

Nova Visão sobre o modelo tectóno-estratigráfico das bacias costeiras de Angola

New Insights on the Tectono-Stratigraphic model of the coastal basins of Angola

Simão Vunda¹, Cristina Rodrigues¹, René Arias¹, João Constantino¹

¹Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto, Departamento de Geofísica, Avenida 4 de Fevereiro, 71, Número de contribuinte 7101005232, Luanda, Angola. email: simao.vunda@eni.com ou simaocri75@gmail.com, cfrodrig@gmail.com, renefla077@gmail.com, jctino12@hotmail.com.

CITAR COMO:

Vunda, S., C. Rodrigues, R. Arias e J. Constantino. Nova Visão sobre o modelo tectóno-estratigráfico das bacias costeiras de Angola. Revista Angolana de Geociências, 2020, 1(1), p. 63-68

INFORMAÇÃO ADICIONAL:

Recebido: 20/5/2020

Aceite: 12/6/2020

***Autor correspondente:**

Simão Vunda (e-mail: simao.vunda@eni.com)

Licença: CC BY-NC

Copyright: Centro de Investigação em Ciências Geológicas Aplicadas

Conflitos de interesses:

Os autores declaram que não há conflitos de interesses

Resumo: Nas últimas décadas estabeleceram-se vários modelos tectóno-estratigráficos das bacias costeiras de Angola, no entanto, continuam a ser alvo de vários estudos sistemáticos, uma vez que existem ainda alguns aspectos controversos que precisam de ser clarificados. Neste sentido, o presente trabalho tem como propósito contribuir para a reavaliação dos modelos tectóno-estratigráficos existentes. Um dos aspectos analisados baseia-se nos conceitos tectonofísicos propostos por McKenzie em 1978, os quais admitem um estiramento da litosfera e adelgaçamento da crosta e litosfera, durante a fase do rifte. O presente estudo foi elaborado utilizando diferentes métodos geofísicos (gravimétricos, magnéticos e sísmicos). Os resultados obtidos levam a sugerir que a interrupção do adelgaçamento da crosta, induzida pela mudança do epicentro de tensão face à competência e composição das rochas, levou ao aparecimento de três zonas: 1) passiva (zona I), contendo a crosta continental extensa, incorporando as bacias do Congo e do Kwanza; 2) transformante (zona II), incorporando a crosta continental curta, fazendo parte as Bacias do Kwanza e de Benguela, 3) super-transformante (zona III), caracterizada pela crosta continental mais curta, compreendendo a Bacia do Namibe. Adicionalmente, sugere-se que as correntes telúricas de convenção no manto são, provavelmente, as responsáveis pelo aparecimento de pontos quentes, os quais, possivelmente, provocaram diferentes estágios tectono-estratigráficos.

Palavras-chave: Tectónica, Estratigrafia, Geodinâmica, Geofísica, Bacias

Abstract: In the last decades several tectono-stratigraphic models have been established on the Angola coastal basins, nevertheless, they continue to be the target of several systematic studies, since there are several non-consensual topics that must be clarified. In this context, the present work aims to contribute to the re-evaluation of the existing tectono-stratigraphic models. One of the analysed issues are based on the tectono-physical concepts proposed by Makenzie in 1978, which admit a lithosphere stretching and crust thinning during the rift event. The present study was accomplished by using several geophysical methods (gravimetric, magnetic and seismic). The obtained results suggest that the crustal thinning interruption, induced by the change of the stress epicenter due to the rocks competence and composition, led to the formation of three zones: 1) passive (zone I), containing extensive continental crust incorporating the Congo and the Kwanza Basins. 2) transformer (zone II), with a short continental crust, comprising the Kwanza and Benguela basins. 3) super-transforming (zone III), characterized by the continental crust but shorter than the previous ones, belonging to the Namibe Basin. Additionally, it is suggested that conventional telluric currents in the mantle are, probably, responsible for the appearance of hot spots, which possibly caused different tectono-stratigraphic stages.

Keywords: Tectonic, Stratigraphy, Geodynamic, Geophysics, Basins

INTRODUÇÃO

A ambiguidade, ainda, existente em relação aos aspectos tectono-estratigráficos das bacias costeiras de Angola leva-nos a tecer algumas considerações, no sentido de dar um contributo na reavaliação dos modelos tectono-estratigráficos regionais. A realização do presente trabalho envolveu a selecção dos seguintes dados: gravimétricos de cobertura mundial (Geosat e ERS-1 (Sandwell & Smith, 1997), magnéticos com a resolução melhorada em três a dois minutos de arco (EMAG2 (Maus, 2009) e sísmicos de domínio público e confidenciais, bem como dados de poços confidenciais.

O processamento dos dados gravimétricos e magnéticos teve por finalidade a caracterização das estruturas profundas, normalmente, relacionadas com frequências baixas, em detrimento das superficiais. Posteriormente, aos dados gravimétricos e magnéticos foram aplicados os seguintes filtros: passa baixa, inclinação do sinal analítico (Tilt derivative) e gradiente horizontal. A integração e interpretação dos campos potenciais e dos dados sísmicos permitiram confirmar as anomalias identificadas nos dados gravimétricos e magnéticos.

Assim sendo, o presente trabalho tem como objectivo contribuir para a reavaliação do modelo tectónico-estratigráfico regional das bacias costeiras de Angola.

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A área de estudo incorpora as zonas offshore das três bacias costeiras de Angola, localizada na costa do Atlântico Sul de África Ocidental, assim como a área de Cabo-Ledo pertencente ao onshore da Bacia do Kwanza (Figura 1).

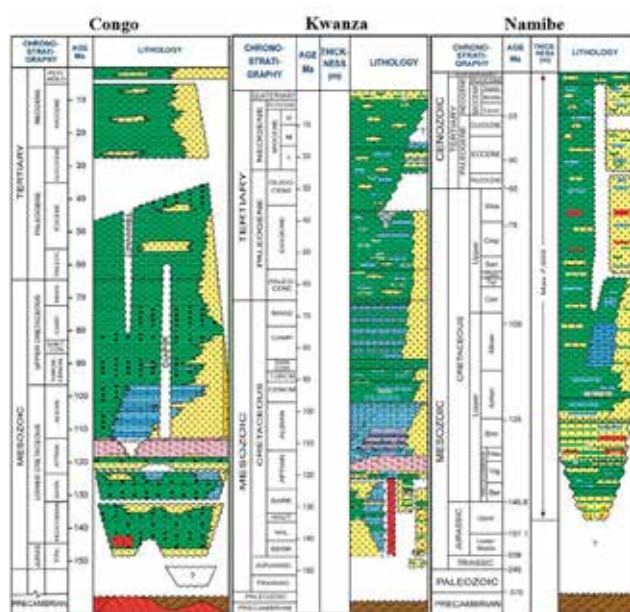


Figura 1: Enquadramento geológico das bacias costeiras de Angola (Anka et al., 2009).

A evolução tectono-estratigráfica é comumente definida segundo três fases distintas, nomeadamente, pré-rifte, sin-rifte e pós-rifte. A fase pré-rifte (Proterozóico – Jurássico tardio) é caracterizada pelo desenvolvimento de horsts, grabens, semi-grabens, blocos falhados inclinados (Miller et al., 1983), durante o qual depositaram-se arenitos e rochas vulcânicas (predominantemente nas Bacias do Kwanza e do Namibe). A fase sin-rifte é, normalmente, subdividida em duas componentes, a sin-rifte I (Berriasiano – Barremiano inferior) e a sin-rifte II (Barremiano – Aptiano). A primeira sub-fase é representada pela sobre-elevação e erosão das estruturas desenvolvidas no Jurássico, promovendo a formação de sub-bacias profundas e alongadas. Esta sub-fase é marcada pela deposição de argilitos lacustres, de águas pouco profundas, carbonatos lacustrinos e sedimentos sapropélicos ricos em matéria orgânica. A segunda sub-fase é marcada pela reactivação das falhas profundas, durante a qual depositaram-se, principalmente, carbonatos lacustres, arenitos e sedimentos clásticos aluvionares. A fase pós-rifte (Albiano ao recente) representa a fase da deriva continental, a qual é predominantemente caracterizada por sequências progradantes que se desenvolveram em ambientes marinhos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho implicou o desenvolvimento de uma metodologia específica, envolvendo a selecção dos métodos geofísicos mais adequados, a obtenção e processamento dos dados gravimétricos e magnéticos e, por último, a integração dos dados sísmicos com dados de modelos pré-existentes e campos potenciais. O processamento dos dados gravimétricos e magnéticos consistiu numa das etapas mais complexas, uma vez que foi necessário aplicar uma série de filtros que permitiram quer atenuar como realçar os sinais, permitindo uma interpretação dos dados mais eficiente. As definições geofísico-estruturais efectuaram-se tendo por base vários métodos matemáticos, os quais permitiram realçar as anomalias de campos potenciais, tais como: análise de semi-variograma, análise espectral, inclinação do sinal analítico (tilt derivative), filtro passa baixa, gradiente horizontal, interpolação e deconvolução de Euler.

A análise de semivariograma permitiu compreender os campos potenciais, levando ao estabelecimento dos processos tanto à escala regional como à escala local. A análise espectral implicou o desenvolvimento de várias etapas antes e após a aplicação do filtro seleccionado, durante as quais é gerado um espectro de potência radial médio dos dados em cada uma das bacias, segundo a técnica de Spector & Grant (1970). Esta análise permitiu escolher os intervalos de número de ondas k , em ciclos/graus decimais, dando maior destaque aos sinais relacionados com as formações geológicas profundas, ou seja, baixa frequência e comprimento de onda longo. Posto isto, as frequências resultantes da análise espectral foram: 1) campo gravimétrico corrigido de ar-livre (Sandwell & Smith, 2009) (Figura 2), 1.1) Bacia do Congo ($1/1000 \approx 0.0011$ (Número

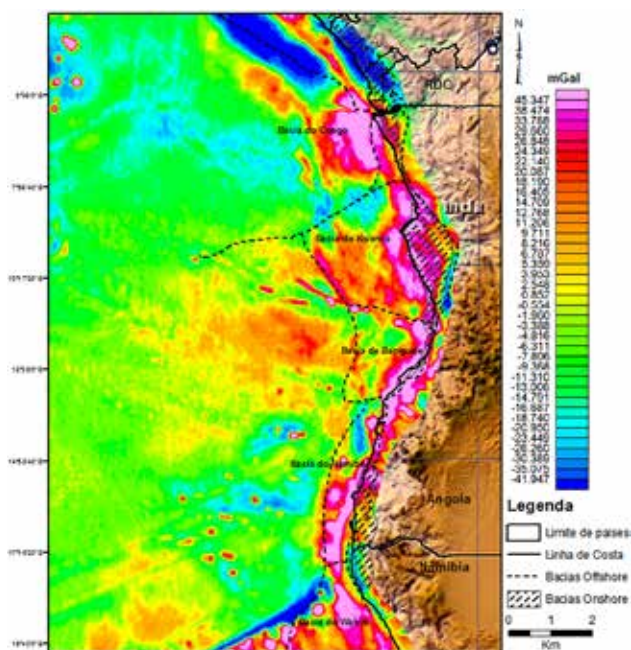


Figura 2: Campo gravimétrico corrigido de ar-livre, bacias costeiras de Angola (Sandwell & Smith, 2009)

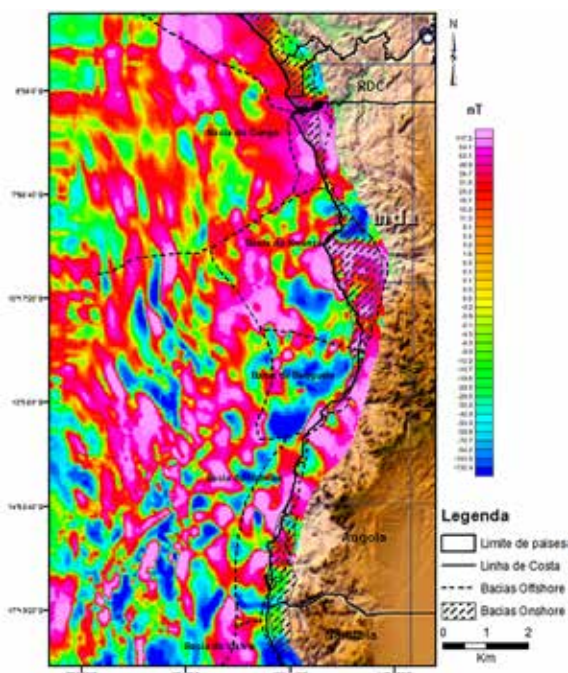


Figura 3: Campo magnético reduzido ao pólo (declinação magnética $\approx -5,9^\circ$; inclinação magnética $\approx 49,20^\circ$), bacias costeiras de Angola.

de onda k (ciclos/graus decimais)), 1.2) Bacia do Kwanza ($1/700 \approx 0.00143$ (Número de onda k (ciclos/graus decimais))), Bacia do Namibe ($1/900 \approx 0.0011$ (Número de onda k (ciclos/graus decimais))); 2) campo magnético reduzido ao polo (Maus, 2009) (Figura 3), 2.1) Bacia do Congo ($1/800 \approx 0.00125$ (Número de onda k (ciclos/graus decimais))), 2.2) Bacia do Kwanza ($1/1800 \approx 0.00056$ (Número de onda k (ciclos/graus decimais))), 2.3) Bacia do Namibe ($1/1000 \approx 0.001$ (Número de onda k (ciclos/graus decimais))).

O filtro passa-baixa foi utilizado para minimizar os efeitos de fontes rasas, próximas à superfície, permitindo realçar o efeito das fontes profundas, provenientes do soco subjacente à coluna sedimentar, no qual foi aplicado aos dados gravimétricos (Figura 4) e magnéticos (Figura 5).

O gradiente horizontal total foi usado para melhorar a identificação de bordaduras de corpos anómalos, em dados de

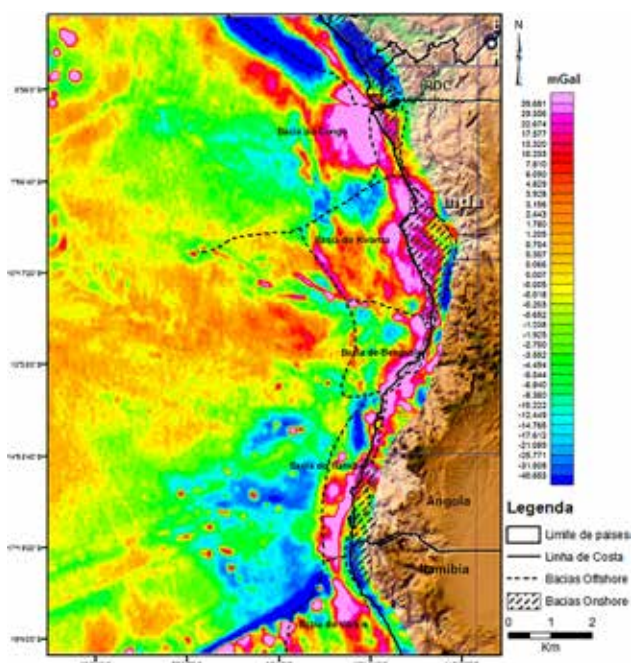


Figura 4: Campo gravimétrico corrigido de ar-livre, filtro passa baixa ($1/866,6 \approx 0,0011$ (número de onda k (ciclos/graus decimais))); interpolação por krigagem. Efeito do filtro mercado a círculos pretos, bacias costeiras de Angola.

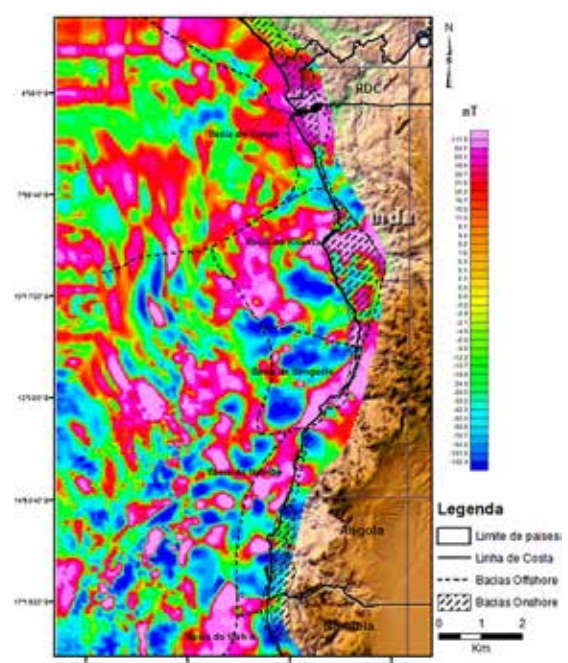


Figura 5: Campo magnético reduzido ao pólo (declinação magnética $\approx -5,9^\circ$; inclinação magnética $\approx 49,20^\circ$), filtro passa baixa ($1/1200 \approx 0,00083$ (número de onda k (ciclos/graus decimais))), interpolação por krigagem, bacias costeiras de Angola.

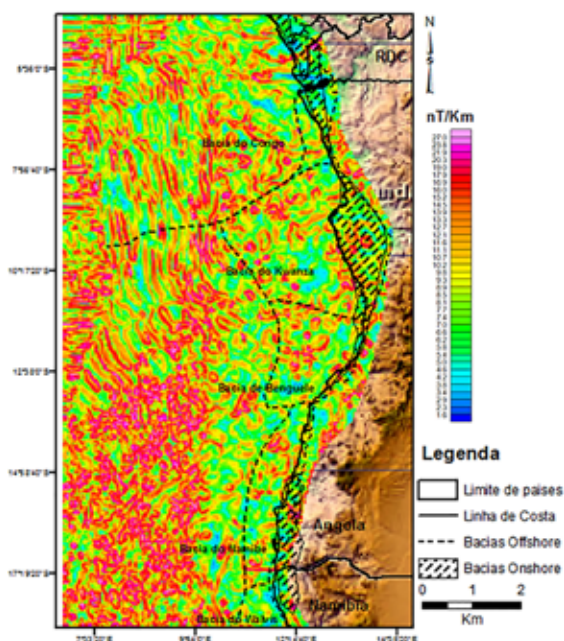


Figura 6: Campo magnético, reduzido ao polo (declinação magnética $\approx -5,9^\circ$; inclinação magnética $\approx 49,20^\circ$), filtro gradiente horizontal, bacias costeiras de Angola.

campo potencial (Cooper e Cowan, 2008). Assim sendo, quando o gradiente horizontal de uma anomalia é medido avaliam-se as mudanças abruptas das propriedades físicas, as quais variam lateralmente (Figura 6).

A inclinação do sinal analítico (Miller & Singh, 1994) baseia-se na razão entre a derivada vertical (VDR) e a derivada horizontal total (THDR). Este método tem como objectivo normalizar a primeira derivada em relação à

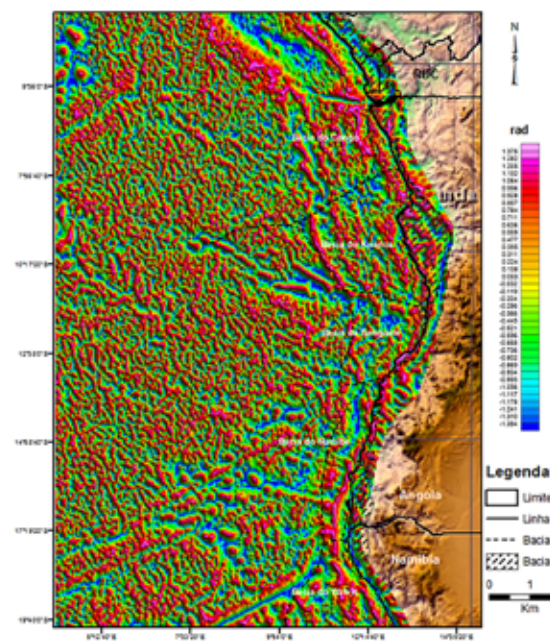


Figura 7: Inclinação do sinal analítico, aplicada ao campo gravimétrico corrigido de ar-livre, bacias costeiras de Angola.

segunda derivada dos dados de campo potências, reduzindo para zero (0) o valor do campo sobre as proximidades dos limites dos corpos (Figuras 7 e 8).

A interpolação permite determinar o valor de um ponto não amostrado, a partir de valores de pontos amostrados, sendo por isso utilizado com o objectivo de transformar dados discretos, com cobertura em pontos aleatórios, em uma malha mais regular, a partir da qual se pode com-

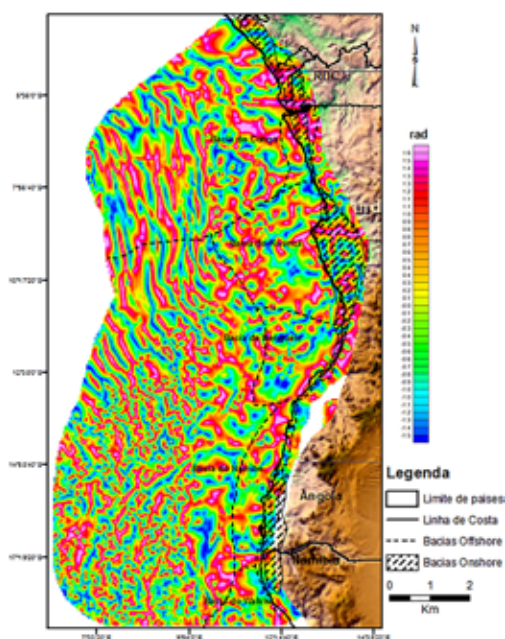


Figura 8: Inclinação do sinal analítico, aplicada ao campo magnético reduzido ao polo, bacias costeiras de Angola.

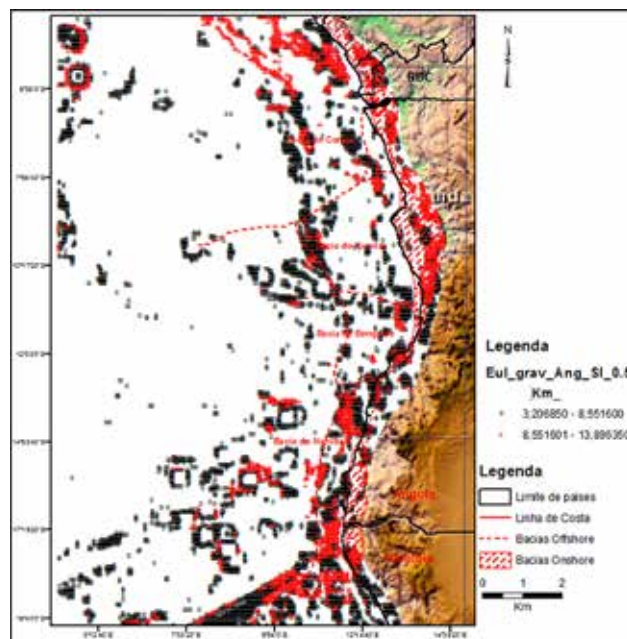
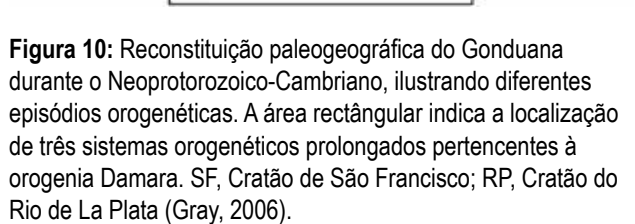
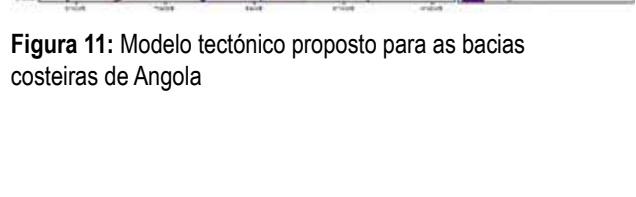


Figura 9: Estimativas de profundidade aplicadas ao campo gravimétrico corrigido de ar-livre, soluções de Euler (índice estrutural = 0,5, que realça os diques), bacias costeiras Angola.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Assim sendo, foi possível estabelecer os principais episó-



Adicionalmente, e tendo como suporte as correntes

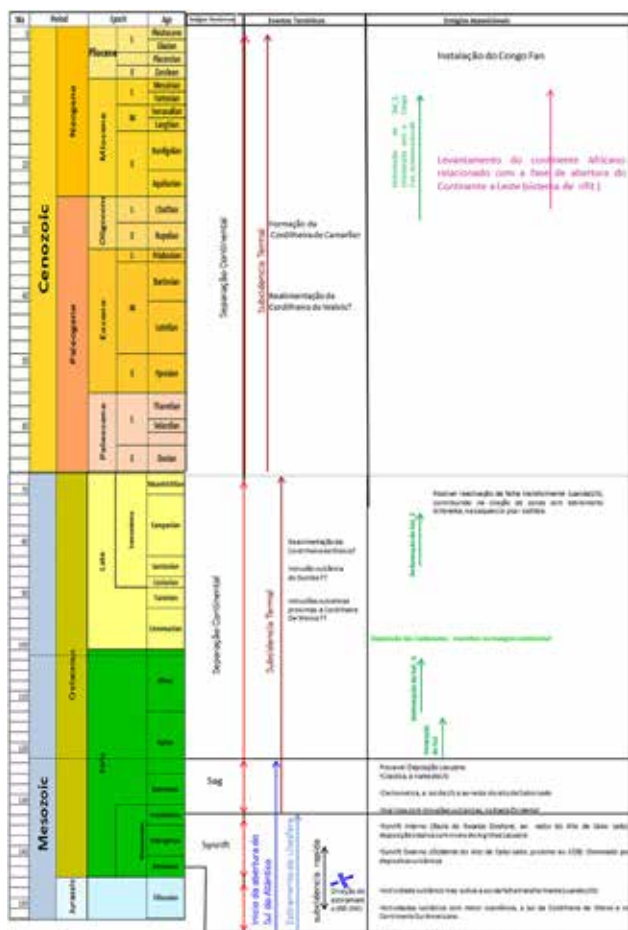


Figura 12: Modelo tectónico-estratigráfico proposto para as bacias costeiras de Angola.

criação de horts, grabens e lagos pouco profundos; 2) sin-rifte (Berriasiano - final do Valangiano), o qual é caracterizado pelo aumento do estiramento da litosfera marcado pela subsidência rápida das bacias, e depositando-se preferencialmente rochas clásticas e vulcânicas; 3) fase sag (Hauteriviano - início do Aptiano), momento em que o estiramento atingiu o seu limite elástico, provocando a ruptura da litosfera causando, consequentemente, a subsidência térmica da astenosfera, verificando-se deposição lacustrina com predominância de rochas clásticas, carbonatadas e argilas; 4) separação continental (Aptiano - Pleistoceno), tendo sido identificado os seguintes fenómenos geológicos: formação do Sal (Aptiano), relaxamento térmico da astenosfera (correspondente à fase transgressiva) permitindo a deposição dos carbonatos marinhos (final do Albiano), possível reativação de falhas (final do Cretácico), uplift em terra e afundamento em mar provavelmente influenciado pelo sistema de rift no Leste de África (final do Oligocénico).

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu atingir uma série de conclusões nomeadamente:

- A interrupção do adelgaçamento da Crosta, devido à mudança do epicentro de tensão (stress), face à competência e composição do material, levou ao aparecimento de falhas transformantes de direcção NNE-SSW, bem como de três margens, a saber: passiva, transição e super-transformante.

- As mudanças nos tipos de bacias e nos ambientes de sedimentação, do Jurássico tardio ao Terciário, foram controladas principalmente pelos diferentes regimes e intensidades tectónicas, subsidências, bem como pelas flutuações do nível do mar. De facto, os movimentos tectónicos que ocorreram no interior dessas bacias, embora acentuadamente arrefecidas em relação ao Cretácico e Terciário, ainda continuam activos.

- O basculamento mais intenso ocorrido ao nível do Continente Africano verificado durante o final do Oligocénico início do Miocénico, encontra-se provavelmente, relacionado com a fase de abertura do Continente Africano a Leste (sistema de rifte), resultando no desenvolvimento de processos de uplift em terra que coadjuvado pela carga sedimentar levou ao afundamento em mar, na zona Oeste de África.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Anka, Z., Seranne, M., Lopez, M., Scheck-Wenderoth, M., Savoye, B. *The long-term evolution of the Congo deep-sea fan: a basin-wide view of the interaction between a giant submarine fan and a mature passive margin (ZaiAngo project)*. *Tectonophysics* 470 (1-2), 42-56. 2009
- [2] Brownfield, M. E. and Charpentier, R.R. *Geology and Total Petroleum Systems of The West-central Coastal Province (7203), West Africa*. U.S. Geological Survey Bulletin 2207-B, 1-52. 2006.
- [3] Cooper, G. R. J., Cowan, D. R. *Edge enhancement of potential field data using normalized statistics*. *Geophysics*. vol. 73, no. 3, H1-H4. 2008
- [4] Miller, H. G., Singh, V. *Potential field tilt – a new concept for location of potential field sources*. *Journal of Applied Geophysics*. 32(2-3): 213-217. 1994
- [5] Sandwell. T., W. Smith. *Marine gravity anomaly from Geosat and ERS-1 satellite altimetry*, *J. Geophys. Res.*, 102, 10,039– 10,054
- [6] Spector, A., Grant. F.S. *Statistical models for interpreting aeromagnetic data*, *Geophysics*, 35, 293-302. 1997
- [7] Maus, S., Barckhausen. U., Bournas. N. *Emag2: a 2-arc min resolution earth magnetic anomaly grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements*.
- [8] Gray, D. R., D. A. Foster, B. Goscombe, C. W. Passchier, and R. A. J. Trouw, 2006. *⁴⁰Ar/³⁹Ar thermochronology of the Pan-African Damara Orogen, Namibia, with implications for tectono-thermal and geodynamic evolution*. *Precambrian Research* 150, p 49-72.