

UMA REFLEXÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA GEOMECÂNICA PARA A ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Elias Enes de Oliveira¹; Melissa Alves Fernandes²; Geraldo de Souza Ferreira³

¹ Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Química e de Petróleo - eliasenes@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Química e de Petróleo - melissafernandes@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Química e de Petróleo geraldoferreira@id.uff.br

RESUMO

A Geomecânica é o estudo do comportamento mecânico dos meios contínuos. Na indústria de petróleo, a Geomecânica se faz necessária desde a prospecção até a produção de hidrocarbonetos. O presente trabalho visa destacar a importância da Geomecânica na formação do profissional de engenharia de petróleo, destacando as principais áreas envolvidas pela mecânica das rochas e realizando um mapeamento das universidades brasileiras que disponibilizam o curso de Geomecânica ou mecânica das rochas para os alunos de engenharia de petróleo, seja como matéria obrigatória ou optativa em sua matriz curricular. Além disso, destaca-se a utilização dessa área no ambiente profissional, com uma amostra de engenheiros de petróleo formados e inseridos no mercado de trabalho.

Palavras-chaves: *Geomecânica, mecânica das rochas, Engenharia de Petróleo, ensino superior.*

1. INTRODUÇÃO

Na indústria de petróleo, de acordo com Soroush [2013], o estudo integrado da Geologia, Geofísica, Petrofísica e Mecânica das Rochas é denominado Geomecânica. Essa disciplina surge com objetivo de quantificar as respostas da formação rochosa a quaisquer alterações em componentes, como estado de tensão, pressão de poros e resistência das rochas correspondentes. Por sua vez, a definição de tensões e deformações em três dimensões para aplicação em um dado campo ou ambiente geológico constitui o que usualmente denomina-se modelo

geomecânico. Uma vez elaborados, modelos geomecânicos são usados em diversas etapas na indústria mineral [BRITO et al, 2011] e, na indústria petrolífera, desde a prospecção até a produção de hidrocarbonetos.

Em atividades do cotidiano, o engenheiro irá lidar com situações que exigem um conhecimento, pelo menos, básico acerca do que o geólogo ou geofísico fazem. No entanto, muitos não estão preparados para se comunicarem com tais profissionais pela limitação de conhecimento em determinado assunto.

No Brasil, a demanda por profissionais que trabalham na exploração e produção de

petróleo tem sido crescente. Desde 2006, quando os reservatórios do Pré-Sal foram descobertos, a oferta do curso de Engenharia de Petróleo no país, por instituições públicas e privadas, aumentou consideravelmente, como constatado por Cabral et al [2012].

As propriedades reológicas do sal e das rochas-reservatório carbonáticas presentes no Pré-Sal trazem desafios diferenciados para os engenheiros de petróleo, com destaque para as atividades que envolvam conhecimento do comportamento dos maciços rochosos às diversas solicitações, em especial durante as fases de perfuração e produção de petróleo. Neste contexto, as empresas buscam cada vez mais profissionais capazes de entender e de aplicar em seu cotidiano os saberes e práticas do campo de conhecimento da Geomecânica. No entanto, esse estudo da integração da geofísica, geologia estrutural, mecânica das rochas e modelagem e simulação matemática, podem não estar consolidado em sua área de formação profissional.

O presente trabalho busca enfatizar a pertinência e a relevância dos estudos sobre a Geomecânica, destacando a vasta gama de aplicações deste campo do saber na indústria do petróleo; também tem como objetivo efetuar o levantamento quantitativo dos cursos de graduação em Engenharia de Petróleo que fornecem cursos relacionados à Geomecânica e, por fim, realizar uma

investigação exploratória sobre a compreensão que profissionais da indústria possuem sobre a importância dos conhecimentos relacionados à Geomecânica.

2. METODOLOGIA

Para se atingirem os objetivos deste trabalho, com um melhor entendimento da importância da Geomecânica para a Engenharia de Petróleo, são devidamente apresentadas as aplicações desta disciplina para esta área de estudo.

Adicionalmente, foram realizadas duas pesquisas: a primeira com o objetivo de se verificar o ensino de Geomecânica nas unidades acadêmicas nacionais em que se oferece a formação em Engenharia de Petróleo e; a segunda para se compreender como os profissionais da indústria já formados pensam em relação à Geomecânica.

2.1. Aplicações da Geomecânica na Indústria de Petróleo

A utilização de modelos baseados em conhecimentos da Geomecânica ocorre em todas as etapas de um processo de exploração e produção de hidrocarbonetos. Neste tópico são apresentadas, de forma sucinta, as

aplicações da Geomecânica na Engenharia de Petróleo.

2.1.1. Análise de Bacias

A análise de bacias compreende o estudo da origem, evolução e inversão de bacias [ALLEN & ALLEN, 2013]. Entender a história geológica da deposição de uma bacia é ferramenta fundamental para o desenvolvimento da exploração de óleo e/ou gás de uma determinada região. O desenvolvimento e evolução de bacias têm sido modelados numericamente baseados em dados geológicos e estruturais.

Entretanto, existem poucos modelos de análise de bacias que levam em consideração as alterações no regime de tensões. Essas alterações, tanto durante a formação das bacias, como no período de exploração, influenciam a geração, migração, e acumulação de hidrocarbonetos, por alterarem a permeabilidade e, conseqüentemente, a transmissividade hidráulica do reservatório. A modificação do regime de tensões pode, por exemplo, ocasionar a perda de capacidade selante de falhas e fraturas, o que compromete a integridade do sistema rocha-reservatório.

A geração de falhas e sua influência na migração e acumulação de fluidos em uma bacia são condicionadas pela distribuição e magnitude de tensões “*in situ*”. Por isso, a

estimativa de geopressões é fundamental na etapa exploratória.

2.1.2. Reativação de falhas em reservatórios

As falhas em um reservatório de petróleo podem representar uma ambigüidade. Se, por um lado, tais falhas atuam como selantes que impedem o escape indesejável de fluidos dos reservatórios para outras locações, por outro, elas podem atuar como o caminho de migração desses fluidos, se reativadas.

Um dos grandes desafios na exploração de um reservatório de petróleo é a identificação e a caracterização das falhas naturais presentes no mesmo. A geologia estrutural tem sido uma ferramenta imprescindível aos profissionais da área que atuam na caracterização mecânica desses reservatórios.

O estudo das falhas permite identificá-las como permeáveis ou não-permeáveis e com isso verificar a capacidade de acumulação de fluidos de petróleo na rocha reservatório. Para tais tipos de reservatórios, uma grande preocupação é a possibilidade de reativação de falhas. Assim sendo, o engenheiro de petróleo precisa estimar o risco de reativação dessas falhas e, por isso, os critérios de falha de Mohr-Coulomb são frequentemente utilizados para tal objetivo. Visto que a reativação de falhas pode acarretar sérios problemas, com

consequências econômicas e ecológicas, as companhias do setor petrolífero têm investido em modelagens Geomecânicas 3D e 4D para garantir a integridade dos seus reservatórios, fazendo-se necessário, ao engenheiro de petróleo que almeje trabalhar em tais companhias, o bom entendimento de mecânica das rochas.

2.1.3. Estabilidade de poços

Nauroy [2011] enfatiza as aplicações da Geomecânica em diversas operações na indústria de petróleo e destaca como a Geomecânica pode otimizar a perfuração de poços. De acordo com este autor “*alcançar máxima eficiência em condições normais e resolver problemas sob condições excepcionais que podem eventualmente danificar a broca, em particular*” são as duas principais preocupações que *drillers*, profissionais responsáveis pela perfuração, têm em seus projetos.

Na perfuração, a trajetória dos poços está relacionada com a estabilidade mecânica da formação. No projeto de perfuração, a trajetória do poço é determinada pelo regime de deformação a que um determinado reservatório está submetido. Por exemplo, quando um campo está submetido a um regime de deformação extensional, que propicia o desenvolvimento de falhas normais, a direção mais estável para a

perfuração é na direção da tensão horizontal mínima, pois, nesta direção, as tensões atuantes na parede do poço terão uma menor tensão diferencial, o que resulta em menor possibilidade de colapso provocado por fraturas geradas por cisalhamento.

Cheatham Jr. [1984] estudou a importância de se manter a estabilidade de poços durante a perfuração, destacando causas de instabilidades, tais como: presença de água nos folhelhos, a pressão no poço maior que a pressão de fratura ou menor que a pressão de colapso. Este aspecto é importante tendo em vista que, quando a rocha é removida durante a perfuração, tensões passam a atuar na parede do poço tendendo a restabelecer um novo equilíbrio, causando então desmoronamentos se não for utilizado fluido de perfuração com peso adequado para conter o colapso da rocha.

Um apropriado entendimento do estado de tensão em subsuperfície torna-se extremamente necessário e permite ao engenheiro de petróleo estimar ou calcular parâmetros estáveis para um projeto de perfuração.

2.1.4. Análise de Permeabilidade

A permeabilidade é definida por Thomas [2004] como “*a medida da capacidade de uma rocha permitir o fluxo de fluidos*”. Para que a extração de

hidrocarbonetos ocorra é preciso que haja fluxo de fluidos através da rocha. Henry Darcy [1856] constatou que a permeabilidade é diretamente proporcional à vazão. Ou seja, quanto mais permeável é a formação, maior será o fluxo de hidrocarbonetos e consequentemente, maior a produção.

Por essa razão, a permeabilidade é um dos fatores que mais influenciam na produção de hidrocarbonetos. Assim, um estudo desse parâmetro é essencial para a viabilização da exploração de determinado campo de petróleo. Existem inúmeras correlações para o estudo da permeabilidade, porém, poucos projetos consideram sua variação pela mudança dos estados de tensão e deformação da rocha matriz. Para uma análise completa da porosidade e da permeabilidade absoluta, alguns efeitos geomecânicos como a compactação e tensões horizontais devem ser levados em conta.

Modelos de reservatórios que utilizam métodos numéricos como ferramentas de simulação atualizam a permeabilidade da formação de acordo com as tensões e deformações sofridas pela rocha ao longo das etapas exploratórias, assim como a variação da pressão de poro.

2.1.5. Simulação de Reservatórios

O comportamento de um reservatório depende tanto das propriedades do fluido quanto do meio poroso ali presente [SARAIVA,2010]. Deformações rochosas causadas por tensões e deformações realizadas pelas camadas superiores à zona de interesse podem afetar diversos parâmetros, como a porosidade, permeabilidade, pressão de poro, e a compressibilidade do reservatório, influenciando o escoamento de fluidos.

A simulação de reservatórios utiliza softwares que tentam prever características do comportamento do fluxo multifásico de fluidos através de meios porosos.

Entretanto, a maioria desses programas negligencia ou simplifica os parâmetros geomecânicos fundamentais que podem afetar a produtividade do reservatório, tendo como único padrão a compressibilidade dos poros. Contudo, somente esse padrão não é suficiente para determinar o comportamento do reservatório. Outros comportamentos como mudança nas tensões e pressão de poros devido a forças ativas por camadas superiores devem ser considerados nas simulações.

A interação da Geomecânica com a simulação de reservatórios vem crescendo muito na última década, principalmente em casos de óleos pesados, fraturamento hidráulico e reservatórios compactados. Isso



ocorre porque o estudo da relação entre a extração de fluido e a deformabilidade do reservatório traz uma visão mais abrangente dos fenômenos físicos que ocorrem em reservatórios deformáveis.

Na simulação do reservatório, a Geomecânica se faz presente gerando uma estimativa acurada da magnitude e orientação do campo de tensões, essenciais durante a produção e abandono de um poço.

2.1.6. Estimulação de Poços

A estimulação de poços é caracterizada por uma série de técnicas que têm como principal objetivo maximizar a produção de um poço [ZHANG et al, 2009], aumentando a produtividade da formação pela criação de canais condutivos ou correção de danos causados durante a perfuração e completação.

Um dos métodos mais utilizados atualmente em reservatórios de baixa permeabilidade é o fraturamento hidráulico. Esse método consiste na injeção de um fluido fraturante com pressão acima da pressão de fratura, juntamente com um agente de sustentação, ou propante, que mantém a fratura aberta, sendo que o processo de abertura da fratura depende de parâmetros mecânicos da formação. O projeto, ou *design*, de um fraturamento hidráulico deve ser antecedido por um estudo geomecânico prévio, para evitar perda de controle do

fraturamento, além de eventuais danos e efeitos negativos ao reservatório.

2.1.7. Métodos de Recuperação de Hidrocarbonetos e *Enhanced Oil Recovery* (EOR)

A injeção de fluidos em reservatórios para aumentar o fator de recuperação, quando se usam métodos de recuperação secundária e EOR, pode alterar o estado de tensão *in situ* e levar à reativação de falhas. Isso ocorre porque a injeção de fluidos altera a pressão de poros que está relacionada às tensões efetivas e alteração das tensões diferenciais. O uso de critérios de falha, como o de Mohr-Coulomb, mostra a iminência do risco de reativação de falhas.

Pereira et al [2010] constataram reativações de falhas provocadas pela injeção de fluidos para a recuperação de petróleo em reservatórios.

De fato, para que se considere a adoção de métodos secundários de recuperação de petróleo, são necessárias diversas modelagens para se avaliar a viabilidade econômica de continuar a produção. Os métodos mais avançados de recuperação requerem uma análise mais detalhada do comportamento mecânico da região.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

2.2. Universidades brasileiras que oferecem Geomecânica

Segundo Pizzol [2014], a Geomecânica ficou por décadas sendo negligenciada ou dada pouca importância.

Apesar da Mecânica das Rochas ser de extrema importância em muitas áreas da indústria de petróleo, tais como perfuração, produção e engenharia de reservatório, esta área ainda é vista como um campo complexo e restrito a alguns profissionais. Por isso, o curso de Geomecânica ainda não está incluso em muitos cursos de Engenharia de Petróleo do Brasil.

Um mapeamento com trinta e seis universidades que oferecem o curso de Engenharia de Petróleo foi realizado, mas apenas vinte e sete disponibilizavam a matriz curricular em sua página institucional.

Dentre as que apresentavam matriz curricular, foi realizado um mapeamento de disciplinas que envolviam Geomecânica, muitas vezes nomeada mecânica das rochas. A análise dos resultados é discutida na seção 3 desse trabalho.

2.3. Ponto de vista dos engenheiros de petróleo em relação à Geomecânica

Utilizando-se da ferramenta de pesquisa online, o surveymonkey, foi possível

reunir respostas de profissionais que atuam como engenheiros de petróleo na indústria e também no meio acadêmico.

Seis perguntas foram elaboradas com o objetivo de verificar o que tais engenheiros entendem acerca da disciplina e se os mesmos já a estudaram, ou utilizaram ou utilizam Geomecânica aplicada em suas respectivas áreas de atuação. Vinte e cinco engenheiros de petróleo de sete universidades responderam o questionário dentre as quais Universidade Federal Fluminense e Universidade Federal do Rio de Janeiro tiveram maior participação com 19 formulários completos. Tais resultados serão discutidos na seção 3 desse trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise das universidades brasileiras que oferecem Geomecânica

Dentre as trinta e seis universidades analisadas, apenas vinte e sete disponibilizavam a matriz curricular em seu site.

Os Gráficos 1 e 2 apresentam os resultados das grades curriculares estudadas. Do espaço amostral de vinte e sete instituições, apenas nove oferecem a disciplina específica de mecânica das rochas

www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

e/ou Geomecânica. Além disso, oito instituições não oferecem nenhuma disciplina diretamente relacionada à Geomecânica, como, por exemplo, geologia estrutural, métodos geofísicos ou métodos não sísmicos de exploração. Em outras palavras, mais da metade dos cursos de Engenharia de Petróleo não disponibilizam a disciplina e cerca de 30% das instituições sequer apresentam disciplinas que envolvem a área de maneira direta.

Gráfico 1 – Cursos de Engenharia de Petróleo que oferecem a disciplina de Geomecânica ou Mecânica das Rochas.

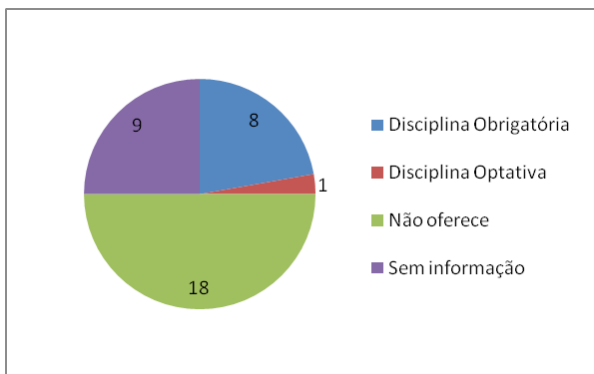
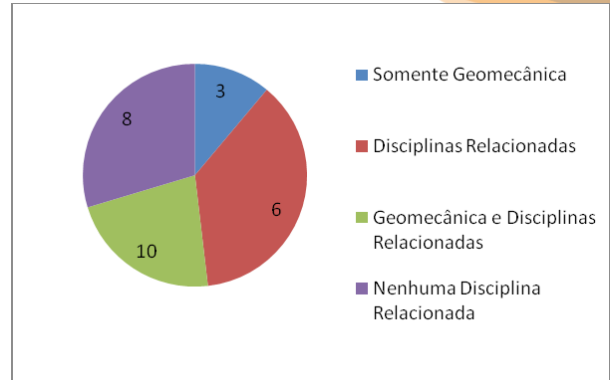


Gráfico 2 – Cursos de Engenharia de Petróleo que oferecem Disciplinas Relacionadas a Geomecânica.



A análise confirma a negligência do ensino da Geomecânica como uma disciplina base durante a graduação de engenharia de petróleo.

3.1. Análise da opinião dos engenheiros em relação à relevância da Geomecânica

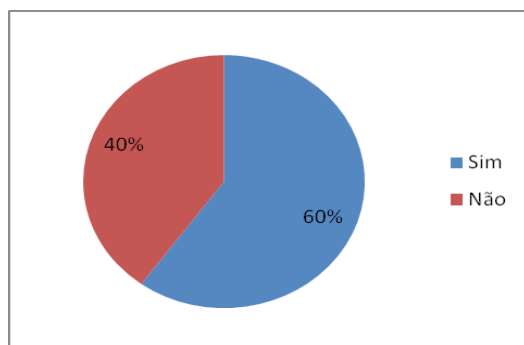
As perguntas elaboradas e disponibilizadas *online* no *surveyMonkey* e respondidas completamente por 19 pessoas, foram: Você sabe o que é Geomecânica? Você já estudou Geomecânica, Geologia Estrutural ou Mecânica das Rochas na faculdade? Qual sua área de atuação na indústria de Petróleo? Você já utilizou ou utiliza Geomecânica em sua área de atuação/trabalho? Você acredita que o estudo de Geomecânica aplicado a Engenharia de Petróleo seja importante?

Nessa pesquisa, 92% das pessoas afirmaram saber o que é Geomecânica. Possivelmente, os dois engenheiros que não sabem do que se tratava essa disciplina

tenham estudado em universidades em que a matriz curricular inicial não tenha favorecido o ensino de Geociências, e podem também hoje atuar em áreas que não exigem tal conhecimento aprofundado.

Segundo o Gráfico 3, apenas 40% dos engenheiros de petróleo não estudaram Geomecânica, geologia estrutural ou mecânica das rochas na faculdade, mas, ao se relacionar a segunda pergunta à primeira, a maioria sabe do que se trata devido a conhecimento posterior, seja no mundo do trabalho, seja em estudos específicos pós-universitários.

Gráfico 3 – Engenheiros que estudaram Geomecânica, mecânica das rochas ou geologia estrutural na faculdade.



As 3 principais áreas de atuação dos engenheiros que responderam a essa pesquisa *survey* são i. Ensino e Pesquisa (28.57%); ii. Operações/Produção de Petróleo (23.81%), e iii. Dinâmica e Descrição de Reservatórios (19.05%). As outras duas áreas para as quais havia opção de resposta, “Perfuração e Completação” e “Planejamentos e Projetos”,

tiveram poucos respondentes, o que pode estar relacionado, por exemplo, à situação de constrangimento e restrições de investimentos pela qual, atualmente, passa a indústria de petróleo, reflexo da recessão econômica do país.

Ademais, com baixos preços do petróleo no cenário internacional, tornam-se inviáveis investimentos em novos projetos de pesquisa e exploração. Sendo assim, muitos profissionais tiveram que voltar às universidades e academias devido à queda na taxa de empregabilidade, o que explica o alto número de profissionais atuando em Ensino e Pesquisa, em especial em projetos associados a cursos de mestrado e doutorado.

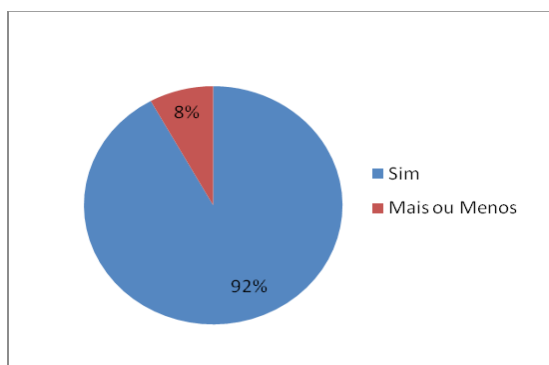
Quando foi perguntado se tais profissionais já utilizaram de Geomecânica em suas respectivas áreas de atuação, 6 em cada 10 engenheiros de petróleo responderam que sim, isto é, utilizam definições e aplicações dessa disciplina em seu cotidiano de trabalho, o que mostra que a quantidade de aplicações da Geomecânica é, portanto, vasta para a indústria petrolífera.

Por fim, a última pergunta da pesquisa *survey* indagou se o estudo de Geomecânica é importante ou não para engenharia de Petróleo (Gráfico 4).

De acordo com o Gráfico 4, 92% dos engenheiros responderam positivamente a esta

questão. Dois engenheiros responderam não à pergunta. Esta situação mostra a coerência entre perguntas e respostas, pois, na primeira questão, dois engenheiros responderam não à pergunta “Você sabe o que é Geomecânica?”, o mesmo número de respostas negativas à pergunta “Você acredita que o estudo de Geomecânica aplicado a Engenharia de Petróleo seja importante?”

Gráfico 4 – Engenheiros que acham importante o estudo de Geomecânica



4. CONCLUSÕES

A exploração de hidrocarbonetos envolve um estudo integrado de diversas disciplinas e não se pode negar a necessidade de boa comunicação entre os profissionais que trabalham em um mesmo projeto. A Geomecânica tem potencial para propiciar esta integração, permitindo aglutinar os conhecimentos da engenharia aos conhecimentos teóricos e práticos de geólogos

e geofísicos, a fim de facilitar os estudos nas etapas de exploração e produção de petróleo.

Verificou-se neste artigo que as principais áreas de atuação do engenheiro de petróleo estão atreladas ao estudo de Geomecânica, tornando o ensino dessa disciplina crucial à formação acadêmica deste engenheiro. Essa ideia também se reiterou na opinião dos profissionais atuantes no mercado de óleo e gás acerca do tema.

Diversas universidades com o curso de Engenharia de Petróleo têm entendido que há uma necessidade de se aprimorar o ensino nessa área, incluindo tal matéria em suas grades curriculares, mas na maioria das vezes é dada apenas como uma opção ao aluno.

A Geomecânica deveria ser uma disciplina base para a formação do Engenheiro de Petróleo, assim como cálculo, física, geologia e outras disciplinas.

A inclusão desse campo de conhecimento como uma disciplina específica não só aumenta a perspectiva de atuação do aluno em relação a diversas áreas citadas neste trabalho, como também facilita o entendimento de diversos fenômenos desde a simulação de reservatório até a produção de hidrocarbonetos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe do Grupo PetroPET – Grupo Institucional de Educação Tutorial em Engenharia de Petróleo pela convivência, apoio e aprendizado coletivo, que muito contribuem em nosso desenvolvimento acadêmico, profissional e científico.

E à Universidade Federal Fluminense, pelo apoio financeiro à realização das atividades do Grupo PetroPET.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P. A. & ALLEN, J. R. **Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment**. Wiley-Blackwell, 2013.

CABRAL, C. P.; JUNIOR, E. T. L.; CAVALCANTE, E. P. A.; OLIVEIRA, F. C.; PIMENTEL, V. A. K.; LYRA, R. T. **Um Panorama dos Cursos de Engenharia de Petróleo no Brasil**. Disponível em <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104386.pdf>. Acesso em 12 Jun. 2016.

CHEATHAM, J. B. (1984, June 1). **Wellbore Stability**. Society of Petroleum Engineers, 1984. doi:10.2118/13340-PA.

DE BRITO, S. N. A.; CELLA, P. R. C.; FIGUEIREDO, R. P. **Importância da Geologia de Engenharia e Geomecânica na Mineração**. Revista Brasileira de Geologia de

Engenharia e Ambiental, v. 1 (Edição Especial), p. 123-140, 2011.

ESPINDOLA, F. E. M. **Análise Geomecânica na Perfuração e Cimentação de Poços de Petróleo em Zonas de Sal**. 2011. Dissertação de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Rio de Janeiro - RJ.

NAUROY, J. F. **Geomechanics Applied to the Petroleum Industry**. Editions Technip, 2011.

OSORIO, J. G. HER-YUAN, C. TEUFEL, L. W. **Numerical Simulation of the Impact of Flow-Induced Geomechanical Response on the Productivity of Stress-Sensitive Reservoirs**. SPE Reservoir Simulation Symposium, 1999.

PENDLETON, L. E. **Horizontal Drilling Review**. Archie Conference on Reservoir Definition and Description, 1991.

PEREIRA, L. C., COSTA, A. M., SOUSA, L. C., AMARAL, C. S., SOUZA, A. L. S., FALCAO, F. O. L., OLIVEIRA, M. F. **Specialist Program For Injection Pressure Limits Considering Fault Reactivation Criteria**. American Rock Mechanics Association, 2010.

PIZZOL, D, A. **Uma metodologia unificada empregando o método dos volumes finitos para a solução acoplada do escoamento e da Geomecânica em meios porosos**. 2014. Dissertação de Mestrado, Universidade



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Federal de Santa Catarina, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Mecânica.
Florianópolis - SC.

REIS, Á. F. *Orientação e Magnitude de
Tensões na Bacia Potiguar: Implicações
para Evolução de Bacias em Margens
Passivas*. 2012. Dissertação de Mestrado,
Universidade Federal do Rio Grande do
Norte, Programa de Pós Graduação em
Geodinâmica e Geofísica . Natal - RN.

SARAIVA, T. C. *Efeitos Geomecânicos na
Simulação de Reservatórios Carbonáticos*.
2010. Projeto de Graduação do Curso de
Engenharia de Petróleo, Universidade Federal
do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Rio de
Janeiro - RJ.

SOROUSH, H. *Discover a Career in
Geomechanics*. Society of Petroleum
Engineers, 2013. doi:10.2118/0313-015-
TWA.

ZHANG, J., LANG, J., STANDIFIRD, W.
*Stress, Porosity, and failure-dependent
compressional and shear velocity ratio and
its application to wellbore stability*. Journal of
Petroleum Science and Engineering, p.193-
202, 2009.



www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br