de 100 m. De oeste para leste, distribui-se desde o sopé das elevações cristalinas representadas pelas unidades Chás Pré-Litorâneas, Depressão Marginal até as planícies quaternárias, representadas pelos Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praiais, em contato localmente estabelecido por paleo falésias (Figura 11). As feições parcialmente conservadas encontram-se sobretudo na parte sul da unidade, caracterizando-se por amplos interflúvios tabulares geralmente entalhados por vales estruturais profundos marginalmente escarpados. Uma das características importantes destas áreas é a presença de numerosas lagoas que são relacionadas ao barramento de cursos fluviais por depósitos quaternários, a exemplo das lagoas Juparanã, Juparanã-Mirim, Palminhas, Palmas e Durão, situadas no contato com o delta do rio Doce (Figura 12).



Figura 12 – Visão da Lagoa Juparanã entalhada nos tabuleiros costeiros e, ao fundo, elevações da faixa de dobramentos reativados.

3.4.2 Domínio dos Maciços Plutônicos

Constituem este domínio compartimentos planálticos separados por depressões estruturais. Sua denominação deve-se a ocorrência de grandes massas intrusivas predominantemente ácidas, de idades diferentes, correspondentes a suítes intrudidas em rochas proterozóicas de litoestruturas variáveis, representadas pelo Complexo Paraíba do Sul e outros grupos. Essas condições explicam a presença de particularidades geomorfológicas e semelhanças entre si, tais como tendência generalizada à descamação de blocos e existência de acidentes estruturais de grande envergadura, produzidos durante a reativação tectônica do Proterozóico (Ciclo Brasiliano), os quais favoreceram a individualização de compartimentos elevados e deprimidos. Na área em estudo estão presentes as regiões geomorfológicas denominadas: Planaltos Rejuvenescidos e Compartimentos Deprimidos.

3.4.2.1 Planaltos Rejuvenescidos

Esta região engloba relevos atingidos por retomadas erosivas relacionadas com oscilações climáticas ou com variações dos níveis de base dos rios, podendo ainda refletir implicações com movimentos tectônicos. A erosão de rochas de litologias contrastantes dos complexos Medina e Paraíba do Sul ocasionou a exposição de grandes massas intrusivas que se destacam constituindo maciços residuais elevados assinalados por pontões rochosos e localmente por restos de topos parcialmente conservados. Constitui importantes interflúvios entre as drenagens que se dirigem para os rios Doce e São Mateus. É representada pela unidade geomorfológica denominada Bloco Montanhoso Central. Esta unidade localiza-se no limite noroeste da área de estudo, apresentando uma configuração alongada e irregular direcionada no sentido N-S. Constitui-se de rochas proterozóicas dos complexos Medina e Montanha e das suítes intrusivas Aimorés e Galiléia que se encontram ocasionalmente envolvidas por metassedimentos do Complexo Paraíba do Sul. O aspecto montanhoso apresentado pela área deve-se ao realce dos diversos núcleos plutônicos a partir de retomadas erosivas devido ao abaixamento dos níveis de base da drenagem. Possui altitudes em torno de 500 e 700 m, alcançando até mais de 1.000 m nas elevações serranas. Delas partem tributários dos rios São Mateus, São José e Doce. A influência do controle estrutural reflete-se ainda através de sulcos estruturais profundos, escarpas, cristas e pontões (Figura 13), orientados preferencialmente nas direções NW-SE e SW-NE de conformidade com fraturas e falhas intercruzadas e com as massas intrusivas, como ocorre principalmente nos arredores de Pancas. O material de alteração que vai sendo retirado é remobilizado para os sopés e baixas encostas, formando coluviões que ocasionalmente soterram blocos desmoronados das partes mais elevadas das encostas. Eventualmente, este material se deposita no fundo de alguns vales, tornando-os alargados e com fundos chatos; em alguns trechos formam-se pequenos alvéolos entre pontões.

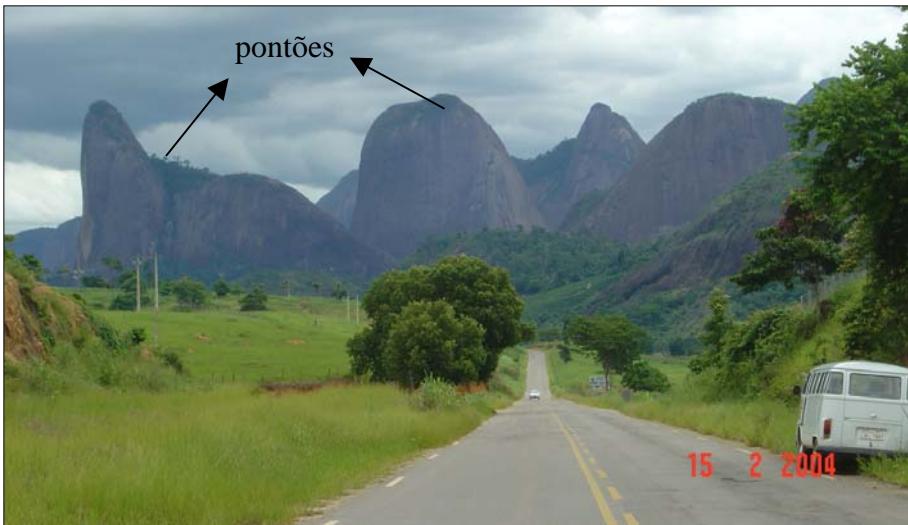


Figura 13 – Vista do Bloco Montanhoso Central (pontões), próximo à cidade de Pancas.

3.4.2.2 Compartimentos Deprimidos

Constitui uma faixa estreita de direção aproximadamente norte-sul, situada nos sopés dos Planaltos Rejuvenescidos, do Planalto da Mantiqueira Setentrional e à retaguarda dos Piemontes Orientais. Trata-se de uma área deprimida, caracterizada por uma morfologia diferenciada ressaltando feições convexas, aguçadas e grandes extensões de áreas aplainadas (Figura 14). Nesta região as altitudes variam entre 200 até mais de 400 m, sendo que os índices mais baixos se registram ao longo dos cursos de água, enquanto que as feições dissecadas componentes do restante da área constituem a unidade denominada Depressão Marginal. Corresponde aos setores dissecados e deprimidos entre os divisores das bacias dos rios São Mateus, Doce e São José. Possui uma configuração irregular, marcada por reentrâncias, em decorrência de sua própria evolução geomorfológica comandada pela dissecação fluvial remontante, possibilitando a sua penetração entre as encostas íngremes das elevações circundantes. Suas feições dissecadas incluem formas convexas, com predomínio das aguçadas, que se estendem pelas unidades circunvizinhas, cujo limite só é perceptível em decorrência dos fortes desníveis registrados nas bordas das grandes elevações residuais que envolvem descontinuamente a sua periferia. Entre estas feições ocorrem vales profundos, escarpas, cristas e linhas de cumeadas seguindo um direcionamento NW-SE, NE-SW e até N-S, indicando interferências estruturais dos ciclos geotectônicos. Estas feições apresentam freqüentemente áreas atingidas por movimentos de massa generalizados.

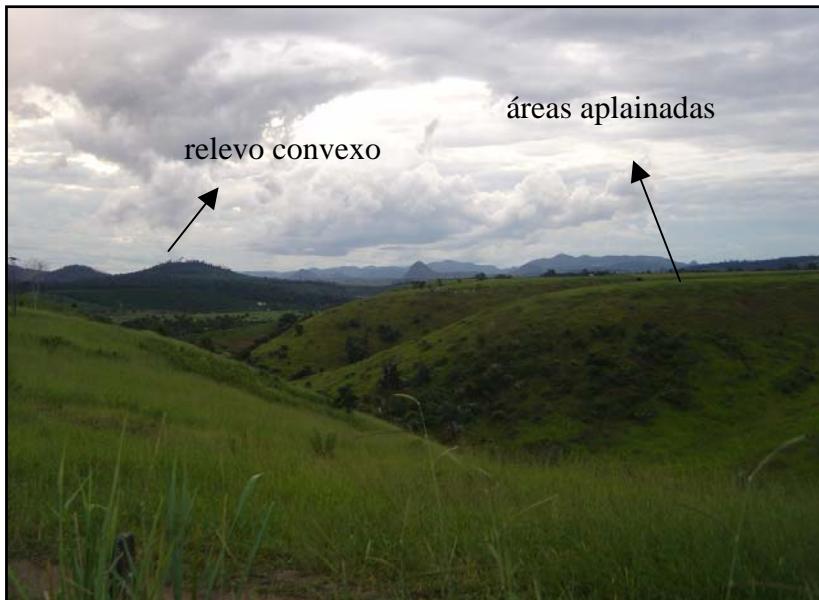


Figura 14 – Visão das áreas aplainadas com feições convexas ao fundo.

3.4.3 Domínio da Faixa de Dobramentos Reativados

Engloba áreas de relevos predominantemente montanhosos, com altitudes variadas, atingindo até mais de 1.500 m, distribuídos de forma irregular e descontínua próximos à costa e às margens do rio Doce. Resulta da exumação de estruturas do Proterozóico que sofreram reativação no decorrer de vários ciclos geotectônicos, principalmente no Brasiliano. As influências estruturais refletem-se nos grandes alinhamentos de cristas, vales muito profundos e escarpas adaptadas a falhas conforme direções NNE e ESE, refletindo-se também nas diversidades dos estilos morfoestruturais, possibilitando a identificação na área de estudo de duas regiões denominadas de Planalto da Mantiqueira Setentrional e Piemontes Orientais.

3.4.3.1 Planalto da Mantiqueira Setentrional

Esta região compreende um trecho do Maciço Atlântico, representado pela parte setentrional do Planalto da Mantiqueira. Seu aspecto montanhoso fortemente dissecado inclui altitudes variadas, dispostas geralmente em níveis altimétricos relacionados com as fases de dissecação comandadas pelos rios, adaptados às fraquezas litológicas e estruturais. Os setores mais elevados situam-se a cerca de 1.000 m, alcançando em alguns locais mais de 1.500 m, constituindo importantes dispersores das drenagens que se dirigem para as áreas mais baixas. O posicionamento altimétrico em relação às elevações circunjacentes propiciou a identificação da unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba. Esta unidade localiza-se na parte oriental da região da Mantiqueira Setentrional. Estende-se de forma alongada e irregular de norte a sul da área de estudo. Distingue-se das demais áreas da

região do Planalto da Mantiqueira Setentrional por ressaltar níveis de dissecação escalonados formando patamares, delimitados por frentes escarpadas adaptadas a falhas voltadas para noroeste e com cimento topográfico para sudeste, sugerindo blocos basculados. Estes blocos são representados por elevações serranas que atingem altitudes em torno de 800 e 1.000 m. Os eventos estruturais manifestam-se através de sulcos muito profundos, interceptados por sulcos menores, evidenciando falhas intercruzadas e controlando a rede de drenagem, que apresenta padrão subdendrítico e retangular. O rio Doce, ao seccionar a unidade na sua parte central, apresenta setores profundamente entalhados, exibindo corredeiras, transpondo gargantas entre elevações com entalhes da ordem de 87-104 m. Próximo de Colatina, o planalto apesar de dissecado possui topos concordantes, registrando muita alteração com tendência a desnudação, destacando pontões margeando o rio e apresenta vales estreitos, profundos e encachoeirados. Na parte oeste da unidade, próximo a Baixo Guandu e ao limite com os Maciços do Caparaó, a paisagem muda, notando-se colinas com topos concordantes relacionados com a dissecação de um antigo plano representado por um patamar a cerca de 20 m acima dos vales.

3.4.3.2 Piemontes Orientais

Situada na retaguarda dos Piemontes Inumados e nos sopés das elevações, representadas pelo Planalto da Mantiqueira Setentrional e pelos Planaltos Rejuvenescidos e ainda na margem leste dos Compartimentos Deprimidos, comporta uma litologia semelhante à dos compartimentos que a circundam: rochas proterozóicas dos complexos Paraíba do Sul, Montanha e Medina, localmente recobertas por restos de coberturas cenozóicas da Formação Barreiras. Essas rochas foram submetidas a reativações ocorridas principalmente no Ciclo Brasiliano. A diversidade de feições agrupadas, preferencialmente, em áreas distintas, contribuiu para a identificação de uma unidade geomorfológica denominada Baixadas Litorâneas, na área de estudo. Esta constitui uma área situada próximo ao mar, no sopé das elevações que compõem os Patamares Escalonados do Sul Capixaba e à retaguarda dos Tabuleiros Costeiros. Registram altitudes em torno de 100 m, com exceção de alguns morros residuais, que ultrapassam 200m. As interferências de eventos estruturais e de climas predominantemente úmidos sobre essas rochas propiciaram a evolução de um modelado composto de feições aguçadas e convexas. As feições aguçadas resultaram da dissecação diferencial, refletindo as influências estruturais. As maiores elevações correspondem a intrusões graníticas orientadas dominantemente no sentido NNW-SSE. As feições colinosas constituem planos inclinados para leste, tendo sobre elas uma alteração areno-argilosa de cor amarelada.

4 – EVENTOS NEOTECTÔNICOS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

De acordo com Hasui (1990), o conceito de neotectônica está diretamente relacionado à tectônica ressurgente, que é definida como uma manifestação tectônica intermitente de falhas em episódios separados por intervalos de quiescência. Segundo este autor, durante a atuação de um regime de esforços, dependendo da orientação da falha pré-existente em relação aos esforços e da intensidade destes, é mais fácil reativar uma falha pré-existente do que nuclear uma nova falha. A tectônica ressurgente tem fundamental importância na evolução da crosta continental, podendo envolver a reativação não apenas de uma falha ou de uma zona de cisalhamento isolada, mas de sistemas tectônicos inteiros.

Em termos de neotectônica no Brasil, Hasui (1990) considera que esta envolva o intervalo de tempo a partir dos processos que culminaram com a deriva do continente sul-americano (depois de meados do Terciário), estando relacionada à movimentação ainda vigente, com manifestações em ambiente intraplaca. Este autor admite como marcos cronológicos dos eventos neotectônicos no Brasil o início da deposição da Formação Barreiras e do último pacote sedimentar nas bacias costeiras, e o fim das manifestações magmáticas no território brasileiro (assumindo em torno de 12 Ma, na região nordeste).

O Sudeste do Brasil tem sido alvo de diversos estudos acerca dos eventos neotectônicos (Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 1989; Hasui, 1990; Saadi, 1990; Salvador, 1994; Salvador & Riccomini, 1995; Mello, 1997; Gontijo, 1999; Mello *et al.* 1999; Riccomini & Assumpção, 1999; Ferrari, 2001; e outros). O elevado número de sismos, segundo dados do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, documenta movimentação tectônica importante até os dias atuais (Figura 15).

A integração de dados estruturais a dados estratigráficos permite localizar temporalmente possíveis eventos ocorridos em uma região. Os autores que serão citados a seguir fizeram esta integração em seus trabalhos, tornando-os bons indicadores para posteriores comparações.

Riccomini (1989), estudando o *Rift Continental Sudeste do Brasil* (RCSB), talvez a mais bem estudada feição geotectônica cenozóica em território brasileiro, reconheceu três eventos neotectônicos: (i) transcorrência sinistral E-W, de idade neogênica; (ii) transcorrência dextral E-W, no intervalo temporal do Pleistoceno final ao Holoceno inicial; e (iii) extensão NW(WNW)-SE(ESE), de idade holocênica (Figura 16).

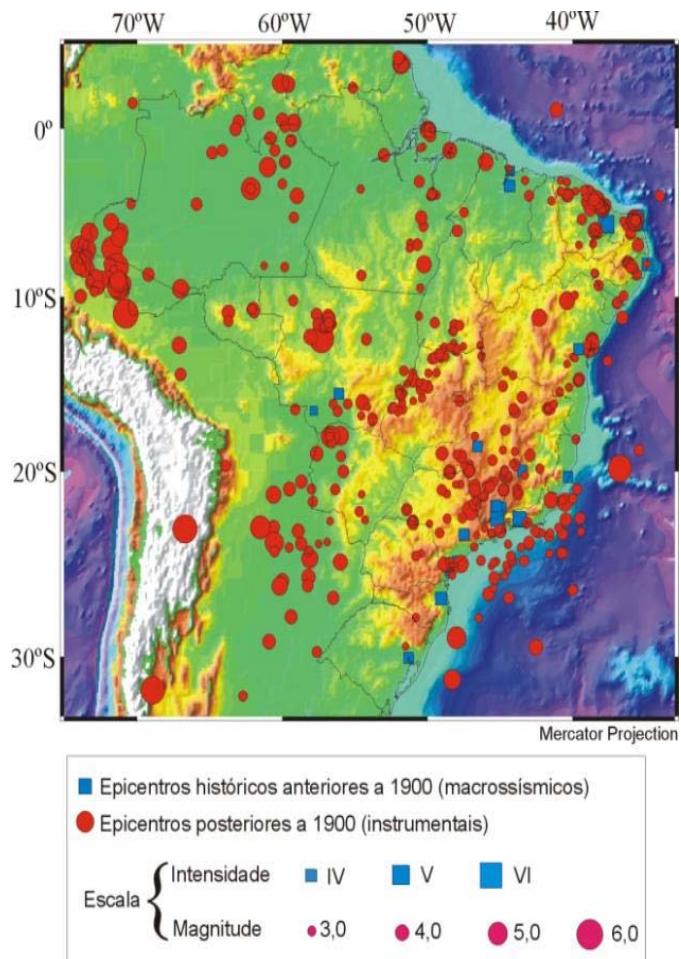


Figura 15 – Mapa de sismos no Brasil (site <http://www.obsis.unb.br>). Nota-se importante concentração de sismos no Sudeste brasileiro, incluindo a área de estudo.

Salvador (1994) e Salvador & Riccomini (1995) limitaram a atuação do evento de transcorrência dextral E-W ao Pleistoceno, e reconheceram uma fase tectônica ainda mais recente, relacionada a uma compressão E-W atuando nos dias atuais, associando-a à compressão atual da placa Sul-Americana (Figura 16).

Mello (1997) e Mello *et al.* (1999), estudando a região do Médio Vale do Rio Doce (MG), identificaram eventos tectônicos quaternários correlacionáveis aos descritos por Salvador (1994) e Salvador & Riccomini (1995), diferindo no intervalo temporal associado ao evento de transcorrência dextral E-W, posicionando-o no Holoceno inicial. Este resultado foi acompanhado por Sarges (2002), também estudando a região do Médio Vale do Rio Doce (Figura 16).

Ferrari (2001), em sua tese sobre o *Graben* da Guanabara, reconheceu dois eventos tectônicos durante o Quaternário: (i) transcorrência dextral E-W, ao qual atribuiu idade pleistocênica; e (ii) extensão E-W, de idade holocênica (Figura 16).

A transcorrência dextral E -W ocorrida durante o Quaternário é comum a todos os autores acima citados, tendo como diferença o tempo de duração do evento, mostrando quão abrangente foi este evento no Sudeste do Brasil. Outro evento que poderia ter esta abrangência é a extensão NW(WNW) – SE(ESE). Ferrari (2001) também reconhece esta extensão na região do *Graben* da Guanabara, no entanto com uma orientação E-W.

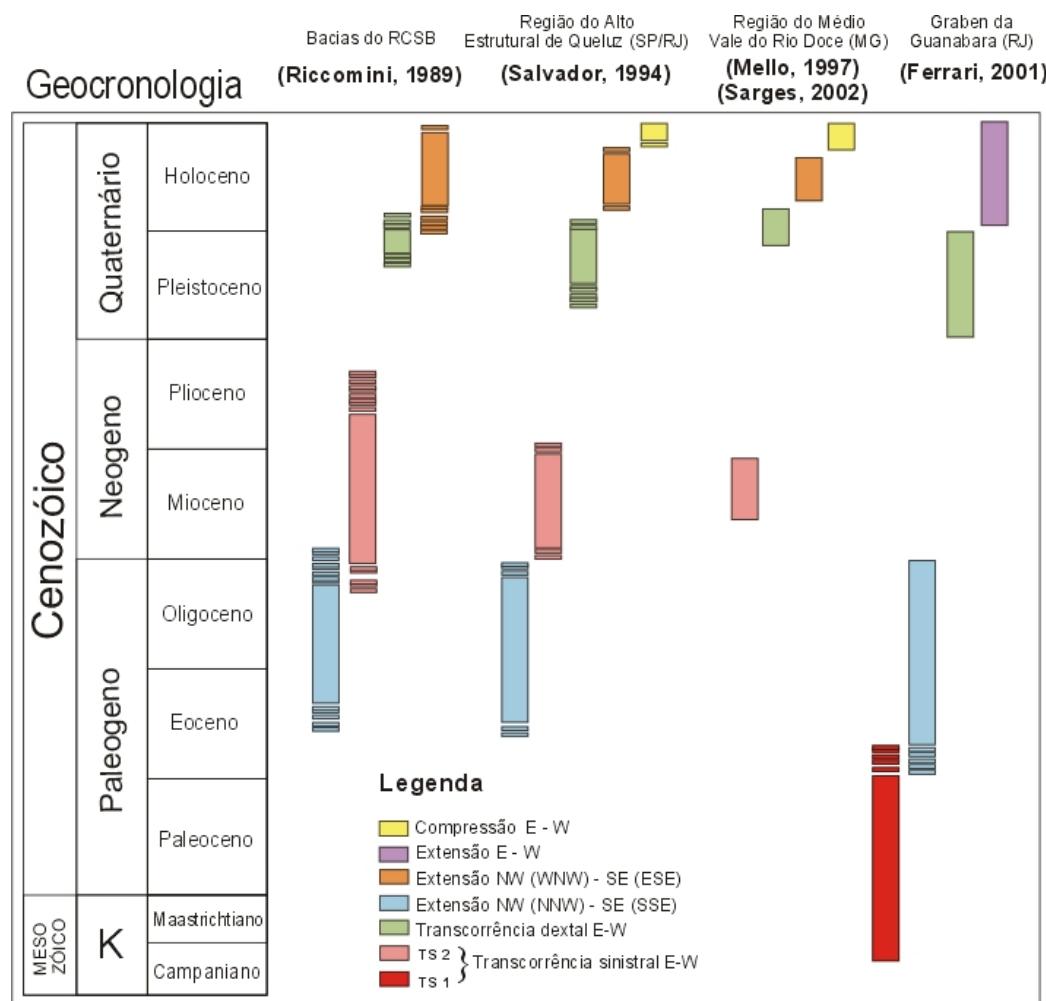


Figura 16 – Quadro de fases tectônicas cenozóicas no Sudeste do Brasil segundo diferentes autores e regiões (Mello & Ferrari, 2003).

4.1 TRABALHOS SOBRE NEOTECTÔNICA NO ESPÍRITO SANTO

Gallardo *et al.* (1987) realizaram, na região de Nova Venécia, estudos de caráter neotectônico, com base em aspectos geomorfológicos e análise de dados estruturais. Estes autores identificaram esforços caracterizados por uma componente compressiva de direção ENE-WSW e uma componente extensiva de direção NNW-SSE, controlando especialmente a rede de drenagem.

Novais *et al.* (2004), em trabalho voltado para a apresentação de dados estruturais obtidos em diques de diabásio mesozóicos, discutem aspectos relacionados à reativação da faixa Colatina, associando-a as bacias marginais de Campos e Espírito Santo. Para estes autores, a reativação de estruturas de orientação NNW-SSE, NW-SE e E-W estaria controlando os processos de migração de hidrocarbonetos e o posicionamento de suas acumulações, assim como os padrões de drenagem regionais e os sistemas de lagoas da região de Linhares.

Ambos os autores concordam que a região estaria sob a atuação de uma tectônica reativadora de antigas estruturas. Dados de microssismos, relatados por Gallardo *et al.* (1987) e informações acerca da dinâmica dos hidrocarbonetos nas bacias de Campos e Espírito Santo, por Novais *et al.* (2004), reforçam os esforços em busca de dados esclarecedores sobre a neotectônica na área de estudo.

5 – METODOLOGIA

5.1 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA

5.1.1 Compartimentação Topográfica

Para representar as principais unidades do relevo na área de estudo, foi elaborado um mapa hipsométrico a partir de cartas topográficas 1:500.000 (IBGE). Buscou-se identificar os diferentes compartimentos morfológicos e ajudar na compreensão morfoestrutural regional, considerando que a análise hipsométrica destaca, de modo simples e direto, a distribuição e organização espacial das principais unidades de relevo.

Este mapa foi produzido através da individualização de faixas altimétricas em intervalos de 100 m, da cota 0 à cota 700 m; a partir daí, adotou-se uma classe compreendida entre 700 e 1000 m e outra correspondente a cotas acima de 1000 m. Esta subdivisão altimétrica foi utilizada para detalhar as regiões topograficamente mais baixas (colinosas), que constituem as áreas de maior interesse neste estudo, por serem mais propícias à acumulação de sedimentos cenozóicos.

Posteriormente, este mapa foi escanerizado e editado utilizando-se programas gráficos de computador (CorelDraw 9.0).

A partir da confecção de perfis em varredura sobre cartas topográficas 1:50.000 e 1:100.000 (IBGE), foi possível visualizar os principais compartimentos topográficos identificados no mapa hipsométrico e analisar os desnívelamentos altimétricos, considerando-os passíveis de serem associados às variações litoestruturais e/ou tectônicas. Estes perfis consistem na extração de pontos cotados em uma faixa constante de 20 cm de largura em cartas 1:50.000 e 10 cm em cartas 1:100.000 (distância real = 10 km) e posteriormente plotados em um gráfico distância *vs.* altitude, segundo técnica descrita por Meis *et al.* (1982) e complementada por Silva *et al.* (1993).

5.1.2 Análise de Lineamentos

Com o intuito de identificar as principais linhas de fraqueza estrutural da região, foi elaborado um mapa de lineamentos topográficos através de análise de cartas topográficas e de um modelo digital de elevação (MDE), confeccionado a partir de dados coletados pelo ônibus espacial da NASA e disponibilizados no *site* da USGS, com resolução de 90m. Estes dados foram tratados no *ArcGis* para a confecção do MDE.

As divisões altimétricas foram semelhantes às utilizadas no mapa hipsométrico, diferindo principalmente na porção altimétrica mais baixa (0 a 100m), subdividida em duas

classes (0 a 10 e 10 a 100 m), de modo a ressaltar os depósitos da Formação Barreiras e sedimentos quaternários.

Sobre o MDE foram traçados os lineamentos representativos de cristas montanhosas ou limites de áreas elevadas e linhas de drenagem.

Este levantamento serviu como guia na coleta de dados estruturais em campo, assinalando áreas potencialmente favoráveis para o reconhecimento de estruturas como falhas e juntas.

5.1.3 Análise da Rede de Drenagem

O levantamento das anomalias de drenagem foi feito sobre cartas topográficas 1:250.000 (IBGE) e, posteriormente, traçadas no MDE.

Estas anomalias consistem em cotovelos (locais onde a drenagem muda de direção abruptamente) e vales secos (feições de vales abandonados).

Esta etapa, aliada à análise de lineamentos, contribuiu na otimização das campanhas de campo, ao indicar áreas favoráveis ao reconhecimento de estruturas como falhas e juntas afetando depósitos cenozóicos.

5.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

Com o intuito de avaliar o controle tectônico ocasionado por reativações cenozóicas na Faixa Colatina, foram feitas coletas de dados estruturais (falhas e juntas) afetando os depósitos cenozóicos, orientados pela análise do mapa de lineamentos, mapa de anomalias de drenagem e pela facilidade de acesso pelas estradas.

Após a coleta destes dados, foi realizada uma classificação das estruturas quanto ao tipo de falha, sua orientação e unidade estratigráfica afetada. Pares falha/estria foram agrupados de acordo com os possíveis regimes de esforços geradores, determinando conjuntos de estruturas que poderiam ter sido produzidas por um dado campo de tensão.

Os conjuntos de estruturas foram analisados através do programa TENSOR (Delvaux, 1993), fundamentado no método dos diedros retos proposto por Angelier & Mechler (1977), com processos de otimização rotacional dos eixos de tensões principais.

5.2.1 Método dos Diedros Retos

O método dos diedros retos, desenvolvido por Angelier & Mechler (1977), é um método gráfico aplicado à obtenção das direções dos eixos principais de tensão (σ_1 e σ_3), onde, para cada par falha/estria, é construído um plano auxiliar ortogonal ao plano de falha e à estria, definindo, assim, quatro diedros: dois em compressão (contendo σ_1) e dois em extensão (contendo σ_3). Admitindo-se que esses eixos (σ_1 e σ_3) são os mesmos para todas as falhas de um mesmo conjunto gerado sob um determinado regime de esforços, a porção de maior coincidência a todos os diedros em compressão terá maior probabilidade em conter σ_1 , e a porção de maior coincidência a todos os diedros em extensão terá maior probabilidade em conter σ_3 (Figura 17).

Através deste método, consegue-se determinar facilmente os melhores domínios de compatibilidade entre dados de falhas, minimizando algumas incertezas, tais como a presença de falhas relacionadas a outro regime tectônico e a dispersão natural das falhas.

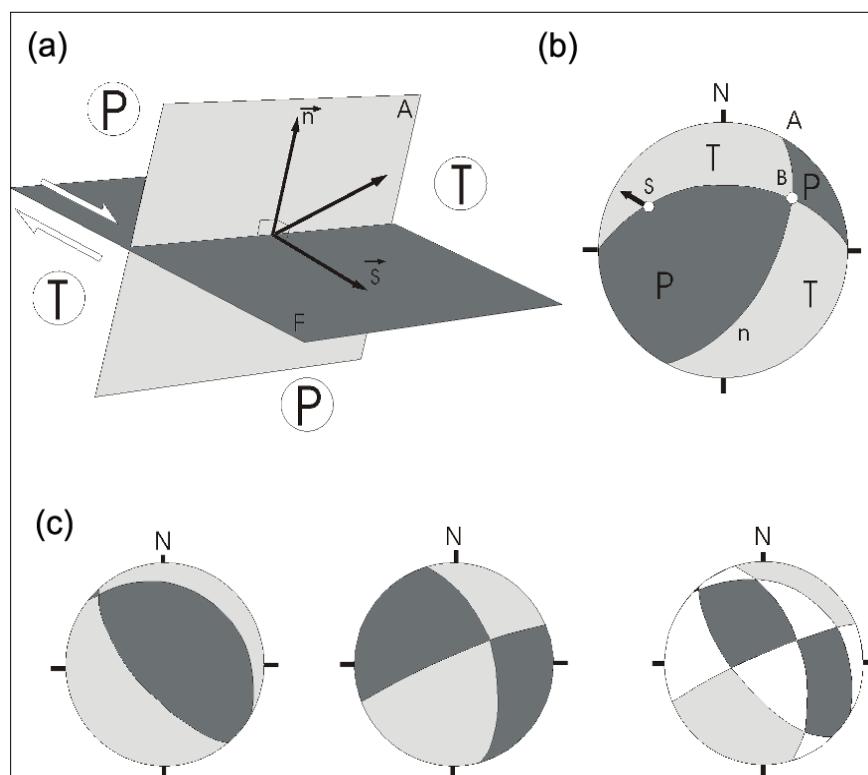


Figura 17 – Método dos diedros retos. (a) Vista em perspectiva do plano de falha (F) e do plano auxiliar (A), delimitando quatros diedros: dois em compressão (P) e dois em extensão (T). (s): vetor unitário de movimento e (n): vetor unitário normal. (b) Projeção estereográfica dos planos A e F, onde B é a interseção dos planos. (c) Superposição de dois planos de falha, mostrando áreas 100 % compressivas (em cinza escuro) e áreas 100% distensivas (em cinza claro) – Angelier (1994).

6 – RESULTADOS

6.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A partir do mapa hipsométrico, a região em estudo foi dividida em 6 compartimentos, sendo 5 compreendidos no domínio serrano e 1 relativo ao domínio litorâneo (Figura 18).

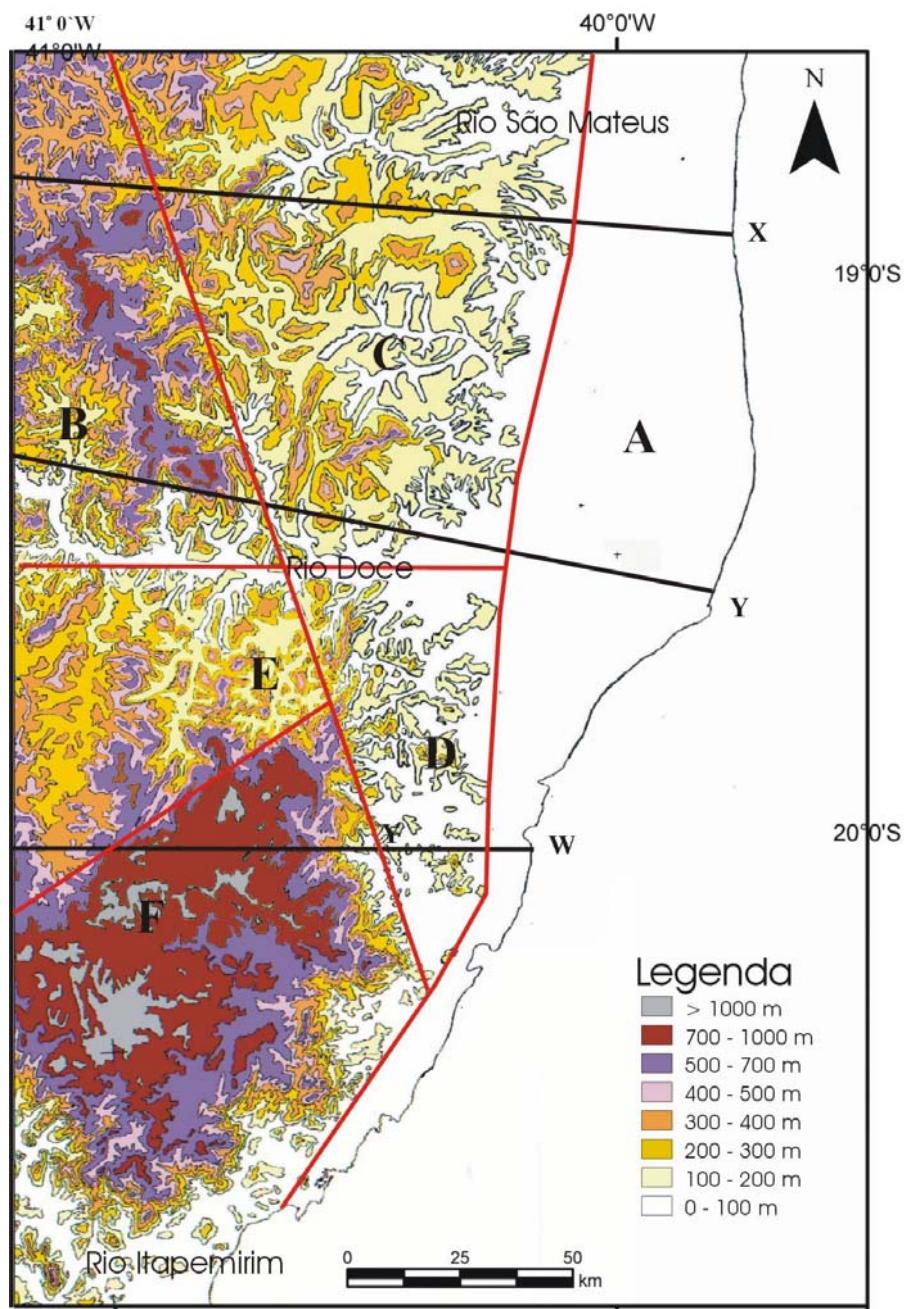


Figura 18 – Compartimentação geomorfológica da área de estudo a partir do mapa hipsométrico. A - compartimento litorâneo, B - compartimento Pancas, C - compartimento São Mateus, D - compartimento Aracruz, E - compartimento Colatina, F - compartimento Sul Capixaba; X,Y,W – perfis em varredura.

O compartimento litorâneo se estende por todo litoral do Espírito Santo e possui cotas variando de 0 e 100 m. Apresenta sedimentos da Formação Barreiras, bem expressivos a partir da região de Aracruz, na porção norte da área de estudo (Figura 3). Na porção sul, a Formação Barreiras se apresenta em manchas separadas por rochas pré-cambrianas. Este compartimento preserva também uma sedimentação predominantemente constituída por areias marinhas litorâneas e sedimentos fluviais do rio São Mateus e Itapemirim, e principalmente na extensa planície costeira do rio Doce. Este compartimento é associado ao domínio dos Depósitos Sedimentares, segundo a classificação geomorfológica dada pelo RADAMBRASIL (1983 e 1987).

Os compartimentos seguintes fazem parte de um domínio serrano, onde as cotas variam de 100 m a cotas maiores que 1000 m.

O Compartimento Pancas é constituído por áreas elevadas orientadas nas direções NW-SE e NNW-SSE. Localiza-se na porção NW da área de estudo e apresenta principalmente cotas entre 400-1000m. Compreende rochas proterozóicas (principalmente do Complexo Montanha) e é limitado a leste, com o compartimento São Mateus, por um alinhamento estrutural de direção NNW, coincidente com a Faixa Colatina. Limita-se a sul, com o compartimento Colatina, por uma estrutura de orientação E-W. Este compartimento corresponde ao Bloco Montanhoso Central, definido por RADAMBRASIL (1983 e 1987).

O compartimento São Mateus localiza-se entre o compartimento Pancas e o compartimento litorâneo, na porção norte da área de estudo. Apresentando cotas principalmente entre 100 e 400m, mostra-se como uma área de transição por apresentar feições dissecadas e uma superfície suavemente inclinada para o compartimento litorâneo. Este compartimento engloba coberturas sedimentares em topos de colinas suaves, sobrepondo diretamente o embasamento cristalino. Limita-se a sul, com o compartimento Aracruz, por uma estrutura de orientação E-W e, a oeste, com o compartimento Pancas. Este compartimento está associado às unidades geomorfológicas Depressão Marginal e Patamares Escalonados do Sul Capixaba (RADAMBRASIL, 1983 e 1987).

O compartimento Aracruz, assim como o compartimento São Mateus, apresenta um caráter transicional entre relevos montanhosos, a oeste, e o compartimento litorâneo, a leste. Suas cotas variam principalmente de 100 a 400 m. Este compartimento apresenta coberturas sedimentares em topos de colinas suaves, sobrepondo diretamente o embasamento cristalino, sendo possível encontrar alguns afloramentos de sedimentos preservados da Formação Barreiras. Limita-se a norte pelo compartimento São Mateus. A oeste, limita-se pelos compartimentos Colatina e Sul Capixaba por um alinhamento de orientação NNW-SSE, na

área da Faixa Colatina. Este compartimento contém setores que podem ser associados às unidades geomorfológicas Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea (RADAMBRASIL, 1983 e 1987).

O compartimento Colatina é encontrado na porção central do mapa e caracteriza-se por ser uma área deprimida entre dois compartimentos mais elevado. Suas cotas altimétricas variam predominantemente de 100 m a 500m, sendo possível observar uma região com cotas entre 500 e 700m, possivelmente resquícios da dissecação do relevo anterior. Não apresenta grandes extensões espaciais, englobando sedimentos fluviais do rio Doce e coberturas sedimentares em topos de colinas suaves, sobrepondo diretamente o embasamento cristalino. Este compartimento é limitado por um alinhamento de orientação NE-SW, a sul, com o compartimento Sul Capixaba; a leste, com o compartimento Aracruz e, a norte, com o compartimento Pancas. O compartimento Colatina pode ser relacionado à unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (RADAMBRASIL, 1983 e 1987).

O compartimento Sul Capixaba apresenta as maiores altitudes da área de estudo (500 - >1000 m). Este compartimento é composto principalmente pelas rochas do Complexo Paraíba do Sul. Assume uma forma próxima a um romboedro, limitado por alinhamentos de orientação NNW-SSE (com o compartimento Aracruz) e NE-SW (com os compartimentos Colatina e litorâneo), sendo o primeiro limite concordante com a área de domínio da Faixa Colatina. Este compartimento também estaria associado à unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (RADAMBRASIL, 1983 e 1987).

Os perfis em varredura destacam características destes compartimentos, ao reportarem com mais detalhe o comportamento topográfico.

O perfil X (Figura 19) possui uma orientação WNW-ESE e corta a porção mais a norte da área de estudo. Através deste perfil é possível observar a inclinação suave do compartimento litorâneo em direção ao Oceano Atlântico. A área correspondente aos compartimentos São Mateus e Pancas é caracterizada pelo aspecto recortado (dissecação), e mantém a suave inclinação do compartimento litorâneo. O limite entre estes dois compartimentos é marcado pela presença de desnívelamento acentuado no perfil. O limite entre o domínio serrano e o domínio litorâneo também é assinalado por um desnívelamento significativo, associado a uma mudança de domínios litológicos (sedimentos cenozóicos limitados abruptamente por rochas do Complexo Paraíba do Sul). O limite Pancas-São Mateus corresponde à região de influência da Faixa Colatina, sem mudança litológica importante.

A orientação do traçado do perfil Y (Figura 20) é NW-SE, cortando a porção central da área de estudo. Este perfil caracteriza-se pelo significativo desnívelamento do relevo no

limite do compartimento litorâneo com o compartimento São Mateus. A porção do perfil que corresponde aos compartimentos Pancas e São Mateus mostra-se inclinada para SE e alto grau de dissecação, representado pelo aspecto recortado. Destaca-se um caráter de blocos basculados para NW, estando os limites dos blocos principais situados entre os compartimentos Pancas e São Mateus e entre os domínios serrano e litorâneo. O compartimento litorâneo apresenta uma leve inclinação em direção ao oceano Atlântico.

O perfil W (Figura 21) possui menor extensão e orientação E-W. Neste perfil, destaca-se o aspecto nivelado do compartimento Sul Capixaba, com leves desnivelamentos internos, associados a uma suave inclinação dos blocos para oeste. O limite entre os compartimentos Sul Capixaba e Aracruz é assinalado por um forte desnívelamento topográfico e coincide com a mudança de domínios litológicos (sedimentos cenozoicos para rochas do Complexo Paraíba do Sul), assim como também coincide com a Faixa Colatina. O limite entre os compartimentos Aracruz e litorâneo é sutil. Neste perfil, o compartimento litorâneo apresenta-se também suavemente inclinado para o oceano.

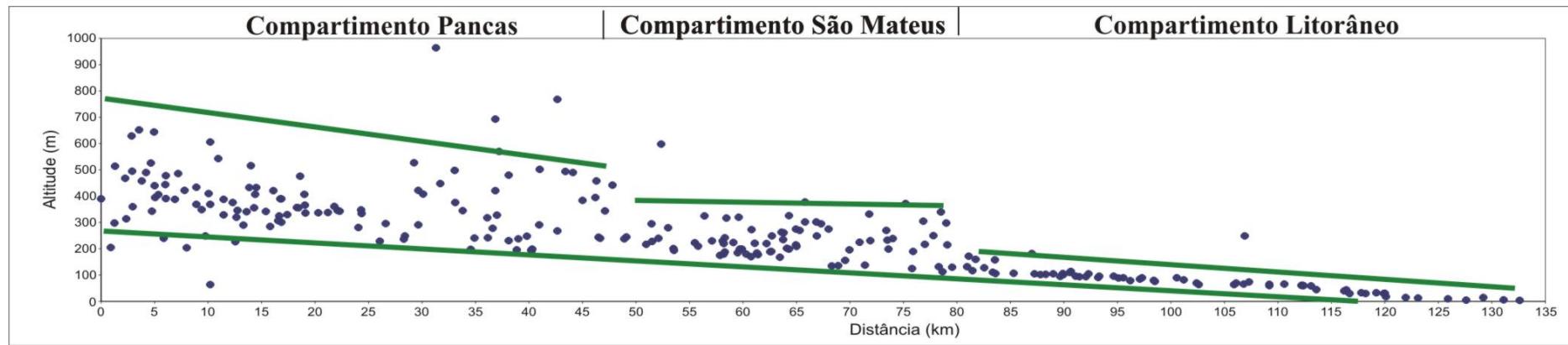


Figura 19 – Perfil em varredura X. Nota-se os desnivelamentos no limite dos compartimentos, aspecto recortado (dissecado) e a inclinação em todo o perfil em direção ao oceano Atlântico.

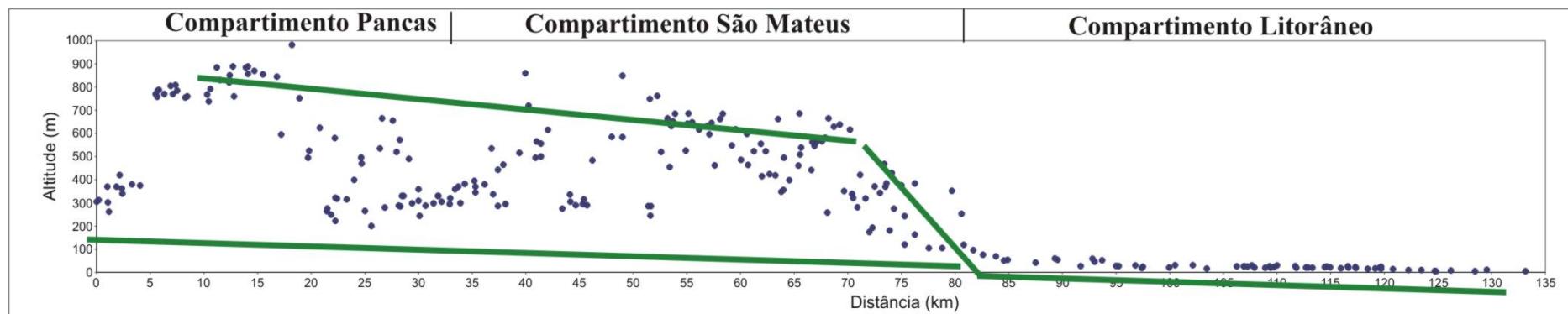


Figura 20 – Perfil em varredura Y. O compartimento litorâneo apresenta suave inclinação. O restante do perfil repete o padrão do perfil X para a porção central da área de estudo. O local onde ocorre o desnívelamento coincide com a faixa de lineamentos Colatina.

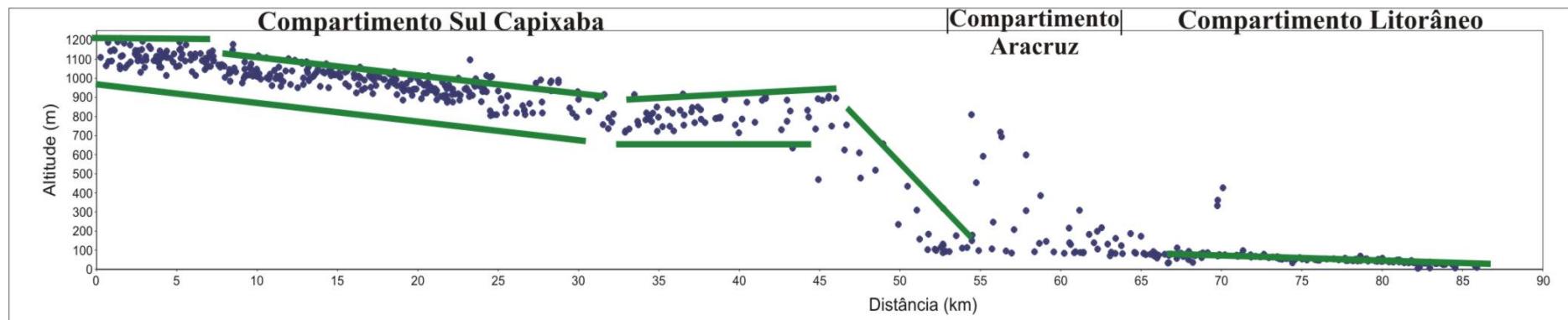


Figura 21 – Perfil em varredura W, mostrando o expressivo desnível entre o compartimento litorâneo e o compartimento Sul Capixaba. O local onde ocorre o desnivelamento coincide com a faixa de lineamentos Colatina.

6.2 ANÁLISE DE LINEAMENTOS E DADOS ESTRUTURAIS

A análise de lineamentos detectou quatro principais orientações: NNW-SSE, NE-SW, NW-SE e E-W. É possível encontrar áreas onde mais de uma orientação de lineamentos estão bem representadas, assim como foi possível determinar áreas onde uma única direção influencia marcadamente (figuras 22 e 23).

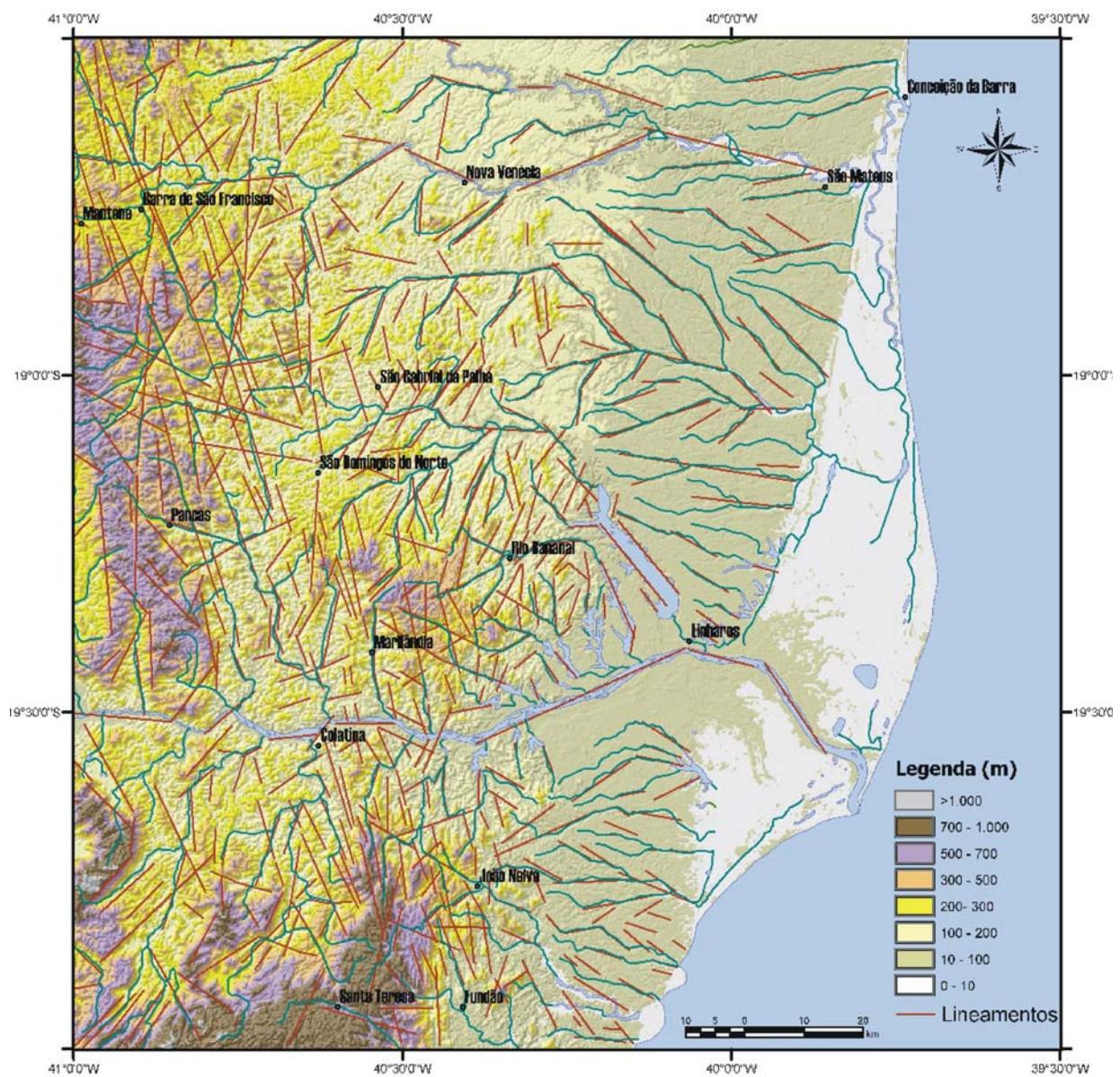


Figura 22 – Modelo digital de elevação com os lineamentos traçados. As principais orientações detectadas foram NW-SE, NNW-SSE, NE-SW e E-W.

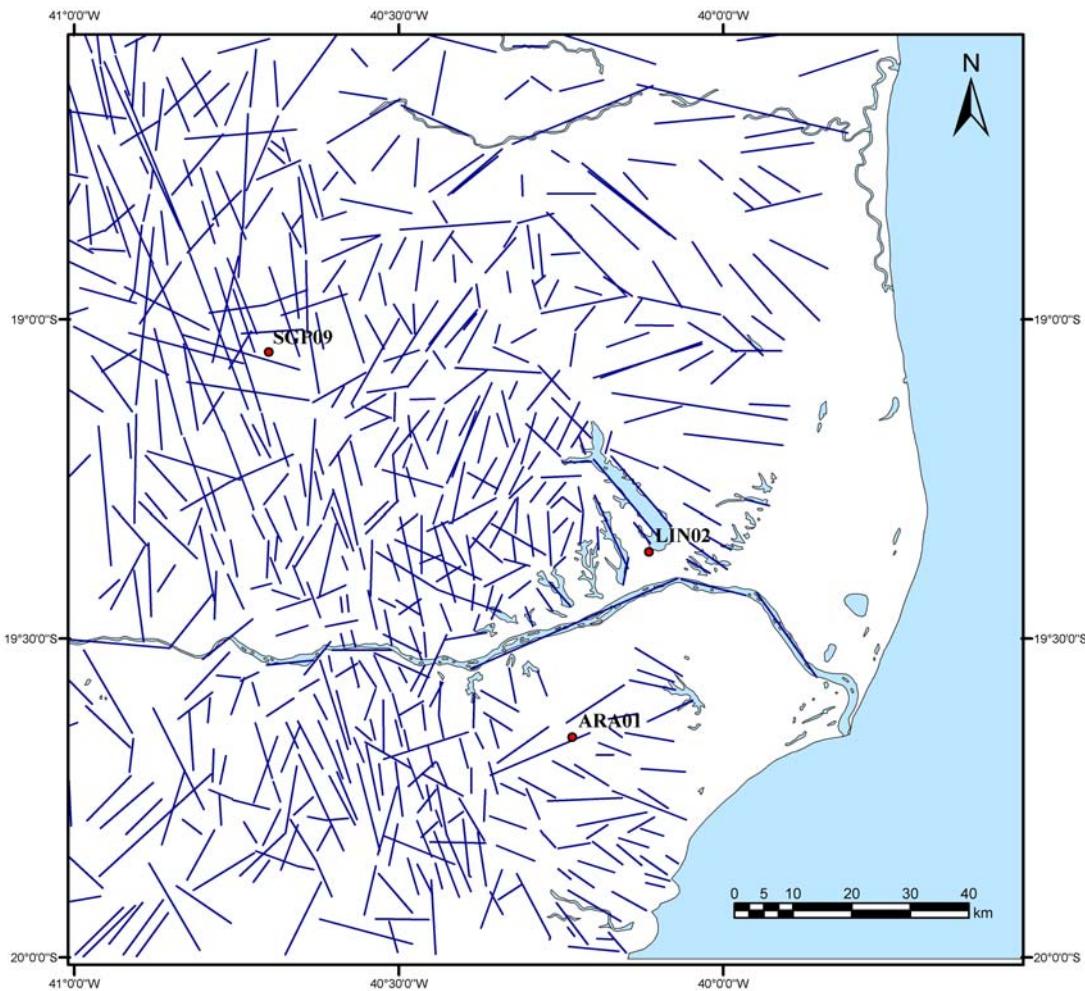


Figura 23 – Mapa de linementos, com a localização dos pontos SGP 09, LIN 02 e ARA 01, onde foram coletados os dados estruturais apresentados neste estudo.

A área que corresponde à Faixa Colatina apresenta lineamentos com orientação NNW-SSE e se estende de norte a sul da área de estudo. Estes lineamentos limitam, a oeste, áreas serranas e, a leste, regiões com cotas que não superam 400m. Esta porção corresponde ao limite entre os compartimentos geomorfológicos Pancas e São Mateus, e entre os compartimentos Colatina e Sul Capixaba com o compartimento Aracruz.

As feições de orientação NE-SW são encontradas, principalmente, em uma faixa que se estende do compartimento Colatina ao compartimento São Mateus. Ocorrem também, de maneira menos concentrada, no compartimento Aracruz e em uma faixa na porção norte do compartimento Pancas. Esta orientação parece ter controlado a dissecação fluvial observada no compartimento Colatina.

As feições de orientação NW-SE são encontradas, principalmente, em uma faixa que se estende desde a região próxima da cidade de Mantena até os tabuleiros costeiros, atravessando a lagoa Juparanã. Estas feições podem ser observadas ainda em um feixe desde a

porção sul do compartimento litorâneo até o compartimento Pancas. Nas demais áreas, o longo do compartimento litorâneo, estas feições aparecem dispersas.

Das quatro orientações detectadas, a que se apresenta de maneira mais dispersa na área de estudo é a de orientação E-W (ENE a WNW), destacando-se, pela escassez das demais orientações, nas áreas dos Tabuleiros Costeiros. Esta orientação é bem marcada pelo curso do rio Doce, no limite entre os compartimentos Pancas e Colatina. Grande parte dos lineamentos E-W na área dos tabuleiros costeiros estão associados a faixas de orientação WNW que se prolongam para os compartimentos serranos.

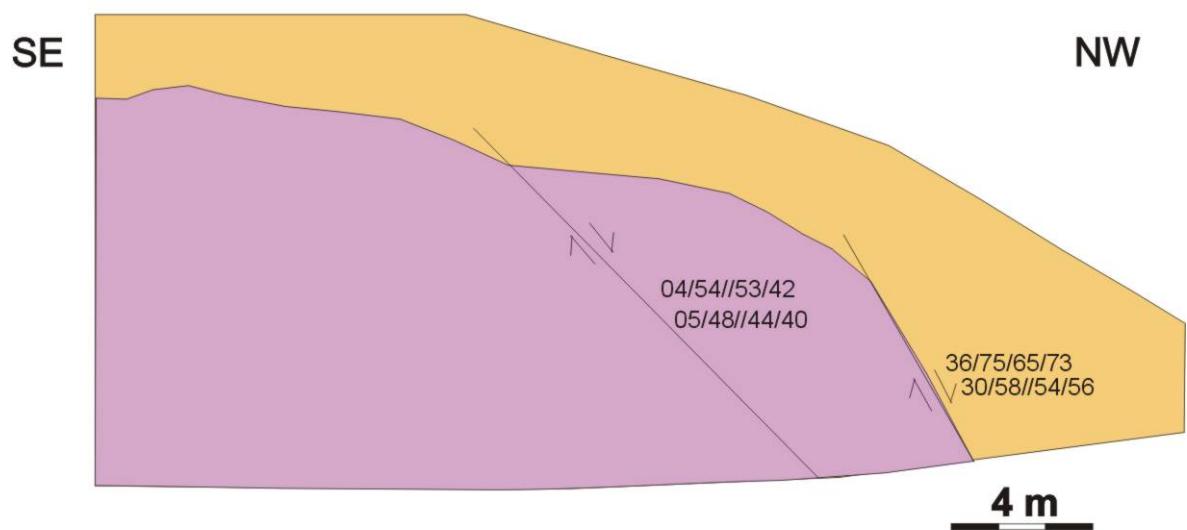
A análise estrutural foi realizada em três pontos selecionados por mostrarem informações mais completas e de acordo com a relação apresentada com o mapa de lineamentos. Estes pontos foram levantados em cortes de estrada e apresentam fotomosaico, interpretação do afloramento e análise estrutural dos dados coletados em cada ponto.

6.2.1 São Gabriel da Palha 09 (Sgp 09)

Este ponto está localizado no limite dos compartimentos Pancas e São Mateus, em uma região com forte presença de feições com orientação NNW-SSE e NW-SE (Faixa Colatina), sobre um importante feixe de lineamentos WNW. Na área, ocorrem colinas de topo suavemente arredondado, compostas de embasamento alterado recoberto por sedimentos arenoso-argilosos castanho amarelados com grânulos, atribuídos a uma idade neogênica (Figura 24).

Foram medidas falhas normais destrais, de orientação NW-SE e E-W. A análise estrutural destes dados resultou na identificação de uma paleotensão de compressão NW-SE e extensão NE-SW (Figura 25), compatível com uma transcorrência dextral (E-W).

Os lineamentos NW-SE e WNW-ESE presentes na área onde se localiza este ponto podem ser relacionados ao campo de tensão encontrado, sendo controlados por falhas normais e normais dextrais associadas ao regime de transcorrência dextral E-W.



LEGENDA:

-  Material arenoso-argiloso de cor castanho amarelado com grânulos
 Embasamento pré-cambriano alterado

Figura 24 – SGP 09; vista geral do afloramento e a sua interpretação (Rodovia ES-080, entre São Domingos do Norte e Água Branca).

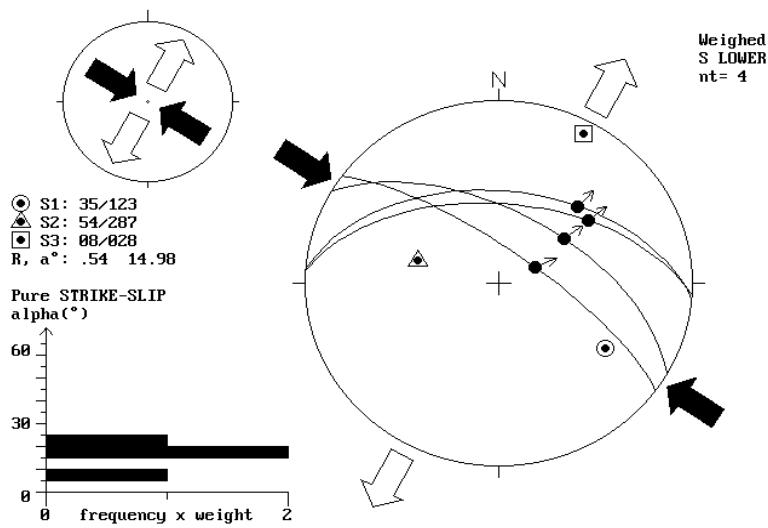


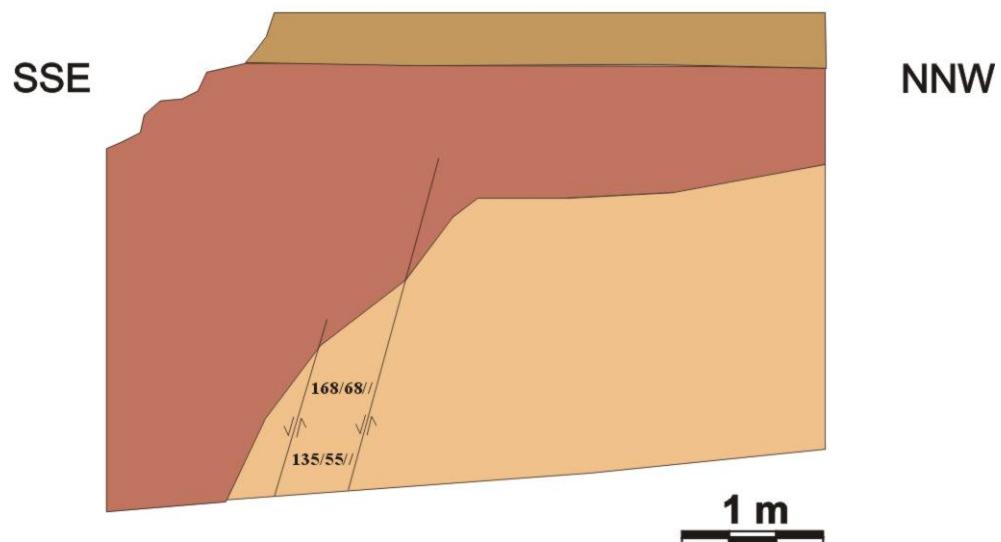
Figura 25 – SGP 09; análise estrutural dos dados de falha com estria.

6.2.2 Linhares (Lin 02)

Este ponto encontra-se próximo ao limite entre o compartimento São Mateus e o compartimento litorâneo, na margem oeste da lagoa Juparanã, controlada por estruturas de orientação NW. Na área em que o ponto está localizado, as feições identificadas apresentam orientação NW-SE, WNW-ESE (feixe de lineamentos que se estende desde a região onde está localizado o ponto SGP 09) e NE-SW (destaque para feixe de lineamentos que se estende a partir do compartimento Colatina e controla fortemente o curso do rio Doce). Este ponto está localizado sobre os tabuleiros da Formação Barreiras, de idade terciária, aflorando sedimentos mosqueados e níveis ferruginosos (Figura 26).

Os dados estruturais recolhidos neste afloramento correspondem a falhas nomais ENE a NE e falhas destrais normais NE-SW. A análise estrutural do primeiro grupo mostra uma extensão NW-SE (Figura 27a), enquanto que o segundo grupo relaciona-se a uma paleotensão com componente de compressão NW-SE (WNW-ESSE) e extensão NE-SW(NNE-SSW) - Figura 27b, compatível com uma transcorrência dextral E-W.

O campo de tensão da figura 27a pode ser relacionado aos lineamentos de orientação NE-SW, onde as falhas normais ENE a NE estariam controlando estas feições. Ao campo de tensão da figura 27b estariam associados os lineamentos WNW-ESE e NW-SE, que representariam, respectivamente, estruturas sintéticas e normais em um regime de transcorrência dextral E-W.



LEGENDA:

- [Brown square] Material arenoso castanho-amarelado (maior grau de pedogênese)
- [Red square] Material arenoso avermelhado
- [Yellow square] Material arenoso acinzentado, mosqueado

Figura 26 – LIN 02; vista geral e interpretação da porção falhada do afloramento (Rodovia de Linhares p/ Rio Bananal).

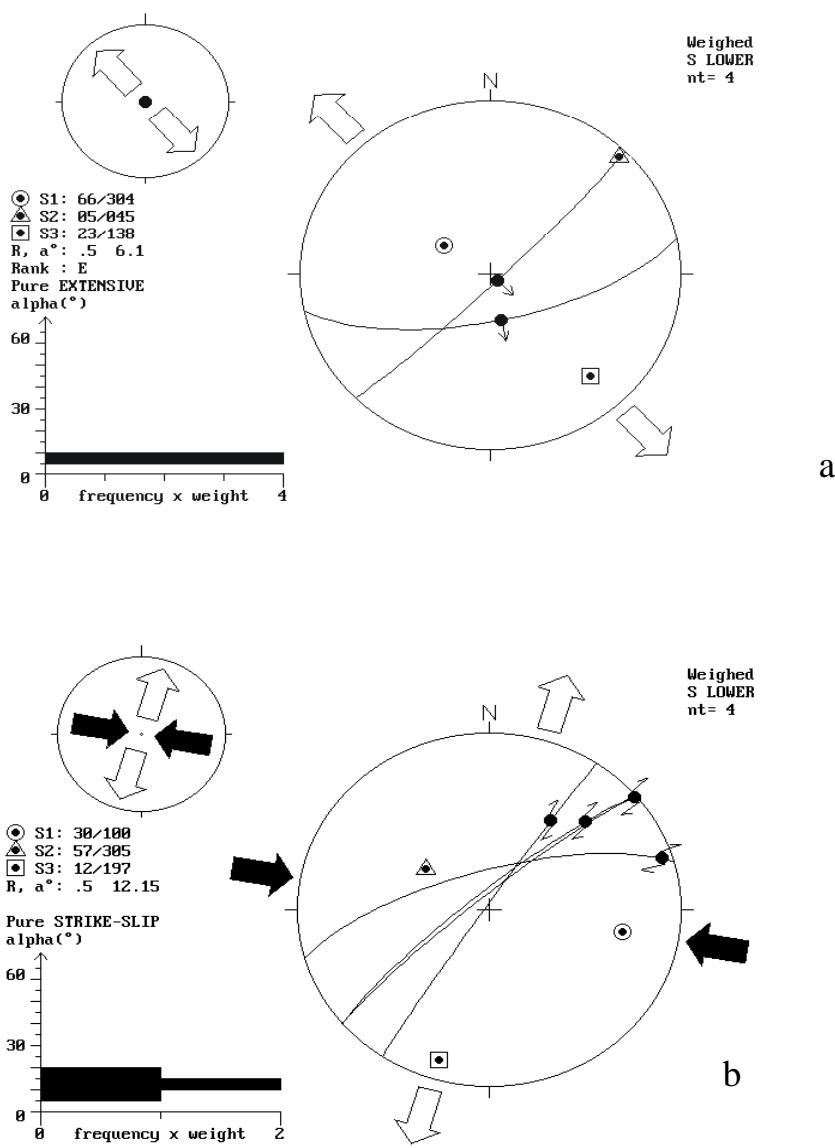


Figura 27 – LIN 02; análise estrutural dos dados de falha com estria: a) dados de falhas normais, ENE a NE; b) dados de falhas dextrais normais NE-SW.

6.2.3 Aracruz 01 (Ara 01)

Este ponto se encontra no limite entre o compartimento litorâneo e o compartimento Aracruz. As feições identificadas na região onde o ponto se localiza apresentam orientação NW-SE (destaque para feixe de lineamentos NW que se estende a partir do domínio serrano) e NE-SW (destaque para feixe de lineamentos NE que se estende a partir do limite entre os compartimentos Colatina e Sul Capixaba). Neste ponto, afloram depósitos da Formação Barreiras, recobertos por material areno-argiloso de cor amarelada (Figura 28).

Os dados estruturais recolhidos neste afloramento foram organizados em dois grupos principais: falhas normais NW-SE e destrais normais NE-SW; e falhas normais NE-SW. A análise estrutural realizada para as estruturas do primeiro grupo demonstra uma componente

extensional NE-SW (Figura 29a); para as estruturas do segundo grupo de dados, obteve-se a uma componente extensional NW-SE (Figura 29b).

O campo de tensão identificado na figura 29a pode ser responsável pelos lineamentos de orientação NW-SE, como falhas normais decorrentes da extensão NE-SW. Os lineamentos de orientação NE-SW estariam relacionados ao campo de tensão identificado na figura 29b, representando estruturas reativadas pela extensão NW-SE.

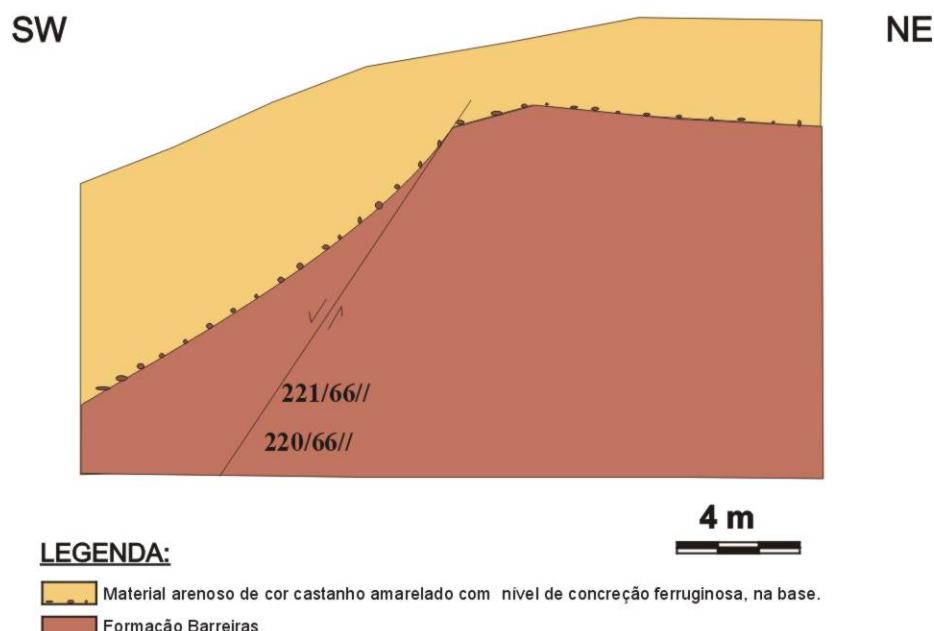


Figura 28 – ARA 01; vista geral e interpretação da porção falhada do afloramento (Rodovia BR-101, entre as cidades de Linhares e Guaraná).

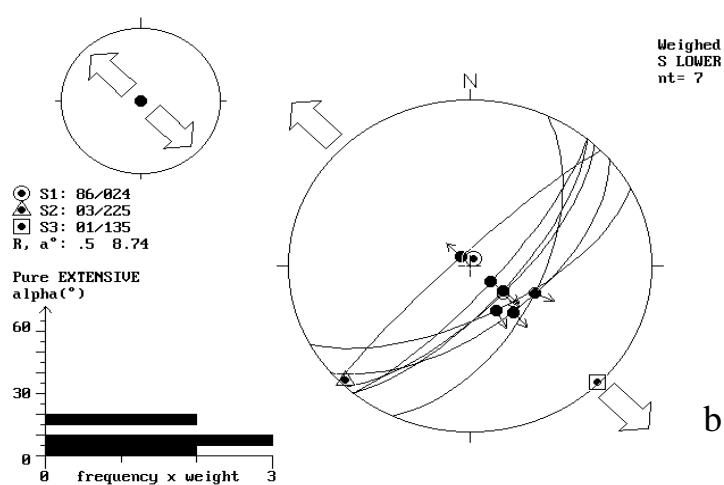
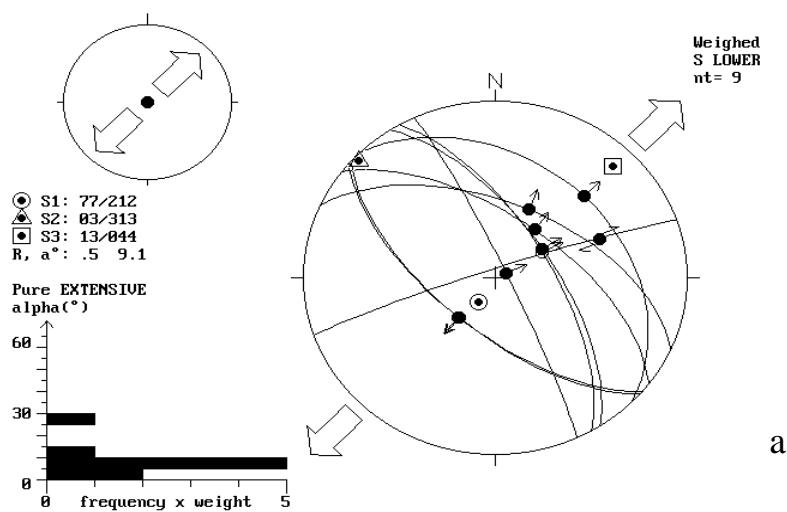


Figura 29 – ARA 01; análise estrutural dos dados de falha com estria: a) dados de falhas normais NW-SE e dextrais normais NE-SW; b) dados de falhas normais NE-SW.

6.3 ANOMALIAS DE DRENAGEM

A rede de drenagem da região apresenta uma expressiva quantidade de anomalias. Há casos onde a drenagem se encontra encaixada em uma direção e, sem motivos aparentes, muda sua orientação bruscamente. Em outros, é possível detectar vales secos ou regiões baixas sem motivo aparente para que o rio não percorra.

As anomalias se concentram principalmente entre as serras e os depósitos da Formação Barreiras (Figura 30).

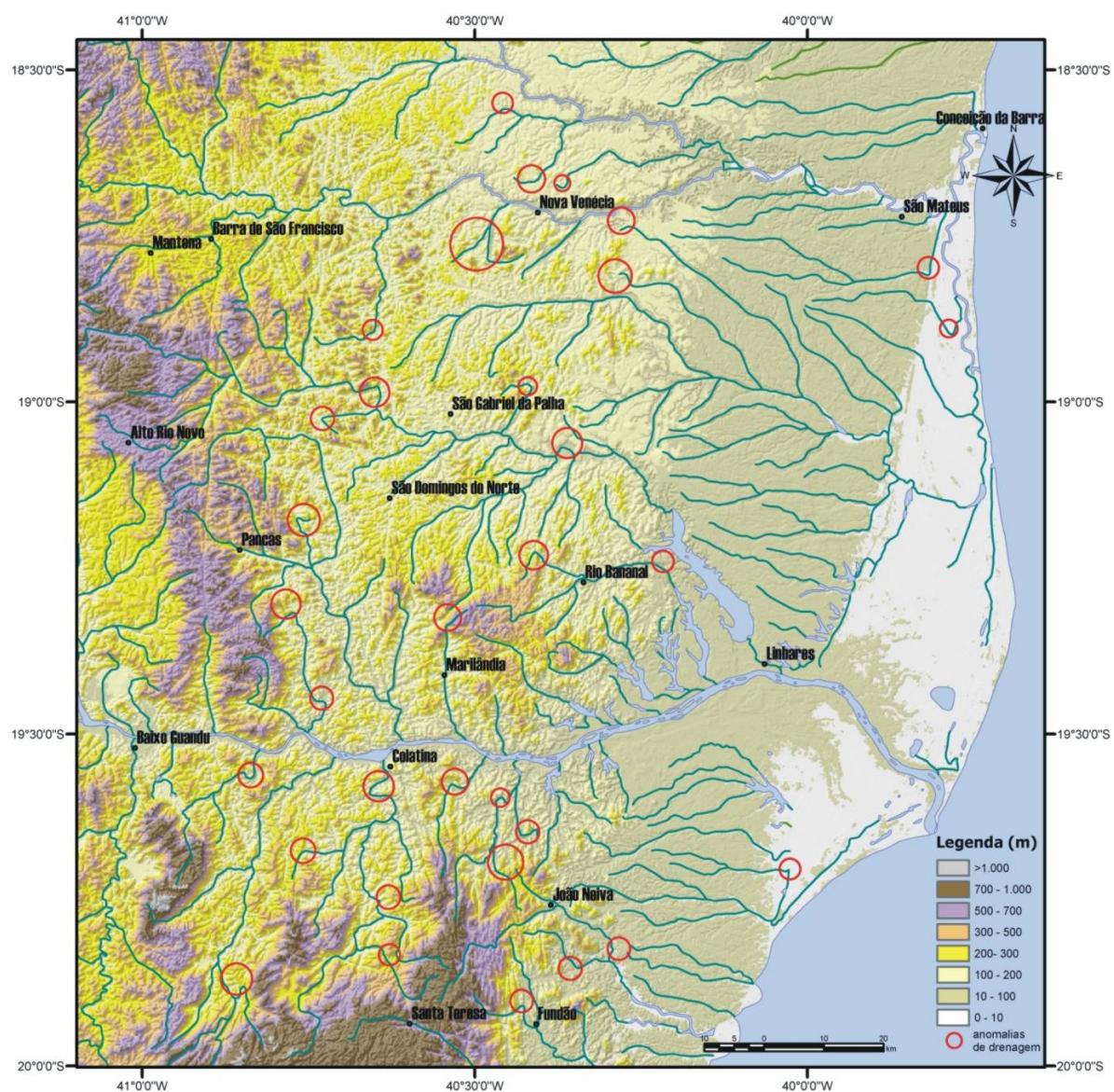


Figura 30 – Modelo digital de elevação mostrando o decalque das anomalias de drenagem (cotovelos e vales secos).

As anomalias detectadas a norte do rio Doce (compartimentos Pancas e São Mateus), são caracterizadas por apresentarem mudanças bruscas de direção, trocando de orientação drasticamente (NE-SW para SE-NW, NNW-SSE para NE-SW e E-W para NNW-SSE) e por grande quantidade de vales secos por onde a drenagem não percorre ou desvia (Figura 31). Esta área apresenta interseções de lineamentos, propiciando estas anomalias. A feição mais expressiva é a de direção NNW-SSE, que corresponde à Faixa Colatina.

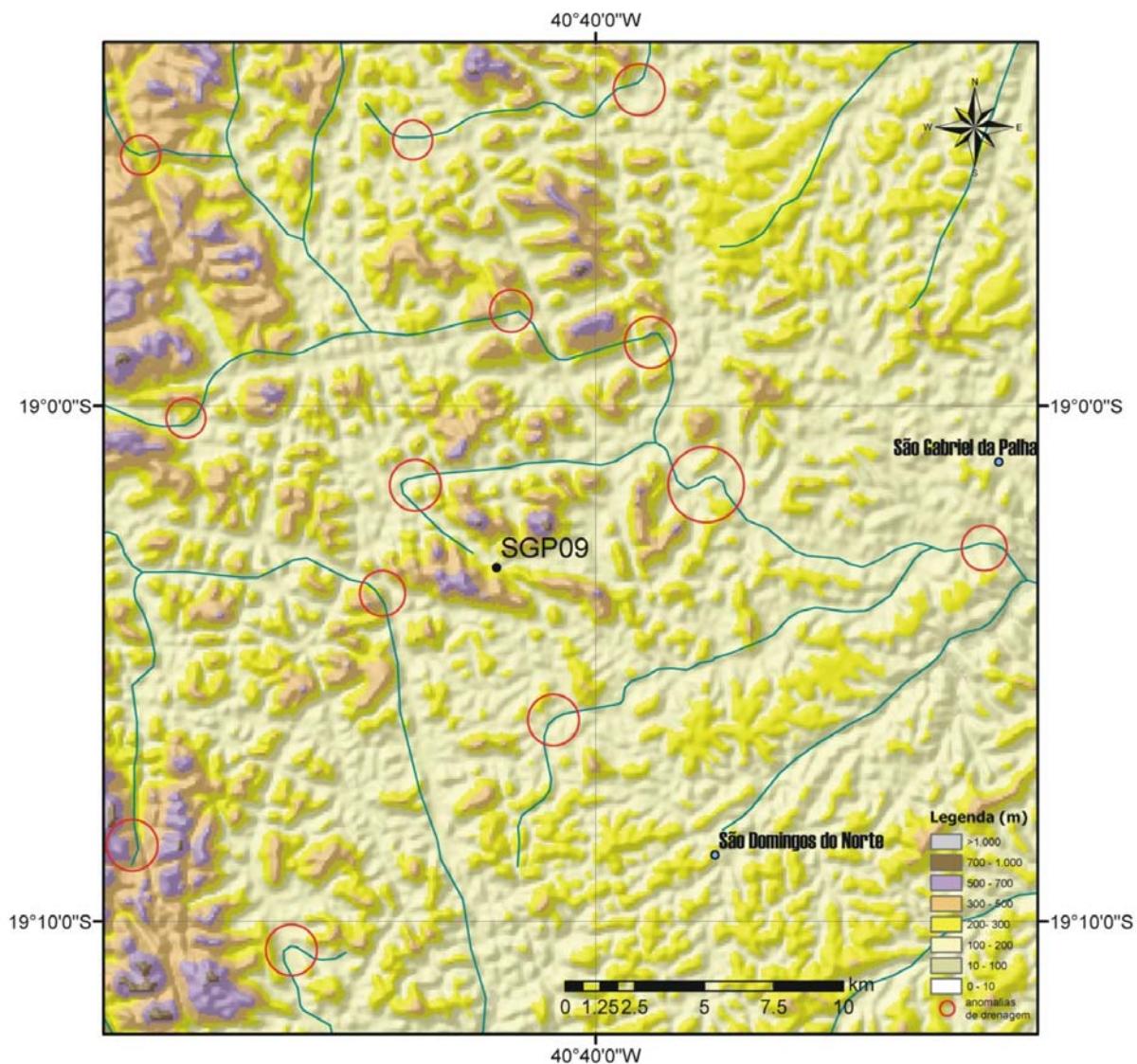


Figura 31 – Detalhe da área de estudo mostrando a tendência, nesta região, da drenagem - mudança brusca de direção, abandono da orientação de origem. Os círculos em vermelho chamam atenção para as anomalias identificadas.

As anomalias detectadas a sul do rio Doce se apresentam de duas formas: a primeira é semelhante às anomalias a norte do rio Doce, apresentando mudanças na orientação de NNW-SSE para NE-SW ou vice-versa; a segunda não apresenta brusca mudança de orientação, ou seja, o curso das drenagens desvia da orientação original e volta no mesmo alinhamento ou paralelo. Esta área é predominantemente influenciada pela Faixa Colatina e, secundariamente, pelas feições de orientação NE-SW.

A porção que corresponde aos depósitos da Formação Barreiras apresenta uma rede de drenagem com raríssimas anomalias.

As anomalias detectadas no limite entre os depósitos da Formação Barreiras e os depósitos da planície costeira do rio Doce não foram estudadas, por apresentar topografia próxima ao nível do mar, desfavorecendo a procura por afloramentos onde pudesse ser analisados dados estruturais.

6.3.1 Interpretação da Origem das Anomalias e Relação com Dados Estruturais Obtidos

Para ocorrer uma captura de drenagem é preciso que um bloco se abata ou soerga, tornando impossível a continuação da drenagem e promovendo a procura por uma nova orientação. No caso da área de estudo, as drenagens se mostram alinhadas segundo as principais orientações de lineamentos.

As capturas onde a drenagem percorre a orientação NE-SW e passa a se orientar no sentido SE-NW estariam associadas ao abatimento do bloco à direita do curso original destas drenagens. No caso das drenagens que se orientam no sentido E-W e deslocam para NNW-SSE, estariam associadas ao declínio do bloco à esquerda do curso original. Ambos os casos seriam compatíveis com o campo de extensão NW-SE.

As capturas associadas a drenagens que estariam inicialmente orientadas na direção NNW-SSE e teriam se redirecionado para uma orientação E-W a ENE-WSW, menos comuns, estariam associadas a abatimento de blocos controlados por estruturas ligadas a um campo de extensão NE-SW. A captura próxima ao ponto SGP 09 é um exemplo deste caso (Figura 31). O campo de tensão encontrado neste ponto (tensor de compressão NW-SE e extensão NE-SW) seria compatível ao controle desta captura.

7 – CONCLUSÕES

Diante dos resultados conseguidos, é possível afirmar que a área de estudo foi afetada por reativações tectônicas de idade recente. Estas reativações não ocorreram somente nas estruturas que compõe a Faixa Colatina, mas também movimentando estruturas de orientações diversas.

A análise geomorfológica realizada destacou compartimentos limitados por estruturas de orientação NNW-SSE, NE-SW e E-W, podendo ser atribuídos localmente a mudanças litológicas. No entanto, considera-se que o principal controle é de caráter estrutural/tectônico. Os desnivelamentos topográficos e os basculamentos de blocos para NW, bem ilustrados nos perfis em varredura, comprovam este caráter. A compartimentação da área sugere que a região mais elevada do domínio serrano tenha um forte controle da reativação da Faixa Colatina. Os desníveis observados entre os compartimentos do domínio serrano e os basculamentos teriam influência desta e das demais estruturas, especialmente aquelas de direção NE-SW. O aspecto dissecado de alguns compartimentos também estaria associado à interferência entre estas estruturas, condicionando o entalhamento das drenagens e acentuando a erosão. Essa compartimentação deve estar associada a um campo de tensão extensional atuando na área de estudo, associado ou não a um componente compressivo.

O compartimento litorâneo apresenta-se mais ou menos inclinado em direção ao oceano Atlântico, o que deve estar associado à superfície deposicional da Formação Barreiras.

A análise de lineamentos mostrou que as direções principais (NNW-SSE, NW-SE a WNW-ESE e NE-SW) são encontradas em feixes cortando a área de norte a sul (NNW-SSE) e do litoral até os domínios serranos (NW-SE e NE-SW).

A análise estrutural de dados de falhas afetando os depósitos cenozóicos permitiu determinar dois eventos distintos de reativação cenozóica: um evento de transcorrência dextral E-W; e outro evento de caráter extensional NW-SE.

Os lineamentos topográficos foram correlacionados aos dados estruturais obtidos. Assim, os lineamentos de orientação NW-SE e NNW-SSE estão associados ao evento de transcorrência dextral E-W, enquanto os lineamentos de orientação NE-SW documentam, particularmente, a reativação pela fase de extensão NW-SE, embora também tenham sido reativados na fase de transcorrência dextral E-W.

Não foi possível identificar relações claras de idade entre os dois eventos neotectônicos reconhecidos. Tomando como base os trabalhos de Riccomini (1989) e Salvador (1994), estudando a região do RCSB, e Mello (1997) e Sarges (2002), no médio vale do rio Doce (MG), assume-se que a transcorrência dextral (E-W) seria mais antiga, atuando

desde o fim do Pleistoceno até o Holoceno inicial; a extensão NW-SE corresponderia ao evento extensional holocênico reconhecido por estes autores.

As mudanças bruscas de direção verificadas na rede de drenagem puderam ser associadas à reativação das estruturas pré-existentes, que estariam promovendo a movimentação dos blocos que compõe o relevo. Neste caso, as capturas que promoveram o redirecionamento da drenagem de NE-SW para SE-NW e de E-W para NNW-SSE seriam compatíveis com o campo de extensão NW-SE. Já as capturas com a reorientação da drenagem de NNW-SSE para E-W a ENE-WSW seriam compatíveis com um campo de tensão de compressão NW-SE e extensão NE-SW. A movimentação destes blocos contribuiu para o aumento da erosão, a partir do encaixe das drenagens.

Mesmo assumindo um caráter regional, estes eventos neotectônicos apresentam discrepâncias acerca do tempo de duração e direção dos tensores principais. Diante disto, é desejável a realização de estudos mais aprofundados para a modelagem acerca dos eventos neotectônicos que têm sido descritos na literatura em toda a região Sudeste do Brasil, havendo a necessidade de que os diversos estudos que identificam diferentes fases de reativação tectônica cenozóica sejam correlacionados com maior profundidade.

8 - BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; CARNEIRO, C. 1975. Lineamento de Além Paraíba. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro: ABC, v.47, n. 3 /4, p.575.
- ALMEIDA, F. F. M. 1976. Distribuição Regional e Relações Tectônicas do Magmatismo Pós-Paleozóico no Brasil. Rev. Bras. Geociêns., v.16, n.4, p.325-349.
- ANGELIER, J. 1994. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In: HANCOCK, P. L., (ed.). Continental Deformation. Oxford: Pergamon Press, p. 53-100.
- ANGELIER, J. & MECHELER, P. 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie: la méthode de dièdre droites. Bull. Soc. Geol. France, 7:1309-1318.
- ASMUS, H. E. & FERRARI, A. L. 1978. Hipótese sobre a causa do Tectonismo Cenozóico na Região Sudeste do Brasil. In: Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste Brasileira. Série Projeto REMAC, 4: 75-88.
- CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F. & BENDER, A A. 1992. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. Tectonophysics, 213: 97- 138.
- DELVAUX, D. 1993. The Tensor Program for paleostress reconstruction: exemples from the East African and the Baikal rift zones. EUGVII Strasburg, France, 4-8 April 1993. Suplement n°1 to Terra Nova, vol. 5, p. 216 (abstract).
- FERRARI, A. L. 2001. Evolução tectônica do Graben da Guanabara, 412p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo.
- GALLARDO, C.; SERRÃO, M.; MUNIS, M. 1987. O intemperismo dos gnaisses do sistema montanhoso do litoral Sudeste: um exemplo de atividade tectônica atual no município de Nova Venécia. Anais do I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES, Boletim SBG, p. 210-226.
- GONTIJO, A. H. F. 1999. Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Rio Claro (SP). 259 p. (Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP).
- HASUI, Y. 1990. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. Atas do 1 Workshop Neotect. e Sedim. Cenoz. Contin. no Sudeste Brasileiro, Belo Horizonte, Boletim SBG - Minas Gerais, n.11, p.1-31.
- MACEDO, J.M. 1989. Evolução tectônica da bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. B. Geoci. Petrobrás, Rio de Janeiro, 3(3): 159-73.
- MARTIN L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ J. M. L.; FLEXOR, J. M. 1997. Geologia do quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM. 112 p.: il, mapas.
- MEIS, M.R.M.; MIRANDA, L.H.G.; FERNANDES, N.F. 1982. Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: Bacia so médio-baixo Paraíba do Sul. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, Bahia, v 4p. 1489-1503.
- MELLO, C.L. 1997. Sedimentação e Tectônica Cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutoramento, 275p.
- MELLO, C.L. & FERRARI, A.L. 2003. Neotectônica. In: SBG, Simp. Nac. Estudos Tectônicos, 9, *Apostila do curso de Neotectônica*. 35 p.
- MELLO, C.L.; METELO, C.M.S.; SUGUIO, K.; KOHLER, H.C. 1999. Quaternary sedimentation, neotectonics and the evolution of the Doce River middle valley lake system (Southeastern Brazil). Revista do Instituto Geológico, 20(1/2): 29-36.
- NOVAIS, L.C.C.; TEIXEIRA, L.B.; NEVES, M.T.; RODARTE, J.B.M.; ALMEIDA, J.C.H.; VALERIANO, C.M. 2004. Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina

- ES: estruturas rútpes associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v 12, n.1, p.191-194.
- PROJETO RADAMBRASIL. 1983. Folhas SF. 23/24. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro. 780p.
- PROJETO RADAMBRASIL. 1987. Folhas SE. 24. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro. 544p.
- RICCOMINI, C. 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. São Paulo, Tese de Doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências - USP, 256p.
- RICCOMINI, C & ASSUMPÇÃO, M. 1999. Quaternary tectonics in Brazil. *Episodes*, 22(3): 221-225.
- RICCOMINI, C., PELOGGIA, A. U. G., SALONI, J. C. L., KOHNKE, M. W. & FIGUEIRA, R. M. 1989. Neotectonic Activity in the Serra do Mar Rift System (SE Brazil). *Jour. Southamer. Earth Scien.*, v.2, p.191-197.
- SAADI, A. (coord.) 1990. 1º Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozoica Continental no Sudeste Brasileiro. Boletim SBG/MG, 11, 134 p.
- SALVADOR, E.D. 1994. Análise neotectônica da região do vale do rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ). São Paulo, 129 p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar - Instituto de Geociências/USP).
- SALVADOR, E. D. e RICCOMINI, C.. 1995. Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Rev. Bras. Geociên.*, v.25, n.3, p.151-164.
- SARGES, R. R. 2002. Morfologia de Lagos da Região do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais, e a sua Relação com a Tectônica Quaternária. Rio de Janeiro. 81p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências – UFRJ).
- SCHOBENHAUS, C., CAMPOS, D. A., DERZE, G. R. & ASMUS, H. E. (Coord.). 1984. Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais. Brasília, DNPM, 501p.
- SILVA, T.M.; MELLO, C.L.; MOURA, J.R.S. 1993. Compartimentação morfoestrutural do médio vale do rio Paraíba do Sul e áreas serranas adjacentes (RJ/SP/MG). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 3, Rio de Janeiro (RJ). Atas... Rio de Janeiro, SBG - RJ/SP, p.103-109.

WWW.ANP.GOV.BR

WWW.OBSIS.UNB.BR