



**Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção Emersa das
Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes**
Tectonic Significance of Lineament Patterns in the Continental Margin of Southeastern Brazil

Thaís Coelho Brêda¹; Claudio Limeira Mello¹ & Anderson Moraes²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia,
Av. Athos da Silveira, 274, Bloco J, Sala J2-023, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²PETROBRAS/CENPES, Av. Horácio de Macedo, 950, 21941-598 Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: thaisbreda@geologia.ufrj.br; limeira@geologia.ufrj.br; andersonmoraes@petrobras.com.br

Recebido em: 18/12/2017 Aprovado em: 29/10/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_305_318

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar, em escala 1:500.000, padrões de lineamentos em uma ampla área na margem continental emersa do Sudeste do Brasil, visando discutir o significado tectônico destas feições. Para o desenvolvimento do estudo, os lineamentos foram extraídos sobre *hillshades* gerados a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM/NASA, e classificados quanto à orientação e ao comprimento. Com base nesta classificação e na análise de densidade, foram definidos compartimentos estruturais, reunidos em dois domínios principais: o Domínio do Embasamento e o Domínio dos Depósitos Cenozoicos. As maiores densidades de lineamentos ocorrem no Domínio do Embasamento, em especial ao longo da região próxima ao limite com o Domínio dos Depósitos Cenozoicos, sugerindo tratar-se de uma zona de fraqueza relacionada às bordas elevadas das bacias marginais. Os lineamentos (especialmente as feições iguais ou maiores que 10 km) refletem, de uma forma geral, a configuração estrutural do embasamento proterozoico-eopaleozoico, com maior concentração de lineamentos NE-SW na porção sul da área, enquanto os lineamentos aproximadamente N-S ocorrem de forma mais expressiva na porção norte, associando-se à configuração estrutural respectivamente das faixas Ribeira e Araçuai. Destacam-se também, na porção norte da área, feições associadas ao Feixe de Lineamentos Colatina. Os padrões de distribuição das feições menores que 10 km não apresentam a mesma influência da estruturação do embasamento, como pode ser interpretado pela alta concentração destes lineamentos com orientação NE-SW na porção norte da área de estudo e a presença de feixes de orientação aproximadamente N-S na porção sul da área. Estes padrões podem ser principalmente relacionados à evolução mesozoica da margem continental, à configuração do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil e a reativações neotectônicas. Os lineamentos NW-SE e E-W ocorrem em conjuntos que atravessam a área de estudo de forma contínua, desde o Domínio do Embasamento até o Domínio dos Depósitos Cenozoicos, com forte representação sobre os depósitos da Formação Barreiras, sendo associados a estruturas neotectônicas.

Palavras-chave: Lineamentos; Neotectônica; Sudeste do Brasil

Abstract

This study aimed to perform a regional (1:500.000 scale) analysis of lineaments patterns in the southeastern onshore continental margin of Brazil in order to discuss their tectonic significance. Firstly, lineaments were extracted using hillshades generated from the SRTM/NASA Digital Elevation Model, and then they were classified according to azimuth and length. Based on this classification and lineament density analysis, some structural compartments were defined. Two main domains were recognized: Basement Domain and Cenozoic Deposits Domain. The Basement Domain is characterized by the highest lineament density, especially along the limit with Cenozoic Deposits Domain. This density distribution suggests a brittle zone on the elevated border of the marginal basins. The lineaments generally reflect the structural framework of the Proterozoic-Paleozoic basement, presenting high concentration of NE-SW features in the southern portion of study area (associated with Ribeira Orogen structures) and approximately N-S orientation in the northern portion of study area (related to Araçuai Orogen). This pattern is more evident for the longest lineaments (greater than 10 km long). Features associated with the Colatina Lineament Swarm are also highlighted in the northern portion of the area. The minor lineaments (lesser than 10 km long) do not present the same influence from basement structures. The minor NE-SW lineaments also present high density in the northern portion of the study area as well as the minor N-S features are in the southern portion. The distribution of minor lineaments suggests that they are mainly related to Mesozoic evolution of the continental margin and/or to the Continental Rift of Southeastern Brazil development and/or to neotectonic reactivations. The NW-SE and E-W lineaments occur in continuous swarms extending from the Basement Domain to the Cenozoic Deposits Domain, with remarkable occurrence on Barreiras Formation (Miocene) deposits. Therefore, these features were associated with neotectonic structures.

Keywords: Lineaments; Neotectonic; Southeastern Brazil

1 Introdução

O termo “lineamento” foi descrito inicialmente por Hobbs (1904) como uma feição retilínea na superfície da Terra, correspondendo principalmente a alinhamentos de cristas, linhas de drenagens e contatos geológicos.

A investigação do significado tectônico destas feições tem sido baseada, em geral, na comparação de mapas de lineamentos (ou domínios de lineamentos) com mapas geológico-estruturais regionais e dados estruturais de campo (Wise *et al.*, 1985; Cianfarra & Salvini, 2015, e outros). Wise *et al.* (1985) propuseram que, em ambientes distensivos rúpteis na porção superior da crosta, os enxames de lineamentos se originam de forma perpendicular à tensão principal horizontal mínima (Sh), geralmente associados a feições tectônicas profundas. Estes autores enfatizaram a dificuldade do estudo detalhado dos lineamentos individualmente e indicaram a necessidade de uma abordagem de análise destas feições a partir do estudo de limites de enxames (ou zonas), uma vez que poucos lineamentos são claramente identificáveis como falhas, a maioria parecendo ser zonas mais intensas de desenvolvimento de fraturas. Com relação ao significado tectônico dos enxames de lineamentos, Cianfarra & Salvini (2015) apresentaram três modelos tectônicos (para margens distensivas, compressivas e transformantes) em que mantêm a relação de perpendicularidade entre Sh e o domínio principal de lineamentos.

Diversos trabalhos foram realizados ao longo da margem sudeste do Brasil a respeito da caracterização e discussão do significado dos lineamentos, dentre os quais pode ser destacado, por sua abrangência espacial, abordagem metodológica e enfoque na Geologia Estrutural, o estudo desenvolvido por Liu (1987), com base em imagens LANDSAT, para todo o estado do Rio de Janeiro, classificando os lineamentos de acordo com suas orientações, distribuição espacial, comprimentos, relações mútuas de interseção, grau de expressão, espaçamento entre lineamentos paralelos e subparalelos, e tendência ao agrupamento.

Mais recentemente, muitos estudos têm enfatizado a influência de eventos neotectônicos na con-

figuração do relevo e de lineamentos em diferentes áreas da margem sudeste do Brasil. Como exemplo, podem ser citados os estudos de Modenesi-Gauttieri *et al.* (2002) na região do Planalto de Campos do Jordão (estado de São Paulo), Ribeiro (2010) no norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, e Bricalli & Mello (2013) no estado do Espírito Santo. A maior parte destes estudos corresponde a análises locais, sendo o trabalho de maior abrangência espacial desenvolvido por Bricalli & Mello (2013). Estes autores associaram os padrões de lineamentos identificados no domínio do embasamento ao controle litoestrutural pré-cambriano, com predomínio de lineamentos de orientação NE-SW e feixes de lineamentos NW-SE. Relacionaram ainda *trends* de lineamentos E-W, NW-SE e NE-SW sobre depósitos cenozoicos a regimes de deformação neotectônicos, que também condicionaram padrões de lineamentos que se prolongam desde os depósitos sedimentares até as rochas do embasamento.

O presente trabalho tem como objetivo analisar padrões de lineamentos em uma ampla área na margem continental emersa do Sudeste do Brasil, abrangendo as bacias de Santos (porção norte), Campos e Espírito Santo e regiões de embasamento adjacentes, em escala 1:500.000, visando discutir o seu significado tectônico.

2 Área de Estudo

A área do presente estudo (Figura 1) apresenta aproximadamente 140.000 km², incluindo os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, uma porção do sudeste de Minas Gerais e uma pequena área do leste do estado de São Paulo. Esta região está inserida no contexto geotectônico da Província Mantiqueira (Bizzi *et al.*, 2003; Heilbron *et al.*, 2004).

As principais unidades geomorfológicas da área de estudo correspondem a: regiões serranas, relevos de escarpa e colinas dissecadas a suaves, associadas a rochas de idade proterozoica a eopaleozoica do embasamento cristalino; e colinas suaves, tabuleiros e planícies costeiras, associadas aos depósitos sedimentares cenozoicos (Gatto *et al.*, 1983; Mendes *et al.*, 1987).

Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção
 Emersa das Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes
 Thais Coelho Brêda; Claudio Limeira Mello & Anderson Moraes

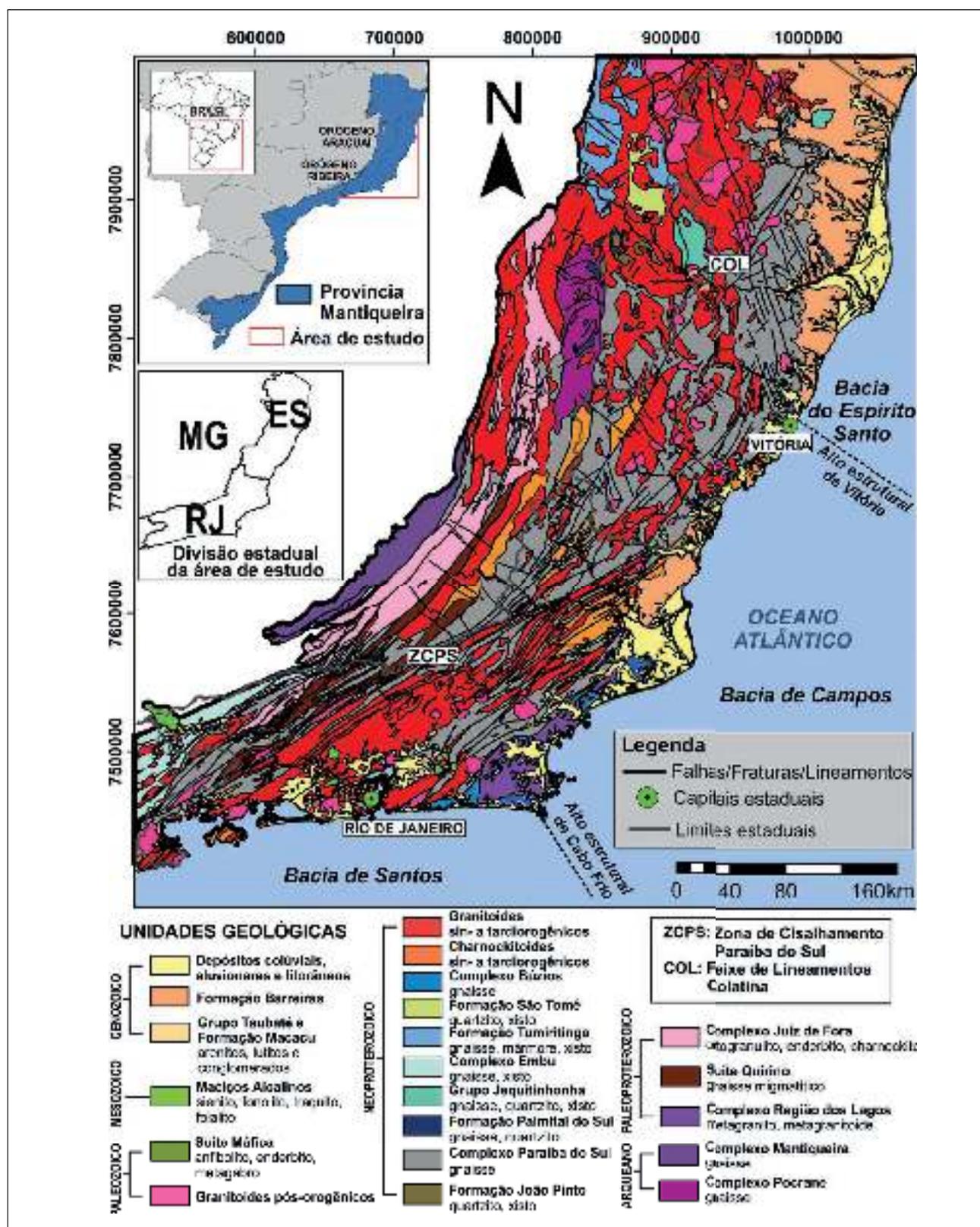


Figura 1 Localização e mapa geológico simplificado da área de estudo no contexto da Província Mantiqueira, com a indicação das principais litologias (a partir de Bizzi *et al.*, 2003).

O embasamento é constituído por rochas relacionadas com a evolução das faixas orogênicas Araçuaí, na porção norte da área, e Ribeira, na porção sul (Heilbron *et al.*, 2004). Segundo o mapa geológico regional (escala 1:1.000.000, Bizzi *et al.*, 2003), ocorrem para- e ortognaisses, metagranitos, meta-granodioritos, anfíbolitos, quartzitos, xistos, migmatitos, mármore e rochas calcissilicáticas, de idade arqueana a neoproterozoica. Suítes magmáticas intrusivas neoproterozoicas, sin- a tardiorogênicas, distribuem-se por toda a área de estudo (Figura 1). Na porção norte, concentram-se províncias magmáticas paleozoicas, pós-colisionais (menos frequentes na porção sul da área). Maciços alcalinos compostos por sienitos, fonolitos, foiaitos, traquitos, etc ocorrem alinhados na direção WNW-ESE entre Poços de Caldas (MG) e Cabo Frio (RJ), formando o Alinhamento Magmático de Cabo Frio (Almeida, 1991). Estas intrusões alcalinas correspondem a, pelo menos, duas fases de magmatismo Neocretáceo-Paleoceno e Eoceno (Riccomini *et al.*, 2004).

A área de estudo apresenta uma estruturação NE-SW bem marcada em sua porção sul (Faixa Ribeira). Este *trend* é evidenciado tanto por estruturas tectônicas de caráter compressional como pelos contatos de corpos granitoides e charnockitoides pré- a tardiorogênicos, de geometria alongada nesta direção, e por zonas de cisalhamento, como a Zona de Cisalhamento Paraíba do Sul (ZCPS). Na porção norte da área, predominam estruturas tectônicas de orientação geral N-S a NNE-SSW, relacionadas com a estruturação da Faixa Araçuaí. Destaca-se, ainda, uma zona de orientação NNW-SSE, correspondente ao Feixe de Lineamentos Colatina (COL), cuja formação é associada à evolução mesozoica da margem continental (Silva *et al.*, 1987), com evidências de reativações neotectônicas (Mello *et al.*, 2005). Estruturas de orientação NW-SE também são observadas ao longo da área de estudo, sobretudo na porção central. A Zona de Cisalhamento Paraíba do Sul e o Feixe de Lineamentos Colatina constituem zonas de lineamentos amplamente reconhecidas na região investigada.

A área de estudo engloba a porção emersa adjacente às bacias marítimas de Santos (porção norte), Campos e do Espírito Santo, separadas por altos estruturais de orientação aproximadamente NW-SE e cuja evolução iniciou-se no Neojurássico-Eocretáceo, a partir da reativação, com caráter distensivo, do arcabouço estrutural preexistente, associado

a intenso magmatismo toleítico. A evolução destas bacias apresenta três fases principais (Rifte, Pós-Rifte e Drifte), em que foram depositados sedimentos siliciclásticos e carbonáticos associados a ambientes continentais a marinho profundo (Moreira *et al.*, 2007; Winter *et al.*, 2007; França *et al.*, 2007).

Uma importante feição geotectônica cenozoica na área de estudo corresponde ao *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), abrangendo um conjunto de bacias sedimentares entre Curitiba (PR) e Barra de São João (RJ). De acordo com Riccomini *et al.* (2004), a evolução do RCSB envolveu cinco fases tectônicas, iniciando com um evento distensivo de orientação NW-SE (evento E1) e idade eocênica. Os eventos deformadores, neotectônicos, correspondem a: i) regime de esforços distensivos NW-SE e, localmente, com compressão NE-SW, de idade miocênica (evento de transcorrência sinistral E-W ou TS-EW); ii) regime de esforços distensivos NE-SW e compressivos NW-SE, de idade neogênica a quaternária (evento de transcorrência dextral E-W ou TD-EW); iii) regime distensivo WNW-ESE (evento E2), de idade Pleistoceno tardio ao Holoceno; iv) regime compressivo E-W atual (evento C). Estudos realizados em áreas do RCSB e em áreas adjacentes (tais como Mello, 1997; Ferrari, 2001; Ribeiro, 2010; Negrão *et al.*, 2015) têm reconhecido tais eventos tectônicos ao longo de diferentes compartimentos geológicos do Sudeste do Brasil (Figura 2).

Os terrenos sedimentares da área de estudo são representados por:

- depósitos siliciclásticos, predominantemente arenitos ferruginizados, com intercalação de lamitos e conglomerados, associados a ambiente fluvial e de leque aluvial, correspondentes à Formação Barreiras (Bizzi *et al.*, 2003), que ocorrem na porção emersa das bacias de Campos (Winter *et al.*, 2007) e do Espírito Santo (França *et al.*, 2007);
- depósitos continentais do Grupo Taubaté e da Formação Macacu, relacionados respectivamente ao preenchimento das bacias de Resende e Volta Redonda e da bacia do Macacu (Ferrari, 2001; Bizzi *et al.*, 2003; Riccomini *et al.*, 2004), associadas à evolução do RCSB;
- sedimentos coluviais, aluviais e marinhos quaternários, mais bem representados nas desembocaduras dos principais rios (Bizzi *et al.*, 2003).

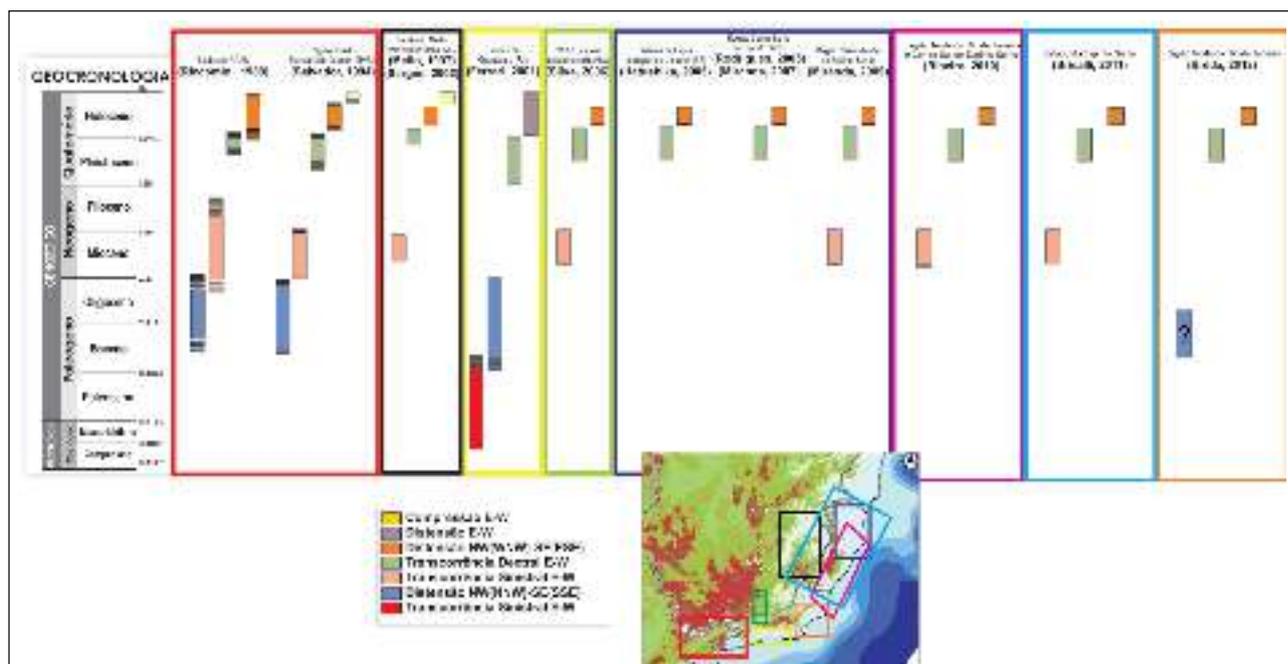


Figura 2 Eventos tectônicos cenozoicos reconhecidos em estudos anteriores (Riccomini, 1989; Salvador, 1994; Mello, 1997; Sarges, 2002; Ferrari, 2001; Silva, 2006; Hatushika, 2005; Rodrigues, 2005; Miranda, 2007; Miranda, 2009; Ribeiro, 2010; Bricalli, 2011; Brêda, 2012) na região Sudeste do Brasil.

3 Materiais e Métodos

O presente estudo considerou como “lineamento” todas as feições retilíneas na paisagem identificáveis na escala de mapeamento (1:500.000), tais como alinhamentos de cristas, vales, linhas de drenagem, etc. As feições extraídas apresentam comprimento superior a um quilômetro.

As análises foram iniciadas com a confecção de quatro *hillshades* na escala 1:500.000, gerados a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM/NASA, com a inserção de sombreamento artificial com iluminações de azimutes de 000°, 045°, 090° e 315° e altitude igual a 45°. Em seguida, os lineamentos foram identificados e extraídos manualmente no programa *ArcGis™ 9.3*, gerando-se o mapa de lineamentos e, com base neste, o mapa de densidade de lineamentos. A análise destes mapas resultou na identificação dos principais domínios da área de estudo.

Medidas automáticas de azimutes e comprimentos, conforme metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2009), possibilitaram a geração de rosetas de

distribuição de frequência de orientação e comprimento, confeccionadas no programa *Oriana 4*. Os lineamentos foram classificados quanto à orientação em classes de intervalos iguais que englobassem uma quantidade razoável de feições, sendo definidas oito classes: N00°-22,5°E; N22,5°-45°E; N45°-67,5°E; N67,5°-90°E; N00°-22,5°W; N22,5°-45°W; N45°-67,5°W; e N67,5°-90°W. Quanto ao comprimento, foram definidas duas classes de lineamentos: iguais ou maiores que 10 km; e menores que 10 km. Esta classificação foi definida com base na análise de histograma de frequência de comprimento de lineamentos, observando-se uma mudança na distribuição das feições em torno de 10 km de comprimento. Ao final desta etapa, foram gerados e analisados mapas de lineamentos e de densidade de lineamentos, classificados por orientação e por comprimento. Estas análises possibilitaram a compartimentação estrutural da área de estudo.

Os padrões de lineamentos identificados foram comparados ao mapa geológico e discutidos frente à evolução geotectônica da área de estudo, buscando-se avaliar os seus significados tectônicos.

4 Resultados

O mapa de lineamentos produzido (Figura 3A) engloba 14.971 feições, que variam de aproximadamente 1 a 65 km de comprimento, predominando os lineamentos entre 1 e 10 km (87% do total). Os lineamentos com comprimentos entre 10 e 30 km correspondem a aproximadamente 12% do total, sendo os lineamentos maiores que 30 km correspondentes a apenas 1% (Figuras 3B e 3C).

Com relação à orientação dos lineamentos, a classe mais frequente corresponde ao intervalo N45°-67,5°E (Figura 3B), destacando-se das demais classes com aproximadamente 20% da totalidade dos lineamentos (Tabela 1). Os intervalos N00°-05°E e N85°-90°W também representam picos de frequência (Figura 3B).

O mapa de densidade de lineamentos (Figura 3D) evidencia dois domínios principais: o Domí-

nio do Embasamento, com maiores densidades de lineamentos (maiores que 0,6 km/km²), relacionando-se com as regiões serranas, relevos de escarpa e de colinas dissecadas a suaves, associadas a rochas do embasamento cristalino; e o Domínio dos Depósitos Cenozoicos, com menores densidades de lineamentos (menores que 0,6 km/km²), correspondendo à regiões de colinas suaves, tabuleiros e planícies, associando-se principalmente aos depósitos sedimentares cenozoicos que predominam na porção costeira da área de estudo. Destaca-se ainda que, dentro do Domínio do Embasamento, as maiores densidades de lineamentos concentram-se ao longo da região próxima ao limite com o Domínio dos Depósitos Cenozoicos.

Embora a variação na densidade de lineamentos esteja associada aos principais domínios geológico-geomorfológicos da área de estudo, a relação com a topografia não é sempre direta, com algumas

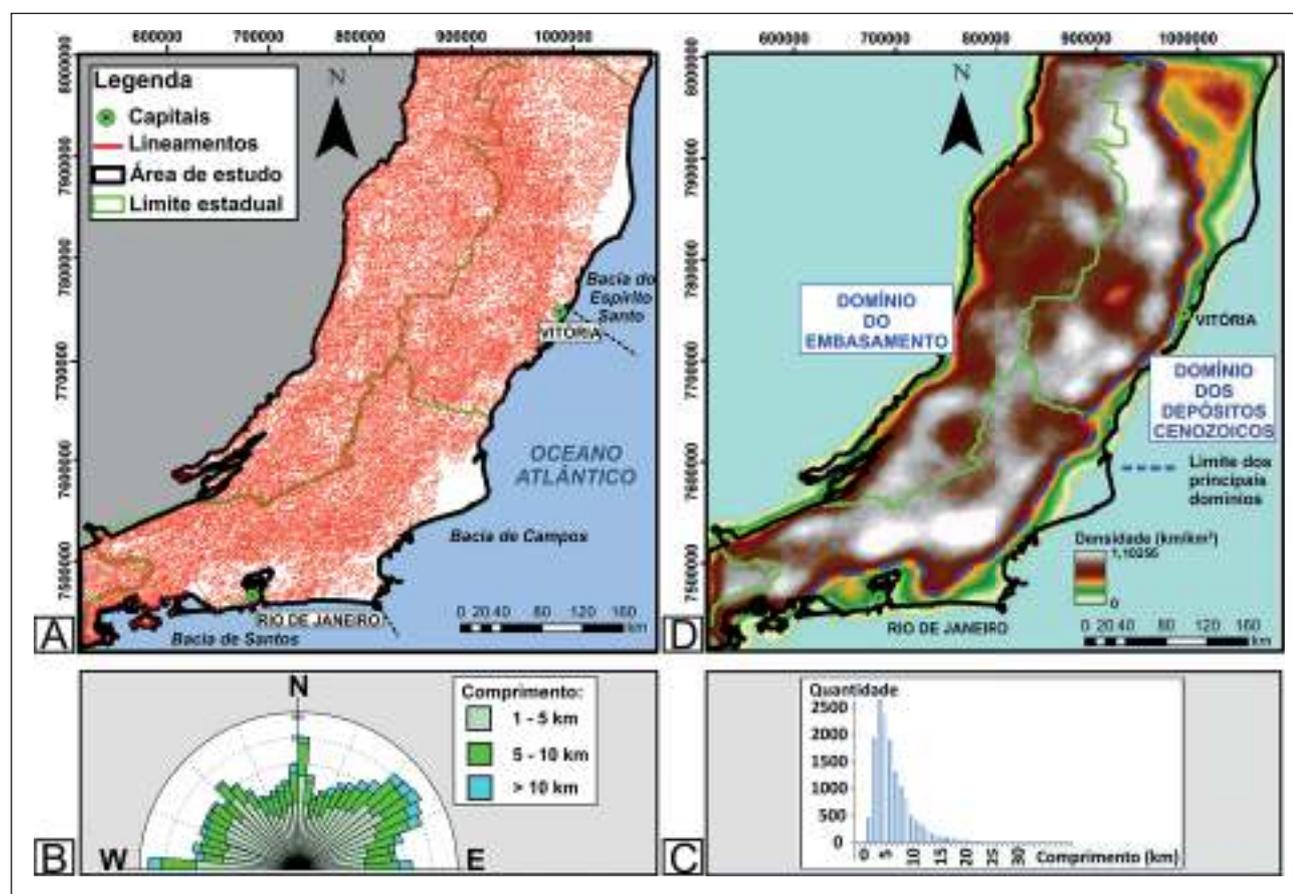


Figura 3 Mapas de lineamentos (A) e de densidade de lineamentos (D) na porção emergida das bacias marginais do Sudeste do Brasil e áreas de embasamento adjacentes; B) roseta de frequências de orientação e comprimento de lineamentos; C) histograma de quantidade de lineamentos por comprimento.

**Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção
Emersa das Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes**

Thais Coelho Brêda; Claudio Limeira Mello & Anderson Moraes

Azimute	Nº lineamentos	Porcentagem (%)	
N67,5°-90°E	2123	14,18	26,65
N67,5°-90°W	1867	12,47	
N45°-67,5°E	2966	19,81	32,11
N22,5°-45°E	1841	12,30	
N00°-22,5°E	1336	8,92	19,32
N00°-22,5°W	1557	10,40	
N22,5°-45°W	1478	9,87	21,92
N45°-67,5°W	1803	12,04	
TOTAL	14971	100,00	100,00

Tabela 1 Distribuição dos lineamentos por classe de orientação.

porções suaves do relevo apresentando uma maior densidade de lineamentos (como na região costeira do norte do Espírito Santo), assim como algumas regiões serranas apresentam uma menor densidade de lineamentos em relação a áreas adjacentes.

As maiores concentrações de lineamentos estão distribuídas em três regiões principais (Figura 3D): na porção centro-sul da área de estudo, delimitando feições romboédricas NE-SW e ENE-WSW e relacionando-se à região serrana que limita o Gráben da Guanabara; na região do Feixe de Lineamentos Colatina, na porção norte da área de estudo, segundo uma orientação NNW-SSE; e em uma faixa NW-SE no norte do Espírito Santo, no Domínio dos Depósitos Cenozoicos.

Os mapas de densidade por classes de orientação de lineamentos (Figura 4) mostram diferentes setores principais distribuídos ao longo da área de estudo. Os lineamentos de orientações entre N22,5°-67,5°E (Figuras 4A e 4B) apresentam maior concentração na porção sul da área, enquanto os lineamentos das classes N00°-22,5°E e N00°-22,5°W (Figuras 4C e 4D) ocorrem de forma mais expressiva na porção norte. O limite entre estes setores encontra-se na região central da área investigada, próximo à divisa entre os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, segundo uma direção aproximadamente E-W. Esta distribuição na orientação dos lineamentos acompanha a configuração estrutural da Província Mantiqueira, que apresenta uma inflexão de NE-SW para N-S no limite entre as faixas Ribeira e Araçuaí na mesma região. A classe N00°-22,5°W apresenta, ainda, uma faixa NNW-SSE de alta densidade, correspondente ao Feixe de Lineamentos Colatina, também observada, de forma menos expressiva, no mapa de densidade de lineamentos da classe N00°-22,5°E.

Os lineamentos das classes N22,5°-45°W, N45°-67,5°W, N67,5°-90°E e N67,5°-90°W (Figuras 4E a 4H) distribuem-se ao longo de toda a área de estudo, sem uma clara diferença de concentração entre as porções norte e sul da área. Podem ser observados na porção sul da área *trends* de variação de densidade com orientação aproximadamente NE-SW, infletindo para N-S a NNW-SSE na porção norte, o que reflete a influência da configuração estrutural do embasamento. A classe N22,5°-45°W evidencia faixas de orientação NW-SE, discordantes da estruturação pré-cambriana regional, que se destacam na porção central da área de estudo, na região adjacente à bacia de Campos.

A análise dos mapas de lineamentos e de densidade de lineamentos por classes de orientação possibilitou a definição de diferentes compartimentos estruturais (Figura 5A), cujos limites refletem, em geral, a configuração regional da Província Mantiqueira (Bizzi *et al.*, 2003) no Domínio do Embasamento e o limite entre os principais domínios da área de estudo (Figura 5B).

Pode-se destacar três contextos principais: a área de ocorrência da Formação Barreiras, na região costeira; a porção sul da área, correspondente à região da Faixa Ribeira; e a porção norte da área de estudo, relacionada à região da Faixa Araçuaí.

A área de ocorrência da Formação Barreiras, que corresponde aproximadamente ao compartimento A, cujo limite coincide com a divisão entre os principais domínios de lineamentos (Domínio do Embasamento e Domínio dos Depósitos Cenozoicos – Figura 3D), apresenta uma predominância de lineamentos NW-SE a WNW-ESE (Figura 5C; Tabela 2), relacionados, portanto, à evolução neotectônica.

Na porção sul da área de estudo, os limites dos compartimentos apresentam orientação predominantemente NE-SW (Figura 5A), compatível com a orientação principal da Faixa Ribeira (compartimentos B a H), e orientações E-W a ENE-WSW, sugestivas de controles mesozoicos-cenozoicos (como o limite norte do compartimento C, que corresponde à borda norte do Gráben da Guanabara). A distribuição da orientação dos lineamentos para cada compartimento (Figura 5C; Tabela 2) nesta porção da área de

Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção
Emersa das Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes

Thais Coelho Brêda; Claudio Limeira Mello & Anderson Moraes

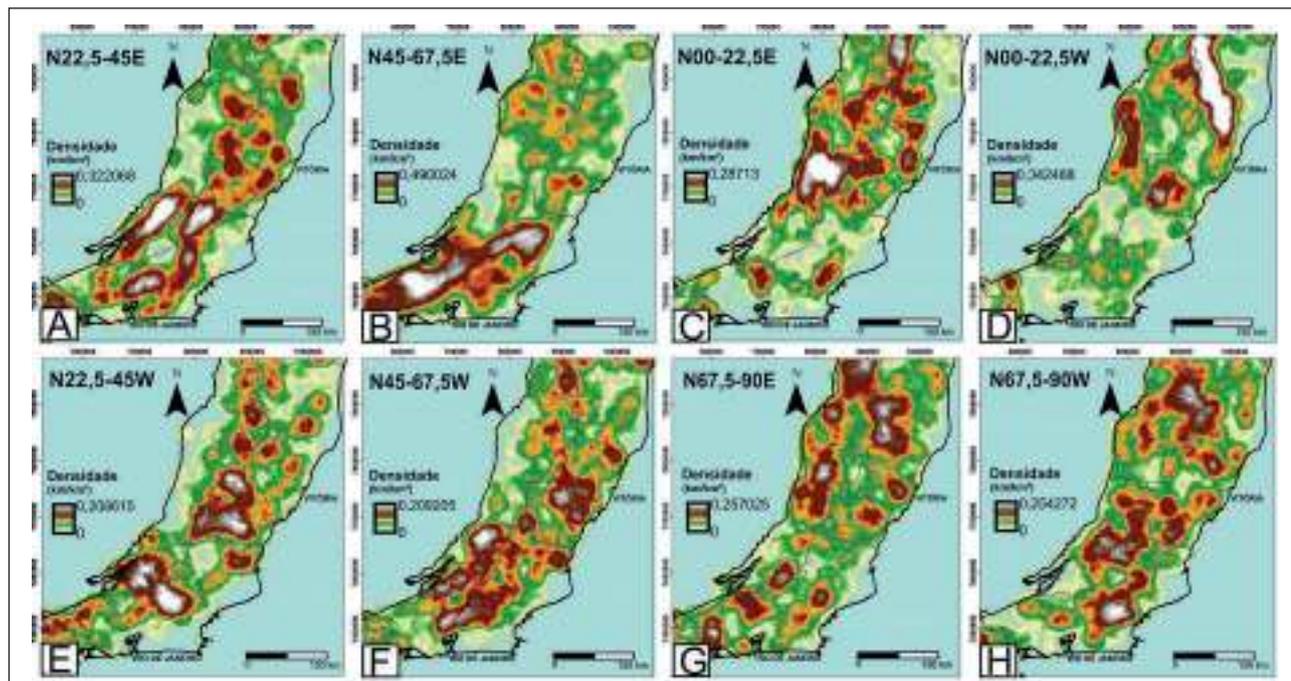


Figura 4 Mapas de densidade de lineamentos por classe de orientação ao longo da porção emersa das bacias marginais do Sudeste do Brasil e áreas de embasamento adjacentes. A linha cinza indica os limites dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.

estudo mostra uma predominância de feições com orientações NE-SW a ENE-WSW, com contribuição de lineamentos de orientação aproximadamente N-S (principalmente nos compartimentos B, F, G e H) e NW-SE (em especial nos compartimentos D, F e H). Assim como foi observado para os limites dos compartimentos, os padrões de lineamentos nesta porção da área de estudo se correlacionam, de modo geral, com a estruturação regional da Faixa Ribeira, apresentando também *trends* discordantes.

Na porção norte da área de estudo, os limites dos compartimentos apresentam orientação aproximadamente N-S, compatíveis com a estruturação da Faixa Araçuai, e NNW-SSE, na região do Feixe de Lineamentos Colatina (Figura 5A). Os compartimentos I e M, correspondentes à maior região da porção norte da área, apresentam predominância de lineamentos NE-SW a ENE-WSW, discordantes da configuração regional da Faixa Araçuai (Figura 5C; Tabela 2), o que sugere a relação destas feições com uma evolução tectônica posterior. Nos compartimentos L e N, onde também predominam lineamentos de orientações aproximadamente NE-SW, a

presença marcante de feições de orientação aproximadamente N-S reflete a influência da estruturação do embasamento. Feições de orientação NNW-SSE são predominantes nos compartimentos J e K, sendo relacionadas à configuração estrutural do Feixe de Lineamentos Colatina.

A análise das classes de comprimentos de lineamentos permitiu avançar nas discussões sobre o significado tectônico destas feições e será exposta a seguir.

Os lineamentos iguais ou maiores que 10 km (Figura 6) ocorrem de forma ampla no Domínio do Embasamento e de maneira restrita no Domínio dos Depósitos Cenozoicos. Podem ser, em sua maioria, associados a feições de orientação N45°-67,5°E na porção sul, com inflexão para N-S a NNW-SSE na porção norte da área. Esta configuração é compatível com a estruturação do embasamento, mostrando a relação entre esta classe de comprimento de lineamentos e a estruturação das faixas Araçuai e Ribeira. É possível observar, ainda, uma zona de alta densidade de lineamentos de orientação NNW-SSE, correspondente ao Feixe de Lineamentos Colatina.

Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção Emersa das Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes

Thais Coelho Brêda; Claudio Limeira Mello & Anderson Moraes

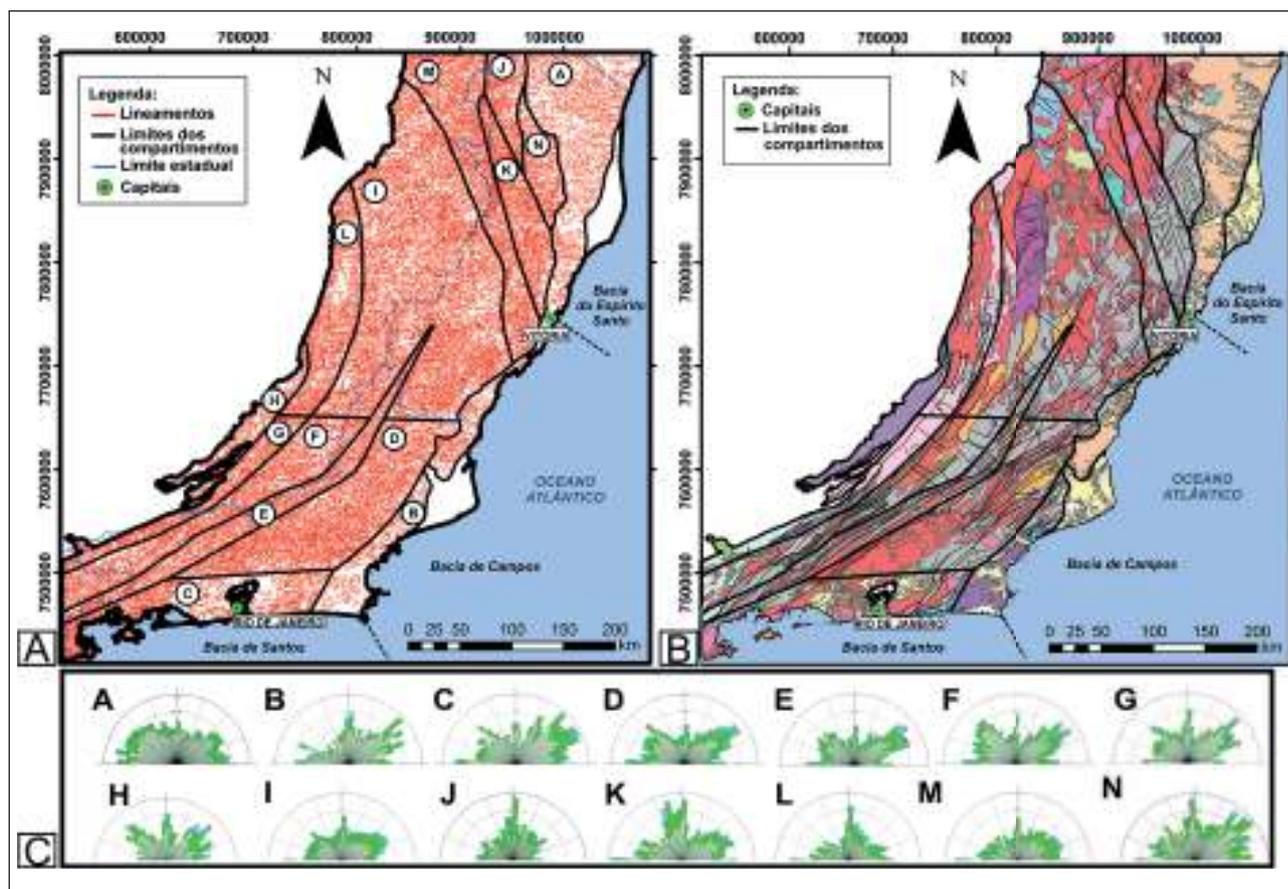


Figura 5 Compartimentos estruturais reconhecidos para a porção emersa das bacias marginais do Sudeste do Brasil e áreas de embasamento adjacentes, sobre o mapa de lineamentos (A) e o mapa geológico (B); C) rosetas de frequência de orientação e comprimento de lineamentos para cada compartimento estrutural. Ver legenda para as unidades geológicas na Figura 1.

Compartimentos	Classes de lineamentos (%)							
	N00-22,5E	N22,-5-45E	N45-67,5E	N67,-5-90E	N00-22,5W	N22,-5-45W	N45-67,5W	N67,-5-90W
A	6,13	8,51	14,03	14,78	10,08	12,53	17,57	16,35
B	8,52	12,22	25,19	15,93	14,07	3,33	8,15	12,59
C	5,04	18,03	24,03	17,49	7,08	9,01	9,44	9,87
D	6,31	13,20	23,62	10,80	6,68	11,33	15,02	13,04
E	5,51	11,60	28,61	11,41	7,18	10,91	13,77	11,01
F	5,34	11,37	21,50	11,52	7,73	14,62	16,01	11,91
G	8,76	14,74	23,09	10,29	11,13	13,07	10,71	8,21
H	11,45	14,14	18,18	11,78	9,43	16,16	11,11	7,74
I	10,12	12,54	19,13	14,50	10,48	9,57	11,03	12,63
J	18,51	12,98	10,10	8,41	19,23	8,89	10,58	11,30
K	9,44	8,78	15,89	15,67	22,00	5,89	8,78	13,56
L	17,62	10,36	12,14	17,74	12,02	4,64	9,88	15,60
M	9,51	12,87	16,54	19,65	9,08	7,52	10,63	14,18
N	9,70	16,71	17,52	14,02	16,44	8,09	8,36	9,16

Tabela 2 Distribuição dos lineamentos em cada compartimento estrutural por classe de orientação. Estão destacadas as classes predominantes segundo os compartimentos.

Trends de lineamentos com orientação aproximadamente E-W, discordantes da estruturação geral do embasamento, atravessam a área de estudo, não sendo representados no mapa geológico regional. Os lineamentos iguais ou maiores que 10 km ocorrem, ainda, em maior concentração e com maiores comprimentos, na porção centro-sul da área de estudo, principalmente relacionados à Zona de Cisalhamento Paraíba do Sul.

Os mapas de lineamentos menores que 10 km (figuras 7 e 8) mostram a ocorrência de todas as classes de orientação nos distintos contextos geológicos da área de estudo (Faixa Araçuaí, Faixa Ribeira e terrenos sedimentares), indicando que a estruturação do embasamento não tem a mesma influência observada para os lineamentos iguais ou maiores que 10 km. Esta influência pode ser percebida, no entanto, pela alta densidade de lineamentos N22,5°-45°E e N45°-67,5°E na porção sul da área de estudo e dos lineamentos N00°-22,5°W e N00°-22,5°E na porção norte (Figura 7), reproduzindo o padrão estrutural do embasamento. Por outro lado, também há uma alta concentração dos lineamentos N22,5°-45°E e N45°-67,5°E na porção norte da área de estudo e a presença de feixes das classes N00°-22,5°W e

N00°-22,5°E na porção sul da área, mostrando que a distribuição destes padrões de lineamentos não está somente condicionada pela configuração estrutural das faixas Ribeira e Araçuaí. A variação na densidade de lineamentos N22,5°-45°E e N45°-67,5°E mostra uma relação com os limites entre as bacias de Santos, Campos e do Espírito Santo, o que pode ser relacionado ao controle da tectônica mesozoica-cenozoica. A influência da conformação do embasamento é ainda menos evidente para as classes de lineamentos N67,5°-90°E, N67,5°-90°W, N22,5°-45°W e N45°-67,5°W (Figura 8). O controle do Feixe de Lineamentos Colatina é marcante sobre as feições de orientações N00°-22,5°W (Figura 7), assim como foi observado para os lineamentos iguais ou maiores que 10 km.

O significado tectônico dos lineamentos menores que 10 km pode ser interpretado a partir da relação de ortogonalidade entre a tensão principal horizontal mínima (Sh) e a orientação dos padrões de lineamentos (conforme discutido por Wise *et al.*, 1985, e Cianfarra & Salvini, 2015).

As classes de lineamentos N22,5°-45°E e N45°-67,5°E são associadas a um Sh de orienta-

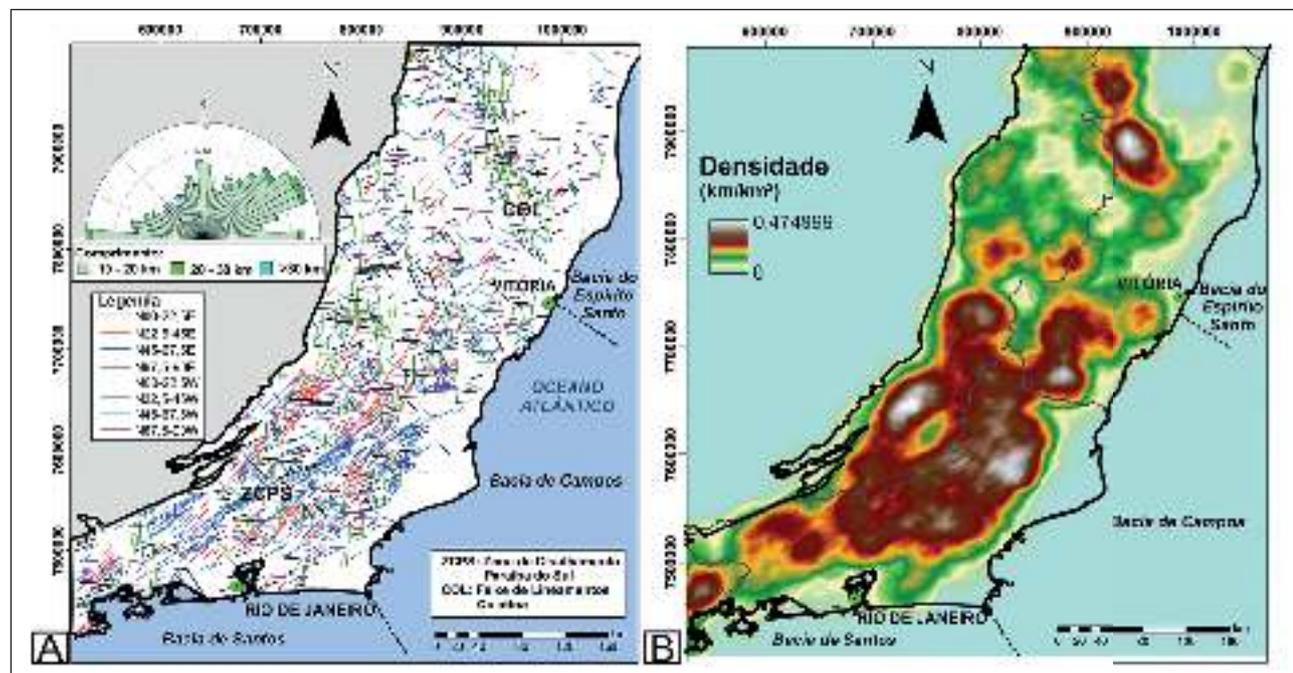


Figura 6 Mapa de lineamentos maiores que 10 km classificados quanto à orientação (A) e mapa de densidade de lineamentos maiores que 10 km (B) na porção emersa das bacias marginais do Sudeste do Brasil e áreas de embasamento adjacentes.

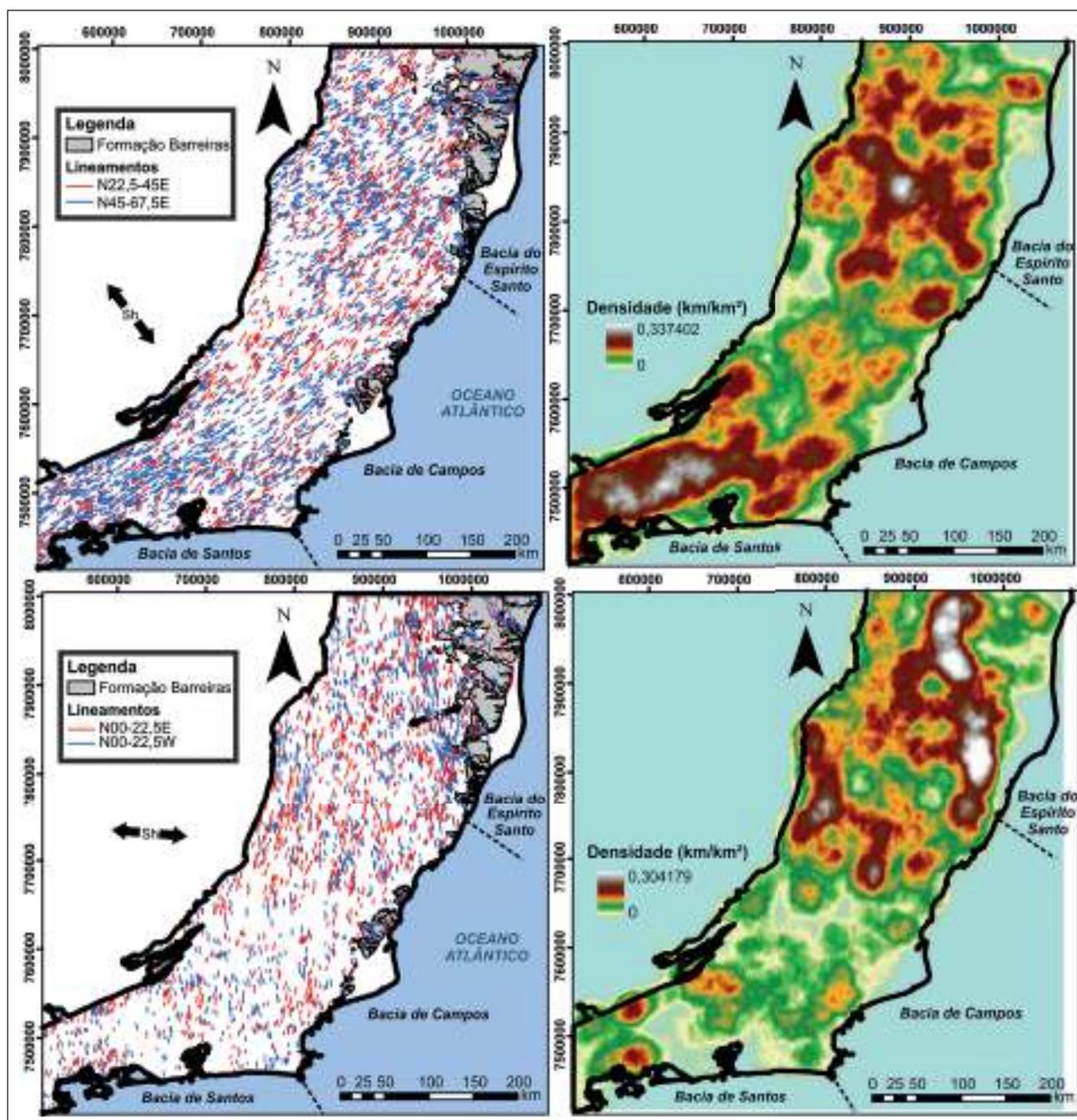


Figura 7 Mapa de lineamentos menores que 10 km das classes de orientação N22,5°-45°E; N45°-67,5°E; N00°-22,5°W e N00°-22,5°E e os respectivos mapas de densidade de lineamentos na porção emersa das bacias marginais do Sudeste do Brasil e áreas de embasamento adjacentes.

ção aproximadamente NW-SE, enquanto as classes N00°-22,5°W e N00°-22,5°E correspondem, de forma geral, a um Sh segundo a orientação E-W a WNW-ESE (Figura 7). Estas orientações de esforços tectônicos podem ser relacionadas à tectônica mezozoica que culminou na abertura oceânica, condi-

cionando a geração das bacias marginais adjacentes. A expressiva distribuição dos lineamentos N22,5°-45°E e N45°-67,5°E em toda área investigada, leva também à associação destes padrões de lineamentos com eventos mais recentes que apresentam um caráter distensivo de orientação NW-SE, como a fase de

Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção Emersa das Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes
 Thaís Coelho Brêda; Claudio Limeira Mello & Anderson Moraes

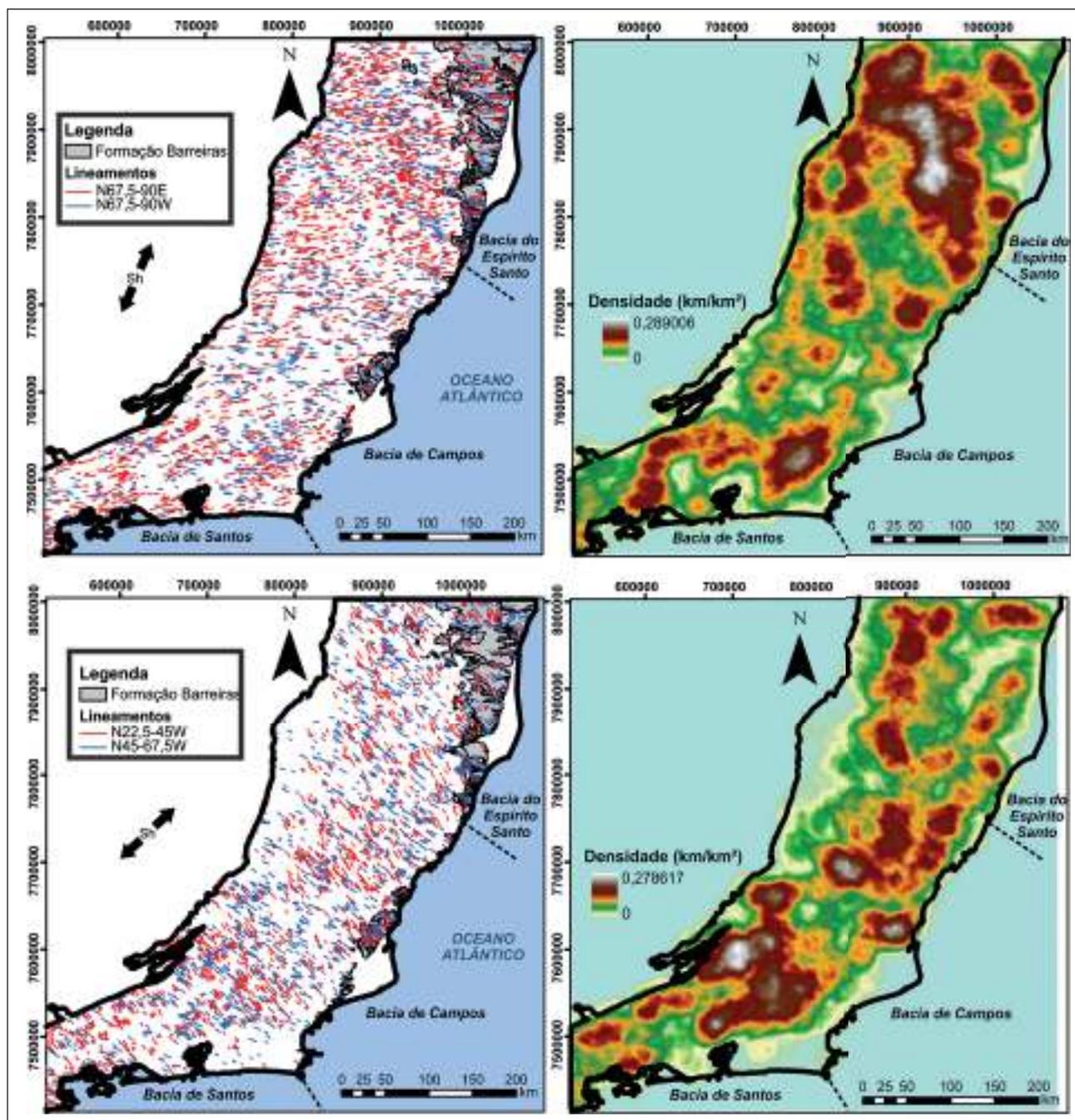


Figura 8 Mapa de lineamentos menores que 10 km das classes de orientação N67,5°-90°E; N67,5°-90°W; N22,5°-45°W e N45°-67,5°W; e os respectivos mapas de densidade de lineamentos na porção emersa das bacias marginais do Sudeste do Brasil e áreas de embasamento adjacentes.

formação do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil e eventos neotectônicos de Transcorrência Sinistral E-W (Mioceno) e de distensão NW-SE holocênica.

O Feixe de Lineamentos Colatina, com predomínio da classe de lineamentos N00°-22,5°W, foi

relacionado a um Sh de orientação ENE-WSW (Figura 7), associado à estruturação transversal da margem continental. Conforme discutido na literatura, este padrão de lineamentos também pode estar influenciado pela reativação neotectônica associada

ao evento de Transcorrência Dextral E-W (Neógeno-Quaternário).

As classes de lineamentos N22,5°-45°W, N45°-67,5°W, N67,5°-90°E e N67,5°-90°W, compatíveis com um Sh de orientação aproximadamente NE-SW (Figura 8), apresentam feixes concentrados que atravessam a área de estudo de forma contínua, desde o Domínio do Embasamento até regiões do Domínio dos Depósitos Cenozoicos, com forte representação sobre os depósitos da Formação Barreiras, o que permite atribuir estas feições a estruturas reativadas e/ou neofornadas durante o evento neotectônico de Transcorrência Dextral E-W.

5 Conclusões

A distribuição dos padrões de lineamentos no Domínio do Embasamento, em especial para os lineamentos iguais ou maiores que 10 km, mostrou a relação destas feições com a configuração estrutural das faixas Araçuaí e Ribeira, no contexto da Província Mantiqueira. Dentro deste domínio, a maior densidade de lineamentos ao longo do limite com o Domínio dos Depósitos Cenozoicos assinala uma zona de fraqueza relacionada às bordas elevadas das bacias marginais, refletindo a influência de eventos tectônicos mais recentes.

Ainda no Domínio do Embasamento, a evolução mesozoica da margem continental está bem representada pelo Feixe de Lineamentos Colatina, assim como por feixes aproximadamente paralelos ao longo da área de estudo, enquanto padrões de lineamentos menores que 10 km com orientação NE-SW e ENE-WSW na porção sul da área refletem principalmente a configuração do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil.

No Domínio dos Depósitos Cenozoicos, o marcante predomínio de lineamentos menores que 10 km, com orientações principais N45°-90°W, permite concluir o controle destas feições pelo evento neotectônico de Transcorrência Dextral E-W (Neógeno-Quaternário).

A influência dos eventos neotectônicos nos padrões de lineamentos no Domínio do Embasamento não é tão evidente, porém alguns aspectos podem ser ressaltados em favor desta interpretação, como por exemplo: a continuidade para o Domínio dos Depósitos Cenozoicos de *trends* de lineamentos NW-SE a

E-W bem marcados no Domínio do Embasamento; a ampla distribuição no Domínio do Embasamento dos lineamentos menores que 10 km de orientações NW-SE e E-W; e a distribuição dos lineamentos menores que 10 km de orientação NE-SW, inclusive nos terrenos da Faixa Araçuaí.

Os lineamentos de orientações N45°-90°E são associados a diferentes contextos tectônicos: as feições iguais ou maiores que 10 km, de ocorrência na porção sul da área, refletem a configuração da Faixa Ribeira; e as feições menores que 10 km, de ampla abrangência espacial, estão associadas a eventos mais recentes. Este padrão de lineamentos com comprimentos menores que 10 km é compatível com todos os eventos mesozoicos-cenozoicos atuantes na área de estudo, o que dificulta uma avaliação mais detalhada que indique a relação de cada feição com um evento específico.

6 Referências

- Almeida, F.F.M. 1991. O Alinhamento Magmático de Cabo Frio. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Resumos expandidos*, São Paulo, SBG, p. 423-428.
- Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M. & Gonçalves, J.H. 2003. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas e SIG*. Brasília, CPRM. 692 p. CD-ROM.
- Brêda, T.C. 2012. *Análise Multiescalar da Formação Barreiras na Área Emersa da Bacia de Campos, entre Búzios e Campos dos Goytacazes (RJ)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 117p.
- Bricalli, L.L. 2011. *Padrões de Lineamentos e Fraturamento Neotectônico no Estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 221p.
- Bricalli, L.L. & Mello, C.L. 2013. Padrões de Lineamentos Relacionados à Litoestrutura e ao Fraturamento Neotectônico (Estado do Espírito Santo, SE do Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(3): 301-311.
- Cianfarrá, P. & Salvini, F. 2015. Geodynamic Indicators of Crustal Stress Fields from Tectonic Lineament Analysis. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 15, Vitória, 2015. *Resumos expandidos*, Vitória, SBG, p. 419-421.
- Ferrari, A.L. 2001. *Evolução Tectônica do Graben da Guanabara*. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 412p.
- França, R.L.; Del Rey, A.C.; Tagliari, C.V.; Brandão, J.R. & Fontanelli, P.R. 2007. Bacia do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 501-509.
- Gatto, L.C.S.; Ramos, V.L.S.; Nunes, B.T.A.; Mamede, L.; Góes,

**Significado Tectônico de Padrões de Lineamentos na Porção
Emersa das Bacias Marginais do Sudeste do Brasil e Áreas de Embasamento Adjacentes**

Thaís Coelho Brêda; Claudio Limeira Mello & Anderson Moraes

- M.H.; Mauro, C.A.; Alvarenga, S.M.; Franco, E.M.S.; Quirico, A.F. & Neves, L.B. 1983. Geomorfologia: Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória. In: PROJETO RADAMBRASIL 32, Rio de Janeiro, IBGE, p. 305-384.
- Heilbron, M.; Pedrosa Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITO-NEVES, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 203-234.
- Hatshika, R.S. 2005. *Investigação Sismoestratigráfica do Lago Juparanã – Baixo Curso do Rio Doce, Linhares (ES)*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), 85p.
- Hobbs, W.H. 1904. Lineaments of the Atlantic Border Region. *Geological Society of America Bulletin*, 15: 483-506.
- Liu, C.C. 1987. A geologia estrutural do estado do Rio de Janeiro vista através de imagens MSS de Landsat. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL RJ-ES, 1, Rio de Janeiro, 1987. *Anais*, Rio de Janeiro, SBG, p. 164-188.
- Mello, C.L. 1997. *Sedimentação e Tectônica Cenozoicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos*. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 275p.
- Mello, C.L.; Rodrigues, H.B. & Hatshika, R.S. 2005. Tectônica Quaternária e Anomalias de Drenagem na Região Centro-Norte do Espírito Santo. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10, Guarapari, 2005. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, ABEQUA, CD-ROM.
- Mendes, I.A.; Dantas, M. & Bezerra, L.M.M. 1987. Geomorfologia: Folha SE.24, Rio Doce. In: PROJETO RADAMBRASIL 34, IBGE, p. 173-338.
- Miranda, D.J. 2007. *Análise de Estruturas Rúpteis Associadas a Deformações Neotectônicas na Região Centro-Norte do Estado do Espírito Santo*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho Final de Curso (Bacharelado), 58p.
- Miranda, D.J. 2009. *Tensões e Fraturamento Neotectônico na Área Emersa da Bacia do Espírito Santo*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 113p.
- Modenesi Gauttieri, M.C.; Hiruma, S.T. & Riccomini, C. 2002. Morphotectonics of a High Plateau on the Northwestern Flank of the Continental Rift of Southeastern Brazil. *Geomorphology*, 43: 257-271.
- Moreira, J.L.P.; Madeira, C.V.; Gil, J.A. & Machado, M.A.P. 2007. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 531-549.
- Negrão, A.P.; Ramos, R.R.C.; Mello, C.L. & Sanson, M.S.R. 2015. Mapa Geológico do Cenozoico da Região da Bacia de Volta Redonda (RJ, Segmento Central do Rift Continental do Sudeste do Brasil): identificação de novos grabêns e ocorrências descontínuas, e caracterização de estágios tectonosedimentares. *Brazilian Journal of Geology*, 45(2): 273-291.
- Oliveira, D.B.; Moreno, R.S.; Miranda, D.J.; Ribeiro, C.S.; Seoane, J.C.S. & Mello, C.L. 2009. Elaboração de um Mapa de Lineamento Estrutural e Densidade de Lineamento Através de Imagem SRTM, em uma Área ao Norte do Rio Doce, ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal, 2009. *Anais eletrônicos*, Natal, INPE, p. 4157-4163.
- Ribeiro, C.S. 2010. *Influência da Tectônica Pós-Deposicional na Distribuição da Formação Barreiras entre o Rio Paraíba do Sul (RJ) e Rio Doce (ES)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 163p.
- Riccomini, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 256p.
- Riccomini, C.; Sant'anna, L.G. & Ferrari, A.L. 2004. Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITO-NEVES, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 383-406.
- Rodrigues, H.B. 2005. *Aspectos Geomorfológicos e Reativação Tectônica Cenozoica na Faixa de Lineamentos Colatina (Espírito Santo)*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), 58p.
- Salvador, E.D. 1994. *Análise Neotectônica da Região do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itaitiaia (RJ)*. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 109p.
- 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*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 81p.
- Silva, T.P. 2006. *Neotectônica na Região da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul e Áreas Adjacentes, entre Miguel Pereira (RJ) e Juiz de Fora (MG)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 125p.
- Silva, J.M.R.; Lima, M.I.C.; Veronese, V.F.; Ribeiro Junior, R.N. & Siga-Júnior, O. 1987. Geologia: Folha SE.24. Rio Doce. In: PROJETO RADAMBRASIL 34, Rio de Janeiro, IBGE, p. 23-172.
- Winter, W.R.; Jahnert, R.J. & França, A.B. 2007. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 511-529.
- Wise, D.U.; Funicello, R.; Parotto, M. & Salvini, F. 1985. Topographic lineament swarms: Clues to their origin from domain analysis of Italy. *Geological Society of America Bulletin*, 96: 952-967.