

ANÁLISE DA JANELA OPERACIONAL DE UM PROJETO DE POÇO DE PETRÓLEO DA BACIA DO RECÔNCAVO

Ana Luíza Galindo de Oliveira Ovelar¹
Larissa Pinheiro Costa²

RESUMO

O estudo da Janela Operacional possui extrema relevância em um projeto de poço de petróleo, porque permite determinar a variação segura para a pressão exercida pelo fluido de perfuração dentro do poço. Através deste dimensionamento é possível impedir o desmoronamento da estrutura do poço e diminuir a contaminação da formação pelo fluido de perfuração. Dessa forma, a janela operacional proporciona a elaboração de estratégias que garantem a integridade do poço, considerando as propriedades das formações a serem perfuradas e definindo a correta profundidade das sapatas. Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise da janela operacional de um projeto de poço fictício na Bacia do Recôncavo, identificando as principais características que definem a integridade do projeto. A partir do critério de assentamento de sapatas com a utilização de margens de segurança com relação aos gradientes de pressão de poros e fratura, observou-se a utilização de uma fase de revestimento, não levando em consideração a existência de gás. Entretanto, ao realizar a comparação com o número de fases empregados na literatura para poços terrestres, além de analisar as diferentes questões operacionais que a presença de zona de gás pode necessitar, mostrou-se a necessidade de um revestimento intermediário.

Palavras-chave: Janela Operacional, Projeto de Poço, Assentamento de Sapatas, Bacia do Recôncavo.

INTRODUÇÃO

É de suma importância a elaboração de um projeto de poço de petróleo, visto que o grande objetivo é evitar a elaboração de estratégias inadequadas ou inseguras que podem ser ocasionadas devido às pressões de colapso, de poros de fratura e sobrecarga (SILVA *et al.*, 2018). Conforme RAHMAN & CHILINGARIAN (1995), a perfuração de poços é realizada por fases onde são encontradas zonas críticas de alta pressão ou de formações não consolidadas, exigindo que o poço seja revestido, objetivando selar tais zonas. Com isso,

¹ Graduando do Curso de Engenharia de Petróleo da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, analuovelar@gmail.com;

² Professor orientador: Doutora em Oceanografia Física, Química e Geológica, Universidade Federal do Rio Grande - RS, larissap.costa@hotmail.com.

possibilita a perfuração até a profundidade desejada, evitando o desmoronamento ou contaminação da formação pelo fluido de perfuração.

A janela operacional é essencial durante a fase de perfuração de um poço de petróleo, uma vez que a análise da mesma está diretamente relacionada com a integridade da estrutura do poço. Segundo ROCHA & AZEVEDO (2009), a janela operacional determina a variação permitida para a pressão exercida pelo fluido de perfuração dentro do poço, de forma a manter a integridade deste, respeitando as pressões de poros, fratura e colapso. Sabendo-se que a pressão do fluido é função da massa específica, tem-se como objetivo da janela operacional indicar os limites máximos e mínimos da massa específica do fluido de perfuração.

Ao final de cada fase perfurada é feito o assentamento de sapata, para que dessa forma, a próxima fase, com diâmetro menor, seja também perfurada e revestida. Para que isso aconteça com segurança e sucesso, é necessário considerar as propriedades das formações a serem perfuradas e definir a correta profundidade da sapata (AGUIAR *et al.*, 2017). Dessa forma, fica a cargo da janela operacional determinar o limite de pressão do fluido de perfuração, definindo como limite inferior e superior gradiente de pressão de poros e gradiente de fratura, respectivamente.

Diante da necessidade de garantir a integridade do poço e das operações, o presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo de geopressões para análise da Janela Operacional de um projeto de poço de um reservatório de petróleo da Bacia do Recôncavo (BSR), localizada no centro-leste do estado da Bahia (Figura 1). Conforme PRATES & FERNANDEZ (2015), a bacia ocupa uma área de, aproximadamente, 12.000km² e espessura de, aproximadamente, 6,900m. Está orientada seguindo o *trend* NE-SW, formando um semigráben. Para este trabalho, dados conhecidos e correlacionados com a literatura foram extrapolados para obter valores de pressão de poros e pressão de fratura referente às profundidades dos campos, para determinar o gradiente de pressão necessário para a definição da janela operacional.

Figura 1 – Mapa Geológico da Bacia do Recôncavo



Fonte: MILHOMEM *et al.*, 2003

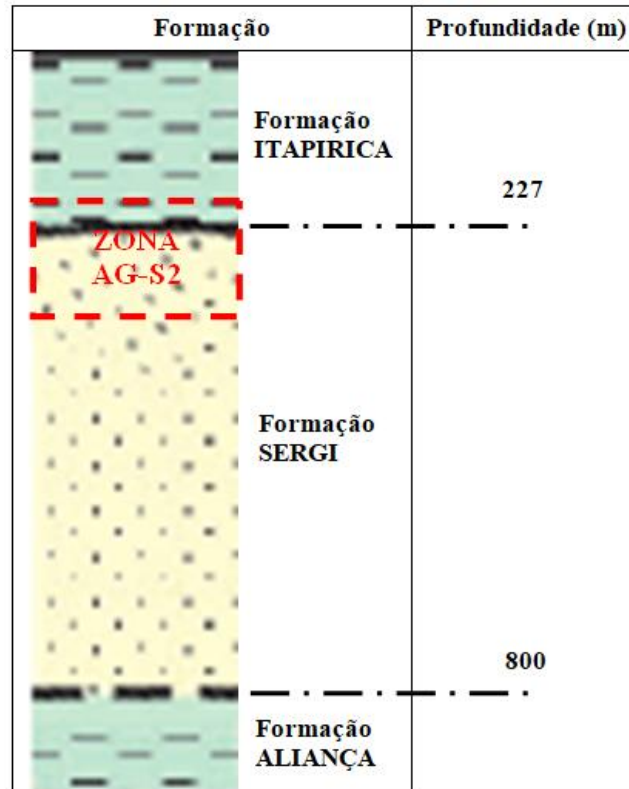
METODOLOGIA

O projeto de poço analisado trata-se de um poço a ser perfurado em um campo conhecido. Dessa forma, uma série de informações sobre os poços de correlação encontra-se disponível na literatura. Para esse projeto, a estrutura geológica é composta por trechos de arenitos. O poço vertical terá como profundidade final 383 metros, sendo o raio de tolerância de 20 metros (Figura 2). O objetivo esperado (Zona AG-S2) está entre 200 e 363 metros para a produção de óleo.

Os dados estimados de pressão de poros (PP) e de fratura (PF), utilizados para a definição do assentamento das sapatas, através do cálculo de gradiente de pressões (Equação 1 e Equação 2), foram obtidos com base em SANTOS (2014), onde também se emprega a definição do uso de sapatas em campos terrestres. Através de dados conhecidos e correlacionados com o trabalho do autor supracitado, foram extrapolados para obter valores de pressão de poros e pressão de fratura referentes às profundidades do campo onde o Projeto

está localizado, para se assim seja possível determinar o gradiente de pressão necessário para a definição a janela operacional.

Figura 2 – Litologia e formações do reservatório.



Equação 1 – Gradiente de pressão de poros.

$$G_p = \frac{PP}{0.1704 \times Dv}$$

Equação 2 – Gradiente de pressão de fratura.

$$G_f = \frac{PF}{0.1704 \times Dv}$$

REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme ROCHA & AZEVEDO (2009), cada fase de um poço é determinada pelo diâmetro da broca que está sendo utilizada na perfuração. Após uma fase ser finalizada, é descido o revestimento, sendo realizado assim o assentamento da sapata do revestimento. Dentre as funções do assentamento de sapatas está facilitar a descida do revestimento,

evitando que ele tope. Já a coluna de revestimento permite que a formação seja protegida e que um peso adequado do fluido de perfuração para a fase seguinte possa ser utilizado.

O critério de assentamento baseado somente na janela operacional, segundo ROCHA & AZEVEDO (2009), considera a existência de uma janela operacional formada por dois limites. O primeiro é o limite inferior, igual ao maior dos valores entre os gradientes de pressão de poros, colapso inferior e fratura inferior. O segundo é o limite superior, igual ao menor dos valores entre os gradientes de pressão de fratura superior e colapso superior.

Adotando-se uma margem de segurança em relação ao limite inferior da janela operacional, o assentamento é feito a partir da profundidade final do poço, traçando-se uma seta vertical para cima até esta cruzar o limite superior da janela operacional. Nessa profundidade deve ser assentada uma sapata de revestimento. Para o assentamento das sapatas seguintes o mesmo procedimento deve ser repetido, sendo que a seta vertical deve ser traçada a partir da profundidade da última sapata. (ROCHA & AZEVEDO, 2009, p. 394).

Existem diversos critérios para o assentamento de sapatas, como assentamento baseado na tolerância ao kick. No presente trabalho foi utilizado o critério de assentamento de sapatas com a utilização de margens de segurança com relação aos gradientes de pressão de poros e fratura. De acordo com ROCHA & AZEVEDO (2009), não existem regras ou critérios para o estabelecimento de margens de segurança sobre os limites das janelas operacionais. Entretanto, vale-se ressaltar que a relação entre a margem de segurança e o número de fases utilizadas afeta o custo total do poço.

Com relação ao tipo de revestimento de cada fase, ROCHA & AZEVEDO (2009) definem a existência de no mínimo três fases para poços terrestres. A primeira fase é composta pelo revestimento condutor, um revestimento estrutural com objetivo de isolar o poço das zonas superficiais pouco consolidadas, sendo assentado em profundidades relativamente rasas, sendo em torno de 3 a 20 metros em poços terrestres.

Na segunda fase está o revestimento de superfície, também estrutural, que tem como principais objetivos: isolar o poço das zonas superficiais pouco consolidadas, suportar o peso do BOP e das demais colunas e revestimento, e proteger reservatórios de água. O assentamento desse segundo revestimento é feito com base na experiência que se tem na área.

Por fim, na terceira fase está o último revestimento a ser descido no poço, o revestimento de produção. Ainda segundo ROCHA & AZEVEDO (2009), o mesmo fica na região mais profunda do poço e tem como objetivo abrigar a coluna de produção, permitindo a passagem dos hidrocarbonetos à superfície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação da metodologia e através dos dados estimados de pressão de poros e pressão de fratura, obteve-se os gradientes de pressão para construção e definição da janela operacional (Tabela 1; Figura 3). Ademais, através do cálculo do gradiente de pressões apresentados nas equações 1 e 2, onde Dv representa a profundidade vertical, juntamente com uma constante de conversão de unidades, e com base nos valores de pressões de poros e de fratura que foram estimados, obteve-se ao gráfico das curvas do gradiente de pressão, apresentados na Figura 4.

Tabela 1 – Estimativa de dados de pressão de fratura e de pressão de poros.

Prof. (m)	PP (psi)	PF (psi)	Prof. (m)	PP (psi)	PF (psi)	Prof. (m)	PP (psi)	PF (psi)
10	15.00	44.00	150	208.33	605.00	290	377.60	875.00
20	30.00	88.00	160	221.67	621.00	300	389.00	895.00
30	45.00	132.00	170	235.00	637.00	310	406.10	912.50
40	60.00	176.00	180	248.33	653.00	320	423.20	930.00
50	75.00	220.00	190	261.67	669.00	330	440.30	947.50
60	88.33	268.00	200	275.00	685.00	340	457.40	965.00
70	101.67	316.00	210	286.40	722.50	350	474.50	982.50
80	115.00	364.00	220	297.80	760.00	360	491.60	1000.00
90	128.33	412.00	230	309.20	774.00	370	508.70	1040.00
100	141.67	460.00	240	320.60	788.00	380	525.80	1085.00
110	155.00	500.00	250	332.00	802.00	390	542.90	1092.50
120	168.33	540.00	260	343.40	816.00	400	560.00	1100.00
130	181.67	561.67	270	354.80	830.00			
140	195.00	583.33	280	366.20	855.00			

Fonte: Baseado em SANTOS, 2014.

Figura 3 – Curvas de pressão de poros e de fratura.

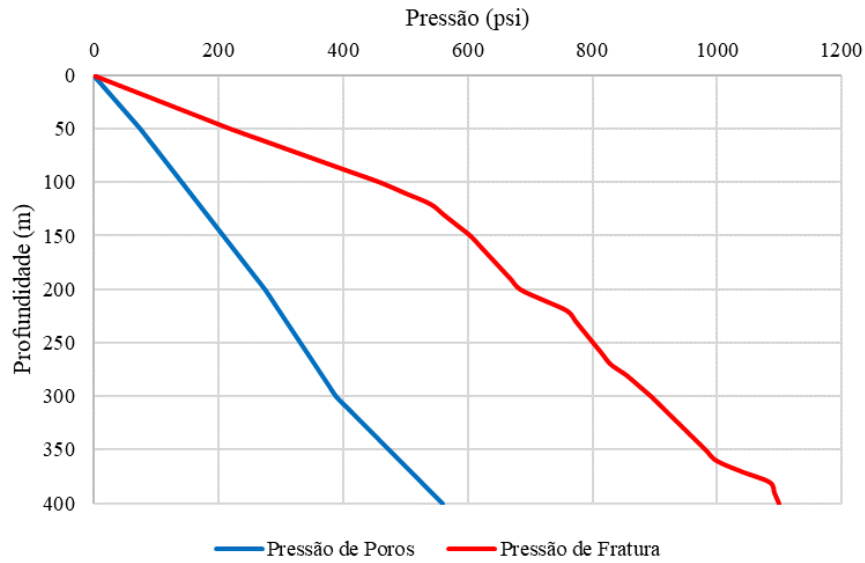
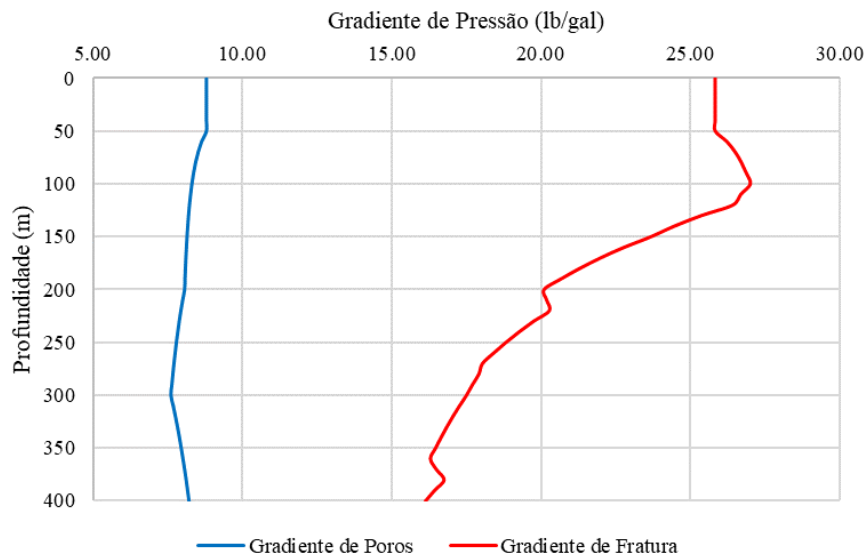
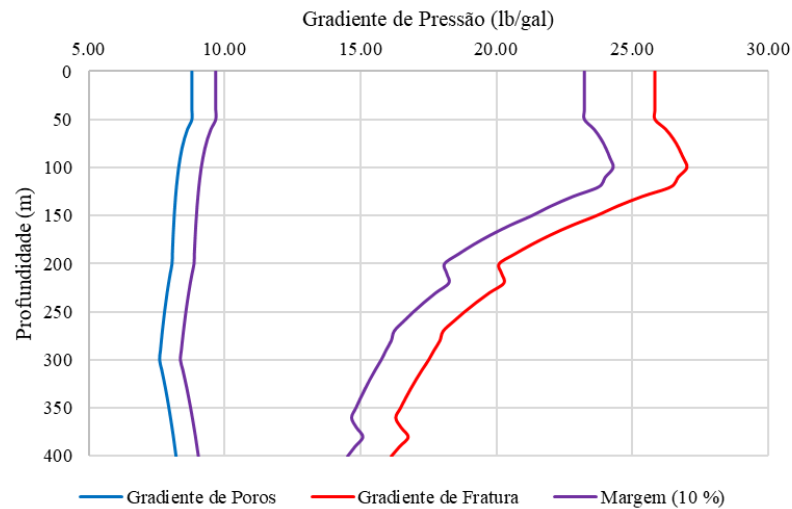


Figura 4 – Curvas do gradiente de pressão de poros e de fratura.



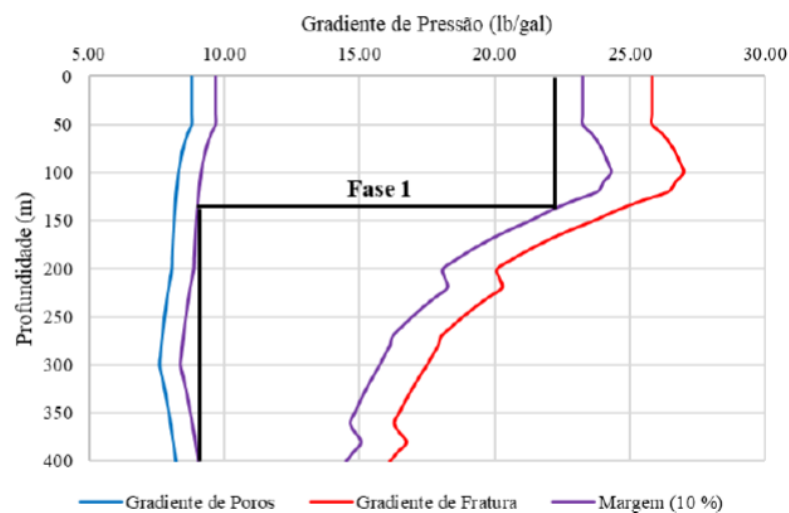
O número de fases a serem perfuradas e as linhas guias de assentamento das sapatas foram estabelecidos de acordo com os gradientes de pressão de poros e pressão de fratura, adotando-se um fator de segurança de 10% em relação às mesmas, a fim de garantir uma maior segurança à operação. Assim, gradiente de pressões para o projeto pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Gradiente de pressões com margem de segurança.



A análise da janela operacional do projeto mostra que somente uma fase de revestimento seria necessária, caso utilize-se o critério de assentamento de sapatas com a utilização de margens de segurança com relação aos gradientes de pressão de poros e fratura (Figura 6). Todavia, apesar de se tratar de um poço não muito profundo, ao menos 3 tipos de revestimentos devem ser empregados em poços terrestres, indo de acordo ao que ROCHA & AZEVEDO (2009) define. Sendo assim, os assentamentos das sapatas foram definidos com base na litologia (Figura 7).

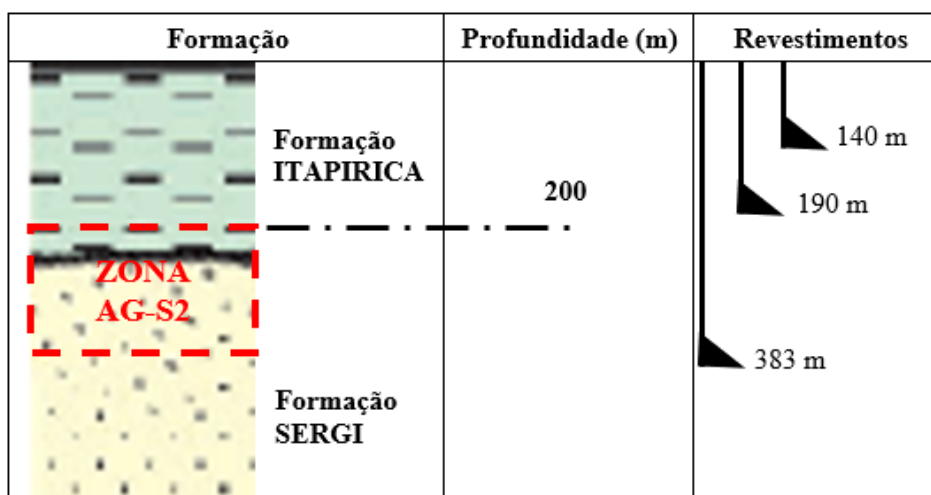
Figura 6 – Janela operacional do Campo de Dom João.



Com isso, verificou-se que a profundidade de assentamento das sapatas definida através da janela operacional com a utilização de margens de segurança com relação aos

gradientes de pressão de poros e fratura (Figura 6) seria a 140 metros de profundidade, com apenas dois revestimentos (superficial e de produção) e não se preocuparia com a possível presença de uma zona de gás. Entretanto, devido a diferentes questões operacionais que essa zona de gás pode necessitar, aponta-se para a necessidade de um revestimento intermediário. Essa necessidade já foi abordada como necessária em poços da mesma bacia, a aproximadamente 190 m. Por fim, estando os alvos em potencial (reservatório) localizados nas profundidades de 200 m e 363 m, um novo revestimento é descido e assentado a 383 m de profundidade. Sendo assim, o assentamento das sapatas ficou definido e pode ser visualizados através da Figura 7, e levou em consideração questões técnicas ligadas diretamente a litologia e presença de gás nas formações.

Figura 7 – Litologia e profundidade das sapatas.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise realizada, observa-se a importância da janela operacional durante a fase de perfuração em um projeto de poço associada a um estudo geológico para investigação de questões operacionais que não são levadas em consideração quando observando apenas a janela operacional. A partir de dados estimados de pressão de poros e pressão de fratura, disponíveis na literatura sobre poços perfurados na Bacia do Recôncavo, foi possível determinar os gradientes de pressão de poros e de fratura para a construção da janela operacional. Observou-se que somente uma fase de revestimento seria necessária quando considerada apenas a janela operacional, mas ao menos três tipos de revestimentos devem ser empregados. Assim, conclui-se que a análise da aplicação da janela operacional deve ser

realizada associando os resultados práticos obtidos com o que é aplicado na literatura. Ademais, recomenda-se que trabalhos futuros façam uma análise comparativa de janelas operacionais de projetos de poços da Bacia do Recôncavo, visando verificar se mais fases seriam encontradas para um poço diferente na mesma Bacia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Projeto de Escrita Científica da Universidade Federal de Pelotas que contribuiu e permitiu a execução desse trabalho, dando todo o suporte necessário desde o princípio, incentivando todos os alunos da Universidade no desenvolvimento de pesquisas científicas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. R. A.; SANTOS, J. P. L.; COSTA, J. C. H. **ESTUDO DAS GEOPRESSÕES PARA A DEFINIÇÃO DO ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO BASEADO NO CRITÉRIO DA JANELA OPERACIONAL.** Maceió: 9º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2017.
- MILHOMEM, P. S.; DE MAMAN, E. J.; OLIVEIRA, F. M.; CARVALHO, M. S. S.; SOUZA-LIMA, W. **Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia do Recôncavo.** Phoenix. Ano 5, n 11. 2003.
- PRATES, I.; FERNANDEZ, R. **Bacia do Recôncavo – Sumário Geológico e Setores em Oferta da ANP.** 2015. Disponível em: <http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round_13/areas_oferecidas_r13/Sumarios_Geologicos/Sumario_Geologico_Bacia_Reconcavo_R13.pdf>. Acesso em: 01. set. 2020.
- RAHMAN, S. S.; CHILINGARIAN, G. V. **Casing Design Theory and Practice.** Amsterdam: ELSEVIER, 1995
- ROCHA, L. A. S.; AZEVEDO, C. T. **Projetos de Poços de Petróleo.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.
- SANTOS, T. G. **ESTUDO E REALIZAÇÃO DE PROJETO DE PERFURAÇÃO ATÉ A COMPLETAÇÃO COM ESTIMULAÇÃO POR FRATURAMENTO HIDRÁULICO EM POÇOS DE PETRÓLEO.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

SILVA, F. R.; SOUZA, B. G.; ANDRADE, R. S.; MENDES, H. U. S. ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTOS E DIMENSIONAMENTO DE BOP PARA PROJETOS DE POÇOS DE PETRÓLEO. CONEPETRO: III Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Bicombustíveis. V Workshop de Engenharia de Petróleo