

8

Conclusões e recomendações

8.1

Análise de sensibilidade

Das análises realizadas neste trabalho pode-se concluir que para altas pressões de entrada, ou seja, um sistema perto da cabeça de poço, ou em águas profundas, o bombeamento multifásico torna-se mais vantajoso energeticamente que o de separação. Porém para sistemas de baixa pressão de entrada, ou seja, longe da cabeça de poço, ou em águas mais rasas, o separador torna-se energeticamente mais eficiente devido à maior presença de gás.

Em relação aos parâmetros verificados, pode-se concluir que:

- Ao aumentar o valor da RGL, aumenta-se a energia específica na bomba multifásica e não se altera o potencial do separador, visto que o gás livre neste caso escoar em linha independente. Isso significa que para altos valores de RGL o separador torna-se uma opção energeticamente mais eficiente.
- Ao se operar com óleos mais leves tanto a energia específica da bomba multifásica quanto do separador aumentam. Isso porque, para óleos mais leves, aumenta-se o volume de óleo transportado. Ou seja, apesar do óleo mais leve permitir uma maior produção, o potencial (energia) necessário é elevado. Ou seja, ambos os sistemas aparentam mais eficientes com óleos mais pesados, apesar de produzirem um volume menor. Porém, este resultado pode levar a conclusões precipitadas. A solução para produzir com maior eficiência o óleo mais leve seria o rearranjo do sistema, diminuindo o diâmetro da linha de produção e diminuindo assim a vazão de óleo produzido. Neste trabalho o comparativo ocorre considerando um diâmetro fixo.
- Ao aumentar a fração de água no sistema (*watercut*), percebe-se que a energia específica diminui. Isso ocorre porque o volume de líquido produzido é menor, devido ao aumento da densidade da fase líquida. Porém este potencial está sendo utilizado para transportar uma maior

quantidade de água, o que não é vantajoso. Isso ocorre em campos maduros, com bastante tempo de produção. A solução neste caso seria a utilização de um sistema de separação de água e óleo e re-injeção da água no reservatório.

- Gases mais pesados aumentam a perda de carga do bombeamento multifásico, diminuindo a vazão produzida, tornando a energia específica menor. No separador o efeito é inverso, o gás mais pesado ocupa um volume menor, o que aumenta a produção do óleo ao separá-lo, aumentando a energia específica.
- Para a produção *subsea to shore* o grande limitante hoje é a potência disponível para o sistema. Esta potência só poderá ser aumentada atuando-se sobre o sistema de transmissão de energia. Neste caso, será possível obter um maior diferencial de pressão e assim aumentar o comprimento atingido pelo escoamento do fluido.

É importante ressaltar que uma análise econômica também deve ser levada em consideração (não somente os parâmetros estudados aqui irão definir o melhor sistema a ser utilizado). A separação submarina irá sempre precisar de uma segunda linha para escoar o gás, elevando o custo de instalação. Para um campo que se tenha pouco conhecimento do reservatório, um sistema de bombeamento multifásico talvez seja uma opção melhor. Um campo que no início da vida tem uma alta pressão e permite a utilização de uma bomba multifásica, talvez ao longo da vida, ao sofrer perda de pressão, sua utilização não seja mais possível. A utilização do separador junto com a bomba multifásica também pode ser uma opção em casos como o citado.

Estas análises visam nortear as melhores opções, porém, somente uma análise econômica poderá definir o melhor sistema a ser adotado.

8.2

Conclusão final

Segundo CAETANO (2010) o processamento submarino proporciona os seguintes benefícios ao processamento submarino:

- Redução da quantidade e da complexidade de equipamentos de separação na plataforma;

- Baixo risco ambiental e de segurança com a diminuição da queima de gás em alta pressão na plataforma;
- Torna possível a produção onde não é permitida a queima de gás;
- Otimiza o escoamento em linhas de produção ao permitir a produção em uma mesma linha de fluidos de diferentes poços, com diferentes características.

CAETANO (2005), afirma que a tecnologia de bombeamento multifásico já possui 30 anos de desenvolvimento e responde por mais de 500 instalações, incluindo as *on shore*, *decks* de plataforma e águas profundas. Esta tecnologia permite um alto grau de liberdade e permitirá não somente a produção *subsea to shore* como também permitirá uma produção mais eficaz de campos menos atraentes.

Já o sistema de separação submarina tem a vantagem fazer uso de uma tecnologia mais conhecida e já comprovada. Porém se faz necessário o uso de uma segunda linha para o escoamento do gás e o escoamento deste fica dependente de sua própria energia oriunda do poço.

Um comparativo entre os dois sistemas leva a concluir que o separador submarino é preterido em relação à bomba multifásica quando se tem um escoamento predominantemente de gás.

O separador é melhor aproveitado em águas rasas e profundas, enquanto a bomba multifásica é melhor utilizada em águas profundas e ultra profundas, onde a pressão é maior e tem-se um óleo mais pesado com menor presença de gás.

Por se tratar de um sistema de maior flexibilidade (permite produção totalmente líquida até 95% de gás) a bomba multifásica possui maior robustez, e é, portanto um sistema de maior custo.

O sistema de bombeamento multifásico torna-se muito atraente quando em reservatórios onde não se tem uma previsão muito confiável de sua produção.

O separador tem a vantagem de dificultar a formação de hidratos ao separar a linha de gás do líquido.

Segundo EUPHEMIO (2009) comparando o sistema multifásico e separação, considerando a utilização de um compressor para aumentar a energia da linha de gás, o multifásico irá surgir primeiro como solução devido ao estágio da tecnologia atual sobre bombas multifásicas comparado à compressão de gás. O primeiro compressor a gás submarino está previsto para 2016.

Portanto a solução com separador somente seria viável com um sistema que não precisasse de energia extra para transportar o gás separado.

O sistema de separação atuando em conjunto com uma bomba multifásica torna-se também uma opção muito atraente ao impedir que a produção de um poço seja interrompida ao se ter a pressão do poço reduzida a uma pressão menor que a pressão do separador. A instalação da bomba multifásica submarina pode aumentar a pressão do fluido adicionando energia cinética diretamente no fluido permitindo a continuação da produção.

Hoje, a produção *subsea to shore* com o uso de um sistema de bombeamento artificial ainda está longe de ser uma realidade. O bombeamento multifásico está sendo utilizado em campos considerados maduros. Porém, o futuro indica uma produção envolvendo longas distâncias, levando o escoamento direto do campo para a terra. Hoje alguns campos de gás já produzem diretamente para a terra, como os campos de Ormen Lang e Snohvit. Porém nestes casos a própria pressão do reservatório é suficiente para a sua produção. No futuro, ao somar um compressor submerso ao sistema separador + bomba, ter-se-á mais uma opção para o processamento submarino, solucionando algumas das limitações do sistema de separação.

Um dos limitantes para a produção multifásica é a potência elétrica. O limite técnico de transmissão de corrente limita a distância de transmissão de energia para um conjunto de bombeamento submarino. O desenvolvimento de motores elétricos de potências maiores possibilitaria a transmissão de energia a distâncias maiores. Para o projeto de Ormen Lange, por exemplo, projeta-se um compressor submarino com potência elétrica de 15MW. Este compressor está sendo projetado para entrar em operação em 2016. Dentre os avanços que permitirão o uso desta tecnologia estão:

- Válvulas submarinas de acionamento elétrico: o uso de válvulas elétricas em conjunto com cabos de fibra ótica para controle permitirá um avanço na produção submarina. A fibra ótica também pode ser utilizada como sensor para medição de temperatura ao longo da linha de produção.
- Transmissão de corrente elétrica de alta voltagem em corrente contínua (HVDC). Utilização de boias de geração de energia com transformadores locais ou energia eólica *offshore* (Caetano, 2005).

Outro limitante é o baixo diferencial de pressão frente às bombas BCS monofásicas. Este limite se deve hoje a necessidade de se manter a rigidez dos

conjuntos de árvores, eixo e parafusos e de um filme líquido para evitar a presença completa de gás, o que geraria um superaquecimento da bomba.

A presença de água também aparece como um limitante para a produção submarina em longas distâncias. A solução encontrada para minimizar este problema é a re-injeção de água. A re-injeção, além de reduzir o nível de produção de água, mantém a pressão do reservatório em níveis elevados. Um exemplo deste processo (*SRWI-subsea raw water injection*) está no campo de Albacora da Petrobras na bacia de Campos. Este sistema será instalado e permitirá uma injeção de 22.000m³/d de água.

A tecnologia de bombeamento multifásico permitirá no futuro a construção do sistema de produção *subsea to shore*, ou seja, sem a necessidade de plataformas. Porém este é apenas um ponto da grande complexidade deste tema. Outros pontos como a garantia de escoamento e a re-injeção de água, já comentados neste trabalho, além da proteção contra corrosão, injeção de produtos químicos, tratamento de emulsões, produção de água e *slugs*, também deverão ser considerados.

8.3

Recomendações

Recomenda-se para projetos futuros a inclusão de novas correlações no modelo simplificado e a integração do modelo de escoamento na linha de produção junto com o modelo de escoamento do reservatório. Assim ter-se-ia um modelo mais realístico e representativo. Ao integrar estes dois modelos, as condições de entrada do escoamento da linha de produção seriam baseadas em dados mais precisos de reservatórios.

Recomenda-se também a inclusão de uma análise econômica complementando a análise energética.