

10 DISCUSSÕES

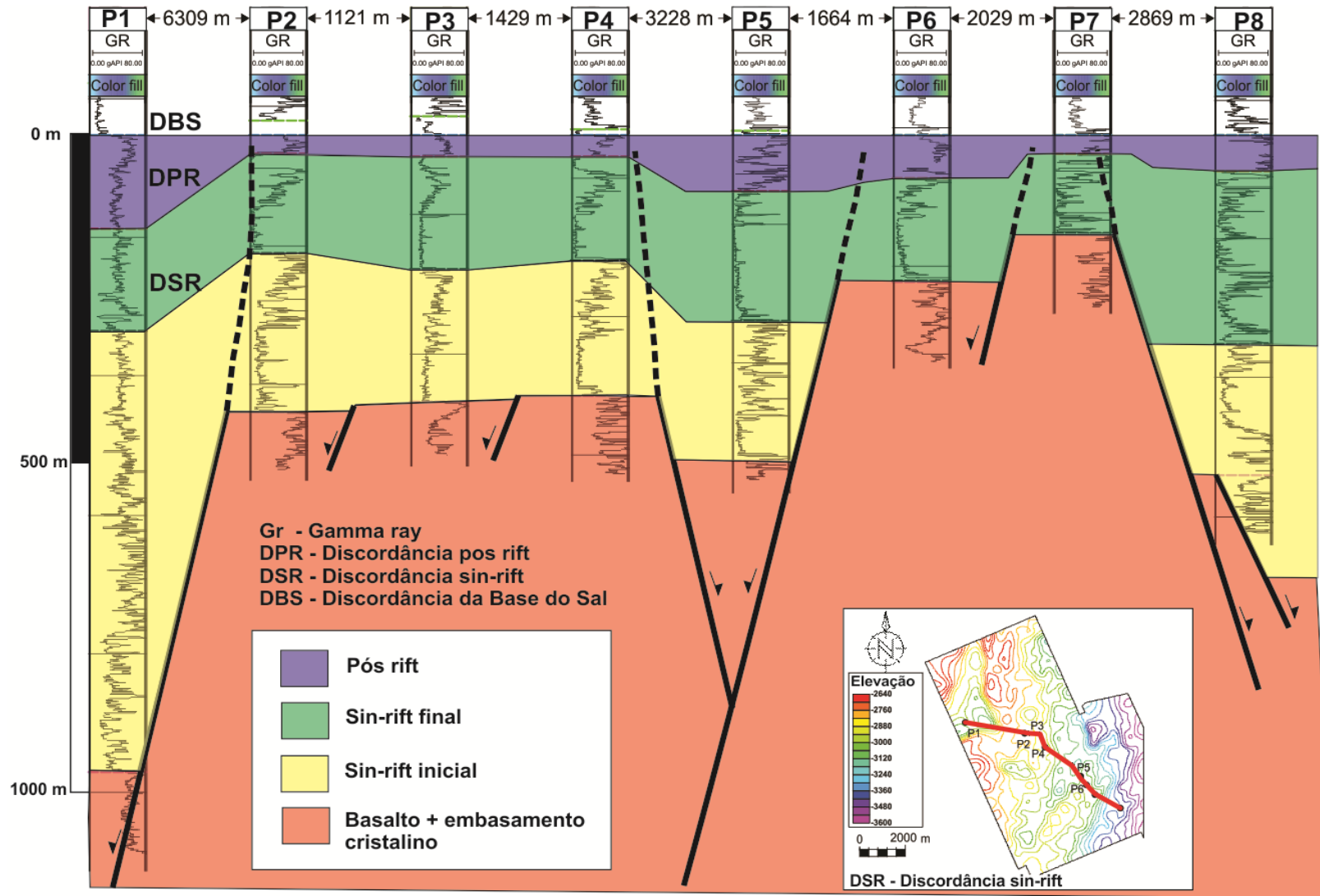
10.1 Origem dos degraus na base do Sal

Analisando a geometria da base do sal e as falhas e a geometria do embasamento, pode-se perceber uma clara associação entre as mesmas, onde degraus na base do sal parecem ter sido herdados pela geometria do embasamento (Figuras 39 e 44). Estes degraus herdados parecem ter sido originados como resposta provavelmente ou a alguma paleogeografia herdada pela fase tectônica prévia, ou por reativação de algumas falhas sin-rift, ou até mesmo por uma compactação diferencial que gerou espaço de acomodação.

De acordo com o trabalho de Muniz (2013), existem domínios a sudeste da área de estudo, onde falhas sin-rift parecem ter sido reativadas cortando a sucessão sag até a base do sal, algumas mostrando espessos estratos do intervalo sag. Na área de estudo estas falhas do rift não atingem a base do sal, porém pode ser observado também um mesmo espessamento do intervalo sag (Figura 65), localizado diretamente acima de baixos estruturais do embasamento. Esta característica corrobora com a hipótese da reativação do embasamento, que parece ter sido suficiente para controlar não só a deposição da fase sag (idades meso a neoptiano), preenchendo parcial ou totalmente a paleogeografia herdada pelas reativações das falhas rifte, como também na deformação das camadas acima gerando degraus na base do sal. Na seção 3 da figura 67, pode-se perceber que o tamanho dos degraus na base do sal reflete também a magnitude dos rejeitos das falhas da fase rift que se localizam logo abaixo.

A reativação do embasamento na área de estudo gerando os degraus na base do sal, ocorreu provavelmente antes da deposição da plataforma carbonática, e causaram efeitos na fragmentação da plataforma, apenas para moldar o substrato durante o espalhamento gravitacional.

Figura 65 – Seção estratigráfica passando pelos poços da área.



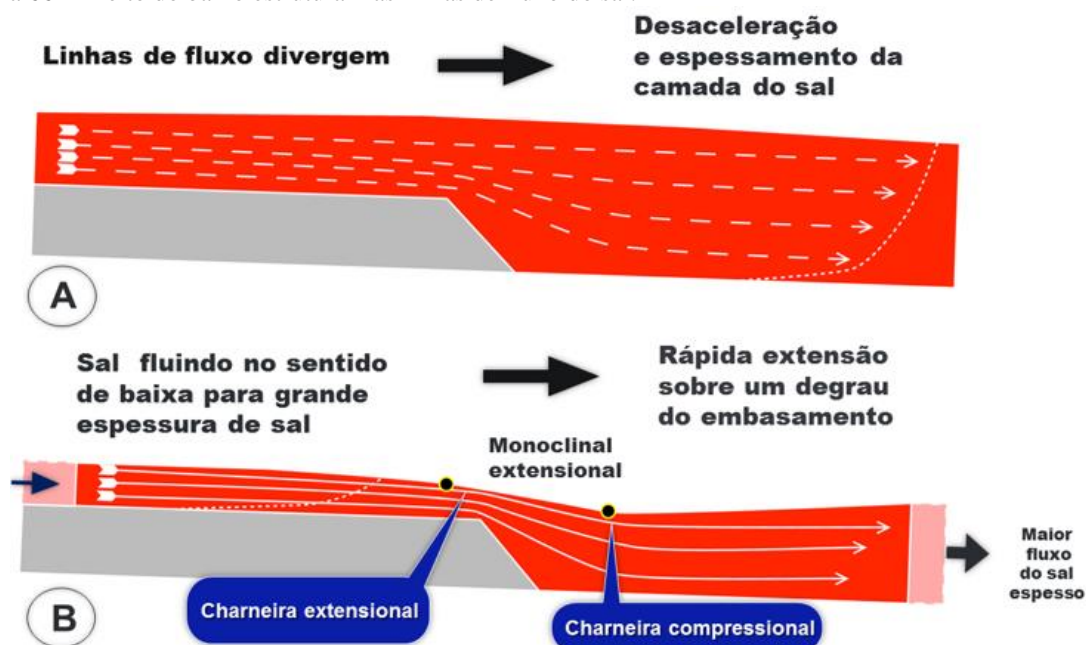
Fonte: O autor, 2017

10.2 Modelo de evolução do sistema de falhas

A influência da morfologia do substrato no estilo da deformação de sedimentos escorregados sobre uma camada de sal móvel, tem sido investigada desde a década de 80 (Vendeville *et al.*, 1987) até os dias atuais (Dooley *et al.*, 2017).

Utilizando simulação física, diversos autores, geraram modelos com diferentes arcabouços e espessuras de sal nos blocos altos e baixos dos degraus. De acordo com Dooley *et al.*, (2017), se o sal acima do bloco alto é bastante espesso, o efeito de *drag* basal (fricção) é minimizado, e as linhas de fluxo no sal divergem no sentido do bloco baixo, em resposta a desaceleração do fluxo, seguida do espessamento da camada de sal (Figura 66A). Quando a espessura do sal no bloco alto é relativamente baixa, o atrito basal acentua a desaceleração do fluxo de sal na parte alta do bloco, esta característica gera uma fluxo de sal no bloco baixo muito mais forte que no bloco alto, o que cria uma zona de charneira extensional logo acima dos degraus do substrato. Esta zona de charneira gera uma área de aceleração da distensão, gerando falhamentos ou estruturas monoclinais com charneiras distendidas (Figura 66B) nas camadas de sobrecarga. Após a passagem sobre o degrau do substrato, o fluxo de sal pode gerar sítios compressivos mergulho abaixo.

Figura 66 – Efeito do baixo estrutural nas linhas de fluxo do sal.



Legenda - A) alta espessura de sal no bloco alto B) baixa espessura de sal no bloco alto. Em vermelho o sal e em cinza o embasamento.

Fonte: Dooley *et al.*, (2017). Adaptada pelo autor, 2017.

Este efeito da geração de uma charneira extensional logo acima de degraus herdados do embasamento, parece ter acontecido na área de estudo, como pode-se perceber pela clara associação entre a posição das falhas listricas logo acima de uma base do sal com degraus (Figura 67). Sugerindo então, que nos acima dos degraus da base do sal, a zona de charneira extensional acelerou a deformação das estruturas de idade pós sal, gerando ou amplificando os rejeitos das falhas listricas.

Na seção 6 da Figura 67, a topografia da base do sal é mais plana. Apenas dois degraus são observados, um degrau que representa o limite leste do e idade de idade host de Pampo, e que parece ter influência na geração da falha listrica logo acima, e um outro degrau entre os horts de Pampo e Linguado, que parece não ter influenciado na geração de nenhum sistema de falhas nas camadas de sobrecarga, uma explicação para este efeito é que horst de Pampo serviu de anteparo para o fluxo de sal, retardando o deslizamento gravitacional da plataforma carbonática nesta direção.

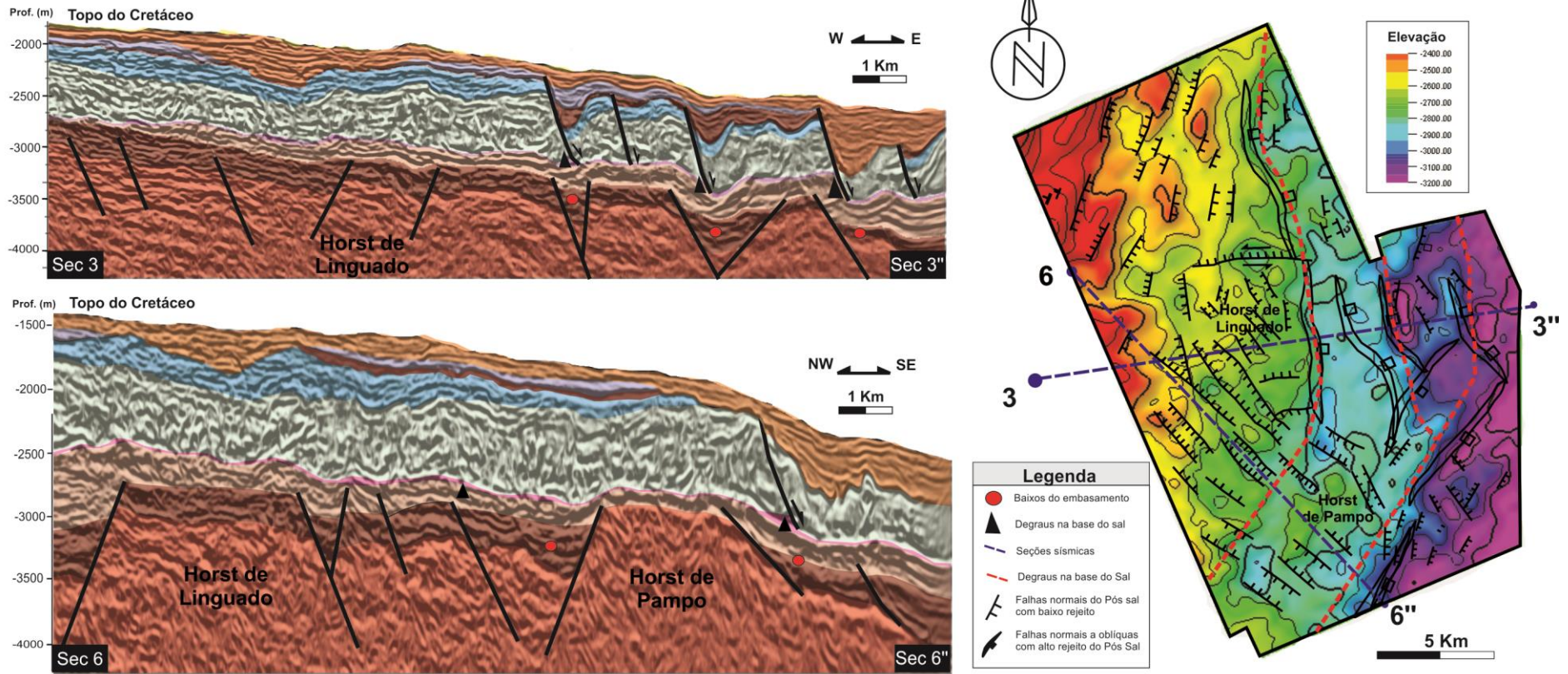
Esta concentração das falhas listricas localizadas ou acima ou próximo dos degraus pode ser vista, quando se unem em um mesmo mapa, o mapa de falhas do embasamento (Figura 68A) e o mapa de falhas do domínio pós-sal (Figura 68B), gerando o mapa da Figura 68C, onde se percebe uma clara correlação entre a concentração das falhas listricas e as estruturas do embasamento.

Na parte sul da área uma inflexão para SW do *trend* de falhas, bem como do relevo do substrato (representados pela linha vermelha tracejada na figura 69) gerou uma geometria convexa que serve de divisor entre os domínios estruturalmente contrastantes. Tal arquitetura provavelmente condicionou os dois principais padrões de fluxo das camadas sedimentares sobre o sal:

- a) Fluxo divergente responsável pelo desenvolvimento de falhas listricas de direção NNW-SSE a N-S, e falhas listricas de direção NE-SW, ocorrido em resposta a geometria convexa da base do sal e dos degraus impressos pelo embasamento (limites dos horsts de Pampo e Linguam
- b) Fluxo planar e paralelo, que gerou falhas normais ocorrido em resposta a geometria mais planar da base do sal, com direção NE-SW, sendo que a parte sul foi influenciada pelo anteparo do horst de Pampo, que alterou a geometria da base do sal.

Ao norte, fora da zona de influência da inflexão do substrato tem-se falhas normais planares de baixo rejeito NE-SW (Figura 68C), que seguem o mesmo trend do embasamento, sugerindo um maior acoplamento entre as camadas abaixo e acima do sal resultado provavelmente devido a uma menor deposição inicial de sal mais nessa região, como pode também ser visto no resultado da restauração na seção 1 da tabela 2, onde a espessura média de sal restaurada foi de 242 m.

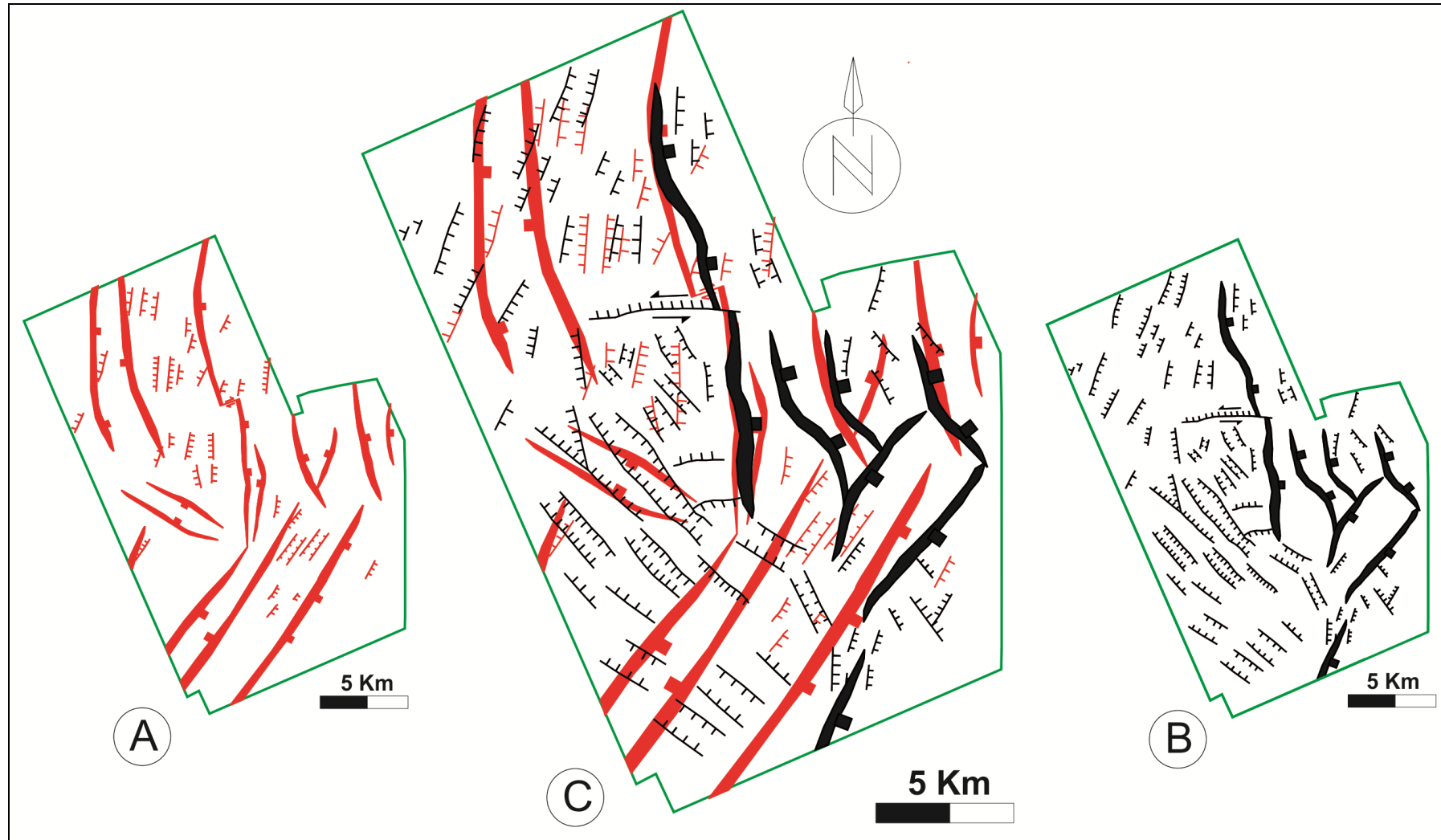
Figura 67 – Padrão em degraus da base do sal influenciando na posição e geração das falhas lístricas.



Legenda – Triângulo preto são os degraus na base da camada de sal. Horizonte a direita é a base do Sal. Notar na seção sísmica inferior a influência do horst de Pampo como um anteparo estrutural para o deslizamento gravitacional.

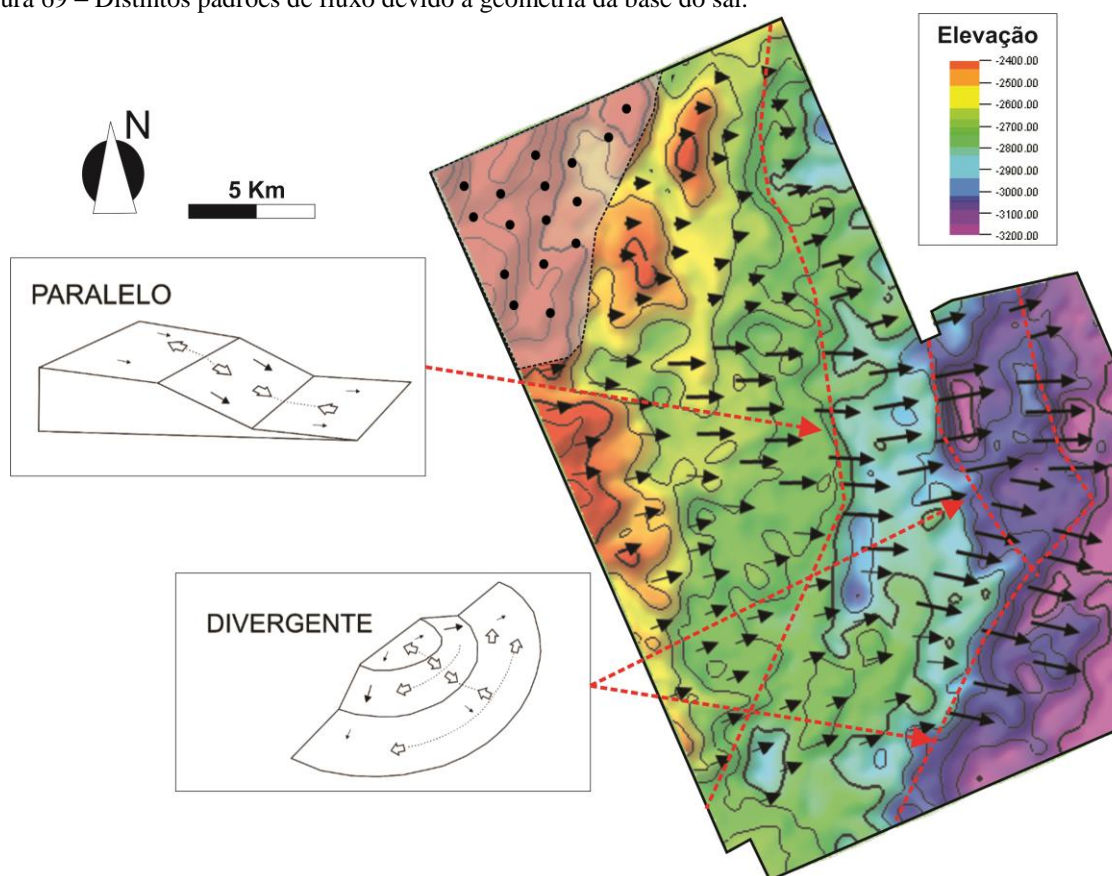
Fonte: O autor, 2017

Figura 68 – Mapa de compilação com todas as falhas da área.



A) Mapa de falhas do embasamento B) Mapa de falhas das sequencias de idade pós-sal C) Mapas com todas as falhas junta
 Fonte: O autor, 2017

Figura 69 – Distintos padrões de fluxo devido a geometria da base do sal.



Legenda: Ao fundo o mapa de base do sal. Em linhas pretas tracejadas os degraus herdados do embasamento. As setas são os vetores de deslocamento horizontal.

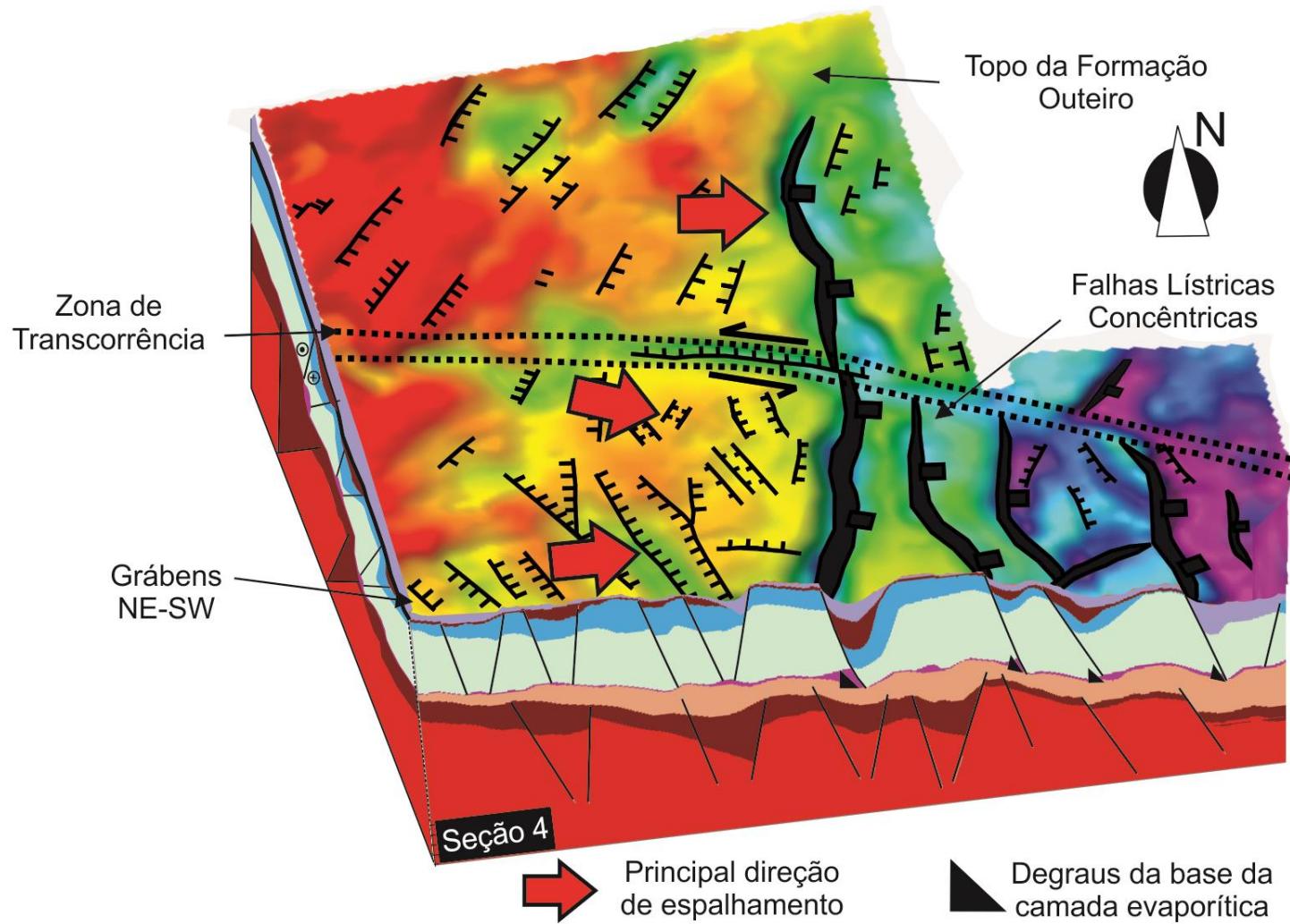
Fonte: O autor, 2017

Uma zona de transcorrência sinistral separou a área norte da parte central (Figura 70), e transferiu o movimento do domínio das falhas lítricas para as falhas planares. Esta estrutura é de difícil observação, principalmente a leste da área, pois condicionou uma calha erosiva que atuou durante a idade Neocretácea e provavelmente apagou a estrutura original. Esta zona pode ser inferida pelos dois métodos de restaurações empregados:

- a) Na restauração em seção pode se perceber uma menor deformação (elongação horizontal) na parte norte, visto no gráfico de elongação total por seção (figura 59) e na taxa de extensão em tempo para a parte norte (tabela 1);
- b) Na restauração em mapa, pode-se perceber a diferença de comprimento dos vetores de rotações finitas (figura 64A) da parte norte com menor comprimento, para a parte central com maior comprimento.

Estas duas abordagens indicam a necessidade de uma zona de transcorrência sinistral para acomodar diferentes intensidade de deformação entre a parte norte e a parte central.

Figura 70 – Modelo conceitual das estruturas formadas por espalhamento radial a partir de um embasamento com degraus no alto de badejo na parte sul da Bacia de Campos



Fonte: O autor, 2017

10.3 Evolução temporal da deformação

Os resultados da restauração de seções mostram que os deslocamentos horizontais foram acumulados principalmente pelo sistema de falhas lítricas concêntricas. O posicionamento geográfico dessas estruturas nas regiões topograficamente mais baixas indica o efeito da morfologia na aceleração do fluxo de sal.

No Eo e Mesoalbiano a taxa de extensão foi muito baixa, porém foi suficiente para controlar as principais fácies sedimentares (Figuras 56A e 56B). A maior aceleração do fluxo de sal (Figura 61) aconteceu no Cenomaniano - Nealbiano, possivelmente devido ao basculamento da bacia para leste. No Neocretáceo houve uma queda brusca da taxa de extensão, chegando a praticamente a zero no final desse período.

As falhas lítricas a leste de FL.1 chegaram a se movimentar horizontalmente em cerca de 1 km a 1,4 km (FL 2, 3 e 4, figura 60), em relação a posição presente; enquanto que a FL.1 pouco se moveu. A diferença na quantidade de movimento ao longo da área suporta a separação em dois domínios estruturais diferentes, dotados de estilos estruturais também distintos: um menos deformado, representado por uma plataforma semirrígida, e outro mais deformado com sequências de pré-rafts (Figura 57).

No âmbito regional, analisando a seção regional em direção a águas profundas (Figura 38), é possível identificar a notável continuidade que as falhas da sequência do pós-sal atingem até os sedimentos as sequências de idade paleógena, bem como os diápiros de sal, chegando até a deformar as sequências do Neógeno. Esse modo de ocorrência, indica que a deformação promovida pela tectônica raft, que foi ativa até o topo do Neocretáceo na área de estudo (Alto de Badejo), foi migrando em direção a águas ultra profundas.

10.4 Evolução da camada de Sal

Ao final da restauração do topo do Sal é possível identificar um espessamento da camada para leste (Figura 60). O aumento de espessura sugere fluxo de sal em direção a um paleo-depocentro da bacia a leste da área, provavelmente também controlado pela morfologia do substrato. Pequenas variações de espessura vistas quando se compara a espessura média de sal também podem refletir corrugações ou desníveis menores do substrato, provavelmente herdado da estruturação do embasamento subjacente.

CONCLUSÕES

- a) Durante a atividade tectônica *raft* a área foi estruturada em dois distintos domínios estruturais: um domínio menos deformado, representado por uma plataforma semi-rígida, onde está o campo Cenomaniano-Albiano de Linguado. Este encontra-se estruturado em um domo geneticamente relacionado à movimentação do sal. O segundo domínio é caracterizado por falhas lítricas e dobras de *rollover* que marcam a instalação de *pre-rafts*, controladores do campo de Pampo;
- b) Há uma clara associação entre as falhas do embasamento e a base da camada evaporítica, especialmente acima de degraus, que influenciaram a localização das falhas lítricas acima do sal. Estas feições sugerem incrementos na velocidade de fluxo, forçando a maior translação dos blocos nas partes baixas da área;
- c) A associação entre as falhas do embasamento e a base da camada evaporítica, em conjunto com o espessamento da seção pós rift ao longo de baixos estruturais do embasamento, indicam que uma reativação das falhas do rift, pode ter ocorrido entre a idade do meso-aptiano a eo-albiano, e que serviu para moldar o substrato para a deposição das plataformas carbonáticas albianas;
- d) A inflexão do embasamento de N-S para NE-SW, influenciou no padrão de falhas durante a tectônica *raft*. Isto gerou nos setores leste e sudeste falhas radiais lítricas concêntricas de alto rejeito, dispostas em um padrão convexo voltado para leste, e também falhas normais NW-SE influenciadas pelo alto interno de Pampo que provavelmente serviu como um anteparo durante a translação das camadas sobre o sal em direção do depocentro da bacia;
- e) No setor norte da área, as falhas seguem o mesmo *trend* do embasamento, sugerindo uma área com menor deposição de sal;
- f) Uma zona de transcorrência sinistral secciona a área e separa região norte dos demais domínios estruturais;
- g) O pico de maior taxa de extensão foi durante a idade Cenomaniano - Neoalbiano. Esta maior extensão pode ser associada ao basculamento para

leste nesse intervalo de modo que as estruturas provavelmente perderam atividade no final do Neocretáceo;

- h) Existe um forte controle estrutural na deposição das principais fácies sedimentares dos campos petrolíferos (sequências de idade Mesoalbiano), sendo ainda mais intenso nas sequencias Neoalbianas e Cenomanianas que preencheram os grabens e calhas formados pelas falhas lítricas.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M. de; 1976. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil**. Anais Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15-26.
- Almeida, F. F. M. de; Carneiro, C. D. R., 1998. **Origem e Evolução da Serra do mar**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 28, n. 2, junho, p. 135-150.
- Almeida, J.C.H.; Dios, F.; Mohriak, W.U., Valeriano; C.M., Heilbron, M.; Eirado, L.G.; Tomazzoli, E., 2013. *Pre-rift tectonic scenario of the Eo-Cretaceous Gondwana break-up along SE Brazil-SW Africa: insights from tholeiitic mafic dyke swarms*. In: Pre-rift Tectonic Scenario of Gondwana, Special Publications 369, Geological Society, London, March, p. 30.
- Applied Geodynamics Laboratory., 2010. **Slide Set 29**, Annual Report to Industrial Associates. University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Applied Geodynamics Laboratory.
- Asmus, H. E., 1975. **Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias da Margem Continental Brasileira**. Revista Brasileira de Geociências vol.5, p. 160-175
- Asmus, H. E.; & Porto R., 1980. **Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações**. An XXXI Congr. Bras. Geol. 1,255-239.
- Asmus, H. E. & Baisch, P.R., 1983. **Geological Evolution of the Brazilian Continental Margin**. Episodes, n. 4, p. 3-9.
- Azevedo, R. L. M.; 2004. **Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano**. 40, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 231-249.
- Bacon, M.; Simm, R. & Redshaw, T., 2003. *3-D seismic interpretation*, Cambridge University Press, 212 p.
- Barros, M. C. 1980, **Geologia e Recursos Petrolíferos da Bacia de Campos**. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, vol. 1, p. 254-265
- Baumgarten, C.S *et al.* 1985. **Evolução estrutural de Pampo, Badejo e Linguado durante a deposição da Formação Lagoa Feia**. Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p.91-101.
- Baumgarten, C.S. & Scuta, C.S. **Geometria dos Corpos Carbonáticos do Reservatório Macaé (metade superior), Campo de Pampo**. Boletim de Geociências da Petrobras, n. 3 (1/2), p. 49-57, jan. /jun. .1988.
- Bender A.A.; Mello U.T.; Chang H.K. 1989. **Reconstituição bidimensional da história geológica de bacias sedimentares: teoria e uma aplicação na Bacia de Campos**. Boletim de Geociências da Petrobras, 3:67-85
- Brito Neves, B. B. & Cordani, U. G., 1991. **Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic**. Precambrian Research, 53, 23 - 40.

- Bruhn, C. H. L.; Del Lucchese C.; Gomes J. A. T.; Johann, P. R. S., 2003. **Campos basin: Reservoir characterization and management - Historical overview and future challenges**. In OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 2003, Houston. Paper OTC 15220, p. 5-8.
- Bueno, G. V., 2004. **Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico**. *Boletim de Geociências da Petrobrás* (Rio de Janeiro), v. 12, pp. 203–229.
- Bulhões, E.M.; Amorim, W.N. 2005. **Princípio da Sismocamada Elementar e sua Aplicação a` Técnica de Volume de Amplitudes (tec. VA)**. Ninth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Salvador, Brasil.
- Burrollet P. F. 1992. *Tectonique en redeaux an Angola*. *Bull. Soc. Geól. Fr.*, v. 17, p. 503 – 504, 1975.
- DUVAL B.; CRAMEZ C.; JACKSON M. P. A. Raft tectonics in Kwanza Basin, Angola. *Marine and Petroleum Geology*. v. 9, p. 389–404.
- Cainelli, C. & Mohriak, W. U. 1998. **Geology of Atlantic Eastern Brazilian Basins**. American Association of Petroleum Geologists, International Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, 1213 November, Short Course Notes, Geology of the Atlantic Eastern Brazilian Basins.
- Calegari, S.S.; Neves, M.A.; Guadagnin, F.; França; Vincentelli., 2016. *The Alegre Lineament and its role over the tectonic evolution of the Campos Basin and adjacent continental margin, Southeastern Brazil*. *Journal of South American Earth Sciences*, v.69, p. 226-242.
- Carozzi, A. V. & Falkenhein, F. U. H. 1985. *Depositional and diagenetic evolution of Cretaceous oncolytic packstone reservoirs, Macae´ Formation, Campos basin, offshore Brazil*. In: Roehl, P. O. & Choquette, P. W. (eds) *Carbonate Petroleum Reservoirs*. Springer-Verlag, New York, 471– 484.
- Chang, H. K.; Kowsmann, R. O.; Figueiredo, A. M. F. and Bender, A. 1992, **Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview**. *Tectonophysics*, vol. 213, p. 97-138.
- Chopra, S.; Marfurt, K.J.; 2007. *Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization*. Oklahoma: Society of Exploration Geophysicists.
- Cobbold P. & Szatmari P., 1991. **Radial gravitational gliding on passive margins**. *Tectonophysics*. v. 188, p. 249-289.
- Courtillot, V.; Jaupart, C.; Manighetti, P.; Taponier, P.; Besse, J., 1999. *On causal links between flood basalts and continental breakup*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 166, pp. 177-195.
- Dahlstrom, C. D. A. 1969. **Balanced cross-sections**. *Canadian Journal of Earth Science*, v. 6, n. 4, p. 743-757.
- Davies G. H.; Reynolds S. J.; Kluth C. F., 2012, **Structural geology of rocks and regions**. 3 ed. Hoboken: Wiley. Cap. 6, p. 249-343.
- Davison, I., 1999, **Tectonics and hydrocarbon distribution along the Brazilian South Atlantic margin**, in N. R. Cameron, R. H. Bate and V. S. Clure, eds., *The oil and gas*

- habitats of the South Atlantic: Geological Society Special Publication, v. 153, p. 133–151.
- De Santi, M.R.; Campos, J.L.E.; Martha, L.F., 2002. **A finite element approach for geological section reconstruction.**In: Proceedings of the 22th Godad Meeting, Nancy, France, pp.1-13.
- Demercian, L. S., 1996, **A halocinese na evolução do Sul da Bacia de Santos do Aptiano ao Cretáceo Superior: Master's thesis**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil,2014 p.
- Dooley, T.P *et al.* 2017. **“The effects of base-salt relief on salt flow and suprasalt deformation patterns- Part 1: Flow across simple steps in the base of sal.”** Interpretation, 5(1), SD1-SD23.
- Dias, J.L., *et al.* 1990. **Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos.** In: Raja Gabaglia, G.P. & Milani, E.J. (Org.). Origem e Evolução das Bacias Sedimentares. Rio de Janeiro: Ed. PETROBRÁS. p. 333–360.
- Dias, J. L.; Guazelli, W & Catto, A. J, 1987, **Integração do arcabouço estrutural da Bacia de Campos com o embasamento pré-Cambriano adjacente:** Anais do I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES, Rio de Janeiro, p. 189–197.
- Dias, J.L. 2004. **Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Ear Aptiano da margem leste brasileira.** Boletim Geociências Petrobras, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 7-25.
- Dula W. F. Jr. 1991. **Geometric models of listric normal faults e rollover folds.** AAPG Bulletin, v. 75, n. 10, p 609- 625.
- Durand-Riard, P.; Caumon G.; Muron P. 2010. **Balanced restoration of geological volumes with relaxed meshing constraints.** Comput. Geosci. 36(4):441-452.
- Duval B.; Cramez C.; Jackson M. P. A., 1992. **Raft tectonics in Kwanza Basin, Angola.** Marine e Petroleum Geology. v. 9, p. 389–404.
- Elliot D., 1980. *Balanced cross-sections, the methods e programs; Stage 1, notes for course in thrust tectonics.* Johns Hopkins University, Baltimore, 55 pp.
- Fairhead J.D & Brinks, R.M., 1991. *Differential opening of the Central e South Atlantic Oceans e the Opening of the West African Rift System.* Tectonophysics, v. 187, p.191-203.
- Fairhead, J.D. & Green. CM., 1989. *Controls on rifting in Africa e the regional tectonic model for the Nigeria e East Niger rift basins.* In: B. Rosendahl (Editor), African Rifting. J. Afr. Earth Sci. Spec. Publ. 8, p. 231-249. .
- Fairhead. J.D. 1988. *Mesozoic plate tectonic reconstructions of the central South Atlantic Ocean: The role of the West e Central African rift system.* Tectonophysics, v. 155, p. 181-191.
- Fetter, M., 2009. **The role of basement tectonic reactivation on the structural evolution of Campos Basin, offshore Brazil: Evidence form 3D seismic analysis e section restoration,** Mar. Petrol. Geol.:26, 873-886.

- Figueiredo, A. M. F. & Mohriak, W.U., 1984. **A tectônica salífera e as acumulações de petróleo na Bacia de Campos**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v. 3., p. 1380 - 1384.
- Fossen, H. **Structural Geology**. Cambridge University Press, 2010. 475p.
- Garcia S, F. M., 1999; **Estudo tridimensional dos efeitos da halocinese em margens passivas**. 180p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Garcia S. F. M., 2008. **Fenômenos térmicos associados aos evaporitos**. In: WEBSTER, M.; SZATMAR, P.; ANJOS, S. M.C. (Org.). *Sal: Geologia e Tectônica*. São Paulo: Beca. Cap. 6, p. 181– 189.
- Gaullier, V.; Brun, J.P.; Guérin, G.; & Lecanu, H. 1993. *Raft tectonics: the effects of residual topography below a salt décollement*: Tectonophysics, v. 228, p. 363–381.
- Gaullier, V & Vendeville, B.C., 2005. **Salt tectonics driven by sediment progradation: part II radial spreading of sedimentary lobes prograding above salt**. American Association of Petroleum Geologists. Bulletin 89, 1081-1089.
- Ghidella, M. E.; Lawver L. A.; Gahagan L. M., 2007. **Break-up of Gondwana e opening of the South Atlantic: review of existing plate tectonic models**. US Geological Survey e the National Academies: USGS OF-2007-1047. Short Research Paper, v. 55.
- Gibbs, A. D., 1983. **Balanced section constructions from seismic sections in areas of extensional tectonics**. Journal of Structural Geology, v. 5, p. 153–160.
- Gibson, S.A.; Thompson, R.N.; Leonardos, O.H.; Dickin, A.P.; Mitchell, J.G., 1999. *The limited extent of plume-lithosphere interactions during continental flood-basalt genesis: geochemical evidence from Cretaceous magmatism in southern Brazil*. Contrib. Mineral. Petrol. 137, 147-169.
- Gratier, J.P & Guillier, B., 1993. **Compatibility constrains on folded e faulted strata e calculation of total displacement using computational restoration**. (Unfold program). Journal of Structural Geology 15, 391 -402.
- Guardado, L. R.; Gamboa, L. A. P.; Lucchesi, C. F. 1989. **Petroleum geology of the Campos Basin, Brazil: a model for producing Atlantic type basins**, Divergent/passive margin basins. AAPG Memoir, v. 48, p. 3-79.
- Gussow, W. C., 1968. *Salt diapirism: importance of temperature e energy source of emplacement*. In: Braunstein, J.; Obrien, G.D. **Diapirism e diapirs: a symposium**. Tulsa, Okla: AAPG. P 16-52.
- Heilbron, M. *et al.*, 2000. *From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margin of Brazil*. IN: Atlantic Rifts e Continental Margins, Talwani & Mohriak eds.354ps. Geophysical Monograph Series, V 115, p:
- Heilbron M.; Valeriano C. M.; Tassinari C. C. G.; Almeida J.; Tupinambá M.; Siga O. Jr.; Throw, R. 2008., *Correlation of the Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil, e its African counterpart: comparative tectonic evolution e open questions*. London: Geological Society. p. 211– 237. (Geological Society Special Publications, v. 294).

- Horschutz, P.M.C *et al.*, 1992. **The Linguado, Carapeba, Vermelho e Marimbá Giant Fields, Campos Basin, Offshore Brazil.** In: HALBOUTY, M.T. (Ed.) Giant oil e gas fields of the decade, 1978-1988. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, AAPG Memoir, n. 54, p. 37153.
- Jackson, M.P.A. & Talbot, C.J., 1986. *External shapes, strain rates, e dynamics of salt structures.* Geol. Soc. Am. Bull., 97: 305-323.
- Jackson, M.P.A & Talbot, C.J., 1991. **A glossary of salt tectonics.** Geological Circular, vol. 91-4. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology. 44 pp.
- Jackson, M.P.A.; Vendeville, B.C.; Schultz-Ela, D.D., 1994. **Structural dynamics of salt systems.** Annual Review of Earth e Planetary Sciences 22, 93–117.
- Jacquemin, P., 1999. *Balanced unfolding: removing gaps between horizons e faults.* In: Proceedings of the 19th Gocad Meeting, Nancy, France, pp. 1–13.
- Loncke L *et al.*, 2006. **The Nile deep-sea fan: an example of interacting sedimentation, salt tectonics e inherited subsalt paleoTopographic features.** Mar.Petrol. Geol., 23: 297–315
- Lourenço F.S., 2015. O lineamento Piúma: características gerais e história evolutiva no cenário tectônico da Província Mantiqueira Setentrional e margem continental. MS Dissertação, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 125 p
- Lourenço F.S. *et al.*, 2016. O lineamento Piúma, sul do estado do Espírito Santo: expressão estrutural e significado tectônico. Braz. J. Geol. vol.46 no.4 São Paulo Dez.
- Maillard, A.; Gaullier, V.; Vendeville, B.; Odonne, F., 2003. *Influence of differential compaction above basement steps on salt tectonics in the Ligurian-Provencal basin, northwest Mediterranean.* Marine e Petroleum Geology 20, 13–27
- Magnavita, L.P. & Cupertino, J.A., 1987. Conceção atual sobre as bacias do Tucano e Jatobá, nordeste do Brasil. Boletim de Geociências da Petrobras. v. 1, p. 119-134.
- Magnavita, L.P., 1996. **Estruturas e tectônica do Rift do Recôncavo-Tucano-Jatobá. In: Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado da Bahia.** SGM, p. 239-259.
- Marfurt, K. J., 2006. Robust estimates of 3D reflector dip e azimuth. Geophysics, v. 71, n. 4, p. 29-40.
- Marshall, J. E. A., 1994. The Falkle Isle: A key element in Gondwana paleogeography. Tectonics, v. 13, n. 2, p. 499-514.
- Marzoli, A.; Renne, P.R.; Piccirillo, E.M.; Ernesto, M.; Bellieni, G.; De Min, A., 1999. *Extensive 200million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic Magmatic Province.* Science 284, 616–618
- Maurin, J.C. & Guiraud, R., 1993. *Basement Control in the development of the Early Cretaceous West e Central African Rift Systems.* Tectonophysics, v. 228, p. 81-95.

- Matos, R.D., 1999. *History of the northeast Brazilian rift System: kinematic implications for the breakup between Brazil e West Africa*. Geological Society of London, Special Publications, v.153, p. 55-73.
- Matos, R.D., 2000. *Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic*. American Geophysical Union, Atlantic Rifts e Continental Margins, Geophysical Monography, 115.
- Meisling, K.E.; Cobbold, P.R.; Mount, V.S., 2001. *Segmentation of obliquely rifted margin, Campos e Santos basins, southeastern Brazil*. AAPG Bull, 85(11):1903- 1924.
- Milani, E.J. & Davison, I., 1988. Basement controls e transfer tectonics in the Recôncavo-TucanoJatobá rift, Northeast Brazil. *Tectonophysics*, v. 154, p. 41-70.
- Milani, E. J.; Breão, J. A. S. L.; Zalán, P. V. & Gamboa, L. A. P., 2001. **Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas**, Revista Brasileira de Geofísica, vol.18, nº3, São Paulo.
- Milner, S.C. & Le Roex, A.P., 1996. *Isotope characteristics of the Okenyanya igneous complex, northern Namibia: constraints on the composition of the early Tristan Plume e the origin of the EM1 mantle component*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 141, 277-829
- Mohriak, W. U. & Dewey, J. F., 1987, *Deep seismic reflectors in the Campos Basin, offshore Brazil*, In: Drummond, M., Smith, C. (Prefacers), *Deep seismic reflection profiling of the continental lithosphere*. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, vol. 89 1: p. 133-140. *Royal Astronomical Society*. Blackwell, London, United Kingdom.
- Mohriak W. U., 2003. **Bacias sedimentares da margem continental brasileira**. In: *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*, Brasília: CPRM.Cap. 3, p. 87–165.
- Mohriak, W. U.; Mello, M. R.; Karner, G. D.; Dewey, J. F. & Maxwell, J. R. 1990, **Petroleum geology of the Campos Basin, offshore Brazil**, ed., In: *Classic petroleum provinces, American Association of Petroleum Geologists*. Geological Special Publication, nº. 50, p. 119-141.
- Mohriak, W. U.; Macedo, J. M.; Castellani, R. T. *et al.*, 1995. **Salt tectonics e structural styles in the deep water province of the Cabo Frio region**, Rio de Janeiro, In: JACKSON, M. P. A., ROBERTS, D. G. & S NELSON, S. (Eds) *Salt tectonics: a global perspective*. American Association of Petroleum Geologists, *Memoirs*, 65, 273–304.
- Mohriak W. U & Szatmari P., 2008. **Tectônica de sal**. In: WEBSTER, M.; SZATMAR, P.; ANJOS, S. M.C. (Org.). *Sal: Geologia e Tectônica*. São Paulo: Beca. Cap. 4, p. 90 - 163.
- Mohriak, W.U.; Szatmari, P.; Anjos, S., 2012. *Salt: geology e tectonics of selected Brazilian basins in their global context*. In: Alsop, G.I., Archer, S.G., Hartley, A.J., Grant, N.T., Hodgkinson, R. (Eds.), *Geological Society, London, Special Publication*, vol. 363, pp. 131e158.
- Moretti, I.; Lepage, F.; Guiton, M., 2006. **Kine3D: a new 3D restoration method based on a mixed approach linking geometry e geomechanics**. *Oil & Gas Science e Technology* 61 (2), 277–289.
- Morley, C.K.; Ngenoh, D. K, e Ego, J.K, 1999. *Introduction to the East African Rift System*, in Morley, C.K. ed., *Geoscience of rift systems-evolution of East Africa: AAPG Studies in Geology No. 44*, p. 1–18.

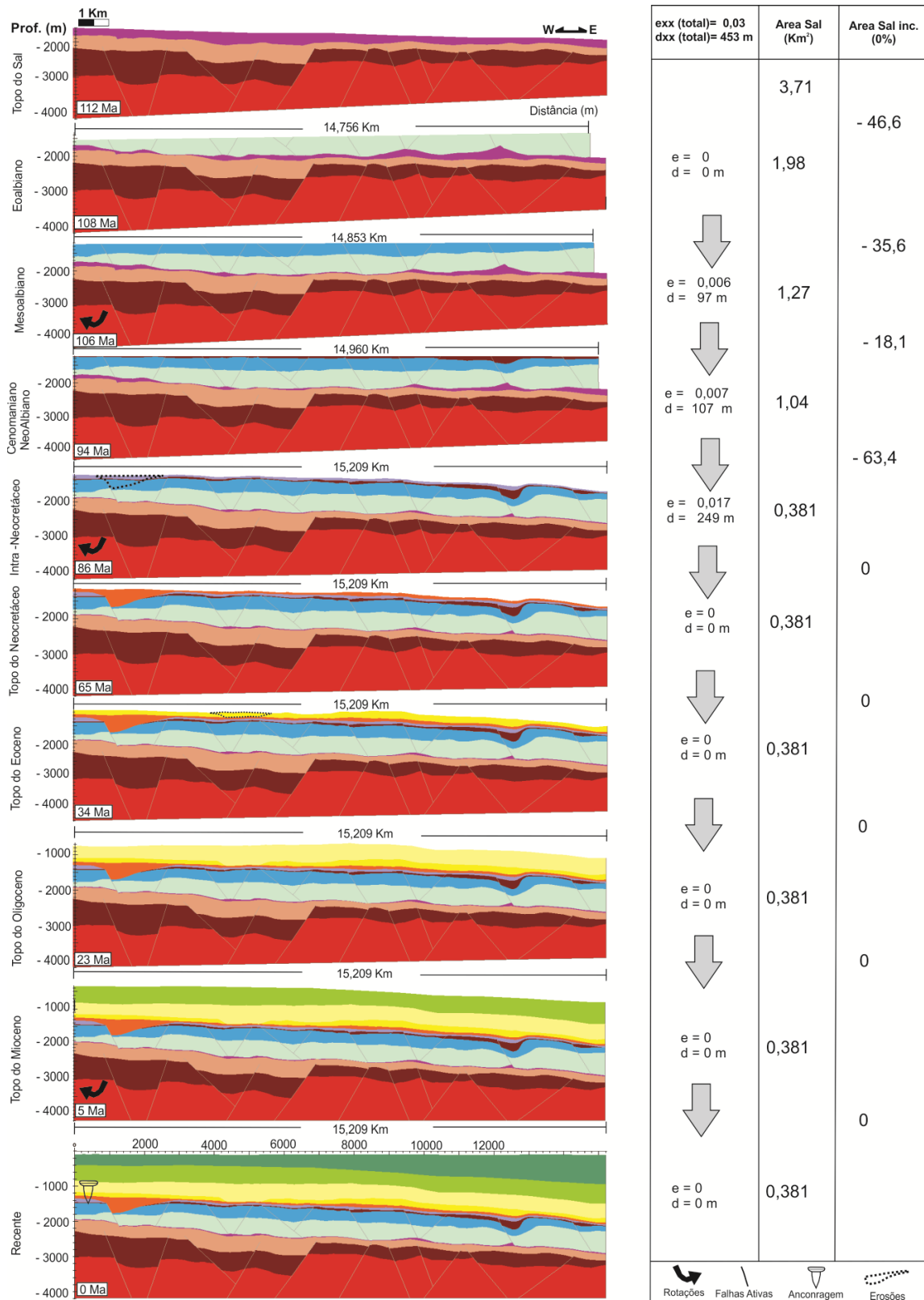
- Muniz, M. C., 2013. *Tectono-Stratigraphic evolution of the Barremian-Aptian Continental Rift Carbonates in Southern Campos Basin, Brazil*. PhD thesis, Royal Holloway University of London.
- Muron, P & Mallet, J.-L., 2003. **3D balanced unfolding: the tetrahedral approach**. In: Proceedings of the 23rd Gocad Meeting, Nancy, France, pp. 1-17
- Nomade, S.; Chen, Y.; Pouclet, A; Feraud, G.; Theveniaut, H.; Daouda, B.Y.; Vidal, M.; Rigolet, C., 2003. *The Guiana and the West African shield Paleoproterozoic grouping: new Paleomagnetic data for French Guiana and the Ivory Coast*. Geophysical Journal International 154, 677–694.
- Pontes, F. C. & Asmus, H. E. 1978. Geologic Framework of the Brazilian continental margin. **Geologische Rundschau**, v. 67, n. 1, p. 201-235.
- Quirk, D.G.; Hsu, D.; Bissada, M.; Ambirk, D.; Emily Ferguson, E.; Kendrick, T.; Chigozie, T.; Nwokefor, C.; Seidler, L.; Nielsen, M.; 2011. Extensional salt tectonics on passive margins: examples from Santos, Campos e Kwanza basins. In: Salt Tectonics, Sediments e Prospectivity. Geological Society, London, Special Publications.
- Reen T.; Pedersen S.I.; Sønnele L., 2001. *Automatic detection e extraction of faults from three- 3D dimensional seismic data*. Proceedings of Norwegian Signal Processing Symposium, 5 p
- Renne, P.R.; Deckart, K.; Ernesto, M.; Feraud, G.; Piccirillo, E.M., 1996. Age of the Ponta Grossa dike swarm (Brazil), and implications to Parana flood volcanism. Earth Planet. Sci. Lett. 144, 199 e 211.
- Rangel, H. D.; Martins, C. C. 1998. Main exploratory compartments, Campos Basin. **Searching for oil e gas in the le of giants: Search**, Rio de Janeiro, Schlumberger, p. 32-40.
- Reis, AT *et al.*, 2005. **Radial gravitational gliding evidenced by subsalt relief e salt-related sstructures, Gulf of Lions**. In: International Congress of the Brazilian Geophysical Society, IX. Salvador. Abstracts. Salvador: SBGf. P 1-6.
- Richards, M.A.; Duncan, R.A.; Courtillot, V.E., 1989. *Flood basalts e hot spot tracks: plume heads e tails*. Science, v. 246, pp. 103-107
- Rouby, D *et al.*; 1993. **Least-squares palinspastic restoration of regions of normal faulting— application to the Campos basin (Brazil)**: Tectonophysics, v. 221, p. 439–452.
- Rouby, D., 1995. **Restauration en carte des domaines failleés en extension. Méthode et applications**. Mémoire de documents de Géosciences Rennes: Géosciences Rennes 57, 266 p.
- Rouby, D.; Fossen, H.; Cobbold, P.R. 1996. **Extension, displacement e block rotations in the lager Gullfaks area, northern North Sea, as determined from plan view restoration**: AAPG Bulletin, v. 80, p. 875-890.
- Rouby, D *et al.*, 2002. **Kinematics of a growth/raft system on the West African margin using 3-D restoration**. Journal of Structural Geology 24, 783 - 796.

- Rowan, M.; Jackson, M.; Trudgill, B. 1999. **Salt-related fault families e fault welds in the northern Gulf of Mexico**. AAPG Bulletin, v. 83, p. 1454–1484.
- Santi M.R. 2002. **Procedimentos computacionais para o balanceamento de seções geológicas**. Tese de Doutorado, PUC Rio de Janeiro, 168 p.
- Santos, C.F.; Cupertino, J.A.; Braga, J.A.E. 1990. **Síntese sobre a Geologia das Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá**. In: Raja Gabaglia, G.P., Milani, E.J. (Eds.), *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*, p. 235-266.
- Savastano, V.L.M.; Araújo, M.N.C.; Inocencio, L.C.; Schmitt, R.S., 2017. Rift brittle deformation of SE-Brazilian continental margin: Kinematic analysis of onshore structures relative to the transfer and accommodation zones of southern Campos Basin. *Journal of Structural Geology* 94, 136 - 153
- Schlumberger, 1985. **Avaliação das formações no Brasil** – WEC Brasil. Schlumberger, Brasil.
- Schmitt, R, S *et al.*, 2004. **Late Amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data e the characterization of a Cambrian collision orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil)**. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 133, n. 1/2, p. 29-61, Aug. 2004.
- Spadini, A. R *et al.*, 1998. *The Macaé Formation, Campos Basin, Brazil: its evolution in the context of the initial history of the South Atlantic*. *Revista Brasileira de Geociências*, 18(3), 267 – 272.
- Szatmari, P.J *et al.*, 1985. *How South Atlantic rifting affects Brazilian oil reserves distribution*. *Oil Gas Journal* 83, 107-113.
- Szatmari P & Aires J. R. 1987. **Experimentos com modelagem física de processos tectônicos no Centro de Pesquisa da Petrobras**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, n.1, v. 1, p. 13–24.
- Szatmari, P. & Milani, E.J. 1999. Microplate rotation in northeast Brazil during South Atlantic rifting: analogies with the Sinai microplate. *Geology*, v. 27, p. 1115-1118.
- Thomaz-Filho, *et al.*, 2000. *Rifting e magmatism associated with the South America e Africa break up*. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 17-19, 2000.
- Tillement, B. 1987. *Insight into Albian carbonate geology in Angola*. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 35, 65–74
- Trusheim, F. 1960. **Mechanism of salt migration in northern Germany**. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 44, p. 1519-1540.
- Torquato, J. R & Cordani, G. U. 1981. **Brazil-Africa Geological Links**. *Earth-Science Review*, v. 17, n.1, p. 155-176.
- Turner, S.; Regelous, M.; Kelley, S., Hawkesworth, C., Mantovani, M., 1994. *Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision ⁴⁰Ar- ³⁹Ar geochronology*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 121, 333 e 348

- Vauchez, A.; Barroul, G.; Tomasi, A. 1997. *Why do continents break-up parallel to ancient orogenic belts?* Terra Nova, v.9, p.62-66.].
- Valente, S. C *et al.*, 2007. **Tectonic boundaries, crustal weakness zones e plume-subcontinental lithospheric mantle interactions in the Serra do Mar dyke swarm, SE Brazil.** *Rev. Bras. Geoci.* v. 3, no 1, p. 194-201
- Vendeville, B.C & Jackson, M.P.A., 1992a. **The rise of diapirs during thin-skinned extension.** *Marine e Petroleum Geology*, v. 9, 331 – 353.
- Vendeville, B.C & Jackson, M.P.A., 1992b. **The fall of diapirs during thin-skinned extension.** *Marine e Petroleum Geology*, v. 9, 354 – 371
- White, R. & McKenzie, D.J., 1989. *Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins e flood basalts.* *J. Geophys. Res.* 94 (B6), pp. 7685-7729.
- Wilson, J.T. **A new class of fault e their bearing on continental drift.** *Nature*, v. 207, n. 4995, p. 343 - 347, 1965.
- Winter, W. R.; Jahnert, R. J.; França, A. B. 2007. **A Bacia de Campos.** *Boletim Geociências Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 511-529.
- Wu, J.E.; McClay, K.; Frankowicz, E. 2015. **Niger Delta gravity-driven deformation above the relict Chain e Charcot oceanic fracture zones, Gulf of Guinea: insights from analogue models.** *Mar. Pet. Geol.* 65, 43- 62.
- Zeng, H.; John, A.; Jackson, K. G. 2010. *Thin-Bed Detection and Correlation with Instantaneous Frequency.* In 2010 SEG Annual Meeting, Denver. Society of Exploration Geophysicists, Denver, 2010.

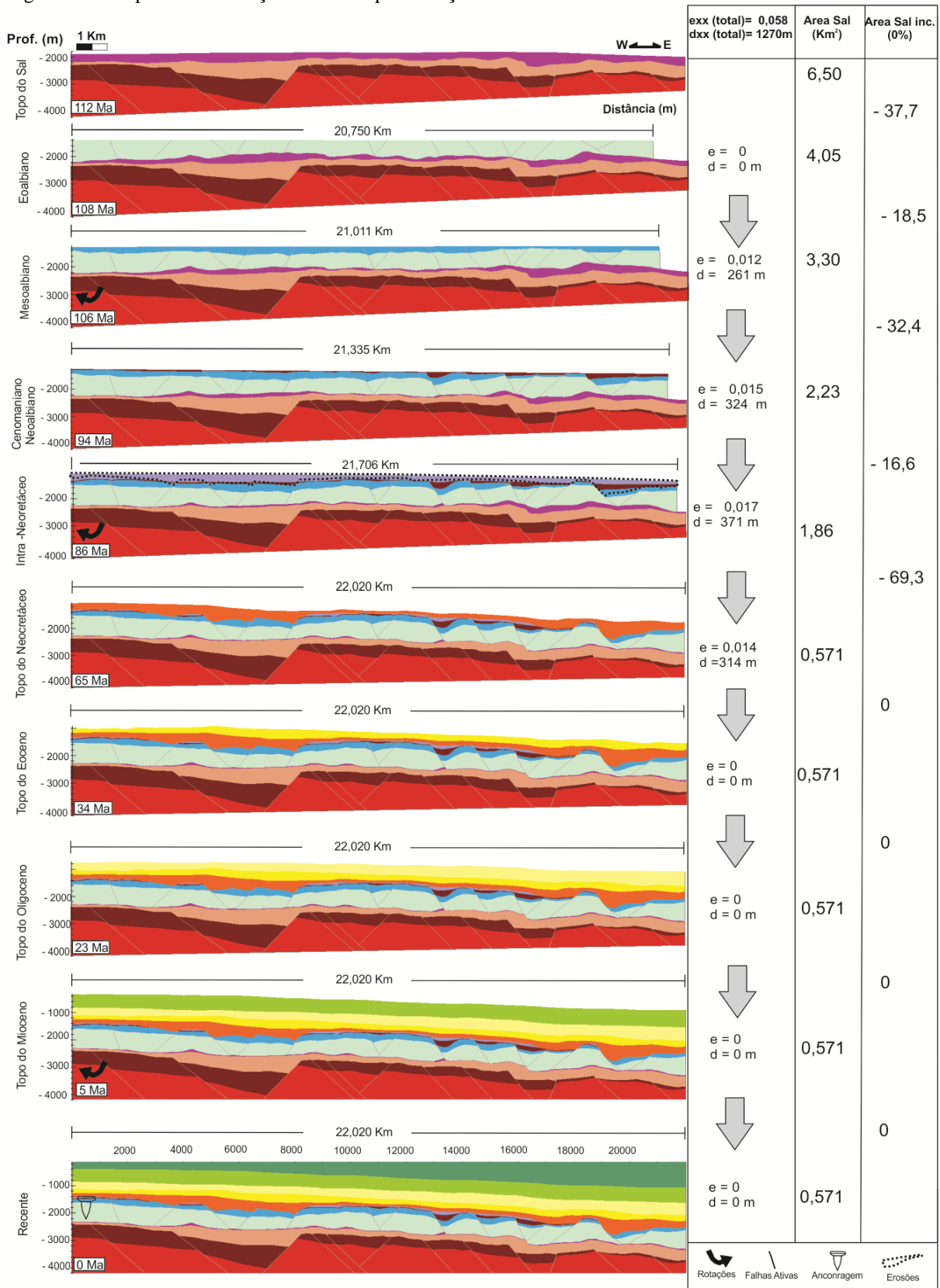
APÊNDICE – Etapas das Seções Restauradas

Figura 71 – Etapas da restauração estrutural para a seção 1



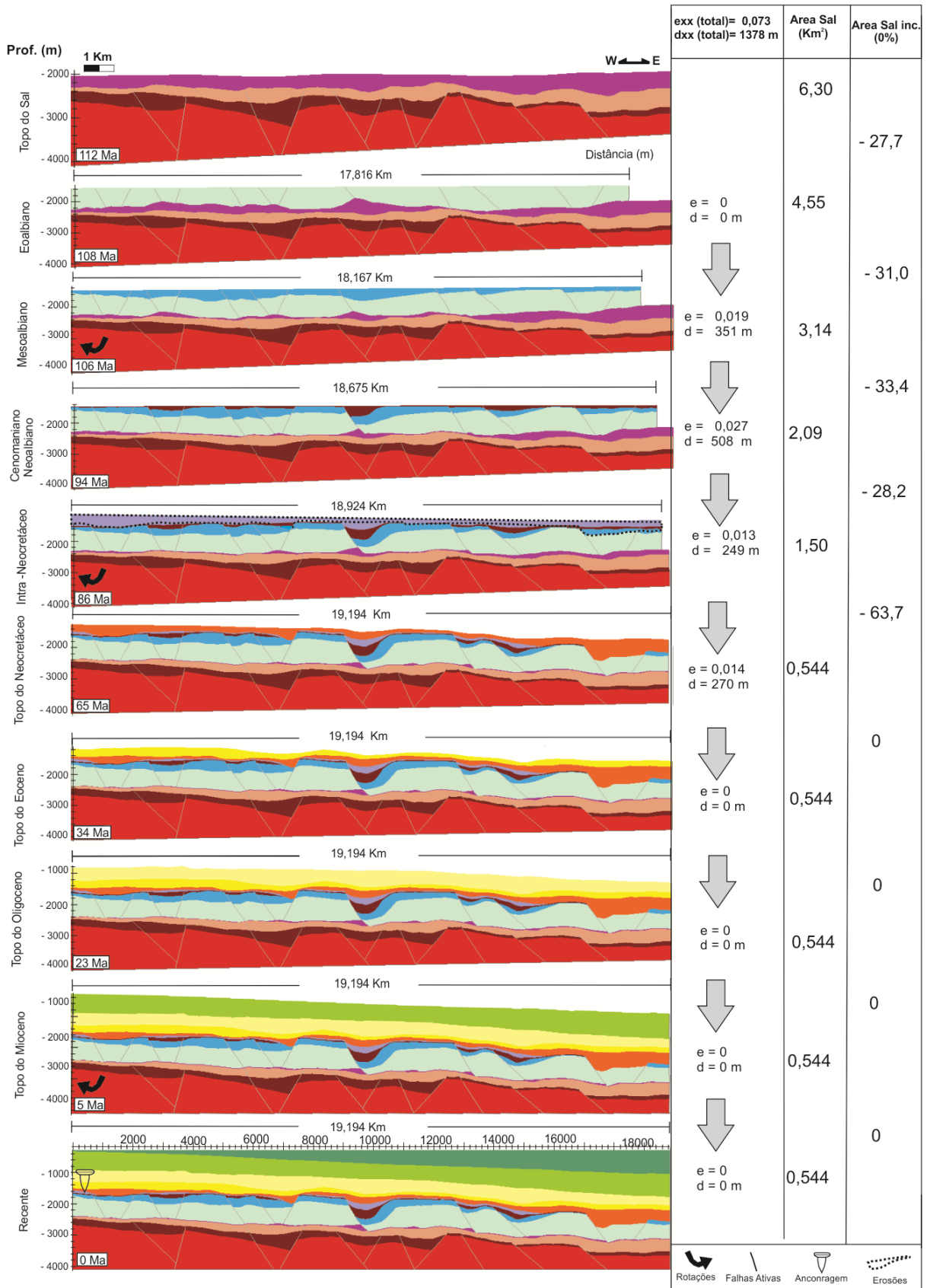
Fonte: O autor, 2017

Figura 72 – Etapas da restauração estrutural para a seção 2



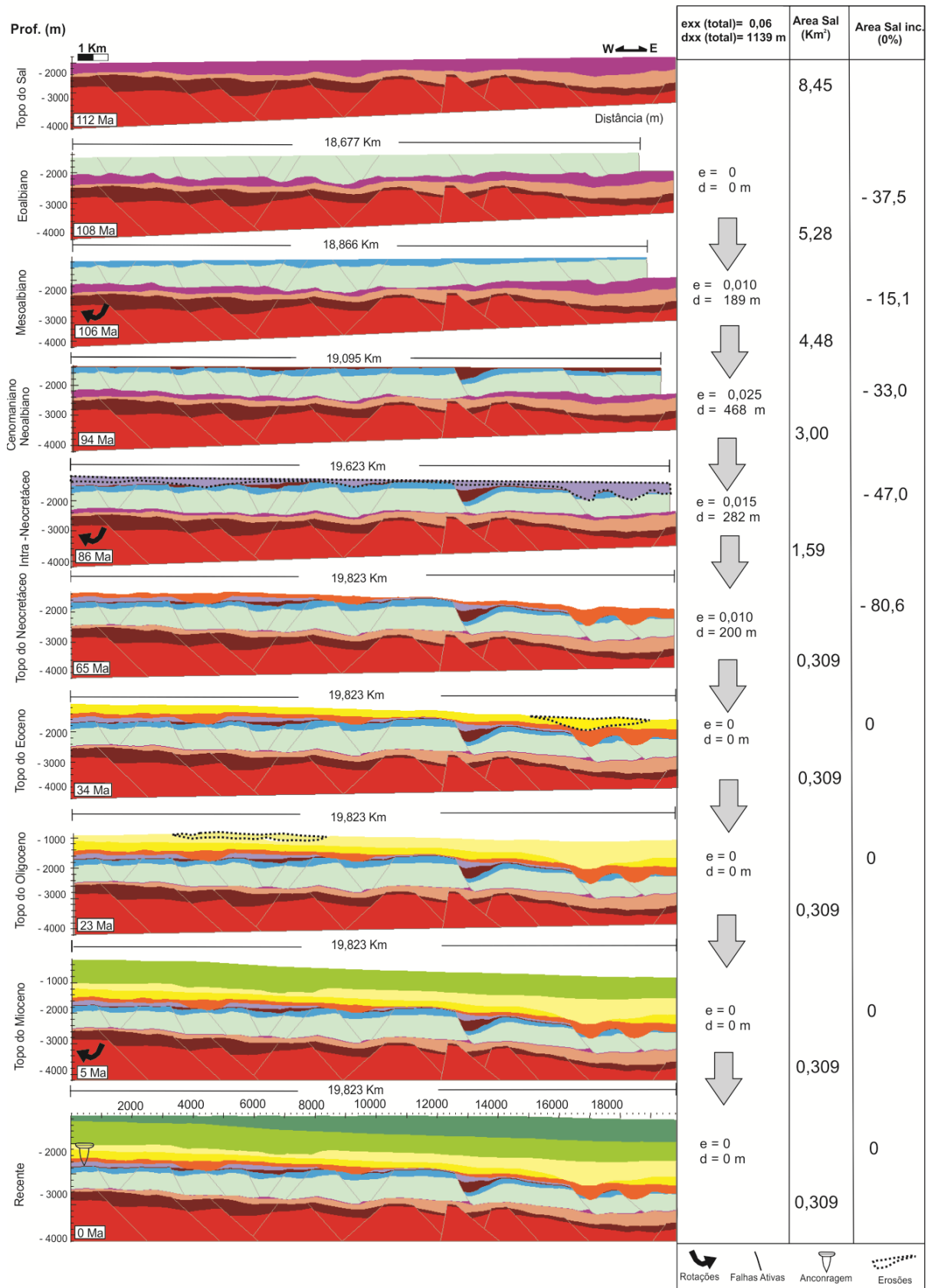
Fonte: O autor, 2017

Figura 73 – Etapas da restauração estrutural para a seção 4



Fonte: O autor, 2017

Figura 74 – Etapas da restauração estrutural para a seção 5



Fonte: O autor, 2017