

MODELAGEM MATEMÁTICA DO FALHAMENTO: ESTRUTURAÇÃO INTERNA DE FALHAS E PERMEABILIDADE RELACIONADA

Anderson Moraes¹; Luca Palozzi Lavorante^{2,3}; Claudio Coelho de Lima²; Melissa Cristina Duque Nogueira¹

¹ PETROBRAS/CENPES; ² PETROBRAS/E&P; ³ PROCWORK

As zonas de falhas são estruturas das mais frequentes no(s) planeta(s). A importância geológica e econômica dessas estruturas suportou diversos estudos para melhor as compreender tanto do ponto de vista mecânico quanto hidráulico. Particularmente na indústria do petróleo é fundamental entender o papel desempenhado por essas estruturas na transferência de fluidos seja em escala de bacias ou seja em escala de reservatórios. Além dos tradicionais modelos conceituais, essencialmente qualitativos, cada vez mais hoje em dia tem-se procurado simular a evolução das zonas de falhas no espaço e tempo geológicos através de modelos matemáticos e portanto mais quantitativos.

As zonas de falhas originam-se da localização da deformação em uma dimensão finita de rocha e ocorrem segundo um quadro complexo de fraturamento, rotação, distorção, cimentação, dissolução, esmagamento, deslizamento, rolamento e atrito dos grãos e/ou das associações estruturais destes processos em cima de um protólito. Contudo, a maioria dos trabalhos de modelagem matemática vale-se de critérios de fluxo puramente mohr-coulombianos, o que possibilita tão somente conceber a localização da deformação por cisalhamento.

Com o intuito de captar parte dessa complexidade mecânica e o seu impacto na estrutura de permeabilidade pertinente às zonas de falhas conduziu-se aqui uma modelagem matemática da gênese de zonas de falhas por critérios de fluxo que visam abarcar também processos outros que não somente os pertinentes às deformações cisalhantes. Assim, o critério de fluxo de Griffith sugere a ocorrência de juntas tracionais e veios. Por sua vez, o critério de Mohr-Coulomb prevê a colocação das descontinuidades cisalhantes. Por último, o critério tipo *cap model*, adaptado da engenharia, modela o esmagamento e quebramento dos grãos.

A modelagem matemática mecânica de zonas de falhas através da incorporação de modelos mecanicamente mais abrangentes e critérios de fluxo mais coerentes sugere reproduzir a estruturação observada pelos dados empíricos e experimentais, tendendo a deixar os modelos para as zonas de falhas cada vez mais determinados. A combinação integrada dos diferentes critérios de fluxo possibilita sugerir diferentes modos de localização estrutural e consequentes contextos distintos para a estruturação hidráulica de zonas de falhas. A aplicação desses modelos mecanicamente mais elaborados para alguns casos anteriormente trabalhados no que concerne à análise do padrão de deformação e à medição de permeabilidades associadas possibilitou uma calibração imediata para o quadro determinístico proposto.

PALAVRAS CHAVE: FALHAMENTO; PERMEABILIDADE; QUANTIFICAÇÃO