

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ESTUDO DAS PERDAS DE CALOR RELACIONADAS À INJEÇÃO DE VAPOR E SOLVENTE C5 EM RESERVATÓRIO DE OLÉO DE ALTA VISCOSIDADE ATRAVES DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

AUTORES:

Caroline Ellen Vidal de Oliveira, Amanda Lucena de Medeiros, Vandre Guevara Altoe de Oliveira, Rhaul Phillypi da Silva.

INSTITUIÇÃO:

Universidade Potiguar

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 8º PDPETRO.

ESTUDO DAS PERDAS DE CALOR RELACIONADAS À INJEÇÃO DE VAPOR E SOLVENTE C5 EM RESERVATÓRIO DE OLÉO DE ALTA VISCOSIDADE ATRAVES DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Abstract

Due to the great challenges encountered in the petroleum industry there is a constant need to improve existing methods, in particular thermal, to increase production. The thermal recovery with added solvent allows better exploitation of the reservoir. This is because the heat reduces the oil viscosity, facilitating its displacement significantly as the solvent promotes a reduction in the interfacial tension between the two fluids (oil and water) promotes the miscibility of the mixture and increasing the displacement efficiency. The aim of this study was to obtain the maximum performance for the steam injection process with C5 solvent recovery of heavy oil and extra heavy, through a numerical study. To this end, a viability of injecting a mixture of steam and solvent, and a process sensitivity study was conducted

Keywords: Solvents, heavy oil, reservoirs modeling

Introdução

Durante o processo de produção em um reservatório de petróleo, há uma dissipação da energia primária, causada pela descompressão dos fluidos do reservatório e pelas resistências encontradas pelos mesmos ao fluírem em direção aos poços de produção. Essas resistências são devidas, ou associadas, às forças viscosas e capilares presentes no meio poroso. O consumo de energia primária reflete-se principalmente no decréscimo da pressão do reservatório durante a sua vida produtiva, e consequente redução da produtividade dos poços (Rosa, 2006).

Devido às grandes quantidades de hidrocarbonetos retidas no reservatório após a exaustão da energia primária, foram desenvolvidos métodos de recuperação para obter uma quantidade adicional de óleo. Os métodos convencionais de recuperação (injeção de água e injeção de gás imiscível) têm como finalidade única deslocar o óleo para fora dos poros da rocha, buscando-se um comportamento puramente mecânico. Mas, devido à alta viscosidade, nem sempre o óleo pode ser deslocado de maneira eficiente através desses métodos.

Assim, para a recuperação de óleos pesados, são aplicados os métodos térmicos de recuperação avançada de petróleo, principalmente a injeção de vapor pode ser empregada de maneira cíclica ou contínua. Atualmente, a injeção de vapor e solvente é o método de recuperação avançada utilizada para a extração de óleos pesados. No cenário da recuperação avançada, ilustrado na Figura 1, temos a injeção de vapor e solvente como uma combinação de um método térmico e um método miscível.

Para que o processo se torne mais eficiente, é necessário que o mínimo de calor seja perdido nos equipamentos de geração, nas linhas de superfície, nos poços de injeção e para as camadas subjacentes e sobrejacentes ao reservatório.

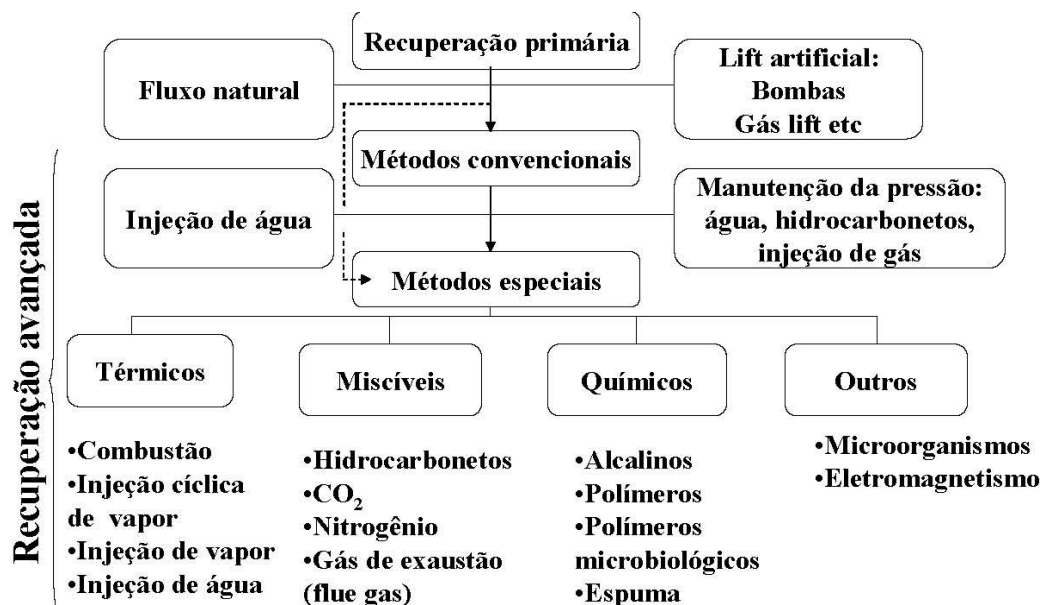


Figura 1: Principais métodos utilizados na recuperação avançada. (Thomas, 2001)

Neste trabalho, foi realizado um estudo numérico das perdas de calor relacionadas a injeção de vapor e solvente. Tal método consiste em injetar energia na forma de calor no reservatório, promovendo, assim, o aquecimento do óleo, a diminuição da sua viscosidade e o aumento da sua mobilidade no meio poroso, além de diminuir as tensões interfaciais devido à presença do solvente, altamente miscível com os hidrocarbonetos da reserva.

Metodologia

Foram utilizados três módulos do simulador computacional da CMG (*Computer Modelling Group Ltd.*). As características do reservatório estão na Tabela 1.

Módulo WINPROP - construção do modelo de fluidos.

Módulo BUILDER - desenvolvimento do modelo de reservatório.

Módulo STARS - simulador trifásico que permite a inserção de múltiplos componentes.

Tabela 1: Características do reservatório

Dimensão	15m x 15m x 15m
Profundidade em relação ao topo	220 m
Porosidade	35%
Permeabilidade Absoluta	1000 mD
Pressão de referência para a compressibilidade da rocha	280 psi
Compressibilidade efetiva da rocha	$2,5 \times 10^{-4} \text{ psi}^{-1}$
Capacidade calorífica da rocha	39(BTU/ft ³ °F)
Condutividade térmica da rocha	26(BTU/ft-day-°F)
Condutividade térmica da água	8.8 BTU/ft-day-°F)
Condutividade térmica do óleo	1.91(BTU/ft-day-°F)
Condutividade térmica do gás	0.7(BTU/ft-day-°F)

Inicialmente, foram simuladas 3 vazões (30, 40 e 50 m³/dia) com 100% de vapor. A partir dos resultados obtidos, foi escolhida a vazão que apresentou menor perda de calor e, a partir dela, foi adicionado o solvente C5.

Resultados e Discussão

As curvas da Figura 2 mostram os calores perdidos na injeção de 30, 40 e 50 m³/dia de somente vapor no reservatório.

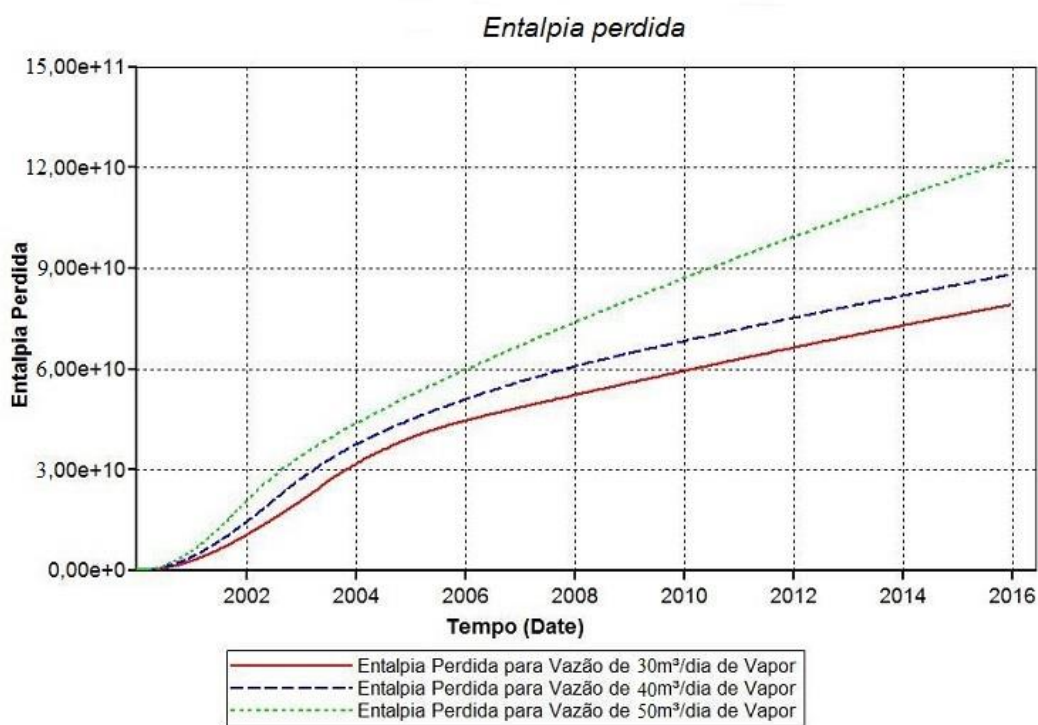


Figura 2: Entalpia perdida para diferentes vazões de vapor

Observa-se que, à medida que aumentamos a vazão de injeção, aumentamos também a perda de calor para o as camadas do reservatório.

Esse resultado é consistente, pois o aumento da vazão proporciona um aumento da entalpia injetada através do vapor no reservatório. Nesse sentido, com o objetivo de minimizar as perdas de calor, a vazão de 30 m³/dia foi utilizada para o estudo das perdas de calor com adição de solvente.

As Figuras 3 e 4 mostram as perdas de calor no reservatório para 4 e 5 anos após a injeção, períodos em que a perda foi mais evidente.

A legenda corresponde aos valores de entalpia, em Btu/lbmol. Foram adicionados 5% e 10% por cento de solvente sobre a vazão inicial de vapor.

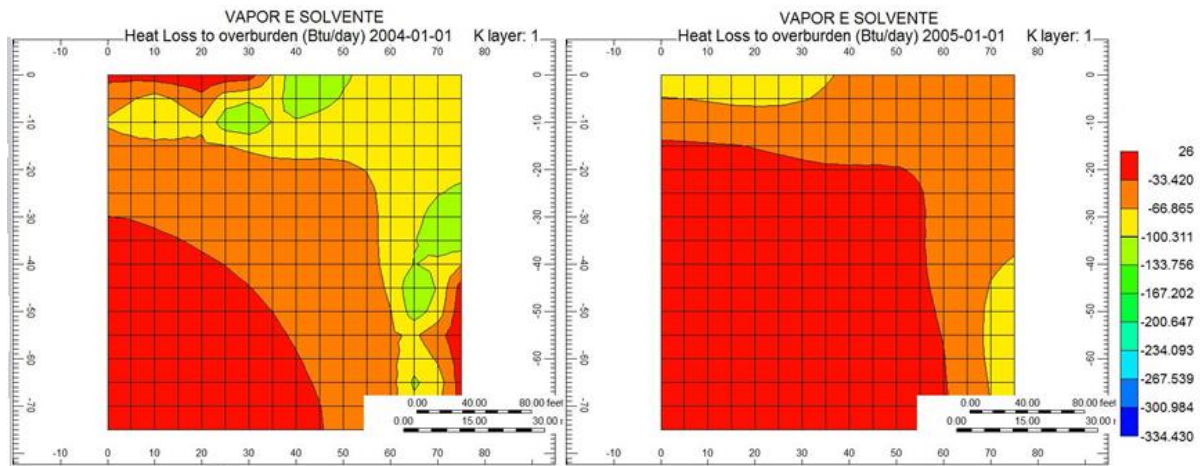


Figura 3: Perdas de calor para injeção de 30m³/dia e 5% de solvente C5

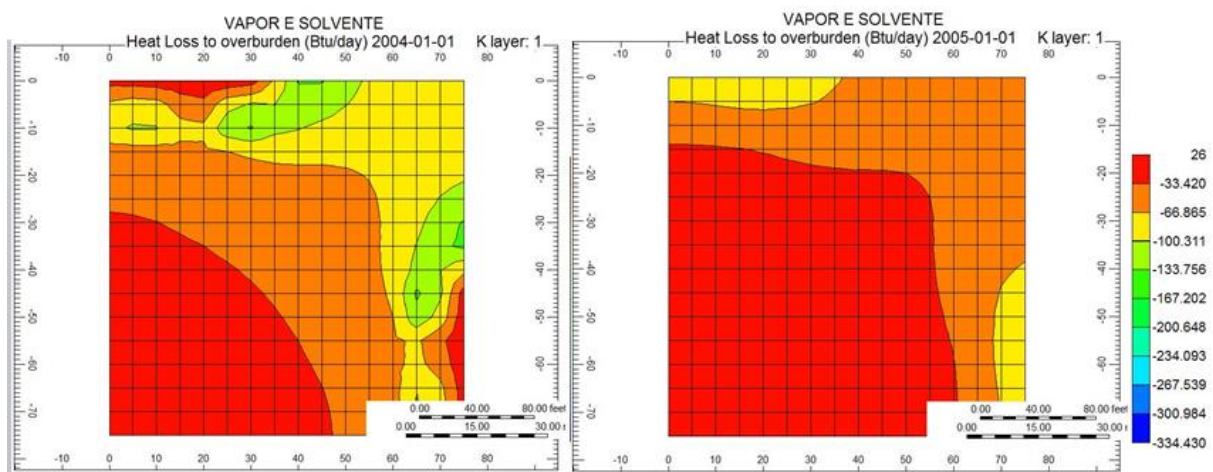


Figura 4: Perdas de calor para injeção de 30m³/dia e 10% de solvente C5

As imagens apresentam características bastante próximas, indicando pouca variação nas perdas de calor para as camadas do reservatório.

Com o passar do tempo, podemos considerar que o reservatório, após um período considerável de injeção, está bastante aquecido e a frente de calor, a partir de agora, se propaga através das camadas mais superficiais.

De fato, a partir do *breakthrough* do vapor, ele passa a seguir pelo caminho preferencial (topo do reservatório), fazendo com que as áreas inferiores não sejam contempladas com o aquecimento, conforme ilustra a Figura 5.

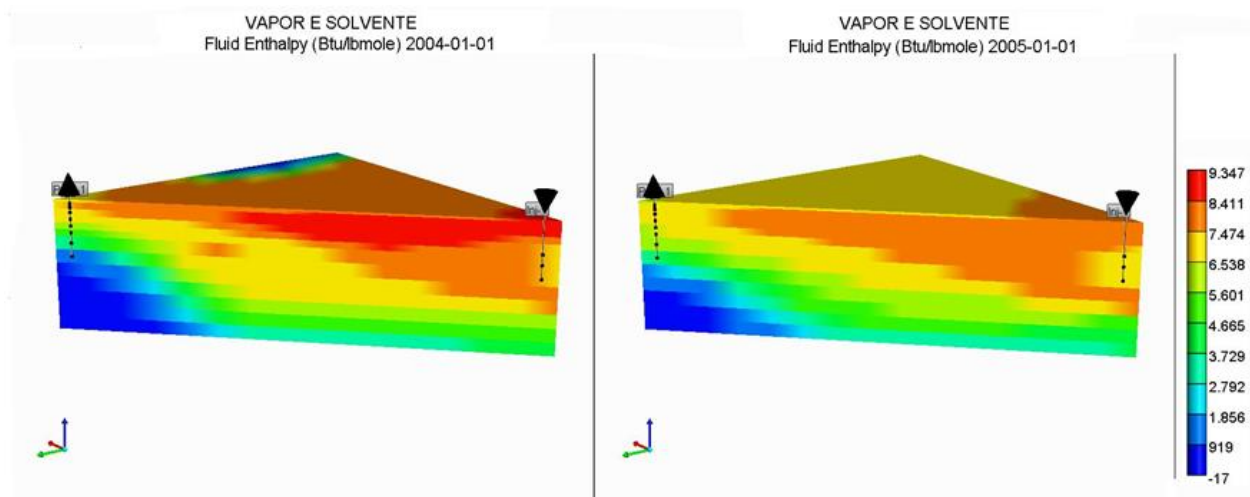


Figura 5: Frente de calor para 5% de solvente para 4 e 5 anos após injeção, respectivamente.

A Figuras 5 mostrou a frente de calor para o primeiro ano de injeção e após 4 anos, onde podemos observar que o calor se propaga ao longo do reservatório, inclusive nas áreas inferiores. O comportamento é o mesmo, seja para 5% ou 10%, sendo assim, somente a primeira porcentagem ilustrada.

Conclusões

O aumento na vazão de injeção de vapor promove um incremento nas perdas de calor para as camadas do reservatório.

A partir do *breakthrough* do vapor, a frente de calor passa a seguir pelo caminho preferencial (topo do reservatório), fazendo com que as áreas inferiores não sejam contempladas com o aquecimento.

A quantidade de calor perdida para as camadas é praticamente mesma para as duas combinações de mistura solvente mais vapor.

O aumento na vazão de solvente não proporciona mais perdas, pois a quantidade de calor depende da entalpia da mistura, a qual é praticamente a mesma para os dois modelos.

Agradecimentos

A Universidade Potiguar, pelo suporte para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

QUEIROZ, G. O. *Otimização da injeção cíclica de vapor em reservatórios de óleo pesado*. 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S.; XAVIER, J. A. D. *Engenharia de reservatórios de petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

THOMAS, J. E. et al. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.