

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

OTIMIZAÇÃO DE PRODUÇÃO E COLETA DE HIDROCARBONETOS A PARTIR DE COLETA EM MANIFOLDS

AUTORES:

Joyce Kelly França Tenório; Jennifer Mikaella Ferreira Melo; João Paulo Lima Santos

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Alagoas

OTIMIZAÇÃO DE PRODUÇÃO E COLETA DE HIDROCARBONETOS A PARTIR DE COLETA EM MANIFOLDS

Abstract

The oil industry has been developing a lot in recent years, especially in Brazil, where recent discoveries of oil deposits have occurred in deep and ultra-deep waters. Manifolds are one of the main pieces of equipment in a subsea system, as they play an essential role in the collection system for the production and distribution of fluids. The use of this equipment has the main advantage of reducing the total length of the lines used, as well as reducing the number of risers connected to the production unit in offshore scenarios. Thus, the objective of the present work is to analyze the arrangement of a production system using manifolds in the collection of hydrocarbons, and from that, to determine the maximum production flow that corresponds to the lowest economic cost. To define an optimization strategy, a production system was considered for collecting hydrocarbons from two pairs of wells and two sets of manifolds, which has the option of routing flow to two processing trains. Thus, a numerical problem solving tool was used to solve the problem in question of the optimization involved, to determine the optimal location of the manifolds and minimize operating costs. From the optimization of the problems analyzed and the values found, it was possible to determine the production of each well in question, estimate the fluid flow for each manifold and the minimum production cost for the maximum flow, and analyze whether the restrictions imposed were achieved. Thus, it was verified that Well 1 sends to manifold A flow of 7062072m³/day, while Well 2 sends to this same manifold a value of 8937927m³/day. Furthermore, in an analogous analysis, Well 3 and Well 4 reached their maximum production capacity, 5000000m³/day and 7000000m³/day, respectively. Based on what was analyzed, it was highlighted the importance of the study of manifolds and their applications, since they are largely responsible for the optimization of field production collection. In addition, it was also possible to verify the prominence that the analysis of the system arrangements has in the analysis of the project, since these are fundamental in the economic analysis of the same.

Introdução

A indústria petrolífera vem se desenvolvendo muito nos últimos anos, principalmente no Brasil, cujas recentes descobertas de jazidas de petróleo têm ocorrido em águas profundas e ultra-profundas. Assim, o interesse no que diz respeito ao desenvolvimento da produção destes campos de petróleo têm se tornado cada vez mais frequente, abrindo espaço para diversas pesquisas no âmbito de produção de sistemas submarinos.

Os *manifolds* correspondem a um dos principais equipamentos de um sistema submarino, uma vez que desempenham funções essenciais no sistema de coleta da produção e distribuição de fluidos (SANTOS, 2015). As principais funções dos *manifolds* são acomodar em uma única linha a produção de vários poços e distribuir fluidos provenientes da Unidade Estacionária de Produção (UEP) para poços de injeção ou para aplicação de métodos de elevação artificial, reduzindo o comprimento das tubulações utilizadas (SANTANA, 2012).

Estes equipamentos são compostos por conjuntos de válvulas de controle e bloqueio de fluxo associadas à tubulações e sistemas de monitoramento, controle e interconexão com a unidade de produção. As tubulações podem ser destinadas desde coleta, injeção e testes até exportação de fluidos

oriundos da produção, havendo possibilidade de um mesmo *manifold* ser destinado à produção e injeção (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com Oliveira (2003), a utilização de *manifolds* apresenta como principal vantagem a diminuição do comprimento total de linhas utilizadas, assim como a redução do número de *risers* conectados a unidade de produção em cenários *offshore*. O emprego do *manifolds* em sistemas de coleta da produção deve ser precedido de um estudo de viabilidade técnica e econômica para melhor definição dos seus pontos negativos e positivos (SANTOS, 2015).

Os principais parâmetros analisados para determinar a utilização ou não dos *manifolds* são área do reservatório, profundidade do fundo oceânico, tipo e número de poços. Já para a determinação do *manifold*, são levados em conta principalmente o número de poços, a vazão diária de cada poço e o arranjo de poços empregado, os quais podem ser do tipo satélite ou agrupados (FRANCO *et al.*, 2003).

Franco *et al.* (2003) relata que a aplicação de *manifolds* será viabilizada para casos em que a vazão por poço não for muito elevada, pois os mesmos possuem limitação quanto a capacidade de coleta, assim como não é ideal que haja pouco número de poços ou sejam agrupados, já que o objetivo é reduzir o comprimento de conexões e, conseqüentemente, os custos associados.

Desse modo, o presente trabalho possui como objetivo analisar o arranjo de um sistema de produção utilizando *manifolds* na coleta de hidrocarbonetos, e a partir disso, determinar o fluxo máximo da produção que corresponde ao menor custo econômico.

Fundamentação Teórica

Nesse contexto, Santos *et al.* (2015) analisou a influência da implantação de *manifolds* em sistema de coleta *offshore*, destacando suas vantagens e desvantagens associadas. Os impactos causados pela adoção de *manifolds* em sistemas submarinos de produção influenciam diretamente na disponibilidade operacional do sistema, como também no quesito vazão de produção e perda de calor. Estudos realizados comprovaram que a conservação de calor é maior em um sistema com *manifolds*, o que contribui para a diminuição de riscos de formação de hidratos, parafinas e incrustações.

Além disso, sabe-se da importante função dos *manifolds* quando se trata da vazão de produção de poços, uma vez que estes coletam a produção de diversos poços, os quais podem apresentar diferentes características. A vazão de produção não é linearmente proporcional ao diâmetro. Assim, ao utilizar *manifolds* no sistema de coleta, pode-se então substituir os dutos de diâmetros menores que interligam os poços ao *manifold* por apenas um único duto de diâmetro maior interligando o *manifold* a plataforma (SANTOS, *et al.*, 2015).

De maneira semelhante, Castiñeira (2014) estudou a otimização do posicionamento de *manifolds* submarinos através de algoritmos genéticos, destacando que o posicionamento do *manifold* submarino em um determinado local poderá favorecer a produção de alguns poços em detrimentos de outros. Assim, utilizou-se deste método para viabilizar uma alternativa ótima que possibilitasse a maximização da vazão de produção do campo.

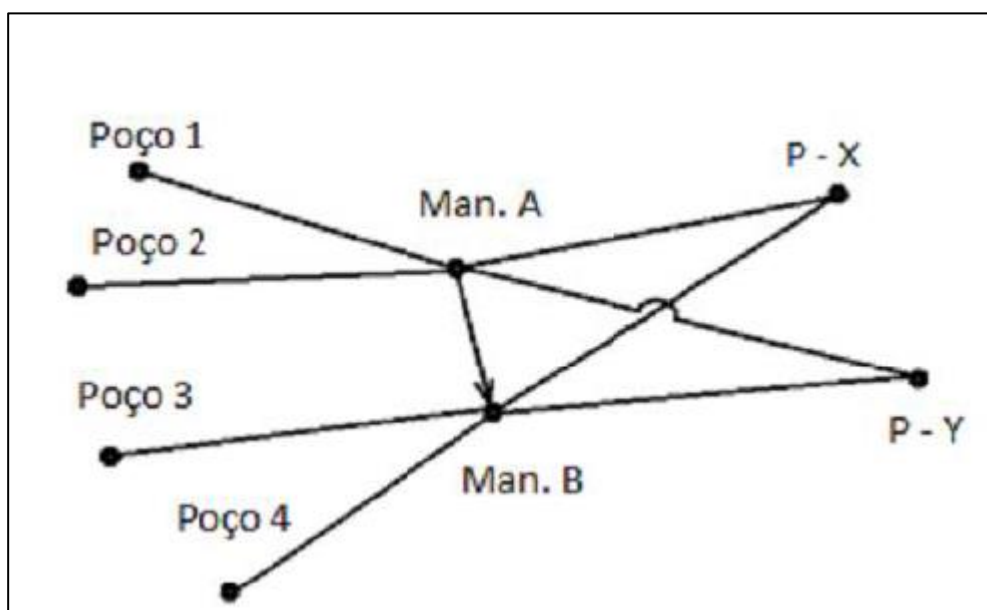
Dessa forma, Castiñeira (2014) percebeu que em casos onde o índice de produtividade dos poços era alto, a proximidade do *manifold* submarino favorecia a produção global do campo. Entretanto, possui uma limitação para não inviabilizar a produção de poços de menor índice de produtividade, destacando-se a importância do processo de otimização para determinar o ponto ótimo.

Monteiro e Chaves (2015) desenvolveram um estudo para definir uma metodologia que fosse capaz de encontrar a localização ótima de *manifolds* submarinos e então maximizar a produção e minimizar a distância total de linhas. O Valor Presente Líquido (VPL) juntamente com a produção se mostraram-se como parâmetros bastante importantes para avaliar os cenários que apresentavam melhor custo-benefício, em que cada cenário possuía um arranjo submarino diferente.

Metodologia

Para definição da estratégia de otimização proposta do presente trabalho, considera-se um sistema de produção de coleta de hidrocarbonetos a partir de dois pares de poços e dois conjuntos de *manifolds* que tem a opção de encaminhar fluxo para dois trens de processamento P-X e P-Y, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Arranjo de Poços e Manifolds



Assim, considerando um fluxo unidirecional contínuo, e supondo que é possível, controlar as vazões no sistema cujas capacidades e restrições são apresentadas na Tabela 1, utilizou-se uma ferramenta numérica de solução do problema de otimização envolvido (localização ótima do *manifolds* para minimização de custos operacionais). Para tanto, considera-se que o fluxo máximo no sistema ocorre a partir do arranjo de fluxos parciais, de forma a minimizar os custos.

Tabela 1 – Dados utilizados

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA				
ORIGEM	DESTINO	NOTAÇÃO	CAPACIDADE [1000m³/dia]	CUSTO OPERACIONAL [R\$/dia]
Poço1	man -A	P1A	8000	13
Poço2	man -A	P2A	9000	15
Poço3	man -B	P3B	5000	16
Poço4	man -B	P4B	7000	11
Man -A	P-X	APX	16000	33
Man -A	P-Y	APY	16000	37
Man -A	man -B	AB	2000	10
Man -B	P-X	BPX	14000	35
Man -B	P-Y	BPY	14000	39
Capacidade de processamento P-X			11000	-
Capacidade de processamento P-Y			16000	-

Com base na técnica de otimização baseada em programação linear, o intuito inicial deste trabalho (item a) foi o de maximizar a função objetivo da equação:

$$F01 = 8000P1A + 9000P2A + 5000P3B + 7000P4B \quad (1)$$

a qual representa o fluxo total da produção, considerando as seguintes restrições para o problema

$$\begin{cases} 16APX + 14BPX \leq 11 \\ 16APY + 2AB + 14BPY \leq 16 \\ 8P1A + 9P2A \leq 16 \\ 5P3B + 7P4B + 2AB \leq 14 \end{cases} \begin{cases} 16APX + 14BPX \leq 11 \\ 16APY + 2AB + 14BPY \leq 16 \\ 8P1A + 9P2A \leq 16 \\ 5P3B + 7P4B + 2AB \leq 14 \end{cases} \quad (2)$$

A partir disso, foi possível encontrar o fluxo máximo conforme solicitado. Já na etapa seguinte (item b), a função objetivo, que corresponde ao custo total, a ser otimizada pelo solver é apresentada na equação 3:

$$F02 = 13P1A + 15P2A + 16P3B + 11P4B + 33APX + 37APY + 10AB + 35BPX + 39BPY \quad (3)$$

Para a minimização da equação 3 foram estabelecidas as seguintes restrições:

$$\left\{ \begin{array}{l} 16APX + 14BPX - 2AB = 11 \\ 16APY + 2AB + 14BPY = 16 \\ 8P1A + 9P2A - 2AB = 16 \\ 5P3B + 7P4B + 2AB = 14 \\ APX + APY \leq 1 \\ BPX + BPY \leq 1 \\ P1A, P2A, P3B, P4B, AB, APX, APY, BPX, BPY \leq 1 \\ P1A, P2A, P3B, P4B, AB, APX, APY, BPX, BPY \geq 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

Após utilização do solver foi possível encontrar o menor custo associado ao fluxo máximo para o cenário de estudo.

Resultados e Discussões

Com a utilização de uma ferramenta de solução de problema de otimização baseada em programação linear (Solver MS Excel), foi possível encontrar os valores apresentados na Tabela 2, os quais foram aplicados na Equação 1 para que esta fosse maximizada. De forma simultânea, obteve-se então um valor de 28.000.000 m³/dia para o fluxo total de produção. A partir da tabela é possível determinar a produção de cada poço em questão, estimar o fluxo de fluidos para cada *manifold* e analisar se as restrições impostas foram atingidas.

Tabela 2 - Valores encontrados após a utilização do Solver para o primeiro problema

VARIÁVEIS OBJETIVO	
P1A	0,882759
P2A	0,993103
P3B	1
P4B	1
APX	0
APY	0
AB	0
BPX	0
BPY	0

Com a otimização do problema, verifica-se que o poço 1 envia ao *manifold* A um fluxo de 7.062.072 m³/dia, enquanto o poço 2 envia a este mesmo *manifold* um valor de 8.937.927 m³/dia, totalizando 15.999.999 m³/dia. Nota-se que a produção de cada poço está pouco abaixo da sua capacidade total, 8.000.000 m³/dia e 9.000.000 m³/dia, respectivamente, e que a capacidade de fluxo do *manifold* A não foi excedida, sendo esta de 16.000.000.000 m³/dia.

Em uma análise análoga, o poço 3 e o poço 4 atingiram sua capacidade máxima de produção, 5.000.000 m³/dia e 7.000.000 m³/dia, respectivamente, resultando num fluxo de 12.000.000 m³/dia para o *manifold* B, o que não ultrapassou a capacidade deste de 14.000.000 m³/dia. Na resolução desse problema em questão, não houve fluxo entre os *manifolds*.

De maneira semelhante, tentou-se encontrar os fluxos parciais para o fluxo máximo de menor custo, também utilizando as técnicas de otimização, o que resultou nos valores encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores encontrados após a utilização do Solver para o segundo problema

VARIÁVEIS OBJETIVO	
P1A	1
P2A	0,888889
P3B	1
P4B	1
APX	0,125
APY	0,875
AB	1
BPX	0,785714
BPY	0
CPX	11000
CPY	16000

Simultaneamente, encontrou-se o valor minimizado do custo de produção referente ao fluxo máximo, que foi de 127,333 reais por dia. Para este caso, além da produção dos poços e fluxo nos *manifolds*, foi analisado também o encaminhamento para os trens de processamento.

Na otimização desse problema, os poços 1, 3, e 4 atingiram sua capacidade máxima de produção, enquanto o poço 2 ficou um pouco abaixo desta, produzindo 8.000.001 m³/dia. Os *manifolds* também operaram em sua capacidade máxima de fluxo, havendo, neste caso, transferência de 2.000.000 m³/dia do *manifold* A para o *manifold* B.

Em relação aos trens de processamento, todo o fluxo do *manifold* B foi enviando para a unidade P-X, enquanto a unidade P-Y recebeu apenas o fluxo do *manifold* A.

Conclusões

Com base no que foi apresentado, pode-se ressaltar a importância do estudo de *manifolds* e suas aplicações, uma vez que estes são grandes responsáveis pela otimização da coleta da produção de campos. Verifica-se também o destaque que a análise dos arranjos de sistemas possui na análise do projeto, visto que estas são fundamentais na análise econômica do mesmo.

Também se destaca a importância de ferramentas computacionais no desenvolvimento de projetos para que sua análise possa ser mais fiel e rigorosa para os casos em questão. Sua utilização é indispensável para um estudo mais detalhado e otimizado, uma vez que esse tipo de ferramenta agiliza todo o procedimento. Dessa maneira, percebeu-se que, ao otimizar o fluxo de fluidos para o caso analisado, o poço 2 envia ao manifold um valor maior de m³/dia do que o poço 1, superando este valor em 1.875.855 m³/dia, onde juntos totalizaram 15.999.999 m³/dia. Para os poços 3 e 4, observou-se uma diferença de produção de cerca de 2.000.000 m³/dia e totalizando 12.000.000 m³/dia.

Além disso, foi também possível perceber que várias técnicas de otimização estão sendo desenvolvidas para realizar o arranjo de *manifolds* de forma a otimizar a produção. Conforme o que foi apresentado, pode-se dizer que a utilização do Solver do Excel é uma das resoluções mais básicas para esse tipo de problema, o qual pode ser explorado de diversas outras formas, utilizando linguagens de programação mais avançadas, de maneira a facilitar para o usuário ao inserir o problema. Verifica-se também o destaque que a análise dos arranjos de sistemas possui na análise do projeto, visto que estas são fundamentais na análise econômica do mesmo.

Assim, sugere-se para futuros trabalhos que as técnicas de otimização de produção com a utilização de *manifolds* sejam implementadas em programas que possuem uma linguagem de programação mais robusta, que possa facilitar a utilização do programa pelo usuário.

Referências

- CASTIÑEIRA, P. P. **Otimização do Posicionamento de Manifolds Submarinos através de Algoritmos Genéticos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.
- FRANCO, K. P. M.; MOROOKA, C. K.; MENDES, J. R. P.; GUILHERME, I. R.. **Desenvolvimento de um sistema inteligente para auxiliar a escolha de sistema para produção no mar**. UNICAMP, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- MONTEIRO, D. O.; CHAVES, G. S. **Análise da Localização de Manifolds em Sistemas de Produção Segundo Dois Critérios: Índice de Produtividade e Proximidade**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.
- OLIVEIRA, M. F. D.; GOMES, M. S. P.; CAETANO FILHO, E.. **Análise da aplicação de um sistema de bombeamento multifásico submarino na produção de petróleo**. PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2003.
- SANTANA, R. G.. **Otimização da produção em campo de petróleo pelo estudo do problema de localização de poços e unidades de produção**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro.
- SANTOS, et. al. **Avaliação dos Impactos Técnicos da Aplicação de Manifolds em Sistemas de Coleta Offshore**. I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Campina Grande - PB, 2015.