

# 1 Introdução

O petróleo como qualquer bem mineral é uma fonte de energia limitada. Diante da grande exploração do petróleo nas últimas décadas, esta fonte encontra-se cada vez mais escassa. Assim sendo, à medida que o valor agregado do produto aumenta junto com sua escassez torna-se cada vez mais viável e necessário, a exploração de regiões cada vez mais inóspitas e distantes das costas.

Diante do desafio de se produzir este petróleo em tais regiões o processamento submarino torna-se importante. O processamento submarino permite:

- Antecipar a produção: o bombeamento submarino permite um aumento da vazão de produção em relação aos métodos convencionais, permitindo uma produção mais rápida e assim, antecipando receitas;
- Otimizar a recuperação dos reservatórios: o sistema de produção antecipada permitirá uma avaliação mais rápida do reservatório, além de permitir a produção com pressões mais baixas;
- Desenvolver campos maduros já em declínio de produção: a fonte adicional de energia de uma bomba submarina pode viabilizar tecnicamente campos que estão em declínio de produção e com elevada produção de água.
- Produção na forma *subsea to shore (do poço à terra)*, ou seja, sem a necessidade de uma plataforma: a adição de energia de uma bomba submarina multifásica ou a separação do líquido e do gás em duas linhas separadas, pode viabilizar a produção por distâncias mais longas.

Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo analisar a situação atual do processamento submarino, comparando dois possíveis sistemas. O primeiro com uma bomba multifásica submarina e o segundo com um separador submarino seguido de uma bomba monofásica.

O objetivo será identificar em qual situação cada sistema poderia ser melhor aplicado. Para isso será utilizado o software comercial Pipesim (com autorização da empresa Technip, detentora da licença). Também será elaborado

um modelo simplificado para cálculo de escoamento multifásico (apresentado no apêndice D deste trabalho) utilizando a ferramenta Mathcad, um software também comercial, porém de acesso mais facilitado. Outro software chamado *black-oil*, elaborado por Alves (2005) também será utilizado de forma comparativa. Desta forma o cálculo elaborado será validado por outras duas ferramentas.

## 1.1 A origem do petróleo

Segundo THOMAS (2001), o petróleo se origina de materiais orgânicos (hidrocarbonetos), que são depositados ao longo do século no interior do solo, em uma formação rochosa. Os materiais orgânicos são elementos que contêm compostos de carbono. Para formar uma matéria orgânica o carbono deve estar associado ao oxigênio e ao hidrogênio.

A acumulação do óleo e gás se origina em rochas capazes de gerar estes compostos orgânicos em determinado nível de temperatura e pressão, chamadas de rochas geradoras. Estes compostos se movem ao longo das rochas até encontrarem uma formação que irá funcionar como uma “armadilha”, contendo este composto e acumulando assim a substância. Estas formações são chamadas de rochas selantes.

O acúmulo de restos de plantas, água, animais, minérios, bactérias e combustíveis fósseis permite que se forme o material orgânico que irá gerar o petróleo. Ou seja, com a decomposição de seres que existiam a milhares de ano e por meio de uma combinação de moléculas, principalmente de carbono e hidrogênio, em uma condição específica de temperatura e pressão, surgiram os hidrocarbonetos denominados petróleo.

Todos os petróleos contêm substancialmente os mesmos hidrocarbonetos, em diferentes quantidades. Estas quantidades variam muito e são os responsáveis pela sua característica.

Enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais também podem ser encontrados no petróleo, porém aparecem em pouca quantidade e são considerados como impurezas.

RIBEIRO (2010) relata um pouco da história do petróleo até os dias de hoje. O registro da participação do petróleo na vida do homem tem origem nos tempos bíblicos. A Bíblia cita lagos de asfalto, usados como impermeabilizante. Era utilizado também para acender fogueiras e nos altares. O Rei da Babilônia

pavimentou estradas usando-o, enquanto os egípcios usaram nos processos de mumificação e nas pirâmides. Romanos deram-lhe fins bélicos, como comburente em lanças incendiárias, no que foram imitados pelos árabes. Os sumérios e assírios usavam para tratar doenças de pele. Além de fins rituais e medicinais, os egípcios serviam-se do betume para calafetar os canais de irrigação, os barcos e casas. Os gregos consideravam o mineral como estratégico, e tinham reservas para seu uso. Quando os romanos adotaram a técnica de uso bélico do óleo natural, batizaram inicialmente, dado seu mau odor, de *stercus diaboli*, antes de chamarem de petróleo.

No novo mundo o petróleo era conhecido pelos índios pré-colombianos, que o utilizavam para decorar e impermeabilizar seus potes de cerâmica. Nestas épocas o petróleo era retirado de exsudações naturais (emanação natural de hidrocarboneto surgido de uma jazida) encontradas em todos os continentes.

## 1.2

### O petróleo na América do Norte

No continente norte americano o petróleo passou a ser chamado de óleo de pedra, ou seja, do latim *oleum petra*, que atualmente é chamado no mundo de *petroleum*.

Deste modo, o petróleo passa a ser usado para substituir o óleo de baleia como forma de gerar energia para iluminação. Neste contexto, Abraham Gesner descobre o querosene a partir do refino do petróleo e cria-se a primeira empresa de petróleo do mundo, em 1854, chamada de Pensylvania Rock Oil Co.

Em 1859 se inicia a exploração comercial do petróleo nos EUA logo após a famosa descoberta de Coronel Drake, funcionário da Pensylvania Rock Oil Co, em um poço de 21 metros perfurado na Pensilvânia.

A unificação dos EUA após a guerra de Secessão deu impulso à indústria petroleira. Nesta época milhares de poços foram perfurados e John Rockefeller funda em 1870 a Standard Oil Company, a primeira companhia que se preocupa em criar novos derivados a partir do petróleo.

A estratégia de Rockefeller seria o controle de todas as áreas, da extração, passando pelo refino à distribuição. Diante deste cenário o governo americano cria a lei antitruste e em 1911 o presidente Roosevelt processa a empresa Standard Oil por monopólio obrigando Rockefeller a desmembrar sua empresa em 34 companhias diferentes. Assim surgem as primeiras potências mundiais entre elas a Esso (Exxon), Mobil e Chevron. A Figura 1-1 abaixo ilustra uma sonda de

perfuração de 1901 na Califórnia. Esta e outras figuras deste capítulo foram retiradas de SPINELLI (2010).

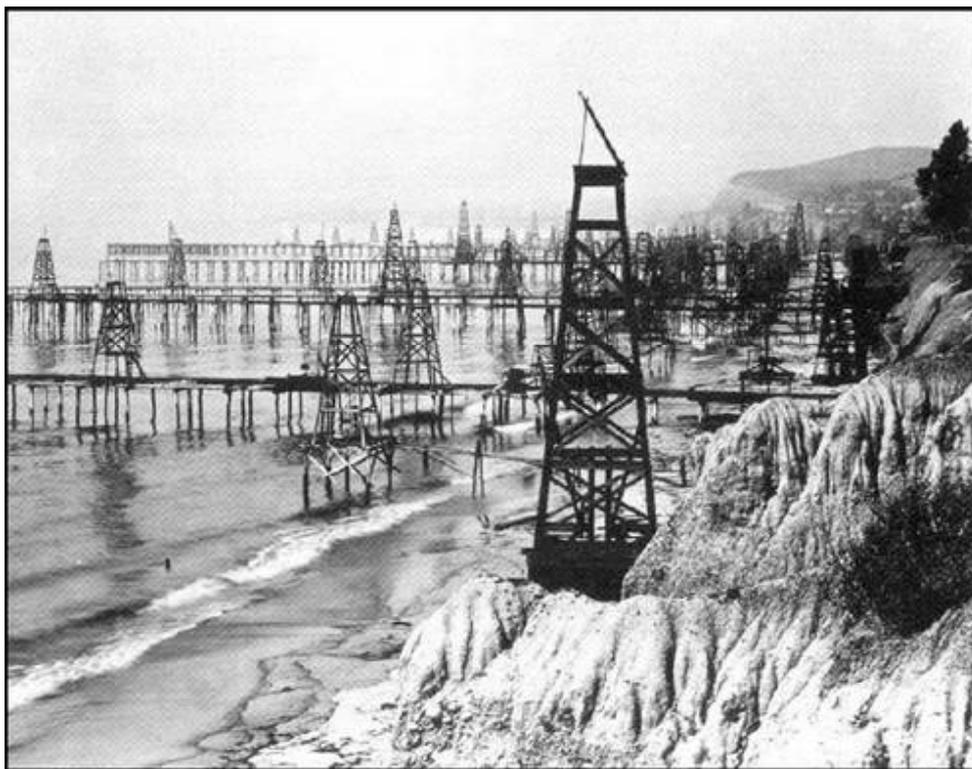


Figura 1-1: Início da exploração em 1901 em Summerland – Califórnia.

### 1.3 O petróleo no Brasil

A história do petróleo no Brasil se inicia em 1858 quando Marquês de Olinda concede a Jose Barros Pimentel o direito de extrair o material betuminoso para fabricação de querosene, na Bahia.

Após a independência do Brasil, a propriedade da riqueza do subsolo era do Império, que permitia a exploração e pesquisa por meio de concessão. A constituição de 1891 possibilitou que os donos do solo tivessem acesso ao subsolo e às riquezas do mesmo, com o direito pleno de propriedade das terras e a regulamentação da mineração.

O primeiro poço perfurado com o objetivo de encontrar petróleo foi em 1897 no estado de São Paulo.

Em 1907 criou-se o Serviço Geológico e Mineralógico Brasileiro, denominado, SGMB, que permitiu a perfuração em maior escala, realizada por órgão público.

Em 1933 Juarez Távora, do Ministério da Agricultura criou a Diretoria Nacional da Produção Mineral (DNPM) que atuava no âmbito das propriedades minerais, licenças e concessões de minerações. Em 1934 houve a distinção da propriedade do solo e do subsolo por meio de decreto, ou seja, o dono da terra, não era mais o proprietário do subsolo. A constituição de 1937, com caráter ainda mais nacionalista, estabeleceu a exigência que sociedades organizadoras para a exploração das minas fossem constituídas por acionistas brasileiros.

O primeiro poço comercial foi encontrado em 1941 na Bahia. Em 1953 Getúlio Vargas instituiu o monopólio estatal do petróleo com a criação da Petrobras.

Desde a sua criação até os dias de hoje a evolução tecnológica na área de exploração de petróleo cresceu em ritmo astronômico. Do início da exploração através de cavalos mecânicos em regiões terrestres passando pela exploração com plataformas fixas, torres complacentes, plataformas tipo TLP's, plataformas tipo Spar, navios FSPOs, até os dias de hoje, onde já é possível a produção submarina exportando diretamente para a terra sem o uso de plataformas. A Figura 1-2 ilustra a evolução das unidades de produção ao longo da história e a Figura 1-3 ilustra o campo de produção de Snohvit, o qual é um campo de gás que já se encontra em produção sem o uso de plataformas.

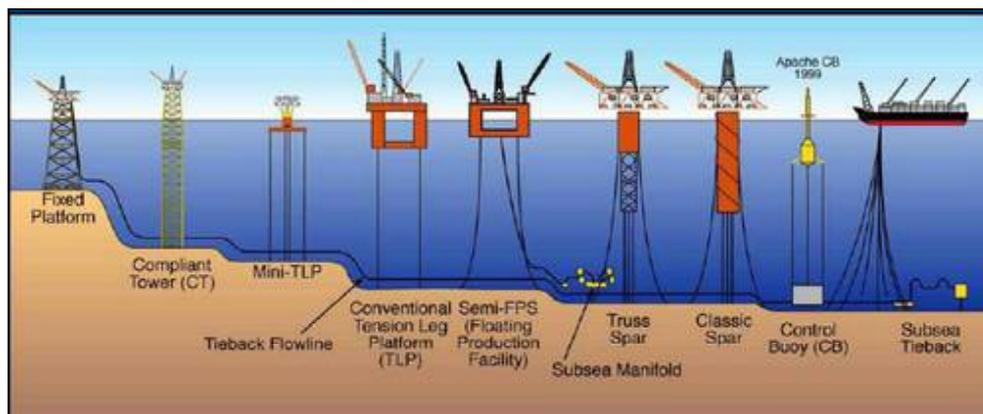


Figura 1-2: Evolução das plataformas

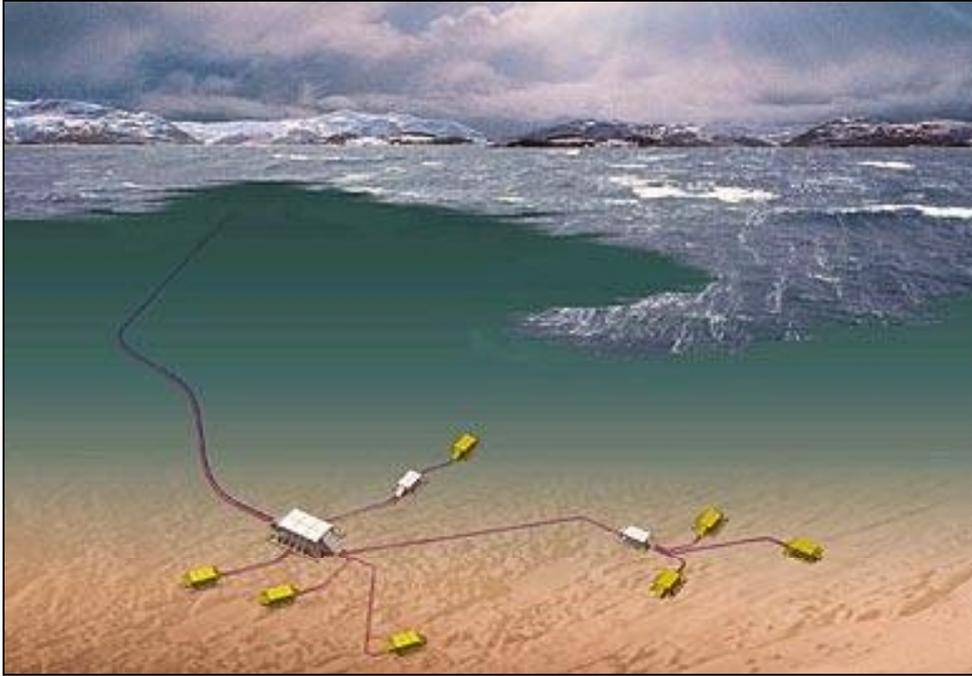


Figura 1-3: Ilustração de um campo de produção sem plataforma - Snohvit