



## Bacia Dove [Mar de Scotia – Antártica].

### Processamento e Interpretação de Novos Dados de Sísmica 2D.

Drehmer, L.H.<sup>a</sup>, Maldonado, A.<sup>b</sup>, Galindo-Zaldívar, J.<sup>c</sup>, F. Bohoyo<sup>b</sup>, E. L. Gulmezova<sup>d</sup>, F. J. Hernández-Molina<sup>e</sup>, A. Jabaloy<sup>c</sup>, J. Rodríguez-Fernández<sup>b</sup>, F. J. Lobo<sup>b</sup>, L. Somoza<sup>f</sup>, E. Surinach<sup>g</sup>, J. T. Vázquez<sup>h</sup>, Gamboa, L.A.<sup>i</sup>, Gomes, P.P.S.<sup>i</sup>

<sup>a</sup> LAGEMAR-IGEO-UFF, Brasil; <sup>b</sup> Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, C.S.I.C. Universidad de Granada, Espanha; <sup>c</sup> Department Geodinamica, Universidad de Granada, Espanha; <sup>d</sup> Geophysical Department, OGEP Corp., Sofia, Bulgaria; <sup>e</sup> Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Vigo, Espanha; <sup>f</sup> Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, Espanha; <sup>g</sup> Departamento de Geodinámica y Geofísica, Universidad de Barcelona, Espanha; <sup>h</sup> Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Cádiz, Espanha; <sup>i</sup> PETROBRAS S/A, Brasil.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

#### Abstract

The structure of the transcurrent limit between the Scotia and Antarctic plates, and the development of small oceanic basins along the South Scotia Ridge is poorly known. New 2D reflection seismic data from the Dove Basin in the southeastern portion of the Scotia Sea, acquired during SCAN 2004 cruise, has been processed and interpreted. A preliminary interpretation suggests that the tectonic development of the Dove basin agrees with the others small oceanic basin near round and show particular asymmetric development of the spreading axis, indicating a complex setting of stress, displacement and rotation of the continental blocks.

#### Introdução & Justificativa

O presente trabalho está focalizado na formação e evolução da Bacia oceânica Dove e bacias adjacentes, localizadas na porção Oeste do Arco de Scotia, assim como nas relações entre os principais elementos crustais que se localizam na área (Fig 1,3).

A zona de estudo tem uma especial importância para os estudos da evolução tectônica e petrogenética quando da separação dos continentes Sul-americano e Antártico. É também uma área (fig.1,3) privilegiada para a análise paleoceanográfica relacionada com a instauração da dinâmica circumpolar e o avanço da glaciação durante o Cenozóico (Lawver e Gahagan, 1998; Barker, 2001; Maldonado et al., 2003, 2005).

O fundo oceânico da região do Mar de Scotia e da Passagem de Drake mostra um mosaico de anomalias magnéticas, dorsais de expansão e zonas de fratura que permitem reconstruir os processos de fragmentação da antiga conexão continental entre a península Antártica e o continente Sul-Americano e o desenvolvimento do Arco de Scotia, que constitui um portal final para a instauração

do sistema de circulação atual na Antártica (Lawver e Gahagan, 1998; Galindo-Zaldívar et al., 2000; Livermore et al., 2000; Maldonado et al., 2000). Os processos de fragmentação desenvolveram pequenas bacias oceânicas, situadas entre os diferentes blocos continentais, que permitem realizar observações sobre a atividade de processos variados em uma região relativamente pequena. A combinação de estruturas de transcorrência, transpressão e transtensão, que afetam tanto às crostas continentais como oceânicas, caracterizou uma região de interesse especial no ponto de vista tectônico além de corroborar para estudos sobre a origem e evolução das bacias de modo geral.

Foi realizada uma investigação em dezembro de 2004 (SCAN 2004) pelo *Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra – CSIC – Universidad de Granada*, a bordo do Barco de Investigação Oceanográfica HESPÉRIDES, na região do Mar de Scotia meridional, ao norte e a leste do microcontinente das Ilhas Orcadas do Sul, nas proximidades do limite com a Placa Antártica (Fig. 1). Trata-se de uma continuação de campanhas de geofísica marinha realizadas por essa equipe na Antártica com o objetivo de contribuir para o entendimento da geodinâmica regional. Dentre as técnicas utilizadas incluem-se perfis de sísmica multicanal (SMC) e monocal, sísmica de alta resolução, sonda multibeam, gravimetria e magnetometria, além de amostragem de rochas do fundo marinho (SCAN 2004).

#### Apresentação dos dados

Um perfil de SMC (ST-02) representativo da Bacia Dove foi processado e por sua vez interpretado (fig.5) dentro do contexto geotectônico regional, e seus resultados estão resumidos neste trabalho.

O processamento sísmico é um conjunto de tratamentos matemáticos e computacionais aplicados aos dados de reflexão sísmica com o objetivo de gerar a imagem das estruturas geológicas de subsuperfície. O fluxo de processamento utilizado neste estudo corresponde ao processamento geralmente utilizado com dados 2D (edição, geometria, correção de perdas de amplitudes, deconvolução, análise de velocidades, NMO, atenuação de múltiplas, empilhamento, migração, filtragens). Não é o objetivo deste trabalho realizar uma descrição detalhada desses procedimentos. Entretanto, convém destacar a dificuldade da remoção das múltiplas de

superfície devido à grande profundidade do fundo do mar (entre 3000 e 4000m) e ao alto caráter refletivo do mesmo, em função do acúmulo de crostas de manganês. Finalmente, a seção foi convertida em profundidade para que a interpretação estivesse mais próxima da realidade geológica (fig.5).

Para contribuir na interpretação da linha no contexto geotectônico local, foram utilizados ainda os dados de batimetria (fig.2) e gravimetria (fig.4) do satélite GEOSAT disponibilizadas por Sandwell & Smith (1997).

## Resultados & Conclusões

A partir da análise detalhada da linha ST-02, pôde-se diferenciar claramente os dois diferentes tipos de embasamento acústicos encontrados na área de estudo. Um menos refletivo, controlado estruturalmente por falhas normais e reversas, definido como sendo de origem continental, e outro bem mais refletivo, isto é, de impedância acústica alta, com forma irregular e sem apresentar muitos falhamentos internos, definido como sendo de origem oceânica.

A porção oriental da linha, compreendida geograficamente como Banco Bruce, é interpretada como sendo um bloco de origem continental (Barker et al., 1991, Barker, 2001, Galindo-Zaldivar et al. 2002, Bohoyo, 2004), cortado/falhado por uma intrusão magmática atribuída, provavelmente a uma zona de fratura (?) preenchida por magmatismo intenso (fig.5), instaurada durante o processo de abertura do Mar de Scotia. A extensão da porção continental à leste da intrusão ígnea ainda é uma incógnita, visto que todo este bloco elevado pode ser de interpretado alternativamente como sendo de origem oceânica e estar soerguido pelos movimentos tectônicos característicos de zonas de deformação (transcorrência e subducção). O fato da cobertura sedimentar nesta porção ter pouca espessura, também corrobora com a idéia da origem oceânica, já que as maiores espessuras de sedimentos encontram-se nas porções continentais (mais antigas), à exceção dos "canais de águas profundas" formados nas depressões do assoalho oceânico, onde há grande acúmulo de depósitos contorníticos.

O outro extremo da seção, na porção ocidental, também é atribuído à origem continental (Barker, 2001, Galindo-Zaldivar et al., 2002, Bohoyo, 2004), denominado Banco Pirie, e encontra-se mais bem estruturado, formando um conjunto de horts e grabens bem definidos, preenchidos por sedimentos marinhos.

Na borda das duas porções continentais pode-se observar algumas reflexões inclinadas, internamente ao embasamento acústico, em direção ao centro da bacia que podem ser interpretados como SDRs (Seaward Dipping Reflectors) formados durante o início de um processo de rifteamento.

A porção central da bacia é interpretada como sendo um centro de espalhamento oceânico assimétrico extinto, representando o centro geográfico da bacia. A forma assimétrica do fundo oceânico, mais desenvolvido a

oeste do centro, quando havia atividade de rifteamento, demonstra a complexidade de esforços e movimentos realizados pelos blocos continentais nesta área.

O evento que ocasionou o surgimento desta cordilheira central esta diretamente relacionado com o processo de abertura e desenvolvimento do Mar de Scotia e pode representar um episódio inicialmente de afinamento crustal e falhamentos normais no bloco continental, que evoluiu para o rifteamento da bacia e conseqüente formação de crosta oceânica (fig. 6). Esta idéia é paralela à interpretação de Galindo-Zaldivar, et al. 2002, para a evolução dos blocos continentais à leste do Banco Pirie e à de Bohoyo, 2004, para a evolução da Bacia Protector, à oeste do Banco Bruce.

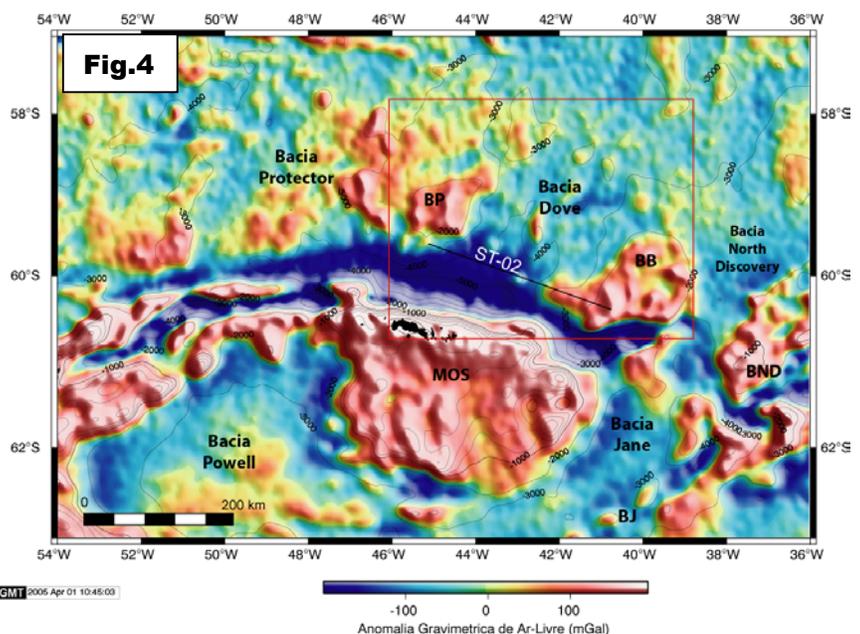
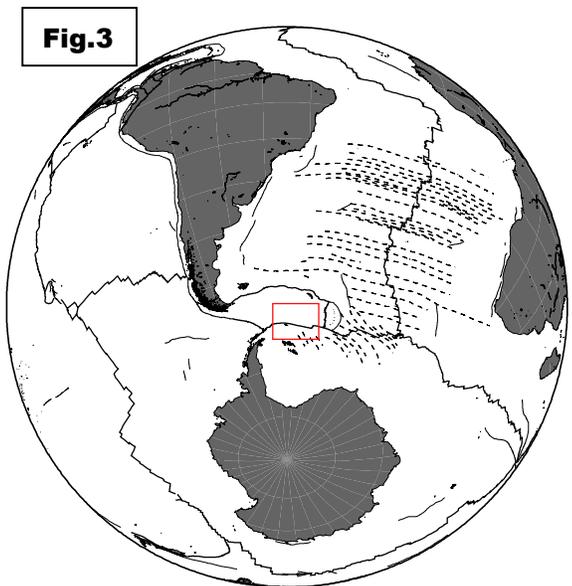
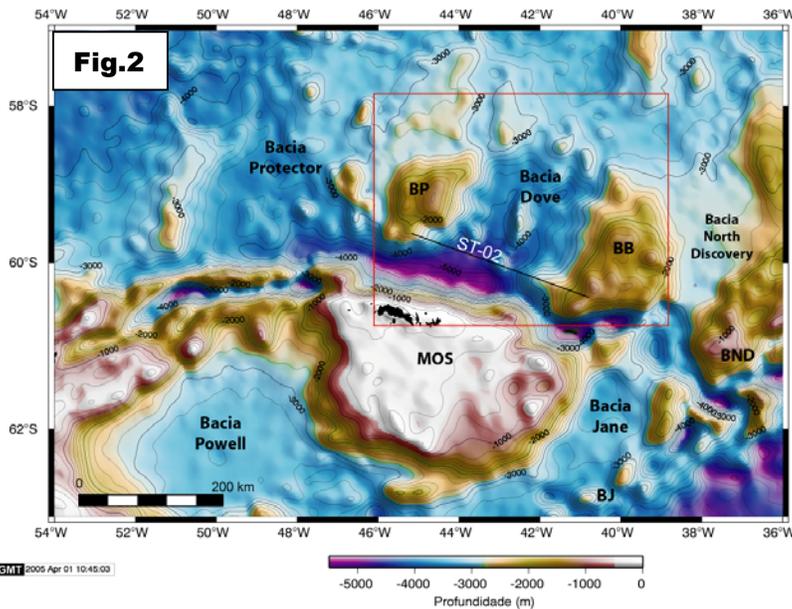
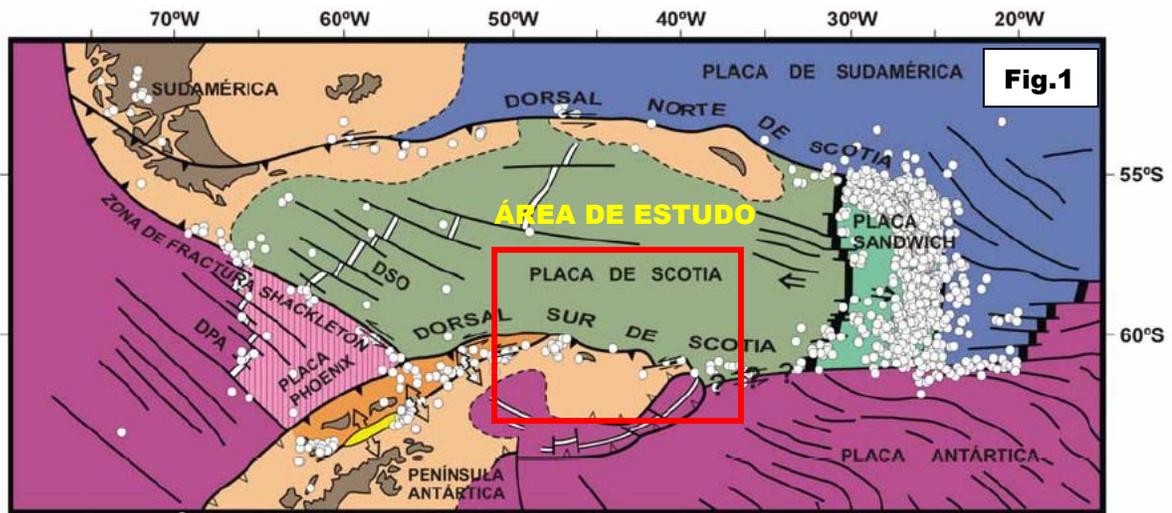
Este conjunto de blocos de origem continental, que originalmente formavam a conexão entre a América do Sul e a Península Antártica, vêm sendo espalhados ao longo do Arco de Scotia desde o Oligoceno (Barker et al., 1991). A partir da análise anomalias magnéticas de crosta oceânica na Bacia Protector (Bohoyo, 2004), e no Mar de Scotia (Barker, 1984), a idade máxima para a formação da Bacia Dove e bacias adjacentes estará em torno de 18 Ma. E o final do rifteamento, o que corresponderia à última anomalia magnética encontrada na Bacia Protector, estaria em torno dos 14 Ma (Bohoyo, 2004). Essa curta duração de movimento expansional dessas bacias, pode estar relacionada com variados e complexos processos deformacionais, entre eles podemos citar: (1) a instauração de uma zona de fratura a norte dos blocos continentais, em conseqüência ao movimento transcorrente da movimentação na dorsal Sul de Scotia, que promoveria uma rotação dextral dos blocos, como já observado mais a oeste (Acosta & Uchupi, 1996) bem como na Bacia Protector (Bohoyo, 2004), inibindo o espalhamento oceânico no interior das bacias; (2) uma provável propagação da deformação em direção leste, onde se situa hoje a parte frontal do Arco de Scotia, e a maior concentração de sismicidade observada atualmente (fig.1). A figura 6 foi modificada a partir da original em Galindo-Zaldivar, 2002, e apresenta um esboço da proposta de evolução dos principais elementos tectônicos da área de estudo, apresentados no presente trabalho.

## Agradecimentos

Agradecemos ao comandante, oficiais e tripulação do BIO Hesperides pelo suporte e cooperação na aquisição dos dados utilizados neste trabalho durante a campanha SCAN 2004. Ao geofísico Guilherme Amorim, pela ajuda no processamento sísmico e à PETROBRAS S/A pela disponibilização das suas dependências. Ao LAGEMAR-IGEO-UFF pelo apoio institucional e financeiro para participação na campanha SCAN 2004.

## Referências

- Acosta, J. and Uchupi, E., 1996. Transtensional tectonics along the South Scotia Ridge, Antarctica. *Tectonophysics*, 267: 31-56.
- Barker, P. F.; Barber, P. G. y King, E. C. (1984). An Early Miocene ridge crest-trench collision on the South Scotia Ridge near 36° W. *Tectonophysics*, 102, 315-332.
- Barker, P. F.; Dalziel, I. W. D. y Storey, B. C. (1991). Tectonic development of the Scotia Arc region. En: *Antarctic geology*. (Tingey, R. J., Ed.). Oxford University Press, Oxford. 215-248.
- Barker, P. F. 2001. Scotia Sea regional tectonics evolution: implications for mantle flow and palaeocirculation. *Earth-Science Reviews*, 55: 1-39.
- Bohoyo, F. M., 2004. Fragmentación continental y desarrollo de cuencas oceánicas em el sector meridional del Arco de Scotia, Antártica. Memoria de Tesis Doctoral. Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra – CSIC –Depto. de Geodinámica, Universidad de Granada. 240p.
- Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A., Maldonado, A., Martínez-Martínez, J.M., Sanz de Galdeano, C., Somoza, L. and Surinach, E., 2000. Deep crustal structure of the area of intersection between the Shackleton Fracture Zone and the West Scotia Ridge (Drake Passage, Antarctica). *Tectonophysics*, 320: 123-139.
- Galindo-Zaldívar, J., Balanyá, J.C., Bohoyo, F., Jabaloy, A., Maldonado, A., Martínez-Martínez, J., Rodríguez-Fernández, J. and Suriñach, E., 2002. Active crustal fragmentation along the Scotia-Antarctic plate boundary east of the South Orkney Microcontinent (Antarctica) *Earth and Planet. Sc. Lett.* 204.1-2,33-46.
- Informe SCAN 2004, 2004. Informe Científico de Campaña. Procesos De Formación De Cuencas Oceánicas Y Fragmentación Continental. La Instauración De La Corriente Circumpolar Antártica. Proyecto REN2001-2143/ANT. 56 pp.
- Lawver, L.A., Gahagan, L.M., 1998. Opening of Drake Passage and its impact on Cenozoic ocean circulation. In: Crowley, T.J., Burke, K.C., (Editors), *Tectonic Boundary Conditions for Climate Reconstructions*. Oxford Univ. Press, Oxford, 212-223.
- Livermore, R.A., Balanyá, J.C., Maldonado, A., Martínez, J.M., Rodríguez-Fernández, J., Sanz de Galdeano, C., Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A., Barnolas, A., Somoza, L., Hernández, J., Suriñach, E. and Viseras, C., 2000. Autopsy on a dead spreading centre: the Phoenix Ridge, Drake Passage, Antarctica. *Geology*, 18(7): 607-610.
- Maldonado, A., Balanyá, J.C., Barnolas, A., Galindo-Zaldívar, J., Hernández, J., Jabaloy, A., Livermore, R.A., Martínez, J. M., Rodríguez-Fernández, J., Sanz de Galdeano, C., Somoza, L., Suriñach, E. and Viseras, C., 2000. Tectonics of an extinct ridge-transform intersection, Drake Passage (Antarctica), *Mar. Geophys. Res.*, 21(1): 43-68.
- Maldonado, A., 2002. La apertura del Paso del Drake y su importancia paleoambiental sobre la Antártida. *Investigacion y Ciencia* (edición española del Scientific American). (Marzo, 2002) 306:72-82
- Maldonado, A., Barnolas, A., Bohoyo, F., Galindo-Zaldívar, J., Hernández-Molina, J., Rodríguez Fernández, J., Somoza, L., Suriñach, E. and Vazquez, J.T. 2003. Contourite deposits in the Central Scotia Sea: the importance of the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Gyre flows. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. 198, 187-221.
- Maldonado, A., Barnolas, A., Bohoyo, F., Escutia, C., Galindo-Zaldívar, J., Hernández-Molina, J., Jabaloy, A., Lobo, F., Nelson, H., Rodríguez-Fernández, J., Somoza, L. and Vázquez, J.T., 2005. Miocene to recent contourite drift development in the northern Weddell Sea (Antarctica). *Global and Planetary Change*, 45:99-129.
- Sandwell, D.T. and Smith, W.H.F., 1997. Marine gravity anomaly from Geosat and ERS-1 satellite altimetry, *Journal of Geophysical Research*, 102:10039-10054.
- USGS. (2001). database. National Earthquake Information Center., <http://www.neic.cr.usgs.gov/>.



**Fig. 1.** Esquema dos principais elementos tectônicos da área, com dados de sísmica (círculos brancos) atual (NEIC (USGS, 2001)). (retirada de Bohoyo, 2004); **Fig.2.** Batimetria de satélite GEOSAT da área de estudo e localização da linha ST-02; **Fig.3.** Localização da área de estudo; **Fig.4.** Anomalia gravimétrica de Ar-Livre a partir de satélite GEOSAT (Sandwell & Smith (1997)).

**Legenda para todas figuras:** BJ, Banco Jane; CJ, Bacia Jane; CP, Bacia Powell; DPA, Dorsal Phoenix Antártica; DSO, Dorsal Sul de Scotia; EB, Estreito de Bransfield; IOS, Ilhas Orcadas do Sul; IS, Ilhas Sandwich; MOS, Microcontinente das Orcadas do Sul.

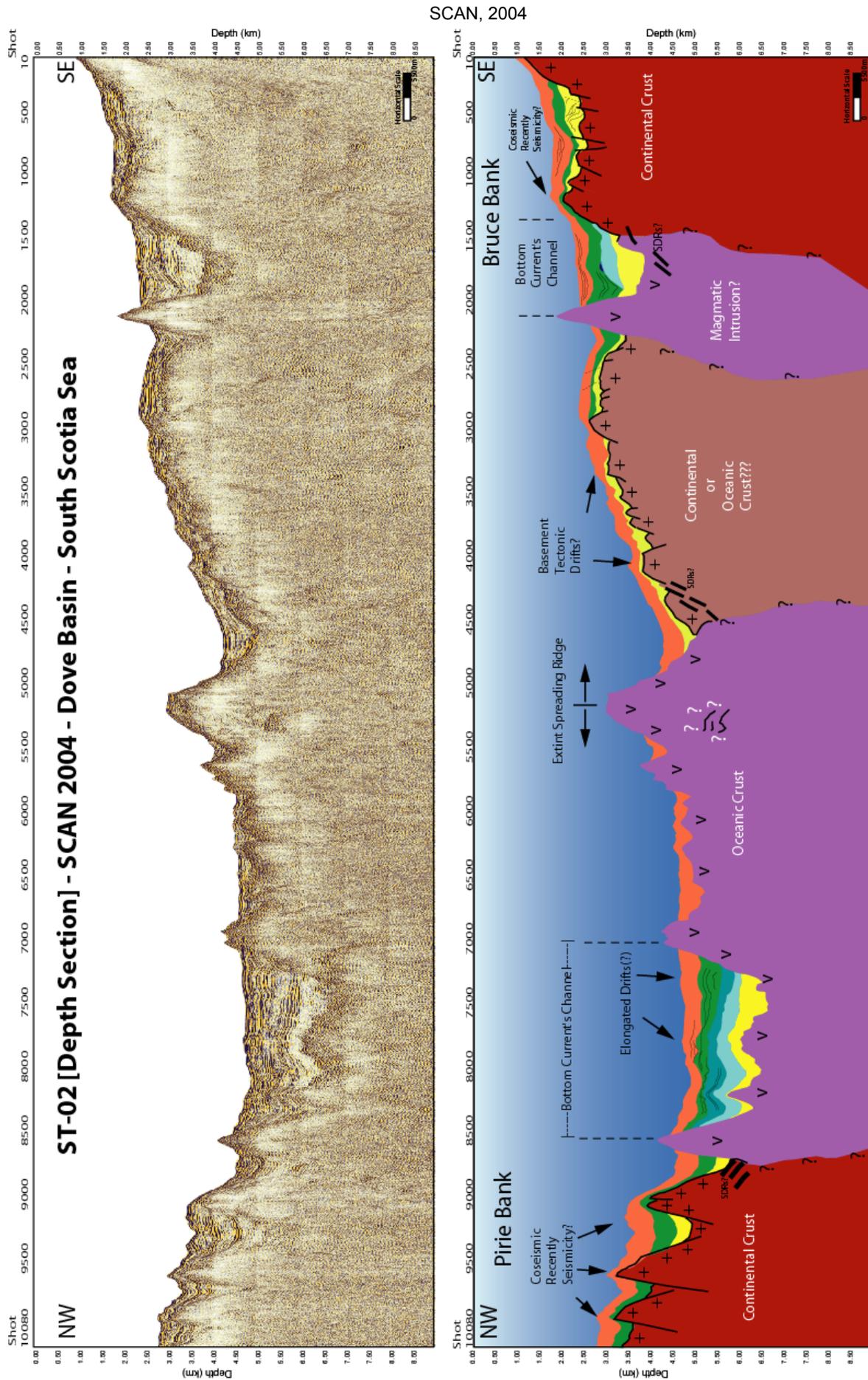


Fig. 5. Seção sísmica ST-02 (SCAN 2004) migrada e em profundidade e sua interpretação.

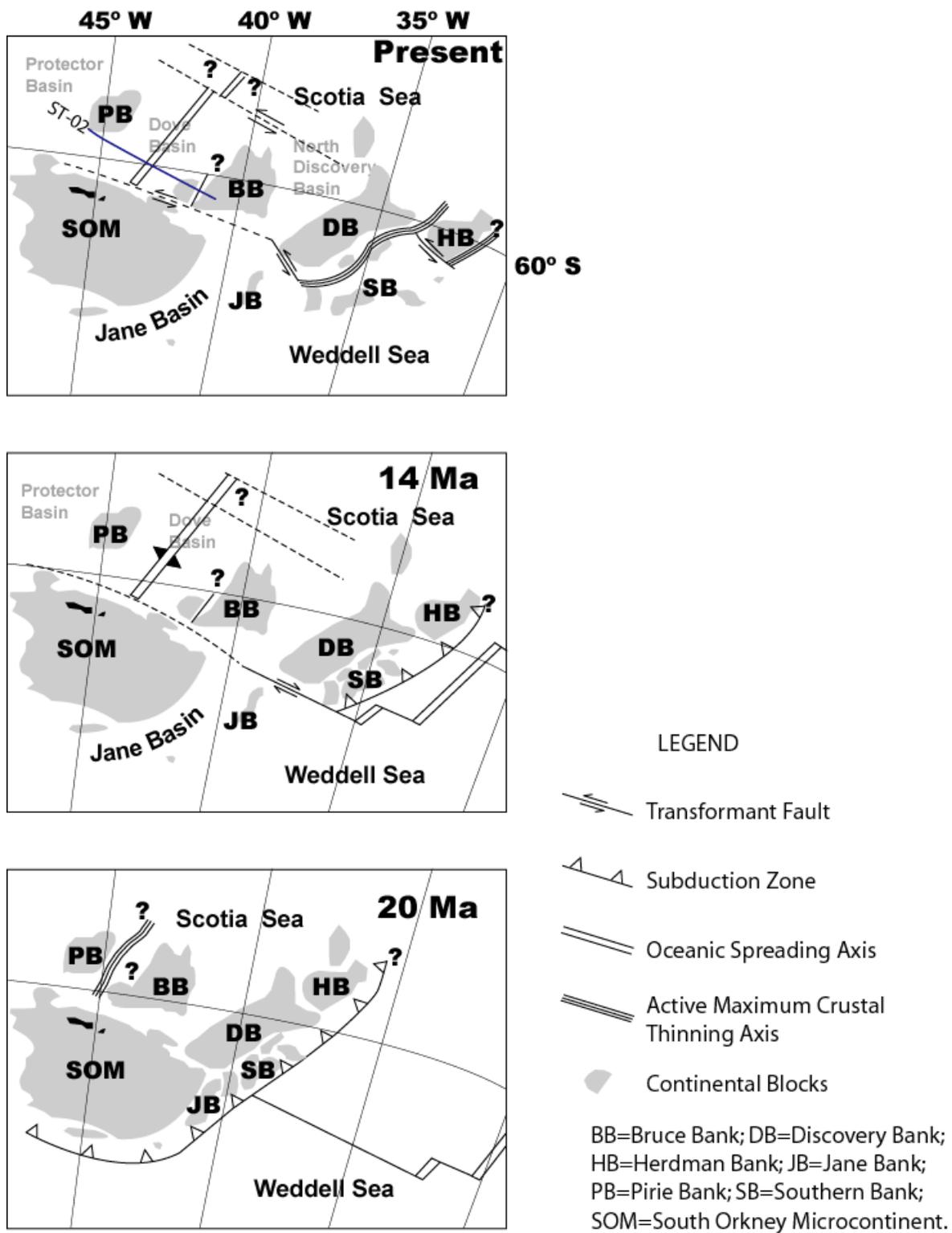


Fig. 6. Reconstrução tectônica da porção Sul-SE do Mar de Scotia. Modificada a partir de Galindo-Zaldivar, et al. 2002.