

Contributos da modelação análoga para a compreensão da tectónica da fronteira de placas Ibéria-Núbia (Golfo de Cádiz, offshore do SW Ibérico)

Filipe Rosas¹, João Duarte^{1,2}, Pedro Terrinha², Sónia Silva¹, Liliana Almeida¹, André Blanco¹
Maria C. Neves³

¹LATTEX, IDL (frosas@fc.ul.pt)

²LNEG, Departamento de Geologia Marinha (pedro.terrinha@ineti.pt)

³FCMA, Universidade do Algarve (mcneves@ualg.pt)

Abstract

Application of analogue modeling to different problems in the general tectonic setting of the Iberia-Nubia plate boundary (Gulf of Cadiz), allowed a new quantitative insight on some of the deformation processes that govern the generation of different critical structures in this area. We present and discuss three main sets of experimental results concerning: indentation of an accretionary wedge by a topographic high, formation of major (>600km long), morphotectonic lineaments, and interference between major active faults.

Keywords: *analogue modeling, Gulf of Cadiz, Iberia-Nubia plate boundary*

Resumo

A aplicação de modelação análoga a diversos problemas no contexto geral da tectónica da fronteira de placas Ibéria-Núbia (Golfo de Cádiz), possibilitou uma nova aproximação quantitativa à melhor compreensão dos processos de deformação que governam a génese de diferentes estruturas críticas nesta área. São apresentados três tipos principais de resultados experimentais: indentação de um prisma acrecionário por parte de um alto fundo batimétrico; formação de grandes (>600km) lineamentos morfotectónicos; interferência entre grandes falhas activas.

Palavras-chave: *modelação análoga, Golfo de Cádiz, fronteira de placas Ibéria-Núbia*

Modelação análoga

O geólogo estruturalista depara-se usualmente com um desafio que, de um ponto de vista conceptual, se pode comparar ao que interpela um detective de homicídios: a confrontação com um *estado final*, e a tentativa de proceder a uma reconstituição cronológica dos *acontecimentos* que o produziram. Se no caso do detective o estado final corresponde ao mediático local do crime (“crime scene”), no caso do geólogo estruturalista este corresponde ao afloramento que se observa no campo, quando a observação é directa, ou à imagem indirecta que dele se obteve através de métodos geofísicos (e.g. perfis sísmicos de reflexão, retrodispersão acústica, batimetria multifeixe, etc.). No caso do geólogo estruturalista, a reconstituição cronológica de *acontecimentos* está ligada ao reconhecimento, da escala microscópica à cartográfica, de evidências claras de sobreposição geométrica e metamórfica que possibilitem uma ordenação de fases de deformação ou, mais genericamente, de episódios tectonometamórficos. Ora justamente o que a modelação análoga permite é testar uma tal hipótese de ordenação, mimetizando laboratorialmente os constrangimentos reais existentes na natureza através da utilização de diferentes caixas de deformação, concebidas especificamente para cada caso, e através da manipulação de materiais viscosos e/ou granulares, análogos aos materiais naturais, ou seja, às próprias rochas. Os materiais laboratoriais são escolhidos tendo em conta as suas características mecânicas (e.g. viscosidade, coeficiente de atrito interno, etc.) e o grau de similitude que em função destas o seu comportamento reológico tem quando comparado com o conhecido para as rochas a modelar. O grau de similitude entre o análogo laboratorial e o exemplo natural, do qual depende em grande medida a validade dos resultados experimentais, depende grandemente do chamado “scaling” do modelo que deve procurar garantir a existência da chamada similitude dinâmica, ou seja, deve assegurar que em pontos homólogos do modelo e do exemplo natural, solicitações de tensão, respostas cinemáticas e geometria resultante, sejam proporcionalmente comparáveis.

Modelação de estruturas chave no Golfo de Cádiz (fronteira de placas Ibéria-Núbia)

Na modelação análoga, quando for possível garantir com grande rigor as condições de similitude dinâmica, e portanto quando o comportamento reológico das rochas a modelar puder ser mimetizado com grande aproximação, torna-se possível proceder à modelação dos processos físicos de deformação propriamente ditos. Uma abordagem diferente visa preferencialmente a modelação de estruturas consideradas críticas para a compreensão da evolução tectónica de um determinado domínio, procurando o reconhecimento de *padrões de regularidade* no modelo que por comparação com exemplo natural possibilitem uma caracterização quantitativa dos processos de deformação em causa. Os trabalhos de modelação análoga feitos no Golfo de Cádiz (fronteira de placas Ibéria-Núbia – no offshore do SW Ibérico – Figura.1) enquadram-se melhor neste segundo pressuposto e visaram genericamente três grandes temas: 1) A indentação do prisma acrecionário do Golfo de Cádiz pelo chamado “Coral Patch Rigde”; 2) A formação dos grandes lineamentos morfoestruturais do Golfo de Cádiz (Terrinha et al., submetido; Rosas et al., em impressão); 3) A interferência entre estes lineamentos, que correspondem a grandes falhas de desligamento activas, e o cavalgamento da Ferradura que, juntamente com estas, é uma das principais estruturas activas no Golfo de Cádiz (Terrinha et al., submetido; Rosas et al., em impressão).

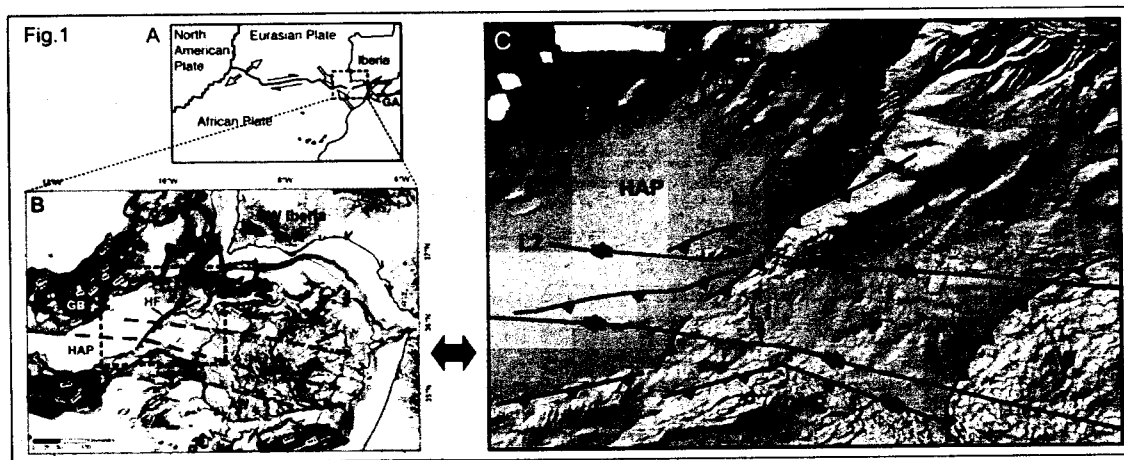


Figura 1. A. Enquadramento tectónico geral da fronteira de placas Africa-Euroásia (Ibéria-Núbia) (adaptado de Gutscher et al., 2002); B. Mapa batimétrico do Golfo de Cádiz (compilação multi-feixe de baixa resolução a partir dos dados batimétricos SWIM e GEBCO). A topografia “onshore” está representada por relevo sombreado. As linhas a tracejado representam os grandes lineamentos morfotectónicos do Golfo de Cádiz. C. Mapa tectónico simplificado das principais falhas activas presentes na área de estudo. AW – Accretionary Wedge/Prisma acrecionário; CPR – Coral Patch Ridge; GA – Gibraltar Arc/Arco de Gibraltar; GB – Gorringe Bank/Banco de Gorringe; HAP – Horseshoe Abyssal Plain/Planície da Ferradura; HF – Horseshoe Fault/Falha da Ferradura; L1 e L2 Grandes lineamentos morfotectónicos.

No primeiro caso, a modelação levada a cabo é ainda preliminar, tendo incidido na reprodução da geometria assimétrica de indentação do prisma acrecionário por parte da elevação batimétrica “Coral Patch Ridge” (CPR - Figura. 2A). O melhoramento dos modelos obtidos passará no futuro pela compreensão da relação entre o comprimento de onda de propagação dos cavalgamentos do prisma acrecionário, e a quantidade de atrito ao nível do descolamento basal onde esses cavalgamentos enraizam. Igualmente, procurar-se-á interpretar o padrão de sobreposição de dobras do tipo “nucle folds” na frente do CPR.

No segundo caso os resultados obtidos mostram (Figura. 2B) que os grandes lineamentos morfotectónicos no Golfo de Cádiz correspondem a falhas de desligamento direito, activos (com esta cinemática) desde há pelo menos ~1.8Ma, e com um deslocamento de pelo menos cerca de 7km (“along strike displacement”).

No terceiro, os resultados experimentais obtidos (Figura. 2C) fornecem elementos novos para procurar explicar a concentração preferencial de epicentros no “footwall” da Falha da

Ferradura, uma vez que mostram a existência de um padrão de interferência, caracterizado por uma coalescência geométrica entre os cavalgamentos que se propagam na frente desta falha, e os Riedel associados à cinemática dos grandes desligamentos direitos que a intersectam a 60° .

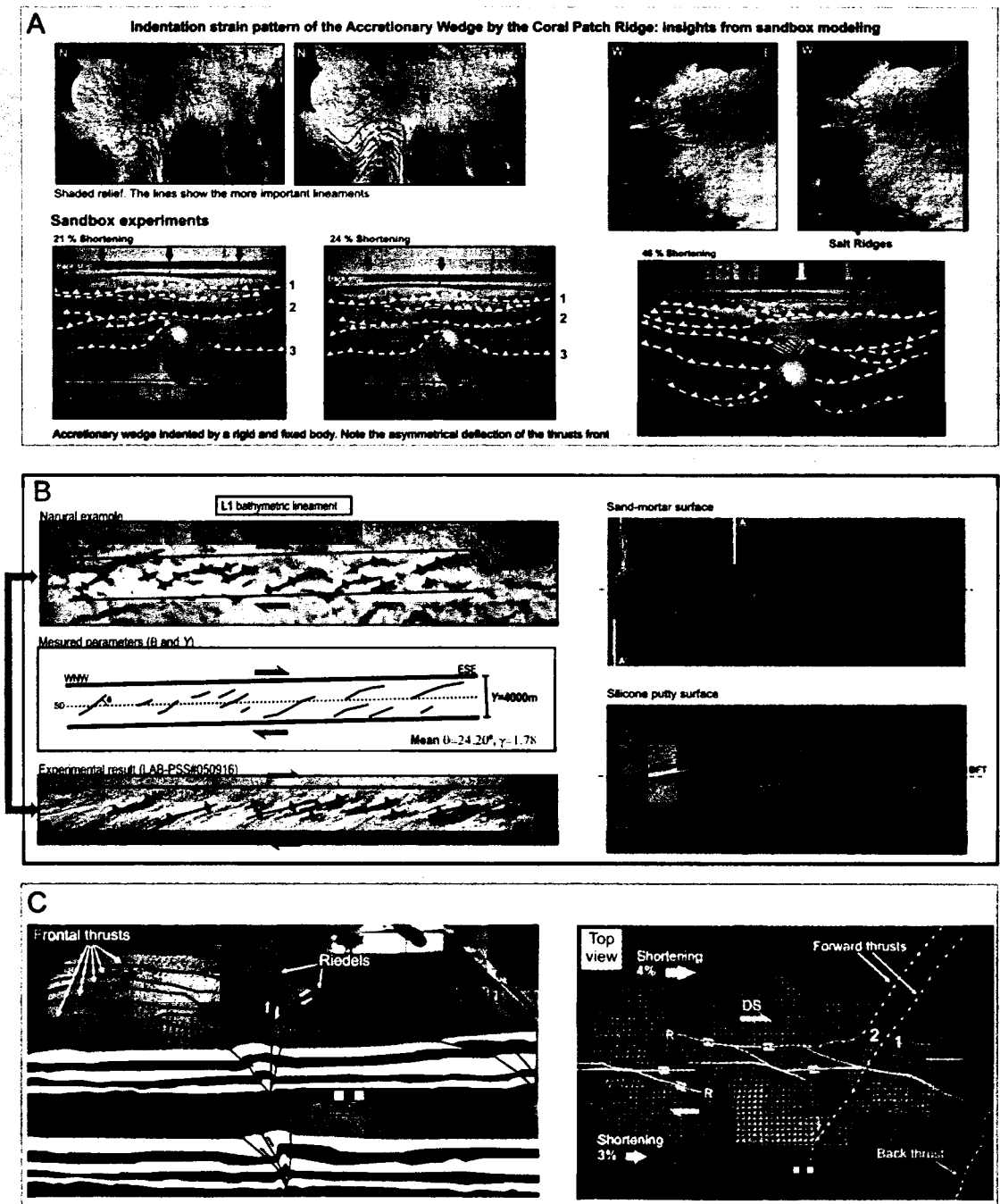


Figura 2. Resultados experimentais da modelação análoga: A. Indentação assimétrica de prisma acrecionário; B. Lineamentos associados a falhas de desligamento e formação passiva de dobras “én-échelon”; C. Padrões de deformação resultantes de interferência entre falhas de desligamento e cavalgamentos.

Trabalho Futuro

No futuro o melhoramento dos modelos análogos, para além dos já acima assinalados para o primeiro caso, passará designadamente por incorporar a estrutura reológica da crosta nas experiências realizadas. Considera-se ainda crítica a abordagem complementar do âmbito da modelação numérica de elementos finitos, já projectada, com vista à obtenção de um desejável “feedback” entre modelos análogos e numéricos que permita associar a uma asserção mais qualitativa, mas a três dimensões, um conhecimento mais quantitativo e generalizável.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio dos seguintes projectos ALMOND (Multiscale modelling of deformation in the Gulf of Cadiz - FCT/PTDC/CTE-GIN/71862/2006), MATESPRO (Major Tectonic and Sedimentary Processes in the Portuguese Margins. FCT / PDCTM /P/ MAR / 15264/199), SWIM (Earthquake and Tsunami hazards of active faults at the South-West Iberian Margin: deep structure, high-resolution imaging and paleo-seismic signature, REN2002-11234-EMAR, 01-LEC-EMA09 F (http://www.swim.ul.pt/index_topo.htm)), NEAREST (Integrated observations from NEAR shore sourCES of Tsunamis: towards an early warning system, GOCE Contract n. 037119 (<http://nearest.bo.ismar.cnr.it/>)). João Duarte beneficia de bolsa de doutoramento da FCT, SFRH / BD / 31188 / 2006.

Referências

Gutscher, M. A., J. Malod, J.-P. Rehault, I. Contrucci, F. Klingelhoefer, L. Mendes-Victor and W. Spakman: 2002: *Evidence for active subduction beneath Gibraltar*. *Geology*, 30,(12), 1071-1074.

Rosas, F.M., J.M. Duarte, P. Terrinha, V. Valadares, L. Matias. Morphotectonic characterization of major bathymetric lineaments in NW Gulf of Cadiz (Africa-Iberia plate boundary): insights from analogue modelling experiments. In press in *Marine Geology*.

Terrinha, P., Matias, L., Vicente, J., Duarte, J., Luís, J., Pinheiro, L., Lourenço, N., Diez, S., Rosas, F., Magalhães, V., Valadares, V., Zitellini, N., Mendes Victor, L. and MATESPRO Team. Strain Partitioning and Morphotectonics at the Iberia-Africa plate boundary from multibeam and seismic reflection data. Submitted to *Marine Geology*.