

2

Projeto submarino

O presente capítulo tem por objetivo apresentar uma breve descrição da atividade de exploração e produção de petróleo, com foco na instalação de dutos submarinos.

2.1.

O petróleo

Petróleo, produto originado da decomposição de matéria orgânica armazenada em sedimentos, formado por hidrocarbonetos, é a matriz energética da economia moderna. A existência de reservas e a produção do petróleo são questões não só de crescimento econômico, mas uma forma de garantir destaque no posicionamento global (Thomas, 2001).

Rennó (2011) afirma que o petróleo é o responsável pelo crescimento e desenvolvimento do capitalismo e pela criação e florescimento das primeiras e maiores empresas multinacionais. Pode-se considerá-lo o melhor produto entre as grandes indústrias que se firmaram a partir da metade do século XIX e é uma das maiores atividades industriais e comerciais do mundo. Reforça que nenhuma outra atividade define tão bem o risco e a recompensa, com grande impacto nas oportunidades e no destino.

As reservas de petróleo geralmente estão localizadas em reservatórios subterrâneos, formados por rochas porosas e permeáveis, sujeitas a altíssimas pressões. Estes reservatórios podem estar em terra ou no mar, diferenciando-se apenas na tecnologia para sua produção (Thomas, 2001).

De acordo com Milani et al. (2000), a busca pelas reservas petrolíferas situadas em águas profundas e ultraprofundas no Brasil tem crescido rapidamente desde 1985. Aumentos de preços do petróleo no mercado internacional, decréscimo das reservas e produções dos países industrializados e a instabilidade política das principais regiões exportadoras de petróleo são responsáveis por este crescimento acelerado, trazendo

ainda um desenvolvimento sem paralelo na indústria petrolífera. Em 2011, cerca de 91% (fonte: ANP) da produção de petróleo teve origem no segmento *offshore*.

A Bacia de Campos, localizada na região sudeste do Brasil, foi o laboratório mundial do desenvolvimento tecnológico que permitiu a entrada em produção de campos situados em lâminas d'água desde 400 m (Campo de Marimbá) até 1900 m (Campo de Roncador) (Milani et al. 2000).

A indústria do petróleo está dividida em dois grandes segmentos: *upstream* – atividades de exploração e produção do petróleo e *downstream* - atividades de refino do petróleo, tratamento do gás natural, transporte e comercialização e distribuição de derivados.

A atividade de Exploração e Produção da indústria de petróleo abrange as fases de exploração de reservatórios, projeto de desenvolvimento da produção e produção do óleo e gás.

Milani et al. (2000) lembram que a exploração e a produção de petróleo são atividades que requerem extremo cuidado em relação à preservação ambiental. Os derrames devem ser evitados ao máximo e, quando ocorrem, suas origens e responsabilidades devem ser apuradas como medida de prevenção futura.

2.1.1. Exploração

De acordo com Thomas (2001), a fase de exploração, também chamada de prospecção, é longa e envolve custos elevados. Consiste na análise de dados geológicos e geofísicos das bacias sedimentares, que podem ser obtidos através de métodos geológicos, métodos potenciais e métodos sísmicos, estes últimos, os mais importantes, registram a medida do tempo que as ondas sonoras levam para percorrer uma formação rochosa. A partir destas informações, decide-se então pela perfuração de poços pioneiros, permitindo a realização de outras avaliações a partir dos resultados obtidos.

Segundo Russo et al. (2004), a decisão de perfurar um poço deve ser tomada baseada em estudos que forneçam um conhecimento detalhado das condições geológicas da área, já que a perfuração de poços de petróleo pode consumir até 85% do custo total da exploração.

Os dois principais objetivos desta fase são: identificar e localizar possíveis áreas de acumulação de petróleo e avaliar o volume de petróleo existente (Thomas, 2001).

2.1.2. Perfuração

A perfuração de um poço consiste no conjunto de operações e atividades necessárias para atravessar as formações geológicas que formam a porção superficial da crosta terrestre. É realizada com a utilização de uma sonda de perfuração, equipamento constituído por uma coluna de perfuração que tem uma broca na sua extremidade. Através de rotação e carga aplicada à broca, os fragmentos da rocha são removidos e levados à superfície através de fluido de perfuração ou lama. Ao se atingir determinadas profundidades, definidas previamente no projeto do poço, a coluna de perfuração é retirada e é descida uma coluna de revestimento. É então feito o isolamento das rochas, através da cimentação entre o anular dos tubos de revestimento e as paredes do poço. Após esta cimentação, reinicia-se o processo de perfuração, com o objetivo de atingir objetivos mais profundos, utilizando brocas e colunas de perfuração com componentes de diâmetro inferior. Durante a perfuração do poço são feitas análises do fluido de perfuração e dos fragmentos da rocha e após cada fase são feitas medidas da propriedade da formação, através de ferramentas e equipamento especiais. Estas análises são fundamentais para a caracterização e avaliação econômica do reservatório (Thomas, 2001).

2.1.3. Produção

Com base nos resultados da fase de exploração, é iniciada a fase de desenvolvimento da produção. Nesta fase é preparado o projeto de produção do campo, onde constam número e localização dos poços a serem perfurados e, para as operações offshore, quantidades e especificações das Unidades Estacionárias de Produção – UEP e o arranjo submarino de interligação dos poços às UEP. Também nesta fase ocorrem as perfurações dos poços que farão parte da produção do campo.

Após a interligação dos equipamentos submarinos e dutos à UEP inicia-se a fase de produção que consiste na elevação e extração do produto do poço. Na UEP, o petróleo passa por uma planta de produção onde é processado e preparado para ser movimentado (Thomas, 2001).

2.2. Sistema submarino

Para Lima (2007), tudo o que está entre o poço e a plataforma pode ser definido como sistema submarino. O autor apresenta uma relação de equipamentos que são instalados nas operações offshore, de forma a compor este sistema. Os principais equipamentos são:

- *ANM* – Árvore de Natal Molhada - Conjunto de válvulas com a finalidade de controlar a vazão de produção / injeção. É instalada na extremidade do poço na superfície do solo marinho.
- *Manifold* – Equipamento que permite a interligação de vários poços a uma plataforma. São muito utilizados para diminuir comprimento dos dutos de coleta e conseqüente redução dos custos de investimento. No caso de mau funcionamento do equipamento, há impacto na produção de todos os poços que estão conectados.
- *PLEM* – Pipe Line End Manifold - Manifold de pequeno porte, com número reduzido de válvulas e sensores, bastante utilizado para interligar dois ou mais dutos.
- *PLET* – Pipe Line End Termination – Equipamento que faz a interface entre os dutos de coleta e os dutos de transferência.

A conexão entre estes equipamentos e as UEPs, apresentado por Lima (2007), é feita através de dutos e umbilicais, descritos abaixo:

- *Dutos* – Têm a função de permitir o fluxo do petróleo entre as diversas instalações submarinas e as UEPs. Os dutos também podem ser utilizados na movimentação de petróleo (transferência ou transporte).
- *Umbilicais eletro-hidráulicos* - Linha flexível submarina composta de tubulações para acionamentos hidráulicos e de cabos para acionamentos elétricos. Suas principais funções são: permitir o controle hidráulico de equipamentos submersos, transmitir sinais elétricos e/ou óticos, para monitoramento dos mesmos e servir de meio de alimentação, seja de energia elétrica ou injeção química, oriundos da superfície e conduzir fluidos a serem injetados no poço e dutos, através da ANM ou na própria árvore.

2.2.1. Classificação dos dutos e umbilicais

De acordo com Lima (2007), os dutos podem ser classificados em:

Risers: Trecho dinâmico do duto. Fica suspensa entre a plataforma e o solo marinho. Sofre a ação de correntes marítimas e ondas, bem como dos movimentos da UEP.

- *Trecho Top-Riser*: trecho do *Riser* mais próximo à UEP. É a região submetida às maiores trações (peso do duto mais a contribuição dinâmica), com a menor pressão interna e menor pressão radial externa.
- *Trecho Bottom-Riser*: trecho do *Riser* mais próximo ao fundo. É a região mais submetida à pressão radial externa.

A Figura 1 apresenta as diferentes configurações em catenária para a instalação dos risers flexíveis. De acordo com Marques (2010), estas configurações possuem seções intermediárias com flutuadores, cujo empuxo alivia o peso suportado pelo sistema flutuante.

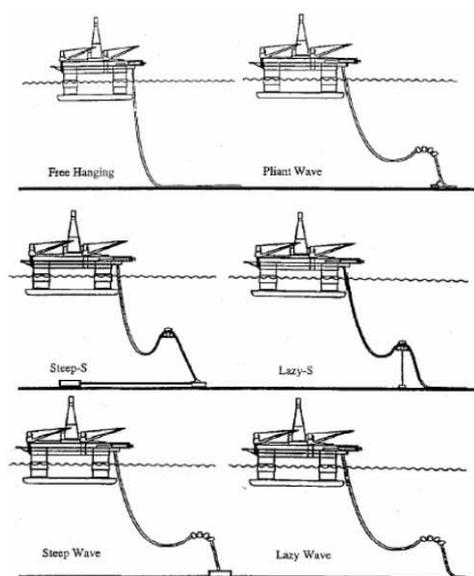


Figura 1 - Configuração de instalação de risers
Fonte: Marques (2010)

Flowline: Trecho estático do duto. É acomodado sobre o leito marinho. Não sofre solicitações cíclicas de forma significativa. É necessária uma camada extra de isolamento térmico. A maior tração que esta linha percebe é durante o seu lançamento. A resistência ao colapso tem de ser máxima.

Além disto, podem ser classificados em rígidos e flexíveis, conforme abaixo:

Rígidos: Feitos de aço, com espessa parede para suportar as cargas de tração, pressão interna e externa.

Flexíveis: Compostos por várias camadas, cada qual com uma função específica, apresentando maior facilidade de instalação e desinstalação com possibilidade de reaproveitamento.

Segundo Labanca (2005), os umbilicais são fundamentais para o controle dos poços submarinos, permitindo o acionamento das válvulas na ANM, aquisição de dados e avaliação da necessidade dos produtos químicos para a otimização do escoamento.

Lima (2007) descreve as principais funções dos umbilicais:

- Transmitir potência hidráulica para atuação de válvulas em equipamentos submarinos;
- Transmitir sinal elétrico para leitura de instrumentos submarinos;
- Conduzir fluidos a serem injetados no poço e dutos, através da ANM ou na própria árvore;
- Transmitir potência hidráulica a equipamentos submarinos;
- Transmitir sinal de comunicação (fibra ótica).

Pelas Figuras 2 e 3 é possível observar componentes e camadas de dutos e umbilicais.



Figura 2 - Estrutura interna do duto flexível
Fonte: Mbaye (2006)

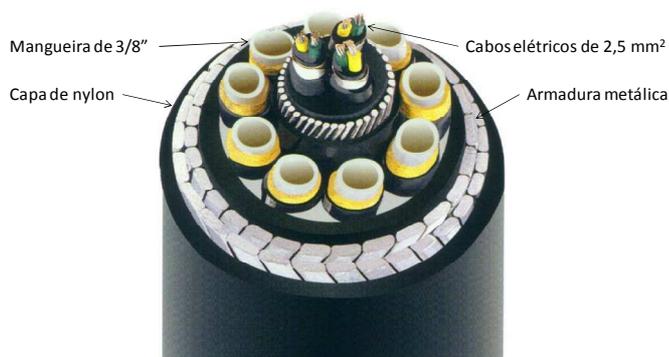


Figura 3 - Umbilical eletro-hidráulico
Com nove mangueiras, três pares de cabos elétricos de $2,5\text{mm}^2$ para aquisição de dados
Fonte: Labanca (2005)

2.3. Construção do arranjo submarino

Labanca (2005) define arranjo submarino como o meio que viabiliza o escoamento do fluido produzido até a UEP. Em função das características de cada campo, tais como: vazão, pressão, temperatura, composição do fluido, localização e vida útil, projetos dos equipamentos e da arquitetura do arranjo são exclusivos para cada aplicação. Um desenho esquemático, pode ser ilustrado através da Figura 4.

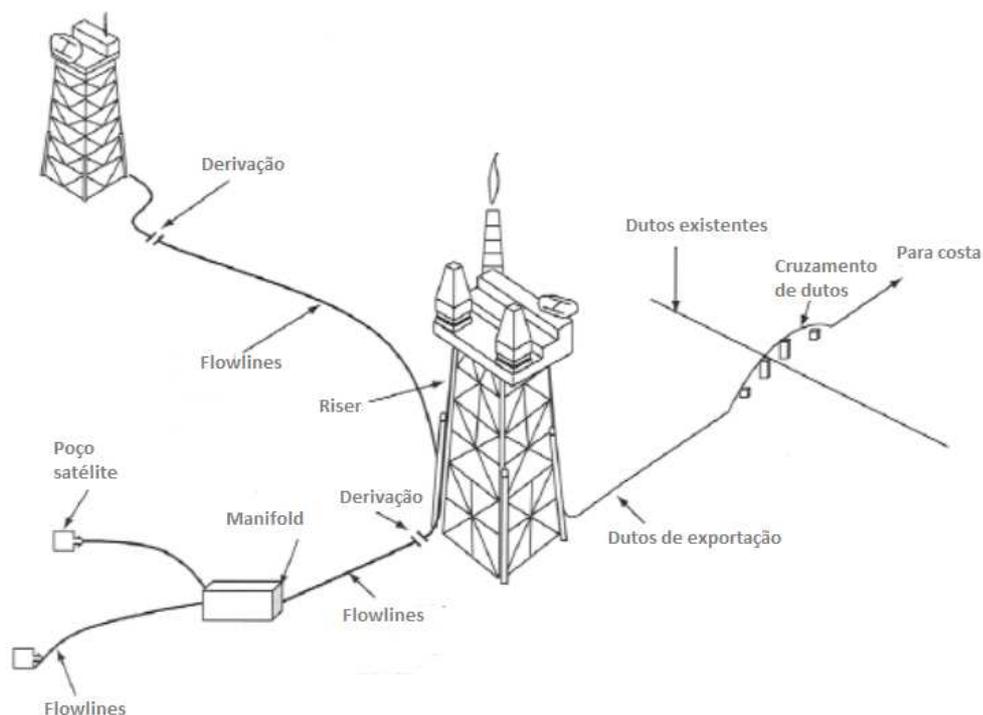


Figura 4 - Desenho esquemático de um arranjo submarino
Fonte: Guo et al, 2005

A construção do arranjo submarino tem início na fase de desenvolvimento da produção. De acordo com Souza (2008), o projeto de instalação de dutos é bastante complexo em função da quantidade de disciplinas e variáveis a serem analisadas, como cálculo estrutural, mecânica dos fluidos, corrosão, pressão do poço, temperatura do petróleo, entre outros.

Para Underwood (2008) a visão integrada do planejamento do desenvolvimento de um campo é fundamental para garantir uma interação entre a perfuração dos poços e a instalação do sistema submarino. A interface entre estas duas atividades é, normalmente, um desafio durante todas as fases de um projeto.

2.3.1. Instalação de dutos e umbilicais

Para que esta construção seja possível, a partir da aprovação do projeto, além das aquisições de todos os equipamentos que compõem o arranjo, é necessário também dispor de embarcações especiais que permitam o lançamento e conexões dos diversos equipamentos aos dutos e umbilicais em alto mar (Souza, 2008).

Todos os equipamentos são transportados a partir de bases portuárias até o local da instalação. A instalação ocorre em águas consideradas rasas, profundas ou ultraprofundas, sujeitas a condições meteorológicas e marinhas. Os equipamentos submarinos são instalados no fundo do mar através de embarcações dotadas de Remote Operated Veichles – ROV, robôs que auxiliam no posicionamento e integridade destes equipamentos.

A instalação de dutos e umbilicais é feita por embarcações do tipo Pipe Laying Support Vessel – PLSV, conforme Figura 5.

Estas embarcações transportam os dutos e umbilicais em bobinas ou cestos de forma a viabilizar o lançamento de quilômetros em alto mar otimizando a logística de carregamentos nas bases portuárias.



Figura 5 - Embarcação PLSV
Fonte: Lima (2007)

A instalação de dutos flexíveis e umbilicais consiste no lançamento dos dutos na locação com apoio de tracionadores das embarcações de lançamento que suportam o peso. À medida que a embarcação avança, os dutos e umbilicais são depositados no leito marinho no caminho projetado no arranjo submarino. Após isso, podem ser abandonados ou conectados na plataforma através da operação chamada *Pull in* que é a operação de transferência de linha flexível do navio de lançamento para uma UEP (Lima, 2007).