

APLICAÇÃO DA MODELAGEM *SANDBOX* PARA O ESTUDO DE BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO *PULL-APART*

TIMM, Patrícia¹; ALMEIDA, Forlan¹; MEDEIROS, Guilherme¹; FARIAS, Lauren¹; CIOCCARI, Giovanni²

¹Universidade Federal de Pelotas – Curso de Engenharia de Petróleo; patricia.pizane@gmail.com

²Orientador: Universidade Federal de Pelotas – CDTec; gciocari@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A deformação da crosta terrestre é o mecanismo fundamental para a formação de bacias sedimentares. Essas estruturas geológicas ganham importância na medida em que contêm em seu interior riquezas minerais como o petróleo. A necessidade contínua deste e outros bens minerais fazem com que a compreensão da origem e do comportamento das bacias sedimentares seja de suma importância para a prospecção dos mesmos.

Bacias sedimentares são regiões de prolongadas depressões da superfície da terra, sendo formadas por diferentes mecanismos. Um destes mecanismos são as falhas transcorrentes: movimentos horizontais de blocos, provocados pelo posicionamento horizontal dos principais eixos tensores (σ_1 e σ_3). As falhas transcorrentes estão associadas à origem de várias bacias sedimentares (Gomes *et. al*, 2010) e possuem grande importância nos regimes do tipo *strike-slip*, característicos em placas tectônicas que se movimentam lateralmente e onde há uma articulação entre falhas transcorrentes, falhas inversas e falhas normais (Nilsen & Sylvester, 1995).

No regime *strike-slip* existe um tipo especial de bacia gerada por falhas transcorrentes transtensionais, denominada de *pull-apart*. A bacia *pull-apart* é um tipo de depressão estrutural desenvolvida por estiramento crustal local, localizado em uma inflexão distensiva de falhas transcorrentes.

A fim de entender melhor o comportamento e a formação dessa estrutura, vários métodos de modelagem foram utilizados desde a década de 90 (p.ex.: McClay & Dooley, 1995). Neste trabalho adotou-se o modelo *sandbox* (caixa de areia) com o principal objetivo de simular o estilo de deformação e a evolução estrutural de bacias sedimentares formadas pela ação de falhas transcorrentes (transtensional). Este experimento permitirá realizar a comparação dos resultados em escala de laboratório com as estruturas observáveis em campo, utilizando-se como análogo para o entendimento das bacias sedimentares.

2. METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

O experimento utilizou uma caixa de areia adaptada para deslizamento lateral, com dimensão interna de 30,5x24 cm. A caixa possui um fundo de 6,5 cm de altura com um corte semelhante ao formato da letra “S” (Fig. 1), que permite representar as falhas transcorrentes articuladas com geometria C-R-C, de acordo com o Modelo de Cisalhamento de Riedel. O ângulo entre as falhas transcorrentes sintéticas foi definido em 40°. O movimento relativo dos blocos foi definido para ocorrer no sentido sinistral através da rotação de uma manivela, que faz com que o fundo da caixa de areia passe a ter 8,5 cm na região de separação.

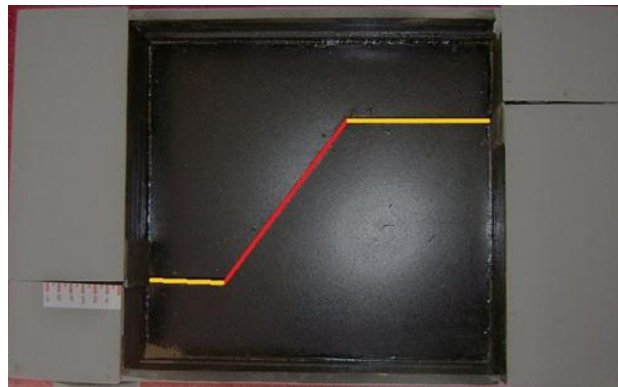


Figura 1: Imagem da *sandbox* com a representação das fraturas pelo Modelo de Riedel. (Em amarelo estão as fraturas C, desenvolvidas a partir da fratura R, em vermelho).

O preenchimento da caixa foi feito com cerca de 5 kg de areia quartzosa, com grãos finos, angulosos e mal selecionados. A metade inferior do volume da caixa foi preenchida com areia seca e o restante sofreu leve umidificação; o nível de umidade aumenta gradativamente em direção à superfície (Fig. 2).

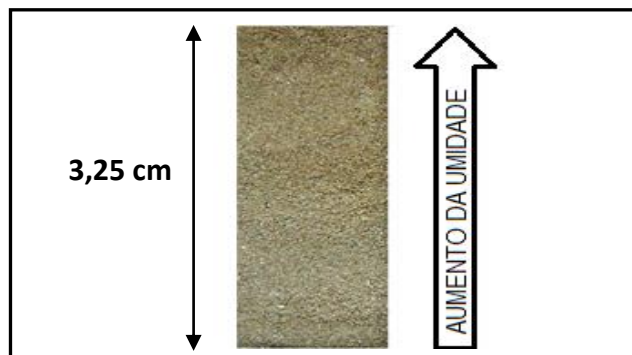


Figura 2: Amostra de areia quartzosa apresentando o padrão de variação da umidade da areia no preenchimento da metade superior da caixa.

O processo de deslocamento das falhas transcorrentes C ocorreu a uma taxa de 0,1 cm/s, com afastamento máximo de 5 cm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras deformações perceptíveis na superfície da areia surgiram com 2 mm de deslocamento, sob a forma de fraturas paralelas à direção da falha transcorrente R. A partir de 5 mm de deslocamento, as deformações tornaram-se mais expressivas, representadas por falhas normais com alto ângulo de mergulho (Fig. 3A). A progressão da deformação com o deslocamento do plano do fundo da caixa (a partir de 5 mm) permite visualizar perfeitamente o desenvolvimento das falhas transcorrentes C e a criação de espaços entre os blocos delimitados pelas falhas transcorrentes R (Figs. 3A e 3B).

Com o avanço do deslocamento (Figs. 3B e 3C) observaram-se comportamentos distintos da areia de acordo com seu nível de umidade: a areia seca mostrou-se dúctil, escoando e adaptando-se totalmente ao espaço gerado no fundo da caixa; já a areia gradativamente úmida apresentou comportamento rúptil que aumenta juntamente com a umidade, permitindo a formação de fraturas.

A criação de espaço compreendido entre as duas falhas R principais faz com que os blocos delimitados pelas falhas R percam sustentação em sua base,

devido ao escoamento da areia seca. Assim, verificou-se que os blocos sofrem um duplo movimento: deslocam-se para baixo (abatimento) e rotacionam (Figs. 3B e 3C).

A Fig. 3A mostra que a área sob ação das falhas transcorrentes R é formada por 3 falhas: 2 falhas de bordo (que delimitam a zona) e uma falha central. As falhas dessa área, portanto, experimentam dois movimentos: i) transcorrente e ii) normal (abatimento). Nessa situação, tais falhas podem ser descritas como transtrativas, por se tratarem de falhas transcorrentes com a criação de espaço e movimento de falha normal.

As Figs. 3B e 3C, por mostrarem maior deformação, permitem observar a tendência das falhas transcorrentes, “transformadas” em normais, em diminuir seu ângulo de mergulho conforme se aproximam na zona de umidade intermediária; a continuidade da falha é interrompida na zona de areia seca. A feição côncava observada proveniente da falha transcorrente normal pode ser denominada como falha lístrica.

No deslocamento máximo do experimento (5 cm), a estrutura dilatacional atingiu a forma losangular com seus vértices arredondados (Fig. 3C). A depressão mecânica formada pela dilatância (bacia sedimentar) atingiu uma profundidade de cerca de 6 cm de altura em relação à superfície original da caixa preenchida de areia.



Figura 3: Imagem do experimento realizado na *sandbox* apresentando as feições estruturais desenvolvidas com o avanço da deformação. A: feição observada após 5 mm de deslocamento. B: feição observada após 2,5 cm de deslocamento. C: deformação máxima observada, após 5 cm de deslocamento.

As principais feições estruturais observadas no experimento (*sandbox*) ao longo do deslocamento (Figs. 3A, 3B e 3C) podem ser claramente comparadas aos resultados obtidos no experimento realizado por McClay & Dooley (1995) e apresentados na Fig. 4. Os resultados obtidos mostram boa correlação com outros experimentos realizados e possivelmente podem ser extrapolados para o entendimento das feições estruturais na formação de bacias sedimentares do tipo *pull-apart*, sendo utilizado como análogo.

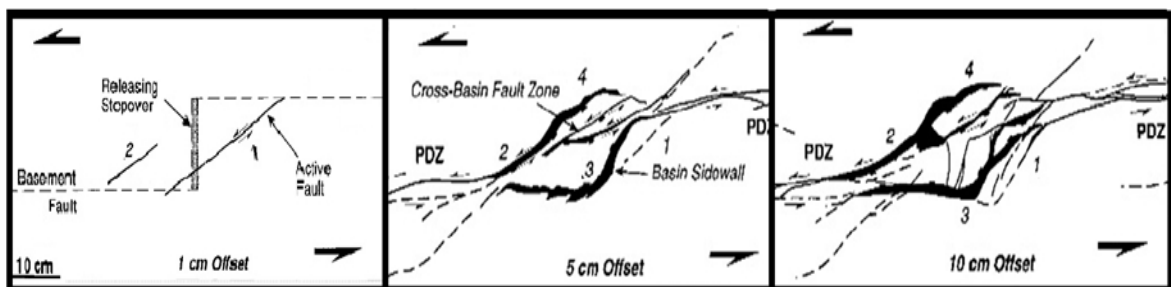


Figura 4: Feições estruturais desenvolvidas no experimento de McClay & Dooley (1995).

4. CONCLUSÃO

A produção da *sandbox* proporcionou a visualização, em escala reduzida, do que ocorre nas rochas em zonas de falhas transcorrentes, aproximando à reprodução real de bacias sedimentares do tipo *pull-apart*. Foi possível reconstituir condições de grande escala em uma situação de laboratório de maneira muito significativa.

Bacias sedimentares do tipo *pull-apart* são de amplo interesse devido às suas grandes espessuras sedimentares características. Quando este tipo de bacia possui litologias de ambientes sedimentares favoráveis à existência de um sistema petrolífero, pode-se obter como resultado grandes acumulações de hidrocarbonetos (ex. Bacia Panoniana).

Os resultados finais obtidos através do desenvolvimento do experimento foram satisfatórios quando comparados a outros experimentos relacionados a estas bacias e estruturas observadas em campo. Além disso, o experimento mostra um grande potencial de uso em situações didáticas em várias disciplinas dos cursos de engenharia e geociências. Assim, verifica-se que o aprofundamento desse trabalho pode colaborar na investigação e na caracterização de bacias sedimentares e em outras estruturas geológicas.

Recomenda-se a utilização de novos materiais e o aprimoramento destes já testados, para resultados cada vez mais eficientes, remetendo ao desenvolvimento de associações de métodos e evolução deste assunto para estudos posteriores.

5. REFERÊNCIAS

COSTA, João; HASUI, Yociteru; PINHEIRO, Roberto. **BACIAS SEDIMENTARES**. Belém – PA: Editora Universitária – UFPA, 1992.

DA SILVA, Augusto; LOPES, Ricardo; VASCONCELOS, Antônio; BAHIA, Rui. Bacias sedimentares paleozóicas, meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS C. ; VIDOTTI, R. ; GONÇALVES, J. **GEOLOGIA, TECTÔNICA E RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**. Brasília: CPRM, 2003. 3, 55-85.

GOMES, Caroline; DANFERDER, André; HERCOS, Cízia. Deformação da cobertura do embasamento envolvido em caixas de areia: estudo de caso da região da Serra de Água Fria (MG), Bacia de São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, 40(4): 561-572, 2010.

McCLAY, K.; DOOLEY, T. **ANALOGUE MODELS OF PULL-APART BASINS**: *Geology*, 1995, V. 23, p. 711-714.

NILSEN, T.H., SYLVESTER, A.G. Strike-Slip Basins In: BUSBY, C.J., INGERSOLL, R.V. **TECTONICS OF SEDIMENTARY BASINS**, Cambridge, Blackwell Science, 1995, 425-457.