



II CONEPETRO

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

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO ESCOAMENTO DE PETRÓLEO EM LINHAS DE PRODUÇÃO DE FIBRA DE VIDRO NO CAMPO PETROLÍFERO DA CIDADE DE ARAÇAS – BA

Sandro Luís da Costa Alves¹; Luciana Ramos Brito da Rocha²; Luzia Aparecida Tofaneli³; Turan Dias Oliveira⁴

¹Mestrando em Gestão e Tecnologia Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Unidade Acadêmica de Energia - sandrorural@yahoo.com.br

²UNIRB – Faculdade Regional da Bahia, Unidade Acadêmica de Petróleo e Gás – luesandro2014@gmail.com

³Orientadora e Pesquisadora da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Unidade Acadêmica de Energia – luzia.tofaneli@fieb.org.br

⁴Co-Orientador e Pesquisador da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Unidade Acadêmica de Energia – uran.oliveira@fieb.org.br

RESUMO

O petróleo é considerado o recurso natural mais procurado e utilizado na sociedade moderna, no entanto a sua busca e extração tem sido extenso e árduo trabalho. Durante a exploração do petróleo em campos maduros, o mesmo deve ser levado do poço até a estação de pré-processamento afim de realizar a separação da emulsão óleo/água, sendo que o fluxo do petróleo durante esse trajeto é realizado pela linha de produção. Em campos maduro, a produção de petróleo está associada a uma grande produção de água, assim favorecendo a corrosão das tubulações, assim algumas empresas detentoras de blocos exploratórios tem substituído as linhas de produção fabricadas a partir de aço por fibra de vidro, essa mudança tem-se mostrado eficiente quanto ao problema da corrosão, no entanto poucos trabalhos têm sido realizados no sentido de avaliar a variação da temperatura do petróleo nessas tubulações de fibra de vidro, por isso se faz necessário a avaliação do comportamento da temperatura e por consequência da viscosidade e compará-lo com o fluxo em tubulações de aço carbono, para assim obter conclusões mais precisas sobre a troca dessas tubulações, até mesmo para servir de parâmetros para as empresas em futuras trocas das linhas de produções mais antigas por linhas de produção fabricadas a partir de fibra de vidro. Assim este trabalho tem como objetivo verificar a influência da temperatura na viscosidade do petróleo produzido através de linhas de produção fabricadas a partir de fibra de vidro em campos maduros.

Palavras-Chave: Condutividade térmica, Viscosidade, Hidrocarboneto líquido, Parafinação.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo deriva do latim, onde *petra* significa pedra e *oleum* é óleo, assim este mineral foi denominado como óleo de pedra. Para Cruz [2011], o petróleo é uma mistura líquida formada por hidrocarbonetos, estes que por sua vez pode conter compostos orgânicos leves como metano (CH₄) e

compostos mais pesados como substâncias orgânicas naftênicas e aromáticas com cadeias carbônicas superior a C₁₇.

O petróleo é o recurso natural mais consumido pela sociedade moderna, sendo motivo de independência energética para os países. Esse hidrocarboneto pode ser utilizado de diversas formas, quando processado, que pode variar desde a utilização como

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

combustíveis em automóveis até a química fina, na produção de medicamentos, passando pela indústria petroquímica que amplia seu leque de utilização em uma infinita gama de produtos fabricados a partir da nafta, principal derivado do petróleo.

A busca pelo petróleo tem se intensificado nos últimos anos, no entanto a sua busca é ainda muito complexa. De acordo com Thomas [2004], a realização dos trabalhos para que se possa encontrar um novo campo de petróleo exige um investimento inicial relativamente alto, uma vez que se faz necessário a delimitação das bacias sedimentares e um criterioso estudo para identificar dentro da bacia sedimentar o local que apresente maior indício para acumulação desse hidrocarboneto, para assim propor uma perfuração que comprove o prospecto desse mineral.

De acordo com Alves & Tofaneli [2016], o petróleo após ser encontrado no reservatório deve ser encaminhado para estação de pré-processamento, para que o mesmo seja separado dos demais fluidos, uma vez que a emulsão (mistura) que sai do reservatório é composta essencialmente por água, petróleo e gás.

Para Machado [2002], o escoamento de um fluido viscoso é definido como a deformação contínua e irreversível, sendo essa deformação realizada por um sistema de

forças. Na indústria do petróleo, em especial no processo de extração, o escoamento de fluidos pode ocorrer em três tipos: monofásico, bifásico e multifásico.

Segundo Cruz [2011], o escoamento bifásico é aquele que apresenta duas fases distintas no mesmo fluxo em uma tubulação, sendo que em especial no caso da indústria do petróleo o escoamento pode se apresentar do tipo multifásico, envolvendo o transporte de fluidos na fase líquida (água e petróleo) concomitantemente com o fluxo na fase gasosa (gás natural), sendo que este gás pode ser associado ou não a fase líquida.

O escoamento monofásico na indústria do petróleo só ocorre em casos específicos, sendo estes limitados ao processo de injeção de água ou injeção de gás no reservatório de petróleo, com o objetivo de aumentar a pressão do reservatório ou diminuir a massa específica do petróleo, respectivamente.

Porém em campos petrolíferos maduros, a produção de petróleo em sua maioria ocorre em escoamento bifásico (água e petróleo), uma vez que a produção de gás já ocorreu anteriormente na recuperação primária do reservatório.

Durante o escoamento do petróleo nas linhas de produção, algumas propriedades do fluido podem interferir no processo de escoamento, uma desta é a viscosidade. A viscosidade, também conhecida como módulo

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

de Young, pode ser: dinâmica e cinemática, onde a viscosidade dinâmica é expressa pela razão entre a tensão de cisalhamento e a taxa cisalhante, já a viscosidade cinemática é descrita pela razão entre a viscosidade dinâmica e a massa específica do fluido em questão.

Segundo Machado [2002], a viscosidade é uma propriedade física do fluido muito importante para descrever a sua resistência ao fluxo, assim demonstrando a sua resistência necessária para que o mesmo possa realizar uma mudança posicional.

Durante o fluxo do petróleo nas linhas de produção, desde a cabeça do poço até a estação de processamento primário, a viscosidade do petróleo pode sofrer variações, sendo que os fatores que mais interferem nessas variações são: natureza físico química do fluido, temperatura, pressão, taxa de cisalhamento, tempo de escoamento e campo elétrico. No entanto Machado [2002], corrobora que o fator mais relevante para variações de viscosidade na indústria do petróleo é a temperatura.

A distância dos poços de petróleo até a estação de processamento primário pode variar bastante de acordo com localização da estação em relação aos poços produtores de petróleo, em alguns casos essa distância pode favorecer uma intensa troca de calor, assim proporcionando uma variação significativa na

viscosidade do petróleo, que por sua vez terá uma dificuldade maior durante o escoamento.

A corrosão e a parafinação são consideradas os principais problemas para indústria do petróleo, sendo que a parafinação da linha de produção é conhecida como a deposição de cristais ao longo da parede interna do poço. Para Baldotto & Figueiredo [2010], o processo de parafinação das linhas de produção pode resultar em intervenções não programadas da produção e condições inseguras nas operações, causando perdas na produção e possibilidade de danos irreparáveis, requerendo o abandono ou substituição de equipamentos.

De acordo com Alves & Tofaneli [2016], o acúmulo de parafina ao longo da linha de produção ocasiona a redução interna das tubulações, que contribui para uma diminuição da vazão, aumento do atrito da parede da tubulação que por consequência exige uma maior capacidade da unidade de bombeamento e acima de tudo pode alterar o tipo de escoamento do petróleo ao longo da linha de produção.

Algumas empresas detentoras de blocos exploratórios na bacia do Recôncavo, vem substituindo suas linhas de produção fabricadas a partir de aço por linhas de produção de fibra de vidro.

De acordo com Young [2008], a condutividade térmica do aço é de 50,2

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

W/mK, enquanto que a fibra de vidro tem um valor de 0,048 W/mK, assim demonstrando que a fibra de vidro tem condutividade bem menor que o aço.

Essa mudança de material para fabricação das linhas de produção tem evitado a corrosão das linhas, no entanto poucos trabalhos vêm sendo realizado com objetivo de avaliar a deposição de parafinas ao longo da tubulação, que por sua vez é influenciada principalmente pela diminuição da temperatura.

Este trabalho tem como objetivo verificar a influência da temperatura na viscosidade do petróleo produzido através de linhas de produção fabricadas a partir de fibra de vidro no campo petrolífero de Fazenda Boa Esperança localizado no município de Araças – BA.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica sobre a influência da temperatura no escoamento do petróleo nas linhas de produção que vão da cabeça do poço até a estação de pré-processamento, além de pesquisa de campo, onde foram coletadas amostras de petróleo para verificação da temperatura do mesmo em

dois pontos distintos: na cabeça de produção e na chegada da estação.

A pesquisa de campo foi realizada no campo petrolífero de Fazenda Boa Esperança – FBE, localizado no município de Araças – BA, cuja coordenadas geográficas são: latitude 12°13'02"S e longitude 38°12'11"W.

As amostras de petróleo foram coletadas em dois poços distintos, sendo um com linha de produção fabricada a partir de aço e o outro poço com linha de produção fabricada a partir de fibra de vidro, sendo que em cada poço foi retirada amostras na chegada do petróleo na superfície, na cabeça do poço, e outra no final da linha de produção, ou seja, na entrada da estação de pré-processamento. A amostragem foi realizada no mês março de 2016, sendo que em cada ponto de coleta foram retiradas duas amostras, cada uma contendo um volume de 500 mL, sendo uma utilizada para realizar a análise da viscosidade e a outra foi guardada como contraprova, caso fosse necessária à sua utilização. No momento da retirada das amostras, foi medida a temperatura do petróleo com auxílio de um termômetro químico com escala interna, marca Incoterm modelo 5001, com faixa de medição de temperatura de -30°C a 50°C e limite de erro de $\pm 1^\circ\text{C}$.

As amostras após serem coletadas foram acondicionadas para retirada da água

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

contida na amostra, uma vez que a emulsão produzida pelo reservatório é composta de água salobra e petróleo. Após a separação dos fluidos, o petróleo foi identificado e encaminhado para o laboratório da Carboflex para determinação da viscosidade em quatro temperaturas diferentes: T_0 , foi considerada a temperatura do fluido na cabeça do poço, T_3 , sendo a temperatura no final da linha de produção (entrada da estação de pré-processamento), sendo ainda considerada mais duas temperatura entre os valores obtidos na cabeça do poço e na entrada da estação (T_1 e T_2), de modo a garantir a realização da curva da viscosidade em função da temperatura, onde T_1 foi definida como a temperatura média entre T_0 e T_2 , já T_2 sendo a temperatura média entre T_1 e T_3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estação de pré-processamento na qual foi realizada a amostragem, recebe produção de 18 poços de petróleo, sendo 4 injetores de água e 14 produtores de petróleo. A distância desses poços até a estação é demonstrada na tabela 1, assim a escolha dos dois poços utilizados para coleta foi de acordo com a maior distância, pois a variação de temperatura é influenciada pelo tempo em que esse petróleo trocará calor com a tubulação.

Tabela 1: Distância dos poços até a estação.

Poços	Distância (m)	Material
Poço 1	979,6	Fibra de Vidro
Poço 2	312,4	Aço
Poço 3	426,8	Aço
Poço 4	865,4	Fibra de Vidro
Poço 5	786,4	Aço
Poço 6	687,9	Aço
Poço 7	1028,1	Aço
Poço 8	197,8	Aço
Poço 9	1049,4	Fibra de Vidro
Poço 10	1023,1	Aço
Poço 11	1035,7	Fibra de Vidro
Poço 12	978,5	Aço
Poço 13	687,4	Aço
Poço 14	992,4	Aço

Assim os poços escolhidos para realização da coleta foram o poço 7 com a linha de produção fabricada com aço e o poço 9 com a linha de produção fabricada com fibra de vidro.

Com relação a temperatura, quando comparada entre os pontos de coleta, pode-se observar a diferença entre as linhas de produção fabricadas a partir de aço com a de fibra de vidro, como demonstra o gráfico 1.

Gráfico 1. Temperatura do petróleo.





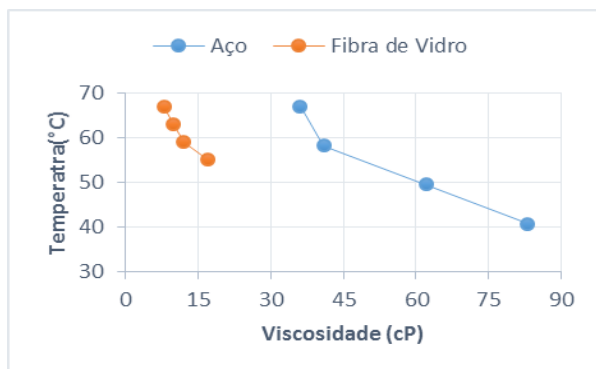
II CONEPETRO

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

Assim pode-se observar que a temperatura na cabeça do poço foi a mesma nos dois poços, no entanto ao final da linha de produção a temperatura entre os tipos de tubulações são diferentes, sendo que a temperatura do fluido na estação para tubulação de aço chegou com uma variação de 39,25%, já o poço com a tubulação de fibra de vidro chegou ao final com uma variação de 17,91%.

Considerando a viscosidade do petróleo ao longo da linha de produção, houve variação em função da temperatura nos dois tipos de tubulações, como pode ser observado no gráfico 2.

Gráfico 2: Curva da viscosidade.



Considerando a viscosidade Apesar da variação de temperatura na linha de produção fabricada com aço ter sido de 32,25% ao longo da linha de produção, a sua influência na viscosidade foi relativamente alta, uma vez que teve uma variação de 130,56%, saindo do poço com uma viscosidade de 18cP e chegando na estação com uma viscosidade de 41,5cP, já a linha de produção fabricada com

fibra de vidro teve uma variação de temperatura de 17,91%, influenciou na viscosidade com uma variação de 87,5%, saindo da cabeça do poço com uma viscosidade de 8cP e no final da linha de produção chegou com uma viscosidade de 41,5cP.

Apesar da grande variação da viscosidade em função do material de fabricação da linha de produção, não existe nenhuma norma para valores de viscosidade durante o escoamento, no entanto sabe-se que quanto menor a viscosidade do petróleo, melhor é o seu escoamento.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a substituição das linhas de produção fabricadas a partir de fibra de vidro tem se mostrado eficiente no que se refere a variação da viscosidade, assim mantendo a produtividade dos campos petrolíferos maduros e minimizando os custos operacionais com a desparafinação das linhas de produção, assim viabilizando a produção de petróleo em campos petrolíferos considerados maduros. Assim este trabalho pode servir de subsídio para pequenas empresas em suas tomadas de decisão no que



II CONEPETRO

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

se refere ao material de fabricação das linhas de produção.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. Agradecem também Alan Matos Teles pelo apoio operacional na coleta das amostras e a Lilian Vasconcelos Brandão pelo apoio nas análises das amostras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. L. da C. & TOFANELI, L. A. *Avaliação do fluxo de petróleo em linhas de produção fabricadas a partir de fibra de vidro*. II Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional. SENAI CIMATEC, Salvador – BA, 2016.

BALDOTTO, L. E. B. & FIGUEIREDO, A. B. *Equipamentos de produção*. Ática, 2010.

CRUZ, S. R. *Estudo da deposição de parafinas em escoamento multifásico em dutos*. 2011, 113p. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Rio de Janeiro – RJ.

MACHADO, J. C. V. *Reologia e Escoamento de Fluidos – Ênfase na Indústria do Petróleo*. Interciência, 2002.

THOMAS, J. E. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*. Interciência, 2004.

YOUNG, H. D. & FREEDMAN, R. A. *Física 1: Mecânica*. 12ª edição. Addison Wesley, 2008.



www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br