

As falhas NE-SW sinistras são compatíveis com um campo de tensões com  $\sigma_1$  horizontal próximo a N-S e  $\sigma_3$  horizontal próximo de E-W (figura 48A). As falhas NE-SW dextrais e a falha NW-SE sinistral são compatíveis com um tensor com  $\sigma_1$  com caimento para SSW e  $\sigma_3$  horizontal na direção NNW-SSE (figura 48B).

## 8.2 Diques

A geometria dos diques e o arranjo dos conjuntos de diques foram utilizados para caracterizar os regimes de esforços atuantes durante a sua colocação, segundo os critérios apresentados no capítulo 1 (figura 49).

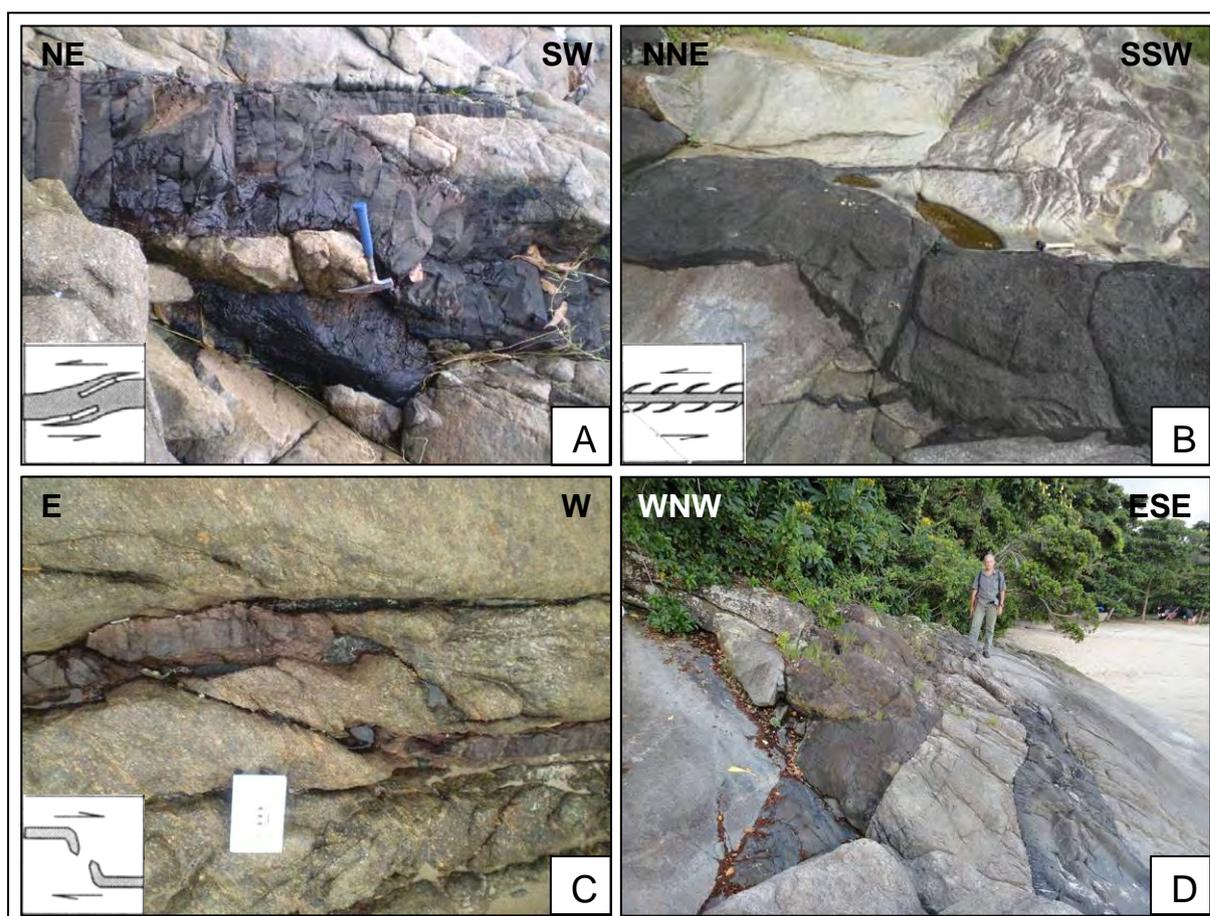


Figura 49 - Geometria de diques vistos em planta, possivelmente relacionadas a componentes de cisalhamento, segundo modelos esquemáticos de Corrêa Gomes et al. (1996). A) Tocos com assimetria sinistral em diabásio. Ponta da Boraceia, SAL-3-02. B) Apófises com assimetria sinistral em dique de diabásio com geometria em zigue-zague. Praia de Cabaraú, Ilhabela, SSE-LGJA-033. C) Ponte dextrais em diabásio. Praia da Jureia, SAL-3-17. D) Ponte dextrais em dique de diabásio. Praia da Ponta Aguda, Caraguatatuba, CAR-LGJA-055.

Indicadores cinemáticos em diques individuais como pontes, tocos e apófises assimétricas fornecem indícios qualitativos da existência de uma componente de cisalhamento durante a colocação do dique (figura 49), embora a principal componente seja de tração. Foram observados indicadores desse tipo tanto destrais quanto sinistrais, com um discreto predomínio de indicadores sinistrais. Observou-se que em muitos casos estes indicadores não são conclusivos, pois existem casos de ambiguidade entre feições, às vezes em um mesmo dique.

Diques com geometrias do tipo zigue-zague bem definidas podem fornecer a direção de dilatação, que é paralela ao traço axial da feição (ver capítulo 1). Este método foi utilizado em diversos diques (figura 50), resultando em um conjunto de medidas de direção de dilatação (figura 51), que é presumidamente paralela à componente horizontal do eixo de tensão  $\sigma_3$ , quando observada em planta.

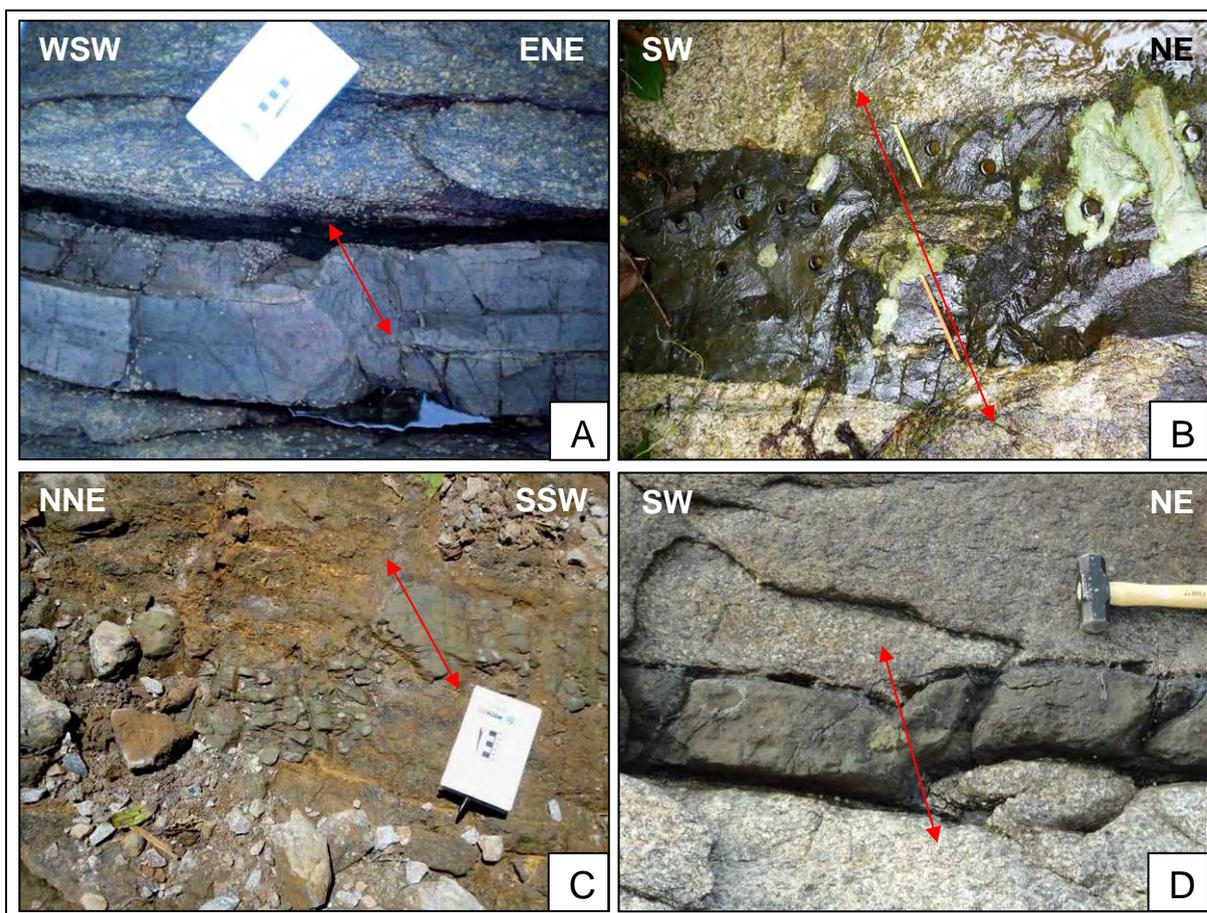


Figura 50 - Diques com geometria em zigue-zague, vistos em planta. A direção de dilatação, em vermelho, é presumidamente paralela à componente horizontal de  $\sigma_3$ . A) Dique de diabásio cortando dique de lamprófiro, Praia Preta, São Sebastião. B) Dique máfico no leito do rio, Parque Estadual de Ilhabela. C) Dique de fonolito na trilha para Castelhanos, Parque Estadual de Ilhabela. D) Dique de diabásio na Praia Miúda, oeste da Ilha de São Sebastião. Nestes exemplos a direção de dilatação é NW-SE e existe uma componente sinistral de movimento.

As direções de dilatação ou  $\sigma_3$  foram analisadas separadamente por conjunto de diques segundo a litologia (figura 51), visto que estes conjuntos podem representar pulsos magmáticos distintos. Em todos os conjuntos predomina a direção NW-SE, sendo que nos diabásios e nos lamprófiros ocorre certa dispersão para N-S e para E-W (figura 51 A, B). Analisando os dados conjuntamente, observa-se o predomínio da direção NW-SE, com um segundo conjunto N-S (figura 51D).

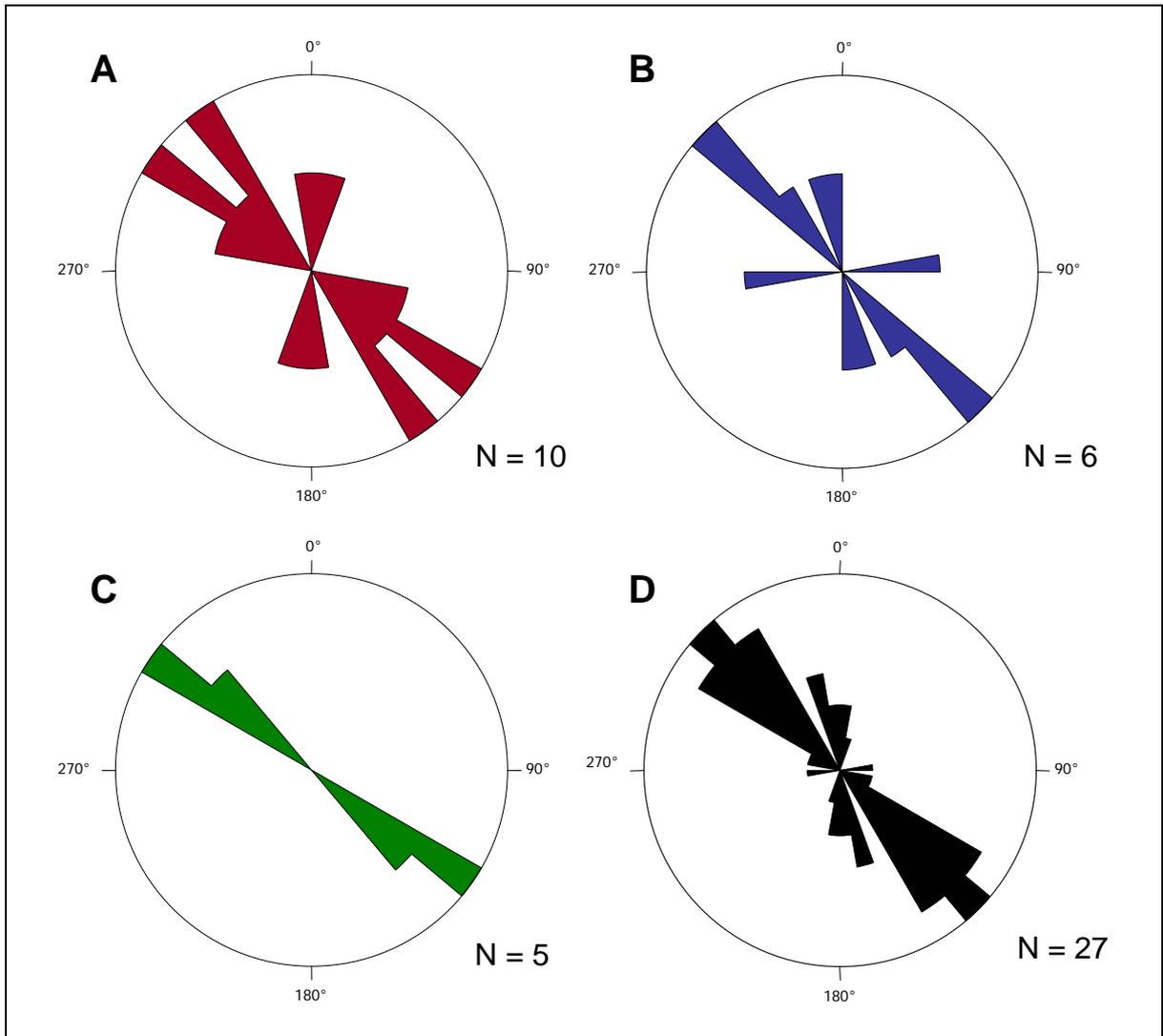


Figura 51 - Direções de dilatação ou componente horizontal de  $\sigma_3$  obtidas a partir da geometria dos diques A) de diabásio; B) de lamprófiro; C) alcalinos. D) Total de medidas de dilatação em diques, incluindo diques cuja litologia não foi discriminada.

A análise das direções de dilatação, ou da componente horizontal de  $\sigma_3$ , aponta para um predomínio de distensão pura para o conjunto de diques de direção NE-SW. As componentes direcionais observadas nas figuras 49 e 50 podem ser resultado de heterogeneidades locais.

Comparando os resultados desta análise com a análise cinemática das falhas, não se observa uma relação direta entre as direções dos paleotensores. No entanto, as falhas sinistrais NE-SW (figura 48A) podem ter alguma relação com a componente sinistral observada em muitos diques orientados nesta direção (figura 50). Uma correlação mais segura é dificultada devido à escassez de falhas e à ausência de marcadores de idade do falhamento.

Alguns afloramentos fornecem um grande número de informações quanto à geometria de um dique ou um conjunto de diques e o fraturamento a eles associado. Estes afloramentos serão descritos em detalhe a seguir.

### 8.2.1 Praia de Cabaraú (SSE-LGJA-033)

A praia de Cabaraú localiza-se no litoral sudoeste da Ilha de São Sebastião. O lajedo da figuras 52, 53 e 54 é constituído por um ortognaisse migmatítico, cuja foliação (representada em cinza) mergulha para 353/24. Observa-se uma lineação de estiramento aproximadamente downdip.



Figura 52 - Imagem de satélite do afloramento da praia de Cabaraú. É possível observar o dique NE-SW, que aparece como um traço preto paralelo à rodovia (seta). Fonte: Google Earth, 30/01/2012

Observa-se um dique de diabásio pofirítico, com fenocristais de augita, paralelo à costa com espessura média de 1,20 m, geometria em zigue-zague e apófises assimétricas. A orientação geral do dique é NE-SW a NNE-SSW, com os segmentos menores orientados na direção ENE-WSW.

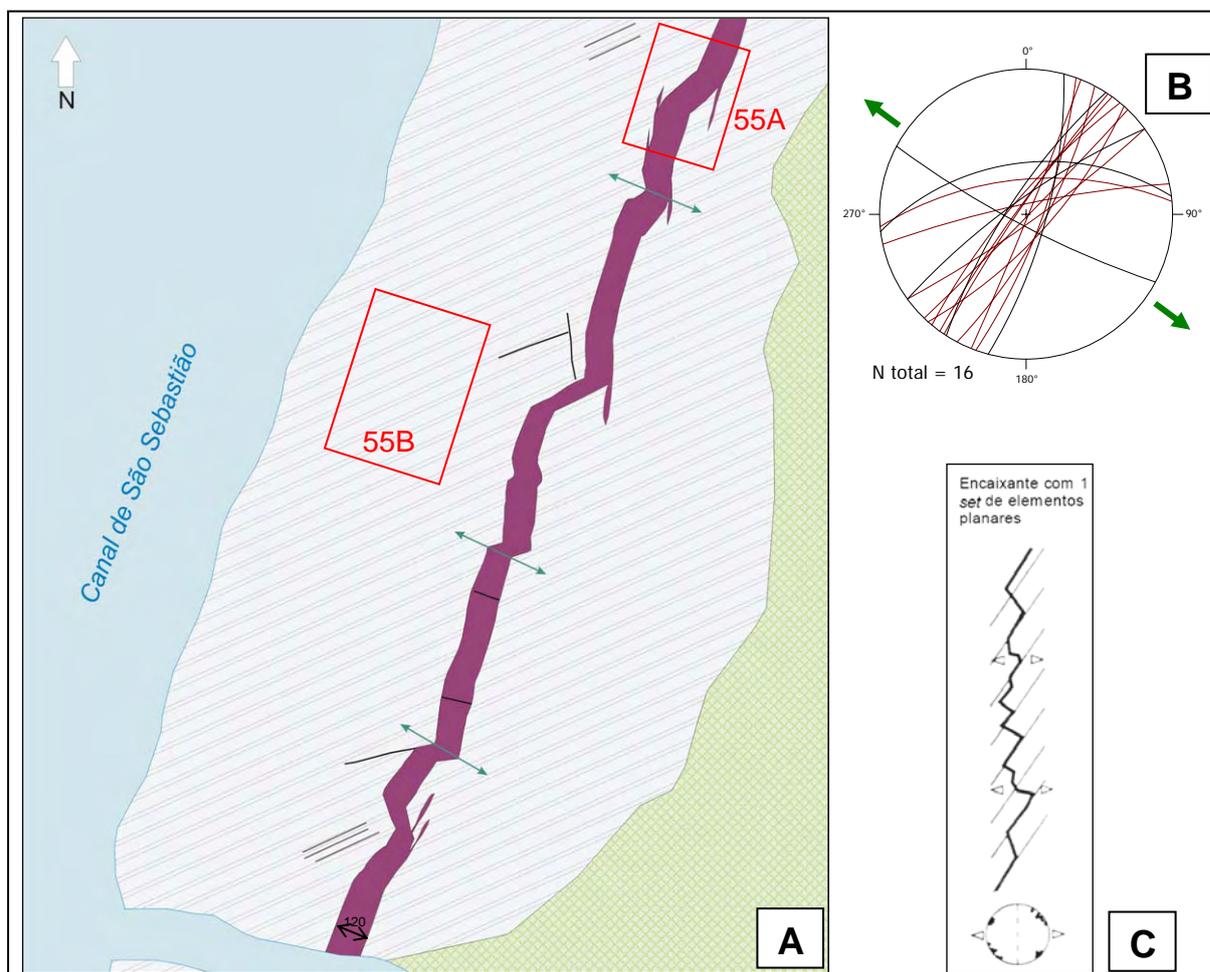


Figura 53 - Lajedo na Praia de Cabaraú, sudoeste da Ilha de São Sebastião. **A)** *Croquis* do afloramento mostrando o traço da foliação em cinza, o dique de diabásio em lilás, fraturas em preto e a direção de dilatação em verde. O dique tem espessura aproximada de 1,2 m. A localização das figuras 55A e 55B está indicada em vermelho. **B)** Projeção estereográfica no hemisfério inferior dos segmentos do dique (em vermelho) e das fraturas (em preto), com indicação da direção da componente horizontal de  $\sigma_3$ , em verde. **C)** Esquema de dique com geometria em zigue-zague e direção de  $\sigma_3$  segundo Hoek (1991).

A assimetria das apófises sugere uma componente sinistral no plano NE-SW. Alguns diques centimétricos paralelos ao dique principal sugerem esta mesma componente de movimento (figura 55). No entanto, a análise da geometria do zigue-zague aponta para uma distensão pura para o conjunto de diques como um todo, com  $\sigma_3$  orientado NW-SE (figuras 53 e 55A). Segundo este critério, componentes sinistrais poderiam ocorrer nos segmentos menores, orientados ENE-WSW.



Figura 54 - Visão geral do lajedo em Cabaraú, sudoeste da Ilha de São Sebastião, assinalado nas figuras 52 e 53. Observa-se dique de diabásio com geometria em zigue-zague e apófises assimétricas.

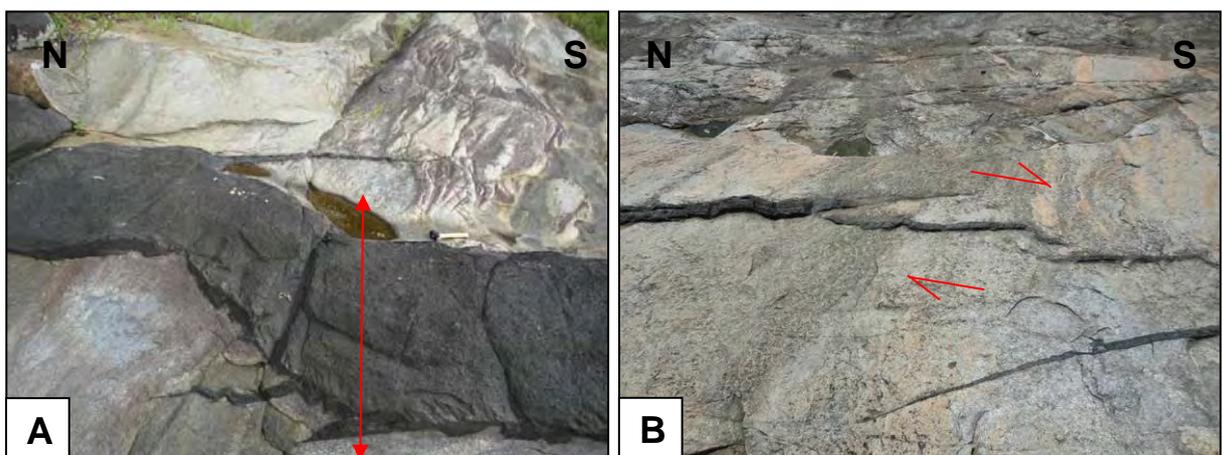


Figura 55 - Detalhes de feições observadas no afloramento da figura 52. A) Apófises com assimetria sinistral e zigue-zague indicando distensão pura. B) Diques centimétricos com arranjo escalonado sugerindo componente sinistral.

### 8.2.2 Ponta do Araçá

A Ponta do Araçá localiza-se a sul da cidade de São Sebastião, em frente ao canal homônimo (figura 56). Consiste de um extenso lajedo onde aflora um granada-granito foliado cortado por uma série de diques de diabásio e de lamprófiro (figura 57).

A foliação mergulha cerca de  $45^\circ$  para NW. Os diques têm orientação NE-SW e secundariamente NNE-SSW (figura 58). Observou-se um *sill*, concordante com a foliação de baixo ângulo, na parte sul do lajedo (figura 57).



Figura 56 - Imagem de satélite da Ponta do Araçá, sul da cidade de São Sebastião, com a posição dos principais diques e do *sill* mostrados na figura 57.

Fonte: Google Earth, 30/01/2012.

Na figura 57A, observa-se um dique de diabásio com geometria em ponte (no centro da foto), compatível com uma componente dextral na direção NE-SW. As figuras 57 B e C mostram um dique composto, com geometria em zigue-zague. Observa-se uma justaposição entre um dique de lamprófiro porfírico com margens resfriadas e um dique de diabásio afanítico (figura 57 C). Ambos apresentam a mesma geometria em zigue-zague. Esta geometria aponta para uma leve componente sinistral, com  $\sigma_3$  na direção N50W.

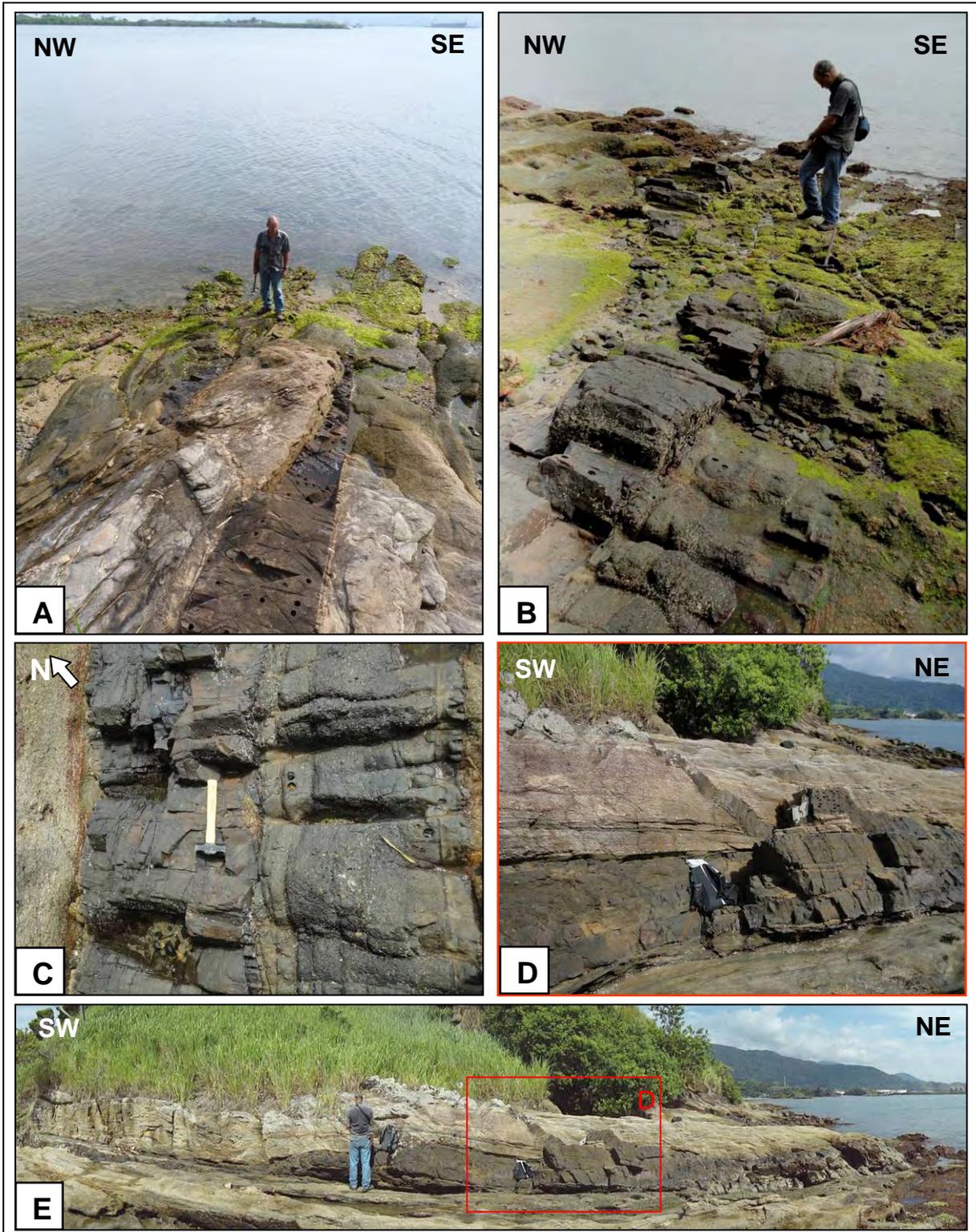


Figura 57 - Corpos intrusivos observados na Ponta do Araçá. A) Dique de diabásio, (SSE-LGJA-039, ver figura 56) com geometria em ponte sugerindo componente destal. B) Intrusão composta (SSE-LGJA-040) com geometria em zigue-zague. C) Detalhe da intrusão composta, onde se observa dique de lamprófiro porfirítico com bordas afaníticas (direita) lado a lado com dique de diabásio afanítico (esquerda). D e E) *Sill* de lamprófiro com baixo mergulho para WNW (SSE-LGJA-041), com apófises de alto mergulho (diques) intrudindo para o topo e para a esquerda em relação ao *sill*.

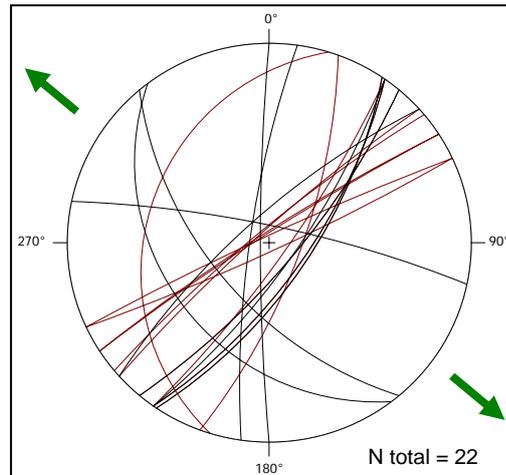


Figura 58 - Projeção estereográfica no hemisfério inferior dos diques (vermelho) e fraturas (preto) que ocorrem na Ponta do Araçá. Direção de distensão em verde.

As figuras 57 D e E mostram um *sill* de lamprófiro com cerca de 1m de espessura e com orientação 287/27. Associadas ao *sill*, ocorrem apófises com alto ângulo de mergulho (figura 57 D). As apófises se projetam para o topo e para a esquerda em relação ao *sill*.

O lajedo da Ponta do Araçá localiza-se imediatamente a oeste do canal de São Sebastião em sua extremidade sul. Neste ponto, observa-se uma grande densidade de diques máficos, tanto de diabásio quanto de lamprófiro, com orientação NE-SW; a orientação NW-SE do afloramento é propícia para esta observação. O canal de São Sebastião é alinhado na direção NE-SW, sugerindo um controle estrutural dado pelo enxame de diques supracitado na escavação do canal.

### 8.2.3 Praia da Jureia (SAL-3-017)

O afloramento localiza-se no costão direito da praia da Jureia (figura 59). Foi observado um conjunto de diques de diabásio (figura 60) com espessuras entre 10 cm e 3 m. Os diques mais espessos são compostos por diabásio porfirítico, com fenocristais de olivina pseudomorfizada.



Figura 59 - Imagem de satélite do costão direito da praia da Jureia. Observam-se feições lineares com orientação E-W próximo da linha de costa.

Fonte: Google Earth, 26/11/2011.

A rocha encaixante é um ortognaisse porfirítico, cuja foliação é subvertical com orientação WNW-ESE. A orientação geral dos diques é ENE-WSW, também subvertical porém discordante da foliação (figura 60D).

Observa-se uma zona muito fraturada, no centro da figura 60 (A,B) com cerca de 4m de espessura. Os diques, com espessuras entre 10 e 20 cm, são encaixados nas bordas desta zona. Nas vizinhanças da zona mais deformada, ocorrem fraturas E-W com arranjo escalonado oblíquas à zona e aos diques. Este arranjo de estruturas sugere uma componente dextral de movimento, compatível com a geometria da ponte da figura 60 C.

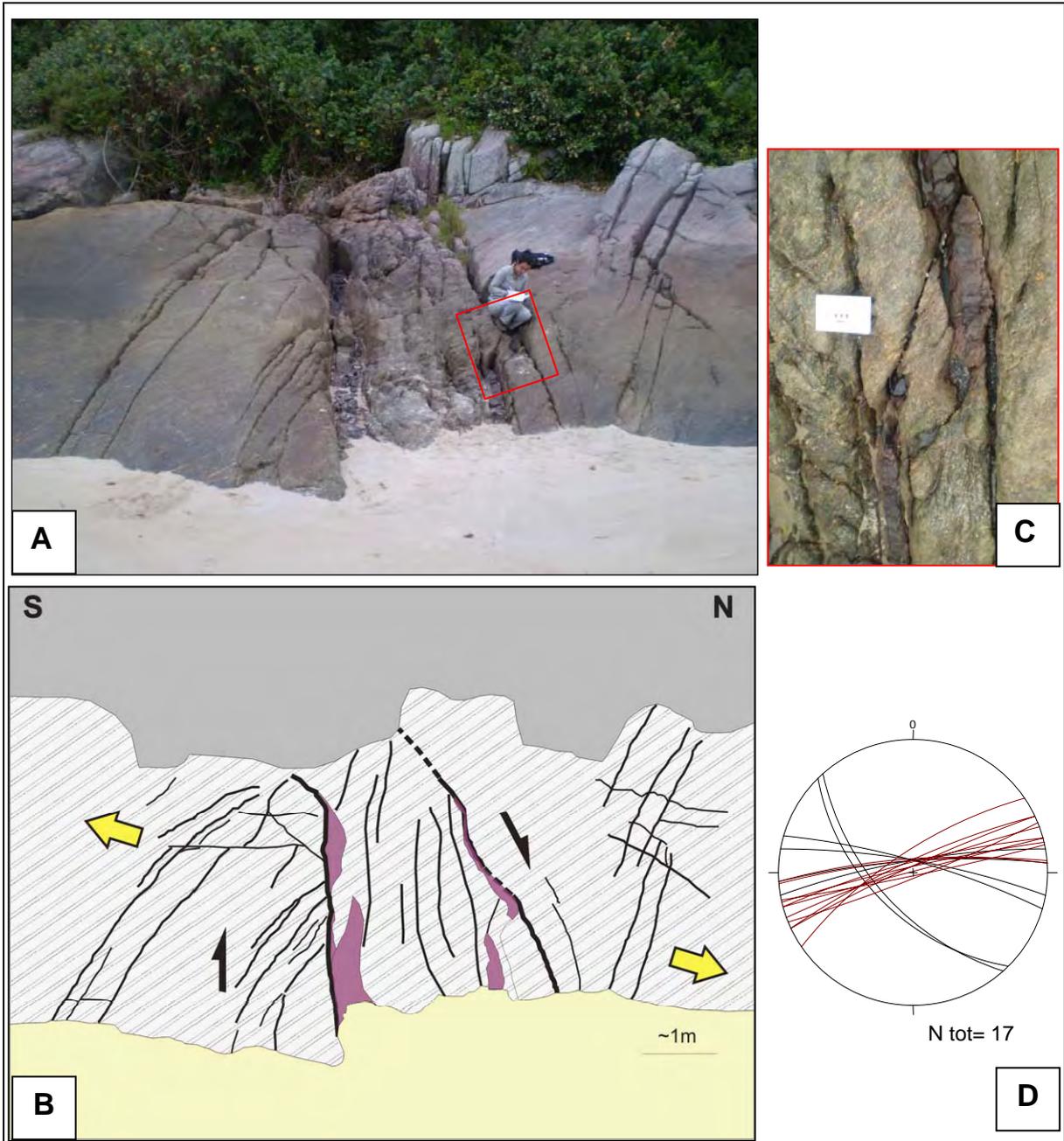


Figura 60 - A) Conjunto de diques de diabásio no costão direito da praia da Jureia. Em B) a direção de distensão (amarelo) é interpretada como normal às fraturas escalonadas (próximo de N-S). C) Detalhe de ponte indicando componente destal. D) Projeção estereográfica no hemisfério inferior de diques (vermelho) e fraturas (preto).

A partir da geometria descrita para as estruturas, interpreta-se uma direção de distensão aproximadamente N-S, normal às fraturas escalonadas e oblíqua à zona deformada que contém os diques, gerando uma componente destal na zona.

#### 8.2.4 Ponta da Boraceia (SAL-3-03)

O afloramento localiza-se em um costão íngreme na ponta da Boraceia, no canto esquerdo da Praia da Boraceia (fig. 61). A rocha encaixante é um ortognaisse porfirítico com foliação ENE-WSW. Observa-se um conjunto de três diques de diabásio escalonados, encaixados em uma zona muito fraturada (fig. 62).



Figura 61 - Ponta da Boraceia, canto esquerdo da Praia da Boraceia (acima). O afloramento da figura 62 está indicado em vermelho.  
 Fonte: Google Earth, 26/11/2011.

Os diques são subverticais, com orientações em torno de NNE-SSW (figura 62 C). A zona fraturada em que os diques estão encaixados tem orientação próxima de N40E. Este arranjo de estruturas é compatível com uma distensão normal aos diques (figura 62 D), com orientação WNW-ESE. Por conseguinte, a distensão é oblíqua à zona fraturada NE-SW, que sofre uma componente sinistral de movimento.

O arranjo dos segmentos de diques observado na figura 62 é compatível com o modelo apresentado por Anderson (1951 apud FOSSEN, 2010), no qual um único dique em profundidade é segmentado em níveis mais rasos pela rotação do campo

de tensões (fig. 63). No caso apresentado, um campo de tensões profundo com  $\sigma_3$  NW-SE teria rotacionado para WNW-ESE em um nível mais raso da crosta.

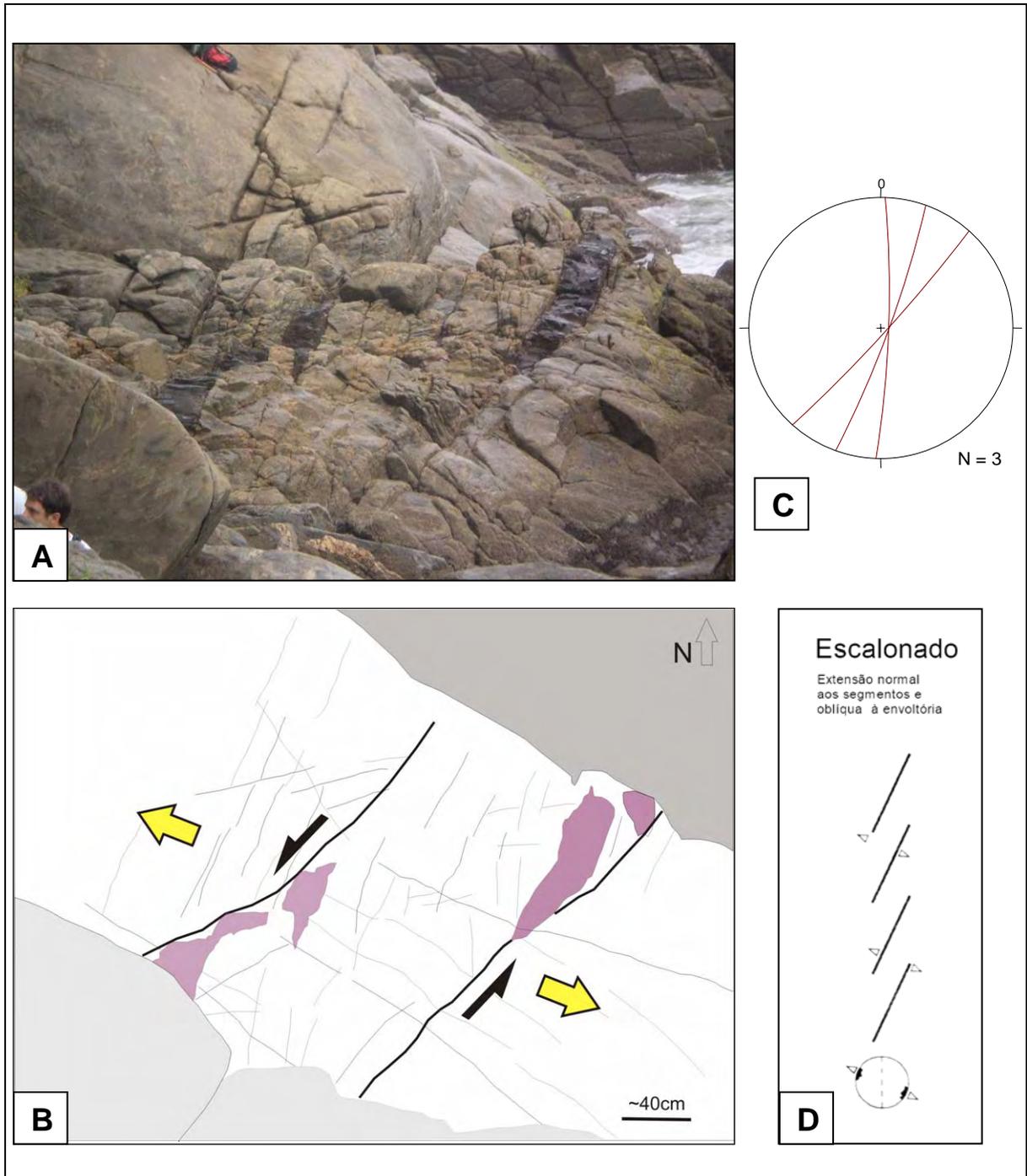


Figura 62 - Afloramento na Ponta da Boraceia. Em A) e B) observa-se conjunto de diques escalonados, oblíquos à zona fraturada NE-SW. C) Projeção estereográfica no hemisfério inferior dos segmentos de diques. D) Esquema teórico de um conjunto de diques escalonados e direção de distensão (HOEK, 1991).

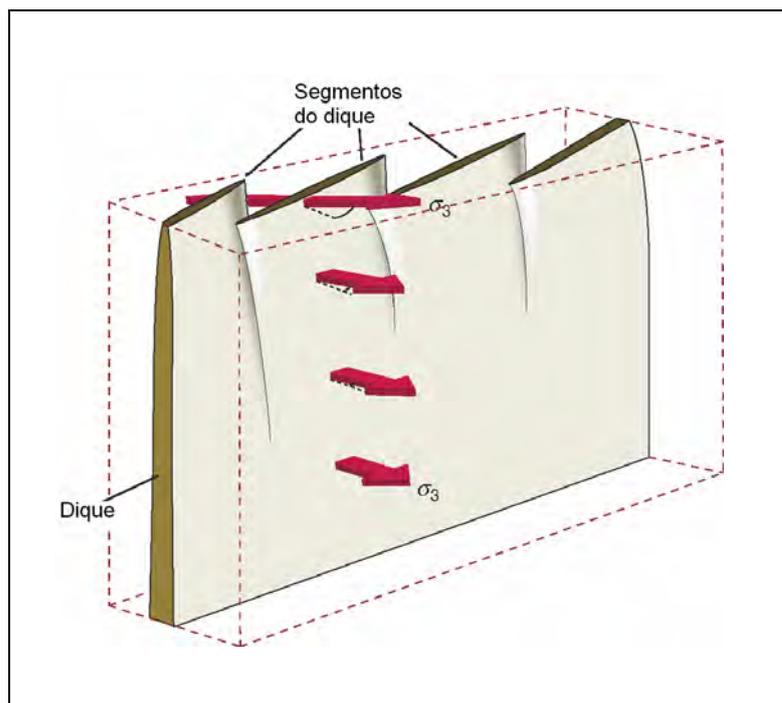


Figura 63 - Modelo teórico para intrusão de dique com geometria escalonada em superfície  
Fonte: ANDERSON, 1951 apud FOSSEN, 2010.

## 9 CONCLUSÕES

A análise de dados estruturais de campo e de sensores remotos permitiu identificar a presença de três direções principais de fraturamento:

- NE-SW a ENE-WSW, subparalela aos traços da foliação e das zonas de cisalhamento dúcteis. A maior parte dos diques (toleíticos e alcalinos) e das fraturas tem esta orientação geral, muitas vezes discordantes em relação às estruturas dúcteis;
- NW-SE, representada por feixes de lineamentos e fraturas que afetam tanto o embasamento quanto as rochas alcalinas. Não se observaram diques com esta direção. Um importante feixe de lineamentos NW-SE atravessa a Ilha de São Sebastião, afetando os sienitos. Observou-se uma falha com pequeno rejeito dextral cortando um dique alcalino.
- NNE-SSW, expressa como feixes de lineamentos na parte oeste da área, principalmente na altura de Bertiooga e em torno da Ponta da Boraceia. Nesta região ocorrem diques de diabásio com direção NNE-SSW, por vezes escalonados sugerindo componente sinistral de movimento.

Estas direções estão de certa forma expressas nos sienitos do Cretáceo Superior, denotando pelo menos uma fase de geração mais nova que estas rochas. A partir dos sensores remotos, foi possível definir feixes de lineamentos que podem representar áreas de concentração da deformação rúptil.

A maior parte dos diques se orienta segundo a direção NE-SW, concordante com a orientação geral do Enxame de Diques da Serra do Mar. As foliações dúcteis da área se orientam segundo o *strike* ENE-WSW, com ângulos de mergulho variáveis. Nas proximidades do canal de São Sebastião, ocorre uma faixa de foliações de baixo ângulo. Nesta porção, a geometria do embasamento, pelo menos em superfície, sugere que a intrusão dos diques não aproveitou diretamente as fraquezas do embasamento, pois a grande maioria tem alto ângulo de mergulho. Apenas poucos *sills* com baixo mergulho foram observados.

A diferenciação dos tipos magmáticos é essencial para a separação dos eventos de colocação dos diques. A análise petrográfica mostrou uma grande variedade de tipos litológicos, que podem ser resumidos como:

- diabásio, com variações composicionais (com e sem olivina) e texturais (equigranulares e porfíricos). As variações podem denotar pulsos distintos de magmatismo, com presença de diabásio alcalino e toleítico. Uma análise química de elementos maiores seria conclusiva para discriminar as séries magmáticas;
- lamprófiros alcalinos, notadamente camptonito (com feldspato na matriz) e monchiquito (sem feldspato);
- rochas alcalinas félsicas (fonolitos e traquitos).

Algumas feições como presença de xenólitos, xenocristais e relações de corte mostram uma intrincada relação temporal entre os tipos magmáticos (lamprófiros portando xenocristais e xenólitos de rochas alcalinas félsicas e de diabásio; dique de lamprófiro cortado por dique de diabásio). Portanto, pelo menos alguns destes magmas devem ser contemporâneos – provavelmente os magmas da série alcalina, representados por diabásios alcalinos, lamprófiros, fonolitos e traquitos. Sabe-se que o magmatismo alcalino data do Cretáceo Superior nesta área, ca. 86 Ma (ENRICH et al., 2009).

A análise cinemática dos diques aponta para uma distensão na direção NW-SE, ortogonal à direção principal do conjunto de diques. Sendo assim, a colocação do enxame de diques, de orientação NE-SW, se deu em um regime de distensão pura NW-SE. Localmente ocorrem componentes direcionais na colocação dos diques, com ligeiro predomínio de componentes sinistrais. Desta forma, pode-se admitir uma leve componente transtrativa sinistral em regime predominantemente distensivo.

Aparentemente há pouca diferença, tanto na orientação quanto no regime tectônico, entre os diques de diferentes litologias. Este fato pode ser explicado por duas hipóteses:

- todos os tipos magmáticos foram intrudidos em um mesmo regime tectônico, produto de um mesmo evento. Neste caso as intrusões seriam síncronas, apesar da grande diversidade composicional; ou
- as intrusões têm idades distintas, porém o campo de esforços não mudou de direção ao longo do tempo.

Na área de estudo, ocorrem magmas basálticos tanto toleíticos quanto alcalinos (GARDA, 1995). De forma geral, as rochas alcalinas desta região são datadas do Cretáceo Superior (ca. 86 Ma), enquanto que as rochas toleíticas são

atribuídas ao Cretáceo Inferior (ca. 134 Ma). Desta forma, é mais provável que as rochas ígneas da área estudada estejam relacionadas a pelo menos dois pulsos magmáticos.

Sendo assim, os dados estruturais suportam a hipótese de campos de tensões com orientação semelhante nos dois pulsos intrusivos. Uma possível explicação para este fato seria o controle em certo grau da anisotropia do embasamento sobre o campo de tensões local e, por conseguinte, sobre as intrusões.

A caracterização da natureza, da cinemática e da idade das discontinuidades e dos conjuntos de diques pode fornecer uma importante contribuição para o quadro da evolução tectônica da região durante o Cretáceo e para a compartimentação estrutural da Bacia de Santos.

## 10 DISCUSSÃO FINAL

Os diques presentes na área de estudo pertencem à porção sul do Enxame de Diques da Serra do Mar, de orientação NE-SW (ver capítulo 3), o que explica o forte predomínio de diques com esta direção na área.

O litoral do estado de São Paulo registra uma transição entre o enxame da Serra do Mar, a norte, e os enxames de Guapiara e Ponta Grossa, a sul. De fato, os dados de campo de diversos autores (AZEVEDO, 2011; CARVALHO, 2010; GARDA, 1995; MACHADO Jr., 2000; SILVA, 2010; SOUZA, 2010 e outros) documentam a mudança de padrão de diques com direção NE-SW, no litoral norte, para NW-SE no litoral sul do estado (figura 64).

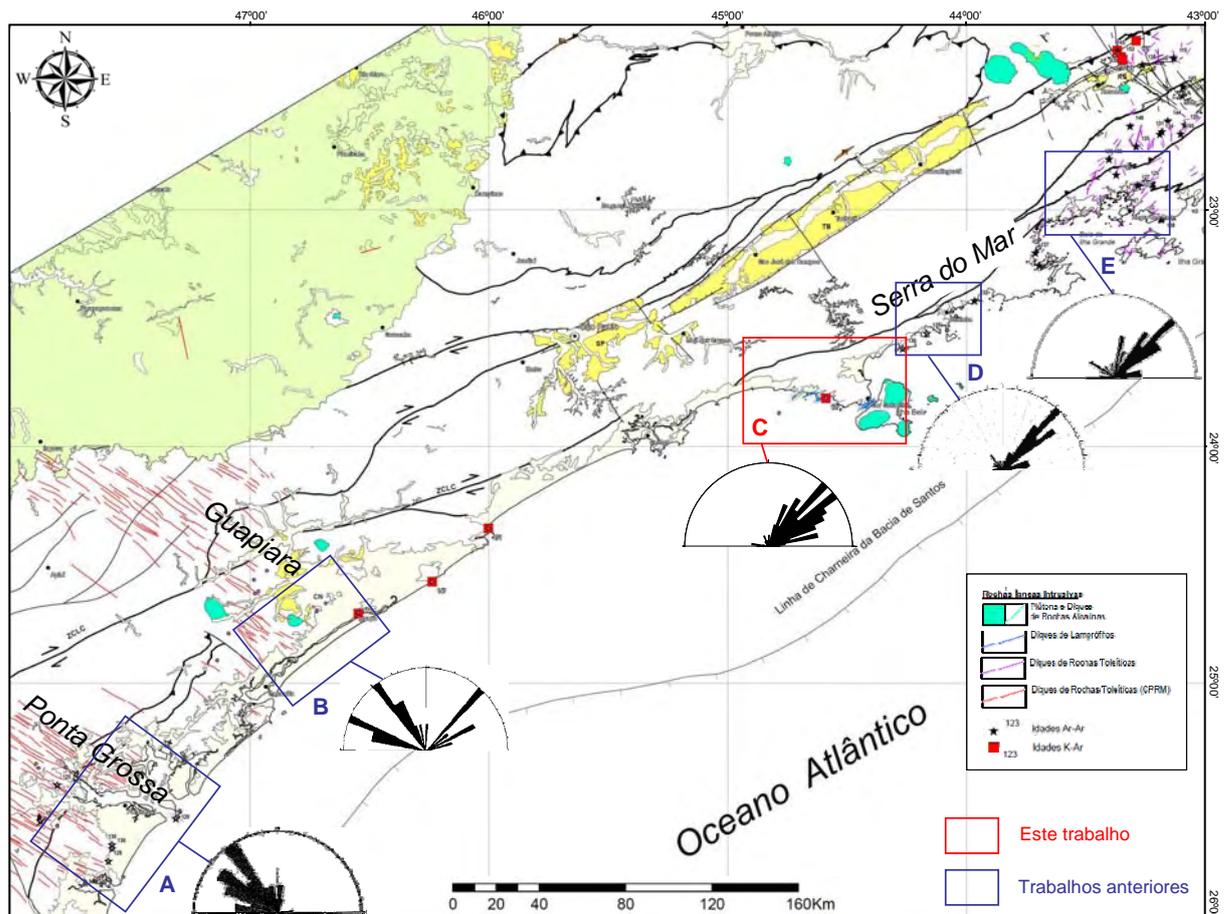


Figura 64 - Mapa tectônico do embasamento adjacente à Baía de Santos (HEILBRON et al., 2010), com rosetas de orientação de diques no litoral do Paraná, São Paulo e sul do Rio de Janeiro, segundo A) Souza (2010); B) Azevedo (2011); C) este trabalho; D) Silva (2010); E) Famelli (2010).

Esta configuração sugere a existência de uma junção tríplice acompanhada por magmatismo, como apontado por Coutinho (2008). O centro da feição estaria localizado na plataforma continental do estado de São Paulo, onde se observa a mudança de direção no *trend* dos diques.

Nos mapas magnetométricos regionais da Bacia de Santos, observam-se claramente as três direções correspondentes aos enxames de diques (Florianópolis, Ponta Grossa-Guapiara e Serra do Mar), em um arranjo um pouco mais complexo do que uma junção tríplice simples (figura 65). No prolongamento para *offshore* dos enxames de Guapiara e da Serra do Mar, observa-se um pronunciado alto magnetométrico com geometria dômica, indicado na figura 65, que poderia representar um centro magmático. Esta hipótese pode ser testada por estudos de modelagem magnetométrica, dados sísmicos e de poços.

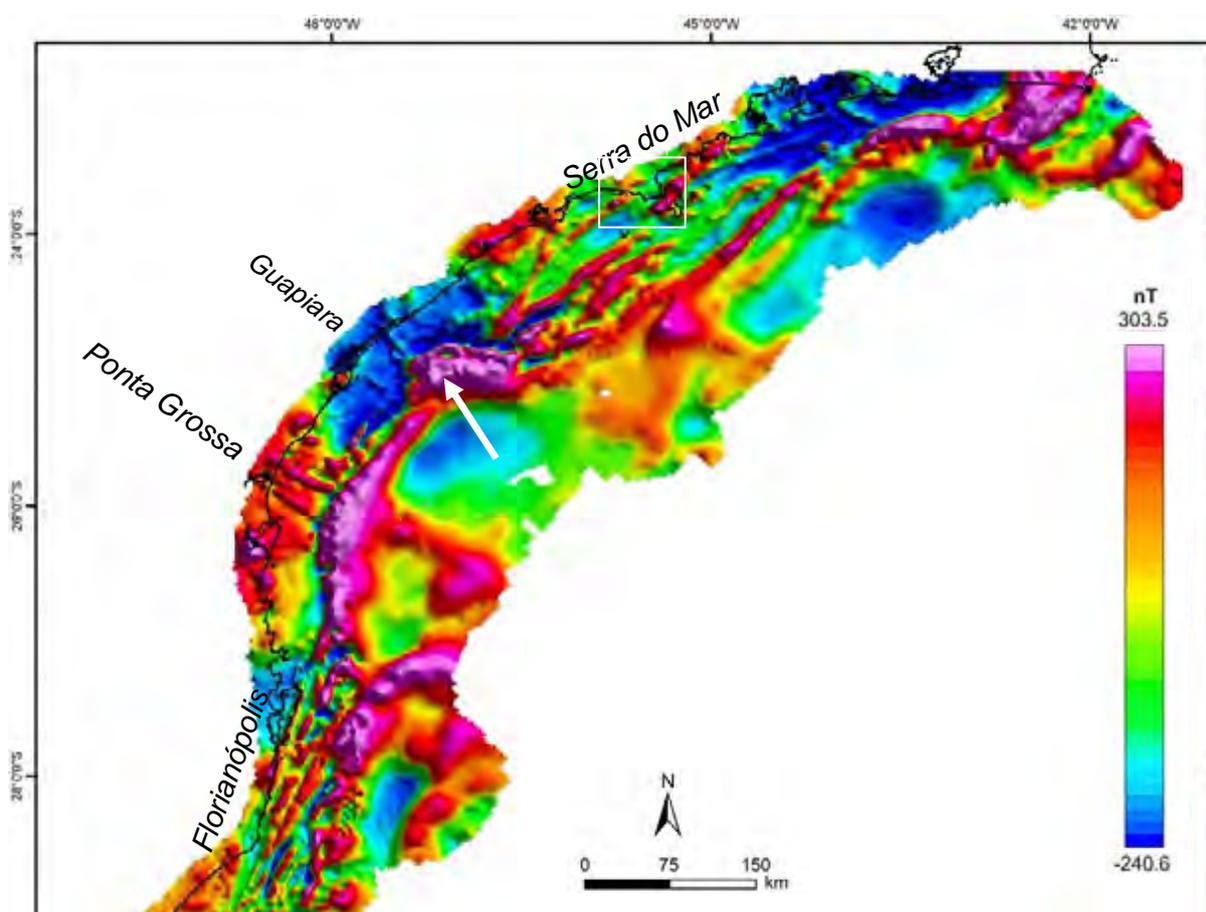


Figura 65 - Mapa magnetométrico do campo total reduzido ao pólo da Bacia de Santos (modificado de Souza, 2008). Notar a assinatura dos enxames de diques e a feição positiva com forma elíptica (seta). Na área de estudo (retângulo branco), ocorre uma feição positiva linear, provavelmente um enxame de diques; e uma feição positiva elíptica, correspondente aos *plugs* alcalinos da Ilha de São Sebastião.

O mapa da figura 65 mostra uma anomalia positiva linear de direção NE-SW no quadrante sudoeste da área de estudo, com assinatura semelhante àquelas observadas nos enxames de Ponta Grossa e Florianópolis. Provavelmente esta anomalia está relacionada com os diques observados na área. No quadrante sudeste da área de estudo, consta uma forte anomalia positiva elíptica, alongada na direção NE-SW, que corresponde aos *plugs* alcalinos da Ilha de São Sebastião, provavelmente somados a um conjunto de diques.

Acredita-se que a idade desta feição definida como junção tríplice seja similar à idade do magmatismo toleítico – cerca de 134 Ma (THIEDE e VASCONCELOS, 2010), que corresponde ao início do processo de rifteamento sul-atlântico na região. Os ramos “bem-sucedidos” da estrutura (Florianópolis e Serra do Mar) evoluíram como um rifte continental até 112 Ma e posteriormente para uma bacia oceânica (BUENO, 2004).

Esta feição, observada na figura 65, é bem marcada na plataforma continental, talvez devido à proximidade da fonte das anomalias. Seu contorno corresponde aproximadamente à linha de charneira da Bacia de Santos, que separa a parte rasa da parte profunda da bacia (figura 66). Acredita-se que o rifte tenha se propagado para leste a partir da linha de charneira.

Na parte profunda da bacia, Karner (2000) descreve a existência de sub-bacias rifte escalonadas, alongadas na direção NNE-SSW (figura 66) – paralelas ao enxame de diques de Florianópolis e à estrutura conhecida como gráben de Merluza (MOHRIAK, 2001). A projeção para NNE da sub-bacia de Paranaguá intercepta a área de estudo. Foram observados conjuntos de lineamentos e diques de diabásio com esta orientação, especialmente na porção oeste da área, sugerindo uma idade do Cretáceo Inferior para a estrutura. Nesta região, observou-se um conjunto escalonado de diques NNE-SSW, interpretado como produto de cisalhamento sinistral em um plano NE-SW. Estas estruturas podem representar um prolongamento para *onshore* de feições associadas àquela sub-bacia – a projeção para *onshore* de sua borda oeste coincide com a região entre Santos e Bertioga (figura 66).

Na figura 66 observam-se estruturas transversais NW-SE de grande escala, que por vezes limitam as sub-bacias. Muitas destas estruturas são descritas na literatura, por vezes como zonas de transferência (MEISLING et al., 2001; SOUZA, 2008; MAGNAVITA et al., 2011). O lineamento de Cruzeiro do Sul foi descrito por

Souza (1991) como uma grande feição oceânica, orientada NW-SE, acompanhada de magmatismo. Bueno et al. (2004) descrevem o lineamento de Capricórnio como feição NW-SE que condiciona a evolução da Bacia de Santos. O lineamento de Ponta Grossa constitui o prolongamento para *offshore* do Arco de Ponta Grossa. O lineamento de Guapiara, paralelo ao Arco de Ponta Grossa, foi descrito em detalhe por Machado Jr. (2000).

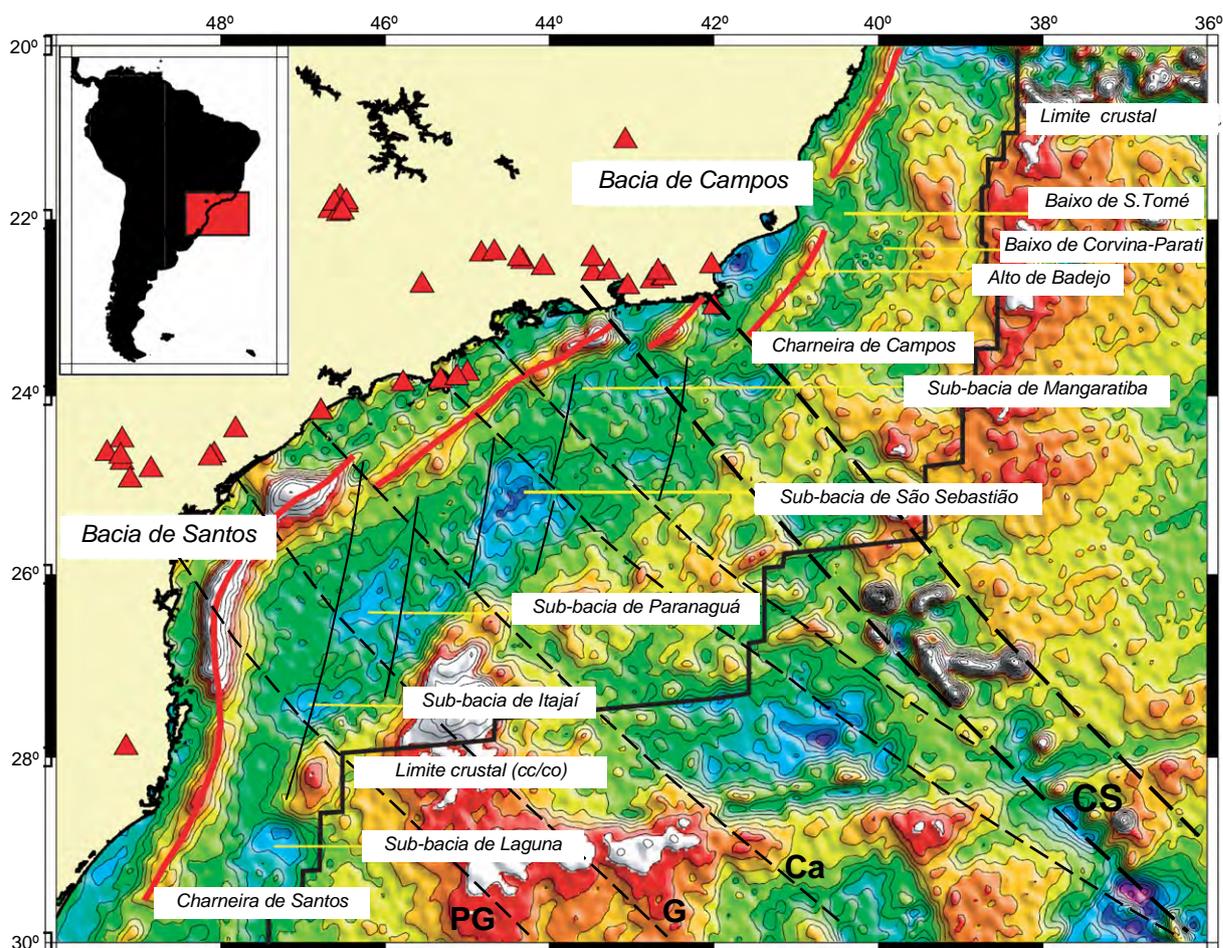


Figura 66 - Mapa gravimétrico Bouguer com interpretação da linha de charneira (vermelho), do limite crustal (crosta continental – crosta oceânica), das sub-bacias e das zonas transversais NW-SE: PG- Ponta Grossa; G- Guapiara; Ca- Capricórnio; CS- Cruzeiro do Sul (modificado de Karner, 2000). Os triângulos vermelhos representam as intrusões alcalinas.

Na região norte do estado de São Paulo, Souza (2008) descreve uma série de zonas transversais de orientação NW-SE, as quais denomina zonas de transferência (figura 67). Segundo o autor, estas estruturas têm atividade na Bacia de Santos desde o Cretáceo Inferior, na fase rifte, até o Cenozóico. No mapa estrutural do

embasamento, observa-se um discreto controle destas estruturas sobre os depocentros de orientação N-S a NNE-SSW, provavelmente da fase rifte.

A falha FT-2 da figura 67 atravessa a área de estudo, passando pela Ilha de São Sebastião. Nesta área, observa-se um importante feixe de lineamentos de direção NW-SE (anexo A). Neste *trend* foram observadas apenas fraturas sem diques, que por vezes afetam as rochas alcalinas com pequenos deslocamentos destrais. Estas observações sugerem uma idade mais nova que 86 Ma para a estrutura.

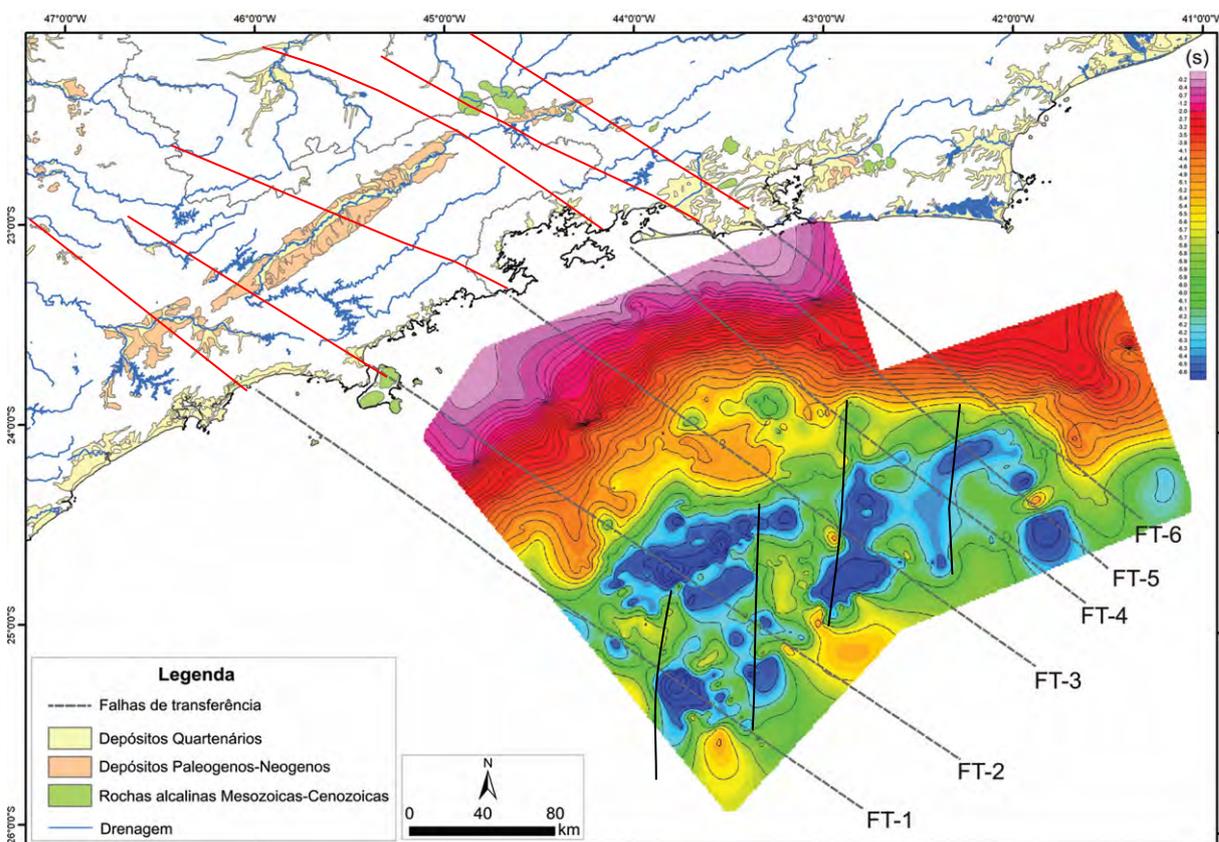


Figura 67 - Estruturas transversais na porção norte da Bacia de Santos, sobre o mapa estrutural do embasamento (modificado de Souza, 2008). A falha FT-2 atravessa a área de estudo.

É notória a coincidência entre esta estrutura, a presença dos plugs alcalinos e a borda sul da Bacia de Taubaté, no vale do Paraíba. O mesmo se observa nas falhas FT-5 e FT-6, correlacionáveis com o lineamento de Cruzeiro do Sul e coincidentes com os limites da Bacia de Resende e com a posição dos maciços alcalinos de Passa Quatro, Itatiaia e Tinguá. A relação entre estas feições não é direta, visto as rochas alcalinas são do Cretáceo Superior e as bacias começam sua evolução no Paleógeno.

Os diques estudados apresentam evidências de colocação sob um regime predominantemente distensivo, com componentes direcionais subordinados. Componentes direcionais relacionados à colocação de diques tem sido descritos na literatura para os enxames de diques regionais. Souza (2010) propõe uma componente dextral subordinada para o enxame de Ponta Grossa, que associada a uma componente sinistral no enxame da Serra do Mar, também descrita em Almeida et al. (2011), resultaria em uma direção de distensão regional próxima de E-W (figura 68). Um modelo cinemático semelhante foi apresentado por Magnavita et al. (2011) com base em estudos tectônicos nas bacias marginais.

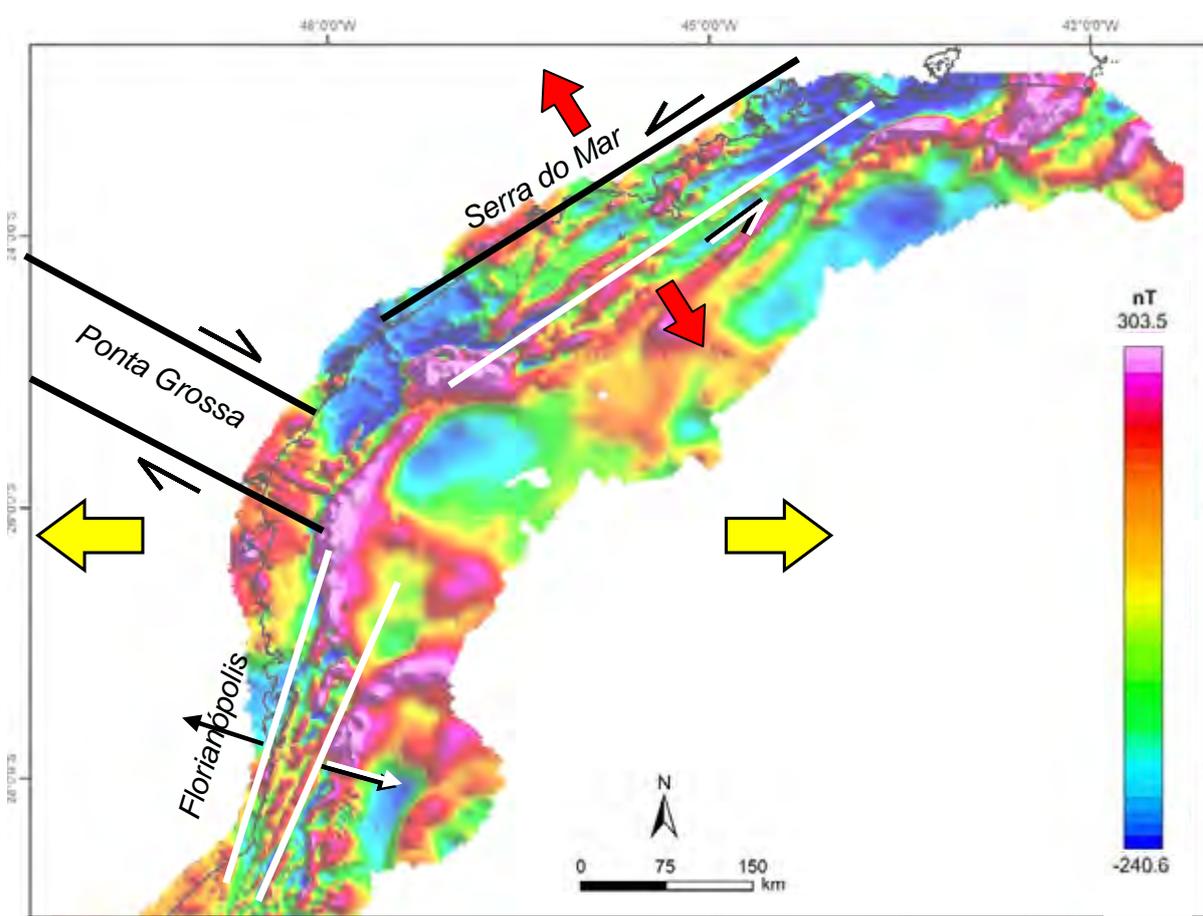


Figura 68 - Modelo cinemático segundo Souza (2010) para colocação dos enxames de diques de Florianópolis, Ponta Grossa e da Serra do Mar. A direção de distensão regional (E-W, em amarelo) corresponde àquela descrita por Magnavita et al. (2011) para o início do rifteamento sul-atlântico, no Neocomiano. As setas vermelhas representam a direção de distensão local, obtida neste estudo.

Contudo, a análise estrutural aqui apresentada indica um regime de distensão na direção NW-SE durante a colocação (em vermelho na figura 68), o que implica em distensão pura para os diques da área. Assumindo que este regime esteve atuante no início do rifteamento sul-atlântico, a correlação entre este campo de

tensões (distensão NW-SE) e o modelo regional apresentado na figura 68 (distensão E-W) não é direta. Esta aparente incoerência pode ser explicada por:

1) variações locais no campo de tensões, dadas por heterogeneidades locais do embasamento implicando em partição da deformação. Neste caso, a distensão NW-SE observada na área de estudo pode estar inserida num regime distensivo E-W em escala de placa;

2) um regime distensivo radial para a junção tríplice, resultando em distensão pura para os três ramos, representados pelos enxames de diques. Este regime pode ocorrer no início do processo do rifteamento, quando da instalação das junções tríplices. Um processo semelhante é observado atualmente na região de Afar, no Oriente Médio (figura 69). Este modelo explicaria o amplo predomínio de distensão observado nos enxames de diques, onde as componentes direcionais são geralmente subordinadas.

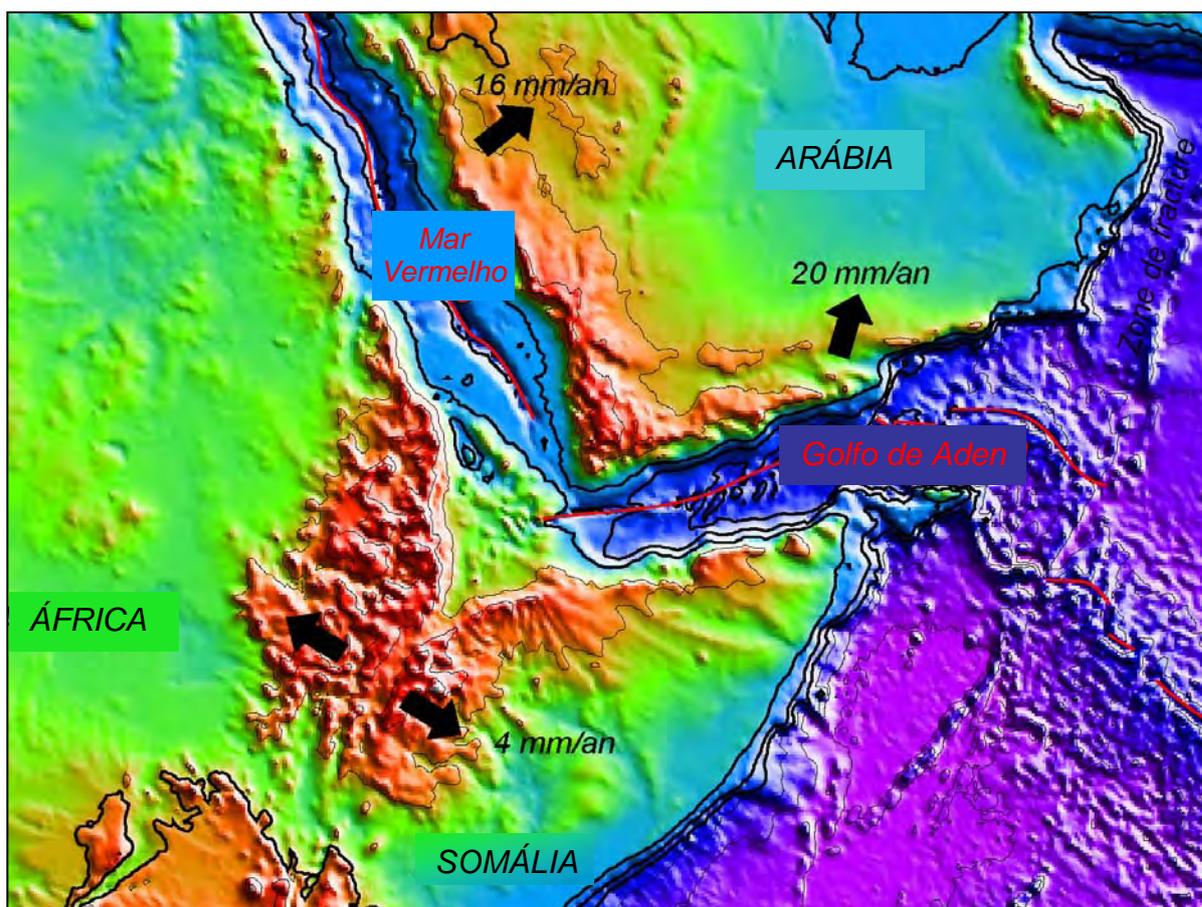


Figura 69 - Mapa topográfico e batimétrico da região do Triângulo de Afar, entre o Oriente Médio e o oeste da África. As setas pretas representam as direções atuais de movimentação relativa entre as placas da África, da Somália e da Arábia, com respectivas velocidades. Observa-se um padrão de abertura aproximadamente radial para a junção tríplice (figura cedida por G. Manatschal).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, v. 48, Supl. 1, p. 15-26, 1976.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: I.P.T.- Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981. v. 1 (Série Monografias, 6).
- ALMEIDA F.F.M. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma sulamericana. *Revista Brasileira de Geociências* v. 13, p.139-158. 1983.
- ALMEIDA, F.F.M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* v. 16, n. 4, p. 325-349. 1986.
- ALMEIDA, F.F.M. O alinhamento magmático de Cabo Frio. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. *Atas...*, São Paulo: SBG, 1991. p. 423-428.
- ALMEIDA, J.C.H. *Zonas de cisalhamento dúctil de alto grau do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul*. 2000. 190 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- ALMEIDA, J.C.H.; HEILBRON, M.; EIRADO, L.G.; VALERIANO, C.M.; TOMAZZOLI, E.; VALENTE, S.; DUARTE, B.P. The early stage of Gondwana break-up: geometry and kinematics of tholeiitic dyke swarms on the southeastern Brazilian margin. In: GONDWANA 14, 2011, Búzios. *Abstracts...* Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. p. 207.
- ANDERSON, E.M. *The Dynamics of Faulting*. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1951.
- ASMUS, H.E. e PORTO, R. Diferenças nos estágios iniciais da evolução tectônica da margem continental leste Brasileira: possíveis causas e implicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú. *Anais...*, Camboriú: SBG, 1980. v1, p. 225-239.
- AZEVEDO, R.N. *Análise estrutural dos diques do Alinhamento de Guapiara no litoral sul de São Paulo*. 2011. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- BATES, R. e JACKSON, J.A. *Glossary of Geology*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1987. 788 p.
- BEST, M.G. *Igneous and Metamorphic Petrology*. San Francisco: W. H. Freeman, 1982. 204 p.

BUENO, G.V. Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 203-229. 2004.

BUENO, G. V.; MACHADO JR., D. L.; OLIVEIRA, J.A B.; MARQUES, E.J.J., 2004. A influência do Lineamento Capricórnio na evolução tectono-sedimentar da Bacia de Santos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 52, 2004, Araxá. *Anais...*, Araxá: SBG, 2004.

CAMPANHA, G.A.C. e ENS, H.H. Estruturação geológica da Serra de Juqueriquerê, São Sebastião, SP. *Boletim do Instituto de Geociências da USP, Série Científica*, v. 27, p. 1-15. 1996.

CARVALHO, F.H. *O estudo da cinemática de alojamento dos diques máficos da região de São Sebastião, litoral norte de São Paulo*. 2010. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CHANG, K. H., KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A.M.F.; BENDER, A. Tectonics and stratigraphy of the east Brazil rift system: an overview. *Tectonophysics*, v. 213, p. 97-138. 1992.

CORRÊA GOMES, L.C., TANNER de OLIVEIRA, M.A.F., MOTTA, A.C. e MOREIRA CRUZ, M.J. *Província de diques máficos do Estado da Bahia: Mapa, estágio atual do conhecimento e evolução temporal*. Salvador: SGM, 1996. 144 p.

COUTINHO, J.M.V. Dyke swarms of the Paraná Triple Junction, Southern Brazil. *Geologia USP: Série Científica, São Paulo*. v. 8, n. 2, p. 29-52. 2008.

DELANEY, P.T., e GARTNER, A.E. Physical processes of shallow dike emplacement near the San Rafael Swell, Utah. *Geological Society of America Bulletin* v.109, p. 1177-1192. 1997.

DIAS NETO, C. M. *Evolução Tectono-termal do Complexo Costeiro (Faixa de Dobramentos Ribeira) em São Paulo*. 2001. 160 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

DIAS NETO, C. M.; FONSECA, P. E.; MUNHÁ, J.; EGYDIO SILVA, M.; RIBEIRO, A. A estrutura em flor (flower structure) do Complexo Costeiro (Faixa Ribeira) em São Sebastião (São Paulo, Brasil). *Cadernos Laboratório Xeolóxico de Laxe, La Curuña* v. 31, p. 105-125. 2006.

DIAS NETO, C. M.; CORREIA, C. T.; MUNHÁ, J. M. U.; TASSINARI, C. C. G. Litoquímica dos granitóides da estrutura em flor de São Sebastião, São Paulo. *Geologia USP: Série Científica, São Paulo*. v. 8, n. 2, p. 101-114. 2008.

DIAS NETO, C. M.; CORREIA, C. T.; TASSINARI, C. C. G.; MUNHÁ, J. M. U. Os Anfibólitos do Complexo Costeiro na Região de São Sebastião, SP. *Geologia USP: Série Científica, São Paulo* v. 9, n. 3, p. 71-87. 2009.

- EBERT H. D.; HASUI Y. Transpressional tectonics and strain partitioning during oblique collision between three plates in the precambrian of south-east Brazil. In: HOLDSWORTH, R. A.; STRACHAN, R. A.; DEWEY J. F. (Ed.) *Continental transpressional and transtensional tectonics*. London: Geological Society of London, 1998. p.231-252. Special Publication, 135.
- EMERMAN, S.H e MARRETT, R. Why dykes? *Geology* v. 18, p. 231-233. 1990.
- ENRICH, G.E.R., RUBERTI. E.; GOMES, C.B. Geology and geochronology of Monte de Trigo Island Alkaline Suite, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* v. 39, n. 1, p.7-80. 2009.
- FAMELLI, N.P. *Petrologia dos diabásios da região de Angra dos Reis, RJ*. 2010. 107 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- FERNANDES, A.J. *O complexo Embu no leste do estado de São Paulo: Contribuição ao conhecimento da litoestratigrafia e da evolução estrutural e metamórfica*. 1991. 120 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- FOSSEN, H. *Structural Geology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 463 p.
- GARDA, G. M. *Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, estado de São Paulo*. 1995. 156 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- GARDA, G. e SCHORSCHER, J.H.D. Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao canal de São Sebastião (Litoral Norte do Estado de São Paulo). *Revista do Instituto de Geociências da USP, São Paulo* v. 17, p. 7-31. 1996.
- GUEDES, E.; HEILBRON, M.; VASCONCELOS, P.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H; TEIXEIRA, W.; THOMAZ FILHO, A. K-Ar and Ar-Ar ages of dikes emplaced in the onshore basement of Santos Basin, Resende Area, SE, Brazil: Implications for the South Atlantic opening and a Tertiary reactivation. *Journal of South American Earth Sciences* v. 18, p.145-178. 2005.
- HASUI, Y.; FONSECA, M.J.G.; RAMALHO, R.; COUTINHO, M.G.N. Região VI. In: SCHOBENHAUS FILHO, C. (Coord.) *Texto explicativo da Carta Geológica do Brasil, 1:2 500 000*. Brasília: DNPM, 1981.
- HEILBRON M. e MACHADO N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Research* v. 125, p. 87-112. 2003.

HEILBRON, M.L.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: V.M. MANTESSO-NETO, A. BARTORELLI, C.D.R. CARNEIRO e BRITO-NEVES, B.B. (Org.) *Geologia do Continente Sul-Americano*. São Paulo: Ed. Beca, 2004. p. 203-234.

HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H.A; VALERIANO, C.M.; EIRADO, L.G.; TUPINAMBÁ, M.; SIMÕES, L.; DUARTE, B.P.; VALENTE, S.; CORVAL, A.; LOBO, J.; GUEDES, E.; TOMAZZOLI, E.; SOUZA, D.M.; SILVA, F.P. Mapa tectônico do embasamento adjacente à Bacia de Santos. Projeto: Tectônica Rúptil Meso-Cenozóica e magmatismo associado: estudo integrado do embasamento adjacente à Bacia de Santos, S-SE do Brasil. Rio de Janeiro, 2010. Convênio Petrobras-UERJ. Relatório Interno.

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

HOEK, J.D. A classification of dyke-fracture geometry with examples from Precambrian dyke swarms in the Vestfold Hills, Antarctica. *Geol. Rundschau* v. 80, n. 2, p. 233-248. 1991.

KARNER, G. D. Rifts of the Campos and Santos Basins, southeastern Brazil: distribution and timing, In: MELLO M. R. e KATZ, B. J. (Ed.) *Petroleum systems of South Atlantic margins: AAPG Memoir* v. 73, p. 301-315. 2000.

LIU, C.C. A geologia estrutural do Estado do Rio de Janeiro vista através de imagens MSS de Landsat. In.: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL RJ-ES, 1, 1987, Rio de Janeiro. *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, 1987. p. 164-188.

MACEDO, J. M. Evolução tectônica da bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. In: RAJA GABAGLIA, G. P. e E. J. MILANI, E. J. (Ed.) *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. p. 361 - 376.

MACHADO Jr., D.L. *Condicionamento estrutural e contexto tectônico do "Alinhamento de Guapiara"*. 2000. 143 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MACHADO R. e ENDO I. Cinturão de Cisalhamento Atlântico: um exemplo de tectônica transpressiva neoproterozóica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, 1993, Belo Horizonte. *Atas...*, Belo Horizonte: SBG, 1993. p. 189-191.

MAFFRA, C.Q.T. *Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo*. 2000. 113 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MAGNAVITA, L.P.; DEHLER, N.M.; ZALÁN, P.V.; SANT'ANNA, M.V.; SEVERINO, M.C.; GOMES, L.C. Kinematics of the cretaceous rift along the eastern brazilian margins. In: GONDWANA 14, 2011, Búzios. *Abstracts...* Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. p. 19.

- MARQUES, L.S. e ERNESTO, M. O magmatismo Toleítico da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. e BRITO-NEVES, B.B. (Ed.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo: Editora Beca, 2004. p. 245-263.
- MACKENZIE, W.S.; DONALDSON, C.H.; GUILFORD, C. *Atlas of Igneous Rocks and their Textures*. London: Longman Scientific and Technical, 1982. 148 p.
- MEISLING, K.E.; COBBOLD, P.R.; MOUNT V.S. Segmentation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v. 85, n.11, p. 1903-1924, 2001.
- MIZUSAKI, A.M.P.; THOMAZ FILHO, A.; VALENÇA, J. G. Volcano-sedimentary sequence of Neocomian age in Campos Basin (Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 18, p. 247-251. 1988.
- MOHRIAK, W.U. Salt tectonics, volcanic centres, fracture zones and their relationship with the origin and evolution of the South Atlantic Ocean: geophysical evidence in the Brazilian and West African margins. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 7, 2001, Salvador. *Abstracts...*, Salvador: SBG, 2001. p. 1594-1597.
- MORAIS, S.M. *Programa Levantamentos Geológicos do Brasil: Integração Geológica da Folha Santos [Escala] 1:250 000 SF.23-Y-D. Estado de São Paulo. Nota explicativa*. São Paulo: CPRM, 1999. 26 p.
- MOTOKI, A.; SICHEL, S.E. Hydraulic fracturing as a possible mechanism of dyke-sill transitions and horizontal discordant intrusions in trachytic tabular bodies of Arraial do Cabo, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Geofísica Internacional*, México, v. 47, n. 1, p. 13-25. 2008.
- MOTOKI, A.; SICHEL, S.E.; SAVI, D.C.; AIRES, J.R. Mecanismo de intrusão dos corpos tabulares de colocação sub-horizontal discordante da Ilha de Cabo Frio e das áreas adjacentes, município de Arraial do Cabo, RJ. *UNESP, Geociências*, São Paulo v. 27, n. 2, p. 207-218. 2008.
- MOULIN M.; ASLANIAN D.; UNTERNEHR P. A new starting point for the South and Equatorial Atlantic Ocean. *Earth-Science Reviews*, v. 98, p. 1-37. 2010.
- PASSCHIER, C.W. e TROUW, R.A.J. *Microtectonics*, 2ª ed. Berlin: Springer, 2005.
- PIRES, F.R.M.; HEILBRON, M. Polimetamorfismo em gnaisses do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, 1986, Goiânia. *Anais...*, Goiânia: SBG, 1986. p. 1451-1463.
- RABINOWITZ, P.D. e LA BRECQUE, J. The Mesozoic South Atlantic Ocean and the evolution of its continental margins. *Journal of Geophysical Research*, v. 84, p. 5973-6002. 1979.

RICCOMINI, C. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. 1989. 256p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. e BRITO-NEVES, B.B. (Ed.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo: Editora Beca, 2004. p. 383-405.

RICCOMINI C., VELÁZQUEZ V.F., GOMES C.B. Tectonic controls of the Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in Central-Southeastern Brazilian Platform. In: COMIN-CHIARAMONTI P. e GOMES C.B. (Ed.) *Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2005. p. 31-55.

ROCK, N. The nature and origin of lamprophyres: an overview. *Geological Society, London, Special Publications* v. 30, p. 191-226. 1987.

SALVINI F.; BILLI A.; WISE D.U. Strike-slip fault-propagation cleavage in carbonate rocks: the Mattinata fault zone, Southern Apennines, Italy. *Journal of Structural Geology* v. 21, p. 1731-1749. 1999.

SILVA, A.T.S.F.; ALGARTE, J. P.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K.; FERNANDES, N. A., 1977. O Complexo Bairro do Marisco (Caraguatatuba-SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1, 1977, São Paulo. *Anais...*, São Paulo: SBG, 1977. p.74-90.

SILVA, F.P. *Petrologia dos diabásios da região de Ubatuba, SP*. 2010. 132 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SONOKI, I.K. e GARDA, G.M. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento. *Boletim do Instituto de Geociências da USP* v. 19, p. 63-85. 1988.

SOUZA, K.G. *La marge continentale bresilienne sud orientale et les domaines oceaniques adjacents: structure et evolution*. 1991. 230 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Université Pierre et Marie Curie, Paris. 1991.

SOUZA, I.A. *Falhas de transferência da porção norte da Bacia de Santos interpretadas a partir de dados sísmicos: sua influência na evolução e deformação da bacia*. 2008. 156 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SOUZA, D.M. *Tectônica de "emplacement" dos diques toleíticos do Arco de Ponta Grossa, entre Curitiba e Paranaguá (SP)*. 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SUPPE, J. *Principles of Structural Geology*. New Jersey: Prentice-Hall, 1985. 537 p.

TASSINARI, C.C.G. *As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção Sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal*. 1988. 236 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

THIEDE, D.S. e VASCONCELOS, P.M. Paraná flood basalts: Rapid extrusion hypothesis confirmed by new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  results. *Geology*, v. 38, p. 747-750. 2010.

THOMAZ-FILHO, A. e RODRIGUES, A. L. O alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas-Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na cadeia Vitória Trindade. *Revista Brasileira de Geociências* v. 29, n.2, p.189-194. 1999.

THOMPSON R.N., GIBSON S.A., MITCHELL J.G., DICKIN A.P., LEONARDOS O.H., BROD J.A., GREENWOOD J.C. Migrating Cretaceous-Eocene magmatism in the Serra do Mar Alkaline Province, SE Brasil: melts from the deflected Trindade Mantle Plume? *Journal of Petrology* v. 39, p.1493-1526. 1998.

TORSVIK, T.H., ROUSSE, S., LABAILS, C., SMETHURST, M.A. A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin. *Geophysical Journal International* v. 177, p. 1315-1333. 2009.

TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA, W., HEILBRON, M. Neoproterozoic Western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira belt, South-eastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* v. 30, n. 1, p. 7-11. 2000

TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 121, p.333-348. 1994.

ULBRICH, H.H.G.J. e GOMES, C.B. Alkaline rocks from continental Brazil. *Tectonophysics*, v. 17, p.135-154. 1981.

VALENTE, S.C.; DUARTE, B.P.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H.; VALLADARES, C.S.; GUEDES, E.; TETZNER, W.; LOBO, J.; CORVAL, A.; DUTRA, T.; SOARES, L.H.; SOUZA, F.M.; VINHA, J.; FAMELLI, N. Mapa do Exame de Diques da Serra do Mar. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 3, 2005, Cabo Frio-RJ. *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, 2005. p. 207-211.

VALENTE, S.C.; CORVAL, A.; DUARTE, B.P.; ELLAM, R.M.; FALLICK, A.E.; MEIGHAN, I.G.; DUTRA, T., 2007. Tectonic boundaries, crustal weakness zones and plume-subcontinental lithospheric mantle interactions in the Serra do Mar dyke swarm, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 1, p. 194-201.

VALLADARES, C.S.; MACHADO, N.; HEILBRON, M.; DUARTE, B.P.; GAUTHIER, G. Sedimentary provenance in the Central Ribeira Belt based on laser-ablation ICPMS  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  zircon ages. *Gondwana Research*, v. 13, n.4, p. 516-526. 2008.

ZALÁN, P.V. e OLIVEIRA, J.A.B. Origem e evolução estrutural do sistema de riftes cenozóicos do sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 13, n. 2, p. 269-300. 2005.

ZALÁN, P.V.; SEVERINO, M.C.J.; RIGOTI, C.A.; MAGNAVITA, L.P.; OLIVEIRA, J.A.B.; VIANA, A.R. An Entirely New 3D-View of the crustal and mantle structure of a South Atlantic passive margin – Santos, Campos and Espírito Santo basins, Brazil. 2011. Disponível em:  
<[http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/30177zalan/ndx\\_zalan.pdf](http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/30177zalan/ndx_zalan.pdf) >  
Acesso em 14 out 2011.