



Morfologia dos Intra Transform Ridge Segments da Zona de Fratura de São Paulo: resolução espacial de dados multibeam versus imagens de mergulhos profundos.

Mauro Satake Koga, Mestrado LAGEMAR - Universidade Federal Fluminense
Susanna Eleonora Sichel, Instituto de Geociências - Universidade Federal Fluminense

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Abstract

The main objective of this study was to analyze the morphology of Intra Transform Ridges at São Paulo Fracture Zone. The utilized data were: video records of deep dives aboard Nautilie submersible; and 3 multibeam surveys of NGDC-NOAA data bank. The highest resolution of video images was able to identify features in metric scale but when we consider a regional scale the detail level did not permit a correct graphical representation. In this case, the multibeam data was the best choice because its spatial resolution is better than satellite predicted bathymetry data and the covered area was satisfactory.

Introdução

A Cordilheira Mesoatlântica (CMA) Equatorial, situada entre 3°N e 3°S (fig.1), é caracterizada por apresentar as menores taxas de vulcanismo e intensa atividade tectônica. A região concentra a maior densidade espacial de zonas de fratura dentre todos os oceanos, isso pode ser explicado como uma resposta fisiográfica do fundo oceânico devido a um cold-spot, ou seja, a presença de manto superior de baixa temperatura (SCHILLING et al., 1995). Inserida neste contexto, a Zona de Fratura de São Paulo corresponde a uma das maiores descontinuidades estruturais, resultante da separação dos continentes Sul-Americano e Africano. A porção ativa denominada Falha Transformante de São Paulo (FTSP) desloca o eixo da CMA em torno de 630 km e exibe uma diferença de idade relativa de aproximadamente 40 M.a. (HEKINIAN et al., 2000). O Sistema FTSP, situado próximo a latitude de 1°N, é composto de quatro falhas paralelas de deslocamento dextral com orientação E-W. As falhas interceptam a CMA dividindo em três segmentos de cordilheira intra-transformantes principais (ITR - Intra Transform Ridge), que variam entre 15-30km de comprimento, localizados em 25°30'W, 26°20'W e 27°40'W. Os intervalos entre os segmentos de leste para oeste são: 32 km; 38 km; e 27 km. Mapas do relevo oceânico gerado a partir de batimetria predita por satélite sugerem a existência de um quarto segmento de menor expressão posicionado a NW do último mencionado, entretanto este exige confirmação por sondagens de navio. Um quinto segmento abortado durante a formação do Arquipélago São Pedro São Paulo é proposto

tomando-se por base o perfil geológico obtido através dos mergulhos com o submersível e a constatação de derrames basálticos no graben central da Cadeia Peridotítica de São Paulo que forma a base submersa do arquipélago (SICHEL et al., 2008; MOTOKI et al., 2009). Modelos de tomografia sísmica sugerem que a região apresenta baixo decaimento da velocidade de ondas P possivelmente explicadas pela presença de um fragmento fóssil de crosta oceânica subductada remanescente do fechamento dos Paleocenos Iapetus e Rheic (SICHEL et al., 2008). Este trabalho é parte integrante do projeto "Origem e Evolução das rochas mantélicas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo" que pretende dentre outros objetivos, alcançar a melhor compreensão da dinâmica de formação da CMA nessa região anormalmente fria do Oceano Atlântico.

Metodologia/ Problema Investigado

Entre dezembro de 1997 e janeiro de 1998 foram efetuados 13 mergulhos na ZFSP como auxílio do submersível Nautilie (IFREMER, França), os levantamentos ocorreram entre 1000m a 5000m de profundidade. Destes, 6 exploraram a Cadeia Peridotítica São Paulo, 1 mergulho foi realizado no segmento intermediário ITR-C (27°40'W), e os outros 6 mergulhos ocorreram no segmento ITR-A (25°30'W). Neste trabalho foram analisados 3 mergulhos: SP01 - zona axial do ITR-A; SP03 - parede Oeste do ITR-A, e; SP07 - zona axial do ITR-C.

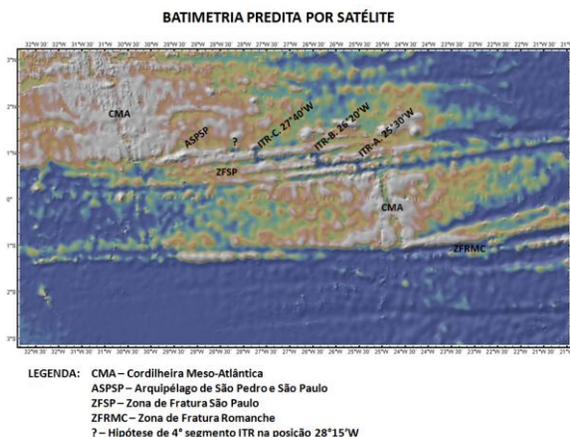


Figura 1 - Mapa de localização dos segmentos de cordilheira intra transformantes (ITR) da Zona de Fratura São Paulo

As imagens capturadas pelo submersível não apresentam posicionamento georeferenciado, sendo que

o único dado disponível era a posição inicial de cada mergulho. Para contornar esse problema foram criadas linhas de navegações aproximadas com base nas anotações de campo das posições das amostras coletadas durante os trajetos do submersível no fundo. Estes pontos de amostragem discretos contendo latitude, longitude e profundidade foram plotados sobre um grid batimétrico de sondagens por ecobatímetro multifeixe com malha de 200m x 200m obtidas no banco de dados geofísicos americano NGDC-NOAA. Foram identificados apenas 3 levantamentos com cobertura parcial da ZFSP na seção de dados multibeam do NGDC-NOAA. Para tratamento e visualização das linhas de sondagens utilizou-se os softwares livres *MB System* e *Grass GIS*, respectivamente.

Resultados

O mergulho SP01 foi realizado na zona axial do ITR-A (fig.2 e 4). O intervalo de profundidade levantado ficou entre 4680-4500m e o tempo permanência no fundo foi de 03h50min. Este segmento com cerca de 20 km de comprimento e 4 km de largura, apresenta um vale axial com atividade tectônica e vulcanismo recente. Foi constatada abundância de sedimentos devido à grande produtividade biológica equatorial e baixa taxa erupção vulcânica. No entanto, a zona axial (0°39'N, 25°26'W) apresenta fissuras de 1 a 3 metros de largura, orientadas em N340°, com afloramentos de lavas lobadas fragmentadas *in situ*. Montículos de lavas lobadas, parcialmente recobertos por sedimentos, estão freqüentemente associados com as fissuras extensivas e representam frentes de escombros. A maior parte das amostras recuperadas (11 amostras de basalto) possuía uma superfície vítrea preservada. A presença de manchas de Palagonita de aspecto opaco sugere uma atividade vulcânica episódica e muito localizada.

O mergulho SP03 consistiu em uma seção transversal que começou no depocentro da bacia nodal (limite Norte do ITR-A) até alcançar o topo do talude interno (fig.2 e 5). O tempo de permanência no fundo foi de 4h52min. A bacia nodal é uma área predominantemente plana, recoberta por uma espessa camada de sedimento. Seixos basálticos esparsos foram amostrados nesta região. Na medida em que o submersível avançava em direção ao limite superior do talude interno foram observadas estruturas gravitacionais como talus, escombros e avalanches de blocos. A cobertura sedimentar é quase onipresente, o que dificultou muitas vezes a amostragem *in situ*. Desde o começo do mergulho na profundidade inicial de 5200 m até 4785 m, rochas basálticas predominaram ao longo do talude sedimentado. A primeira amostra de peridotito foi obtida a 4744 m de profundidade. Deste ponto em diante até o fim do mergulho, rochas ultramáficas se tornaram dominantes. O reaparecimento de rochas basálticas ocorreu apenas mais uma vez em uma parte da seção superior, entre 4629 m e 4402 m. Afloramentos de peridotitos dispostos em laminações plano-paralelas no talude parcialmente soterrado por sedimento foram observados no flanco posterior ao topo do maciço que se mostrou suave e sedimentado. Entre os afloramentos de serpentinitos existiam alguns afloramentos de gabros

intercalados. No total foram tomadas 21 amostras: 6 basáltos; 3 gabros; 1 de sedimento consolidado; 1 crosta de manganês, e; 10 peridotitos com graus de serpentinização variados (harzbugitos e 1 dunito).

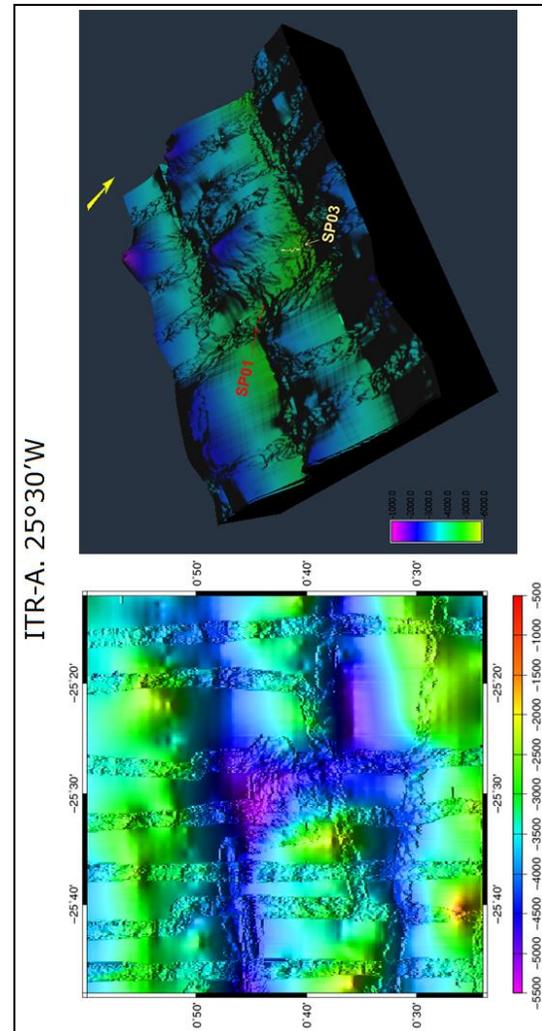


Figura 2 – Linhas de sondagens multibeam sobrepostas aos dados GEBCO, à esquerda. Superfície 3D do ITR-A com as navegações estimadas dos mergulhos SP01 e SP03, à direita.

O mergulho SP07 começou a 4507m de profundidade, levemente deslocado para Leste do graben axial do ITR-C (fig.3 e 6). Fluxos de pillow lavas cobertos com vidro fresco estavam presentes a porção interna e apresentavam fina sedimentação nas partes côncavas. Após a retirada da primeira amostra, o submersível foi direcionado para SW seguindo o rumo N220° transversalmente ao graben axial, em seguida guinou para N320° iniciando a descida de uma escarpa de falha com orientação Norte-Sul. Esta apresentava um desnível com cerca de 45m de altura (atingindo a profundidade de 4546m), até o encontro de uma nova escarpa de falha revelando um afloramento de belas pillow lavas truncadas com orientação N70° onde se retirou a segunda amostra de basalto. Retomando o rumo SW, cruzou-se o fundo do graben axial (4543m) que se mostrou surpreendentemente livre de sedimentação, corroborando para a hipótese de formação recente. O local estava coberto apenas por fragmentos de pillow

fresco. O submersível foi direcionado para o flanco oeste do graben axial, menos inclinado e visivelmente mais sedimentado do que o outro lado. Fluxos de pillow frescos foram encontrados acima de 4532m, e 39 min após o início do mergulho o motor de propulsão principal do submersível falhou. Houve tempo de recolher uma terceira e última amostra de basalto a 4541m de profundidade antes da emersão.

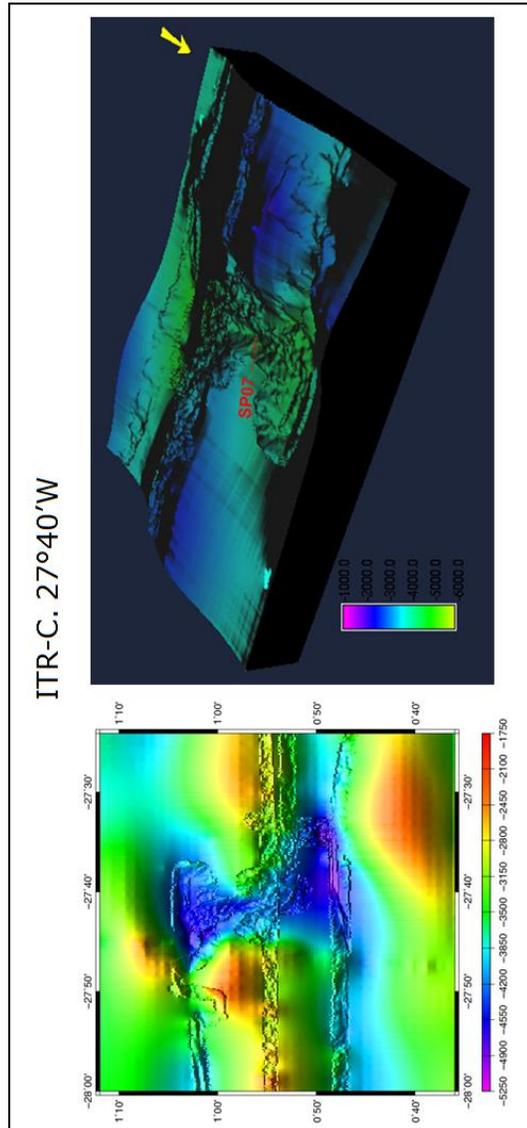


Figura 3 – Linhas de sondagens multibeam sobrepostas aos dados GEBCO, à esquerda. Superfície 3D do ITR-C com a navegação estimada do mergulho SP07, à direita.

Discussão e Conclusões

O levantamento realizado nos segmentos ITR-A e ITR-C revelou que ambos são pequenos centros de acreção de crosta oceânica presentes na porção ativa da ZFSP, orientados aproximadamente em N340° com disposição espacial *en echelon*. Mostram vales axiais bem desenvolvidos com cerca de 4600 m a 4700 m de profundidade e de 2 a 6 km de largura. Como outros segmentos principais da CMA, estes ITRs apresenta bacia nodal sedimentada com mais de 5000 m de profundidade (27°42'W e 25°27'W) que são interrompidos

ao Norte e ao Sul por paredes transformantes E-W na intersecção do eixo do rift com as múltiplas calhas da Transformante de São Paulo.

Trabalhos anteriores com dados de multibeam na região do segmento ITR-A indicam que a evolução deste segmento ocorreu pelas ações conjuntas de falhamentos verticais e movimentos horizontais do Norte para Sul. Essa suposição está baseada no reconhecimento da topografia mais suavizada ao Norte, indicando uma área mais estável, e a constatação maior falhamento e aumento da profundidade das bacias nodais em direção ao Sul (AGAPOVA, 1994; MAZAROVICH et al., 2001).

As imagens capturadas a partir dos mergulhos profundos revelam a morfologia do fundo de maneira pontual com resolução métrica. Entretanto a representação visual em escala regional fica comprometida com este nível de detalhamento. As sondagens com sistema multibeam resolveram satisfatoriamente esta questão, aumentando a resolução espacial dos mapas na escala de centenas de metros quando comparadas aos dados de batimetria predita por satélite que está uma ordem grandeza acima. Contudo, ainda há necessidade de uma malha de maior resolução espacial no grid batimétrico para uma representação mais fidedigna a variação morfológica observada durante os mergulhos, fato que não foi possível devido à qualidade dos dados disponíveis para essa região no banco de dados NGDC-NOAA.

Agradecimentos

Ao programa CAPES/COFFECUB envolvendo IFREMER-França e LAGEMAR-UFF por disponibilizar os vídeos dos mergulhos. Aos funcionários da Petrobrás Claudio Galeia e Marina de Andrade Iguatemy por fornecerem o manual do Software livre *MB System* e incentivar seu uso.

Referências

- Agapova, G. V., 1994. Morphology of the Eastern Active Segment of the St. Paul fracture zone (the Equatorial Atlantic). *Oceanology*, vol. 34, n°1: 99-101
- Hekinian, R., Juteau, T., Gracia, E., Udintsev, G., Sichler, B., Sichel, S.E., Apprioual, R., 2000. Submersible observations of Equatorial Atlantic Mantle: The St. Paul Frature Zone region. *Marine Geophysical Research*, vol. 21: 529-560.
- Mazarovich, A. O., Sokolov, S. Y. U., Agapova, G. V., Dobrolyubova, K. O., Efimov, V. N., 2001. Computer technologies used to obtain new information on crustal structure in oceanic fracture zones: A case study on the active segment of São Paulo Fracture Zone, Central Atlantic. *Russian Journal of Earth Sciences*, vol. 3 n°1: 58-78.

Motoki, A., Sichel, S. E., Campos, T. F. da C., Srivastava, N. K., Soares, R., 2009. Taxa de soerguimento atual do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Oceano Atlântico Equatorial. *R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 63(3): 331-342.

Schilling, J. G., Ruppel, C., Davis, A. N., McCuiiy, B., Tighe, S.A., Kingsley R. H., Lin, J., 1995. Thermal structure of the mantle beneath the equatorial Mid-Atlantic Ridge: Inferences from the spatial variation of dredged basalt glass compositions. *Journal of Geophysical Research*, 100-B6: 10057–10076.

Sichel S. E., Esperança S., Motoki A., Maia M., Horan M. F., Szatmari P., Da Costa Alves E., Mello S. L. M., 2008. Geophysical and geochemical evidence for cold upper mantle beneath the equatorial Atlantic Ocean, Brazilian *Journal of Geophysics*, vol. 26: 69-86.

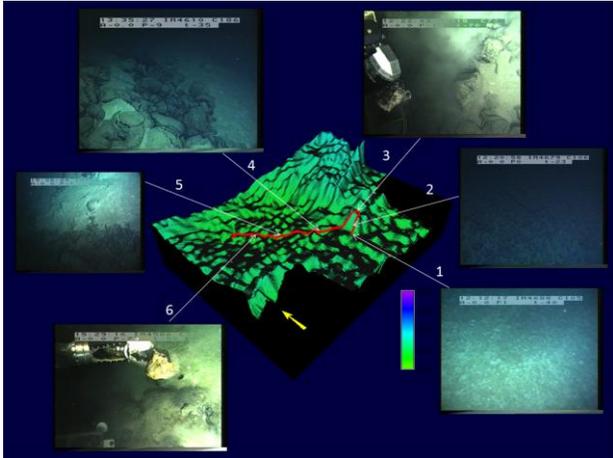


Figura 4 – Linha de navegação estimada do mergulho SP01

Legenda:

- 1) Fundo sedimentado com vestígios biológicos no sedimento;
- 2) Campo de escombros composto por fragmentos de rochas, e lavas lobadas (basaltos) angulares e heterogêneas;
- 3) Amostra #1 – basalto;
- 4) Fissura com cerca de 2 metros de largura revelando lavas do tipo lobada;
- 5) Trilha de escombros na fissura com direção N340°;
- 6) Amostra #8 - fragmento de basalto triangular.

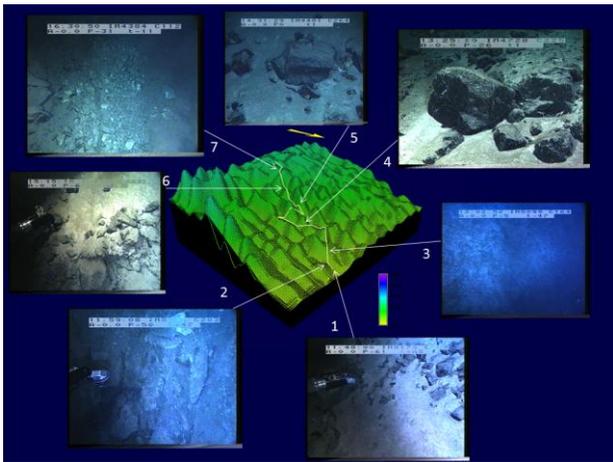


Figura 5 – Linha de navegação estimada do mergulho SP03

Legenda:

- 1) Amostra #1 fragmento de pillow basalto parcialmente recoberto por sedimento;
- 2) Amostra #2 sedimento consolidado em um corredor de avalanche;
- 3) Camadas de sedimento consolidado, 0,5 à 1m de espessura, com estratificação plano-paralela;
- 4) Amostra #6 fragmento de harzburgito serpentizado;
- 5) Amostra #9 basalto com uma camada de vidro completamente palagonitizada;
- 6) Amostra #12 fragmento de serpentina fraturado e muito alterado;
- 7) Corredor de avalanche entre blocos de gabros fraturados, manchas esbranquiçadas indicando hidrotermalismo fóssil de baixa temperatura.

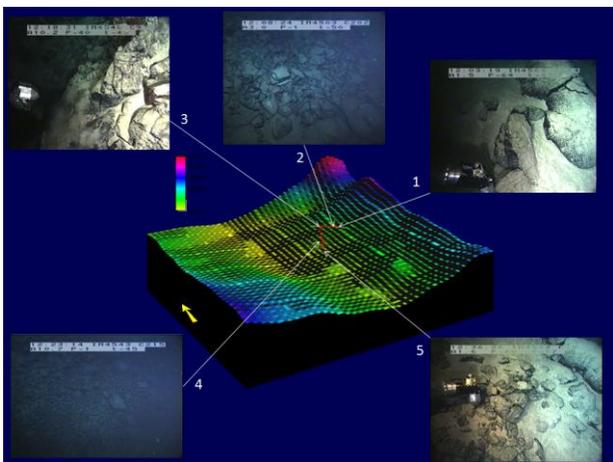


Figura 6 – Linha de navegação estimada do mergulho SP07

Legenda:

- 1) Tubo alongado de pillow globulosas fraturada, amostra #1 crosta de vidro basáltico;
- 2) Pillow globulosos estourados e fragmentos associados, típico depósito de escombros;
- 3) Amostra #2 fragmento de pillow retirado da parede, direção N70°;
- 4) Fundo do graben escombros + pillows;
- 5) Amostra #3 fragmento de pillow.