

ESTUDO COMPUTACIONAL DO EFEITO DINÂMICO DAS TENSÕES ROCHOSAS EM RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO

Samuel Lustoza Moreira Rodrigues; Lucas Cavalcanti Silva; João Luiz Padilha Aguiar;
Gustavo Charles Peixoto de Oliveira

Universidade Federal da Paraíba, samuelmlustoza@gmail.com
Universidade Federal da Paraíba, lucas.silva9742@gmail.com
Universidade Federal da Paraíba, joaoluizaguiar@gmail.com
Universidade Federal da Paraíba, gustavo.oliveira@ci.ufpb.br

Introdução

Na indústria petrolífera, processos de perfuração e completação de poços são grandemente influenciados pelas tensões rochosas. Diante disso, estudar as propriedades mecânicas e elásticas das rochas, assim como as condições estruturais dos poços é uma ação necessária para que os processos básicos de deformação sofridos pelas rochas sejam compreendidos.

A produção de óleo, gás natural e/ou água incita mudanças locais nos campos de tensão e de deformação nas formações rochosas devido ao declínio da pressão porosa [1]. Por esta razão, é de interesse da indústria petrolífera o desenvolvimento de tecnologias capazes de reduzir instabilidades durante a perfuração, evitar prejuízos com as atividades de completação ou estimulação e amenizar efeitos de subsidência.

A subsidência é um fenômeno associado à compactação rochosa, a qual resulta da compressão de camadas rochosas sobrejacentes. Por consequência, a rocha sofre um "encolhimento". Enquanto a compactação ocorre na rocha-reservatório, a subsidência é sentida nas camadas próximas à superfície. O aumento da tensão rochosa também pode provocar deformações em revestimentos de poços, reativação de falhas ou deslizamento dos estratos rochosos [2].

Todo reservatório experimenta um certo grau de compactação, cujos problemas operacionais relacionados são, principalmente, de ordem ambiental, tais como riscos de inundação em plataformas. Além disso, as alterações do campo de tensão não só levam a mudanças na porosidade do reservatório, mas também na sua permeabilidade, dando aos fluidos do reservatório caminhos preferenciais de escoamento [3].

Este trabalho resulta de pesquisa em andamento cujo objetivo é estudar a influência do campo de tensão sobre as propriedades petrofísicas de reservatórios petrolíferos através de modelos matemáticos e computacionais para direcionar soluções otimizadas para atividades de exploração e produção no setor de petróleo e gás, em particular para o problema do posicionamento de poços [4-5].

Metodologia

Modelo de Mckee

Diante da dificuldade de se ter uma caracterização mais completa do corpo rochoso de reservatórios e entender as mudanças ocorridas no meio poroso sob influências do campo de

tensão, McKee [6-7] propôs um modelo matemático que relaciona a queda de porosidade e permeabilidade em uma formação rochosa ao aumento da tensão efetiva resultante.

No desenvolver deste trabalho, utilizou-se o modelo de McKee como fundamentação teórica para modelar o meio poroso no entorno de um poço, a fim de se obter resultados que simulassem a realidade com mais fidelidade.

Ressalta-se ainda que o modelo aborda a dependência das propriedades com o valor médio da compressibilidade da matriz rochosa. Neste trabalho, os valores de compressibilidade utilizados foram obtidos a partir de ajustes em valores usados a partir de dados da literatura.

Ferramentas computacionais

Para realizar prototipagens, usamos o software MATLAB®, que é um dos mais utilizados para computação numérica e científica, nas universidades, e adotado por muitas empresas como principal ferramenta de pesquisa e análise de resultados. Nesta ferramenta existem diversas *toolboxes* que ampliam sua usabilidade e lhe concedem funções especializadas em determinadas áreas. Adicionalmente, utilizamos o módulo MRST (*MATLAB® Reservoir Simulation Toolbox*) [8] para realizar a modelagem de reservatórios e executar funções diversas.

Aqui, usamos MRST para gerar campos 3D de permeabilidade e porosidade a partir de dados reais e operações envolvendo filtros gaussianos com base em estatísticas. Assim, pôde-se construir um modelo de reservatório para o estudo com comportamentos aproximados das propriedades rochosas de um reservatório da região Nordeste. Uma vez construído o reservatório, analisamos um pequeno conjunto de células selecionadas de modo aleatório em posições próximas à região de posicionamento de poços, nas quais avaliamos efeitos de tensão localizada em camadas superiores, intermediárias e inferiores.

Como a análise das tensões requer uma manipulação de dados de média complexidade, o uso da linguagem Python, aliada à computação com cadernos interativos oferecida pelo Projeto Jupyter [9], tornou-se indispensável para empregar dinamismo, interatividade e praticidade à manipulação dos dados e à execução das operações computacionais.

Através de códigos, os dados de porosidade retirados diretamente do MATLAB® foram importados no Jupyter para realizar simulações das variações de tensão nos entornos dos poços, obtendo-se, enfim, plotagens e gráficos mostrando a redução da porosidade e permeabilidade.

Resultados

Nesta seção, apresentamos os resultados obtidos apenas para a célula central do cluster estudado. Para as demais aplica-se a mesma análise. Durante a simulação, o intervalo de tensão aplicado foi de 0 a 20000 psi, com espaçamento de 2500 psi. Para a célula central do cluster analisado, o valor inicial da porosidade foi de 0,0424, e os valores subsequentes obtidos, por decorrência da tensão, foram: 0,0243, 0,0138, 0,0078, 0,0044 e 0,0025. Analisando esta saída, percebe-se que, para a dada variação de tensão, a porosidade decai de modo exponencial em aproximadamente 94% no intervalo verificado.

Discussão

As simulações efetuadas mostram que o campo de tensão exerce grande influência no meio poroso. A redução severa da porosidade nos arredores de uma perfuração podem causar faixas de compactação e ocorrência de subsidência dos reservatórios com sérias implicações

operacionais, já que o aumento da tensão de sobrecarga sobre a matriz rochosa provoca deformações no meio poroso. Como antes mencionado, a engenharia de poços depende de ferramentas de diagnóstico que forneçam probabilidades de comprometimento da região onde o poço será perfurado a fim de se evitar instabilidades adjacentes e garantir a sustentabilidade e segurança dos projetos de perfuração e completção.

Conclusão

De acordo com os estudos realizados, conclui-se que a tensão aplicada sobre reservatórios pode influenciar de forma significativa suas propriedades, diminuindo a eficácia da recuperação de óleo e gás presentes no mesmo. Usando o modelo de McKee, é possível prever a redução da qualidade do reservatório e estimar o comportamento de uma região rochosa após determinado período de exploração. A fim de ampliar o conhecimento sobre a mecânica das rochas em reservatórios e viabilizar projetos de grande porte com menor custo à indústria, novos estudos precisam ser realizados pelas vias teórica, experimental e numérica.

Referências

- [1] TIAB, D., DONALDSON, E.C. Petrophysics: theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties. Gulf Professional Publishing, 2015.
- [2] SAYERS, C. M.; SCHUTJENS, P.M.T.M. An introduction to reservoir geomechanics. The Leading Edge, v. 26, n. 5, p. 597-601, 2007.
- [3] FJAR, E. et al. Petroleum related rock mechanics. Elsevier, 2008.
- [4] ROQUE, W. L. et al. Production zone placements based on maximum closeness centrality as strategy for oil recovery. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 156, p. 430-441, 2017.
- [5] OLIVEIRA, G. P. et al. Competitive placement of oil perforation zones in hydraulic flow units from centrality measures. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 147, p. 282-291, 2016.
- [6] OSISANYA, S. O. et al. In Situ Permeability-porosity Relationship in Clean Formations. In: Annual Technical Meeting. Petroleum Society of Canada, 1998.
- [7] MCKEE, Chester R. et al. Stress-dependent permeability and porosity of coal and other geologic formations. SPE formation evaluation, v. 3, n. 01, p. 81-91, 1988.
- [8] LIE, K-A. An introduction to reservoir simulation using MATLAB: user guide for the Matlab Reservoir Simulation Toolbox (MRST). SINTEF ICT. 2014.
- [9] KLUYVER, T. et al. Jupyter Notebooks-a publishing format for reproducible computational workflows. In: ELPUB. 2016. p. 87-90.