

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE NÁUTICA – APNT



PERFURAÇÃO OFFSHORE NO BRASIL: OPERAÇÃO, DESAFIOS E IMPACTOS

CLAYTON FERNANDES DO NASCIMENTO

Rio de Janeiro
2013

CLAYTON FERNANDES DO NASCIMENTO

PERFURAÇÃO OFFSHORE NO BRASIL: OPERAÇÃO, DESAFIOS E IMPACTOS

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: **Augusto Coelho**

Rio de Janeiro
2013

CLAYTON FERNANDES DO NASCIMENTO

PERFURAÇÃO OFFSHORE NO BRASIL: OPERAÇÃO, DESAFIOS E IMPACTOS

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: **Augusto Coelho**

Banca Examinadora (apresentação oral):

Prof. (nome, titulação e instituição)

Prof. (nome, titulação e instituição)

Prof. (nome, titulação e instituição)

Nota: _____

Nota Final: _____

Data da Aprovação: ____/____/____

À minha esposa e meu filho
por me apoiar em todas as escolhas
que eu fiz na vida...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais uma vez estar a meu lado iluminando meu caminho.

Aos meus pais por todo o sacrifício que tiveram pela minha educação, apesar da saudade que a distância impõe nunca me senti sem apoio.

A minha esposa e meu filho que, com muito carinho e amor, tiveram a paciência e compreensão durante minha ausência nesses últimos três meses.

E, finalmente, a todas as pessoas que direta ou indiretamente me ajudou que eu chegasse até essa etapa na minha vida.

*“Na procura de conhecimentos, o primeiro passo é o silêncio, o segundo ouvir, o terceiro lembrar, o quarto praticar e o quinto ensinar aos outros”
(Textos Judaicos)*

RESUMO

O petróleo é atualmente uma das principais fonte de energia do homem. Base para fabricação de diversos produtos como gasolina, óleo diesel, polímeros plásticos e até medicamentos, já provocou diversas guerras além de ser principal fonte de riquezas de alguns países. Apesar de ser um recurso natural abundante, não renovável, sua pesquisa, perfuração e exploração envolve elevados custos e complexos estudos, além de gerar impactos profundos ao meio ambiente, na maioria das vezes, por falha humana. Este estudo faz uma abordagem da exploração do petróleo no Brasil e a operação de perfuração, incluindo o desafio do pré-sal, e os impactos ambientais causados por essa atividade.

Palavras-chave: petróleo, perfuração, impactos.

ABSTRACT

Petroleum is currently one of the main energy source of humanity. Basis for the manufacture of various products such as gasoline, diesel fuel, plastics and polymers to drugs, has already caused several wars as well as being the main source of wealth of some countries. Despite being an abundant natural resource, non-renewable, his research, drilling and exploration involves high costs and complex studies, and generate profound impacts on the environment, most often by human error. This study is an approach to oil exploration in Brazil and the drilling operation, including the challenge of pre-salt, and the risk of accidents caused by this activity.

Keywords: Petroleum. Drilling. Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Acumulação de Petróleo	14
Figura 2 Plataforma auto-elevável Petrobras I.....	16
Figura 3 Tipos de Plataforma.....	20
Figura 4 Pesquisa Sísmica	22
Figura 5 Classificação do poço quanto a direção.....	32
Figura 6 Gondwana	33
Figura 7 Camadas de sal.....	34
Figura 8 Área de Influência sísmica.....	39
Figura 9 Centro de Defesa Ambiental.....	43
Figura 10 Vazamento de petróleo na Bacia de Campos	43

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 EXPLORAÇÃO DO PETRÓLEO	13
1.1 A origem do petróleo	13
1.2 Reservatório de Petróleo	14
1.3 O surgimento da exploração offshore no Brasil	15
1.3.1 Explorações pioneiras na plataforma marítima do Brasil.....	15
1.3.2 A primeira descoberta de petróleo na Bacia de Campos.....	17
1.4 Tipos de Plataforma de Perfuração no Offshore.....	17
1.4.1 Plataforma Fixa.....	17
1.4.2 Auto – Elevatória	18
1.4.3 Plataforma Semi-submersível	18
1.4.4 Navios-Sonda.....	20
2 A PERFURAÇÃO OFFSHORE NOS POÇOS DE PETRÓLEO	21
2.1 A Prospecção	21
2.1.1 Sísmica 3D.....	22
2.1.2 Sísmica 4D.....	23
2.2 Equipamentos de Perfuração	23
2.2.1 Sistema de Sustentação de Cargas	24
2.2.2 Geração e Transmissão de Energia	24
2.2.3 Sistema de movimentação de cargas.....	24
2.2.4 Sistema de Rotação	25
2.2.5 Sistema de Circulação de Fluidos	26
2.2.6 Sistema de Monitoração	28
2.2.7 Sistema de superfície (Coluna de perfuração)	28
2.2.7.1 Tubos de Perfuração.....	29
2.2.7.2 Brocas	29
2.2.8 Segurança do Poço	30
2.3 Classificação dos Poços.....	30
2.3.1 Quanto a Finalidade	30

2.3.2 Quanto a Direção	31
2.3.3 Quanto a Profundidade	32
3 DESAFIO DO PRÉ-SAL	33
3.1 Origem do Pré-Sal	33
3.2 Os Desafios	35
3.2.1 O Desafio Financeiro	35
3.2.2 O Desafio Logístico	36
3.2.3 O Desafio Tecnológico	37
4 IMPACTOS AMBIENTAIS	38
4.1 O Dióxido de Carbono	38
4.2 Impactos da Prospecção Sísmica	39
4.3 Conflitos com a Atividade Pesqueira	40
4.4 Estímulos a Vida Marinha	40
4.5 Vazamento de Óleo	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45

INTRODUÇÃO

A perfuração de petróleo não era cogitada até a metade do século passado. As primeiras tentativas na sociedade moderna datam de 1859, oeste da Pensilvânia, nos Estados Unidos, onde foi perfurado o primeiro poço de petróleo a vinte e um metros, produzindo 25 barris/dia, por bombeamento. Desde então muita coisa mudou. Atualmente a produção média da Petrobras é na casa dos 2 milhões de barris por dia.

A despeito do importante papel vital na vida moderna, a grande maioria das pessoas conhece somente alguns dos numerosos produtos derivados, desconhecendo o Universo da Indústria Petrolífera, que abrange o processo para localizá-lo e descobri-lo nas profundidades, o cálculo das reservas, a operação de perfuração e produção, o transporte e a sua refinação.

A exploração de petróleo é uma atividade que pode ocasionar danos graves ao meio ambiente, tanto em operação normal, quanto no caso de acidentes e falhas, ocasionando impactos ambientais e socioeconômicos, sobre os meios físicos e bióticos. Este trabalho aborda, no capítulo I, a origem do petróleo, a formação do reservatório e o início da perfuração *offshore* no Brasil, como também, os tipos de plataformas utilizadas para esse fim. No capítulo II, descreve a operação de perfuração, dando destaque aos principais equipamentos utilizados. O capítulo III, o enfoque é na perfuração ultra profunda do pré-sal e seus desafios para retirada do óleo. E por fim, o capítulo IV trata dos impactos ambientais gerados por essa atividade.

1 EXPLORAÇÃO DO PETRÓLEO

A busca pelo petróleo tornou-se ganhou maior relevância a partir do início da industrialização em massa dos automóveis, isso no final do século XIX. Antes disso a principal função do petróleo era, através do aquecimento e da destilação, produzir a querosene, cuja finalidade era substituir o óleo de baleia que era utilizado nas lâmpadas.

Pesquisas demonstram que há petróleo a ser explorado por todo o mundo, mas a dificuldade é como extrai-lo. No Canadá, por exemplo, possui uma das maiores reservas de petróleo do mundo, porém o processo de extração é caríssimo, porque é um tipo de óleo pesado misturado com areia, as chamadas areias betuminosas.

No Brasil, há o pré-sal, que possui um potencial enorme, porém, localizado em águas profundas. O óleo de boa qualidade e de preço satisfatório no mercado petrolífero faz gerar uma grande expectativa, mas isso exigirá um esforço muito grande, além de um alto investimento. Estima-se que, em 2020, a produção proveniente do Pré-sal representará cerca de 47% da produção total de petróleo da PETROBRAS no Brasil.

1.1 A origem do petróleo

Pela teoria geralmente aceita, o petróleo é o resíduo de restos orgânicos e plantas que se encontram no fundo dos oceanos, lagos e zonas costeiras. Durante milhões de anos, estes materiais orgânicos ricos em carbono e hidrogênio foram acumulados sob níveis sucessivos de vegetais, e, gradativamente, converteram-se em hidrocarbonetos, ou seja, petróleo e gás natural.

A migração do petróleo é análoga à migração da água subterrânea. Quando o óleo e o gás são expulsos do folhelho no qual se originam e penetram em um corpo de arenito ou calcário, eles podem migrar mais facilmente que antes, porque a maioria dos arenitos e calcários são mais permeáveis do que o folhelho. Assim tendo em vista que o óleo e a água não se misturam, a água permanece agregada aos grãos de quartzo e de carbonato, enquanto o óleo ocupa as partes centrais dos vazios maiores dos arenitos e calcários porosos. Tendo em vista que o óleo é mais leve que a água, ele tende a fluir para cima, deixando a água retida no quartzo e no carbonato, Dessa forma ele se separa da água e, quando encontra uma armadilha, ou trapa, forma a acumulação do petróleo. (Thomas, 2001)

Em condições normais de temperatura e pressão, o petróleo pode ser encontrado nos estados sólido (asfalto), líquido (óleo cru) e gasoso (gás natural).

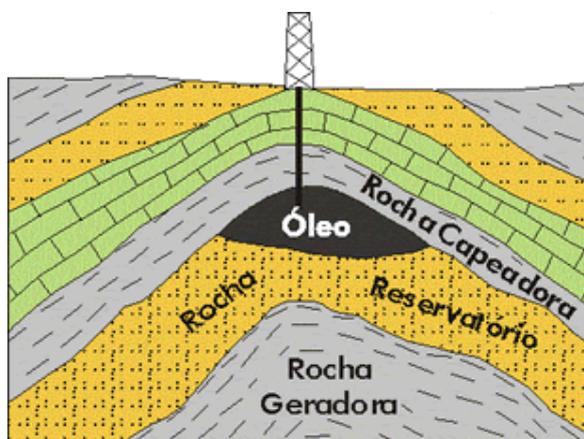
1.2 Reservatório de petróleo

De um modo geral, o petróleo é encontrado junto a gás e água, armazenados sob pressão. Por efeito da gravidade, normalmente ficam distribuídos na ordem: gás na sua parte superior, óleo na intermediária e água na inferior.

Para que um reservatório seja considerado comercialmente produtivo devem seguir as seguintes condições:

- Deve conter óleo e gás em quantidades comerciais;
- Deve ter uma força natural para o deslocamento dos fluidos, normalmente, gás ou óleo sob pressão;
- Deve ser um bloco de rocha que tenha porosidade suficiente para conter os fluidos do reservatório e que tenha uma permeabilidade de permitir os seus deslocamentos;

Figura 1: Acumulação de Petróleo



Fonte: www.petrogasnews.wordpress.com

Aproximadamente 600 bilhões de barris já foram extraídos do subsolo. Muito óleo adicional tem sido localizado por perfurações mas ainda está para ser extraído. Provavelmente uma grande quantidade permanece para ser encontrada e sua quantidade somente pode ser estimada. As formas como estas estimativas são feitas baseia-se na experiência acumulada em mais de um século de perfurações. Usando-se esta aproximação, e considerando-se todas as

bacias sedimentares do mundo, os especialistas estimam algo em torno de 1500 a 3000 bilhões de barris de petróleo poderão eventualmente vir a ser descobertos.

1.3 O surgimento da exploração *offshore* no Brasil

Podemos dizer que a História do Petróleo no Brasil teve início em 1892. Neste ano, o fazendeiro Eugênio Ferreira de Camargo perfurou o primeiro poço em busca de petróleo em sua fazenda na cidade de Bofete (interior do estado de São Paulo). Porém, o poço de 488 metros de profundidade teve como resultado apenas água sulfurosa. Foi a primeira tentativa de se encontrar petróleo em território brasileiro.

A primeira descoberta de petróleo no país foi em Lobato – BA no ano de 1939, porém revelou-se economicamente inviável, mas fundamental para o início da exploração de petróleo no Brasil. Em 1941, na cidade de Candeias - BA foi descoberto o primeiro campo de petróleo comercial, e está em operação até o presente, produzindo 1800 barris/dia.

1.3.1 Explorações pioneiras na plataforma marítima do Brasil

As descobertas de petróleo em terra, nos primeiros dez anos de atividades exploratórias da PETROBRAS, não foram o suficiente para acabar com a dependência brasileira do petróleo importado que correspondiam, em meados dos anos sessenta, a dois terços do consumo brasileiro. Diante das dificuldades em encontrar petróleo em terra, capazes de aumentar significativamente a produção, a empresa decidiu iniciar explorações no mar, no início da segunda metade dos anos 1960, como já vinha ocorrendo desde as primeiras décadas do século nos litorais marítimos da Califórnia e do Golfo do México.

Para iniciar a exploração offshore a PETROBRAS encomendou, em dezembro de 1966, a construção no Brasil da plataforma de perfuração auto-elevável PETROBRAS I, para realizar explorações em lâminas de água de até 30 metros de profundidade, ao largo da costa marítima. Foi a primeira plataforma de perfuração construída no Brasil, pela Companhia de Comércio e Navegação no Estaleiro Mauá, em Niterói (RJ), com base em projeto da The Offshore Co e Petroleum Consultants, de Houston (EUA), capaz de perfurar poços de até 4.000 metros de extensão¹.

¹ Fonte: <http://blog.planalto.gov.br/o-petroleo-no-brasil> (acesso em setembro/2013)

Figura 2: Plataforma auto-elevável Petrobras I



Fonte: www.planalto.gov.br

A decisão de arriscar investimentos na busca por petróleo nas costas marítimas começou a ser recompensada pouco depois: a primeira descoberta de petróleo ocorreu no litoral de Sergipe, em setembro de 1968, no Campo de Guaricema, cujo poço pioneiro se localizava sob lâmina d'água de 28 metros. A decisão de desenvolver o Campo de Guaricema, cuja produção foi iniciada em 1973, foi tomada pela razão estratégica de se introduzir no Brasil o aprendizado prático da produção no mar, para avançar nas planejadas explorações que se seguiriam, uma vez que o baixo preço do barril de petróleo não justificava, em cálculos econômicos, investimentos em plataformas fixas e demais equipamentos necessários à produção no mar.

Para iniciar a produção foi importado dos Estados Unidos todo o sistema produtivo, composto de plataforma com jaquetas, sistema de produção de petróleo no convés da plataforma e a estação de processamento em terra, em Atalaia, estado de Sergipe.

Continuando os investimentos para a exploração no mar, em 1971 foi encomendada a um estaleiro no Japão a construção da plataforma de perfuração PETROBRAS II, para realizar sondagens na Bacia de Campos e, em 1972, a plataforma PETROBRAS III, construída nos Estados Unidos, para sondagens em águas de até 100 metros de profundidade; em 1975, foi adquirida a plataforma PETROBRAS IV, também no exterior.

1.3.2 A primeira descoberta de petróleo na Bacia de Campos

No mesmo ano da primeira descoberta de petróleo nas costas marítimas do Nordeste, em 1968, a PETROBRAS iniciou levantamentos geológicos, sísmicos e gravimétricos na Bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro, que permitiram a perfuração do primeiro poço em 1971, com uma plataforma *jack-up*, em lamina d'água de 49 metros.

A primeira descoberta, porém, surgiu somente em novembro de 1974 devido a persistência do chefe da Divisão de Exploração da PETROBRAS ao determinar que a plataforma PETROBRAS II continuasse a perfurar o poço 1-RJS-9. Depois de sete poços secos, já se caminhava para o abandono da campanha de perfurações da Bacia de Campos. A profundidade da lâmina d'água era de 110 metros, o poço era difícil e a perfuração prosseguia lentamente. O objetivo era perfurar até 3.500 metros na rocha e alcançar a Formação Macaé, composta de rochas calcárias, porém, parte da equipe a bordo queria interromper a perfuração, pois a plataforma realizava trabalhos de perfurações havia meses, sem resultados.

Ao analisar os dados do poço constatou-se que faltavam apenas 200 metros para a perfuração alcançar o calcário. Em viagem de observação ao Oriente Médio ele havia verificado que as zonas calcárias produziam grandes volumes de petróleo, em poços de até 5.000 metros de profundidade. Decidiu então que a sonda continuasse até a profundidade final prevista. Como resultado da decisão, após a perfuração de mais 200 metros de rochas foi encontrada uma zona calcária saturada de óleo, com vazões não comerciais, mas que incentivou a continuação das perfurações, por meio do poço 1-RJS-9A, o nono perfurado; esse poço encontrou o campo de petróleo de Garoupa, que iniciou todo o ciclo de descobertas de petróleo na Bacia de Campos. Foi descoberta uma coluna de petróleo de mais de 100 metros de espessura, com reservas estimadas em torno de 100 milhões de barris. Era o primeiro poço a produzir em reservatórios de calcários no Brasil.

O início das explorações no mar representou uma decisão que se revelaria de enorme importância alguns anos depois, durante a intensa busca por petróleo após as duas crises mundiais do petróleo.

1.4 Tipos de Plataforma de Perfuração no *Offshore*

1.4.1 Plataforma Fixa

São de dois tipos: de estrutura de aço e de concreto. As de aço são plataformas de perfuração e produção convencionais. A sua configuração padrão consiste em uma jaqueta de aço fixada no fundo do mar por pilares de aço, sobre os quais é montado um convés que suporta o equipamento e acomodações fixas ou em módulos.

Elas tem a vantagem de serem completamente estáveis nas piores condições do mar. Elas são utilizadas, principalmente, para perfurar em campos conhecidos, onde são necessários vários poços a serem perfurados para seu desenvolvimento, ou seja, para perfuração e produção de um campo de petróleo. A sua construção é, normalmente, feita em terra, em partes separadas (módulos), que serão unidas formando um único módulo flutuante (jaqueta) e quando completadas são levadas em balsas para o local onde serão fixadas. Neste local são inundados os seus flutuadores para que ela afunde verticalmente e assente no fundo do mar. São então fixadas através de estacas cravadas no solo marinho. Posteriormente são colocados sobre o seu convés, a sonda e seus equipamentos e acomodações.

1.4.2 Auto – Elevatória

As plataformas auto-elevatórias, conhecidas também como *jack-up*, são unidades móveis que, quando estão em operação, são fixadas no solo marinho através de pernas treliçadas, que, acionadas mecânica ou hidraulicamente, movimentam-se para baixo até atingirem o fundo do mar, enquanto os equipamentos de perfuração ficam suspensos acima da linha d'água, a uma altura segura e fora da ação das ondas, proporcionando um ambiente de perfuração muito estável.

Tem por finalidade a perfuração de poços exploratórios de petróleo na plataforma continental em lâminas d'água de até 130 metros e, portanto, são projetadas para se mover de local para local de exploração através de reboques.

Estatisticamente, este é o tipo de unidade de perfuração marítima que tem sofrido maior número de acidentes. As operações de elevação e abaixamento são críticas e sofrem bastante influência das condições de tempo e mar. Nos deslocamentos apresentam dificuldades quanto ao reboque e, para grandes movimentações, devem ser retiradas seções, das pernas para melhorar sua estabilidade.

1.4.3 Plataforma Semi-submersível

Compostas de uma estrutura de um ou mais conveses, apoiada por colunas em flutuadores submersos, chamados *pontoons*, as plataformas semissubmersíveis são menos sensíveis as condições de tempo e possuem grande capacidade de carga no convés.

Devido a ação das correntes, ondas e ventos e a necessidade que a plataforma fique posicionada na superfície do mar, dentro de um círculo com raio de tolerância, chamado de *offset*, existem dois tipos de sistemas responsáveis pelo posicionamento da plataforma: sistema de ancoragem e o sistema de posicionamento dinâmico.

O principal objetivo de um sistema de ancoragem é restringir ao máximo qualquer tendência ao deslocamento horizontal da unidade na superfície do mar. Sua relação à linha de centro da cabeça do poço, é fundamental para a segurança da operação.

São os flutuadores os responsáveis pela maior parte do empuxo, garantindo a flutuabilidade da plataforma, por se localizarem abaixo da linha d'água eles também minimizam os movimentos de onda da plataforma. Já as colunas são responsáveis pela estabilidade da plataforma não deixando que ela vire (emborque).

O sistema de ancoragem é normalmente constituído de 8 a 10 âncoras (duas em cada canto da plataforma) e conectadas por cabos e/ou correntes, atuando como molas que produzem esforços capazes de restaurar a posição da unidade quando é modificada pela atuação ambiental.

A eficiência da ancoragem está na combinação dos componentes da ancoragem, características das amarras, cabos de aço ou poliéster e no cravamento da ancora, obedecendo os critérios do projeto.

No Brasil este tipo de sistema de ancoragem é utilizado até a lamina d'água de 1000 metros.

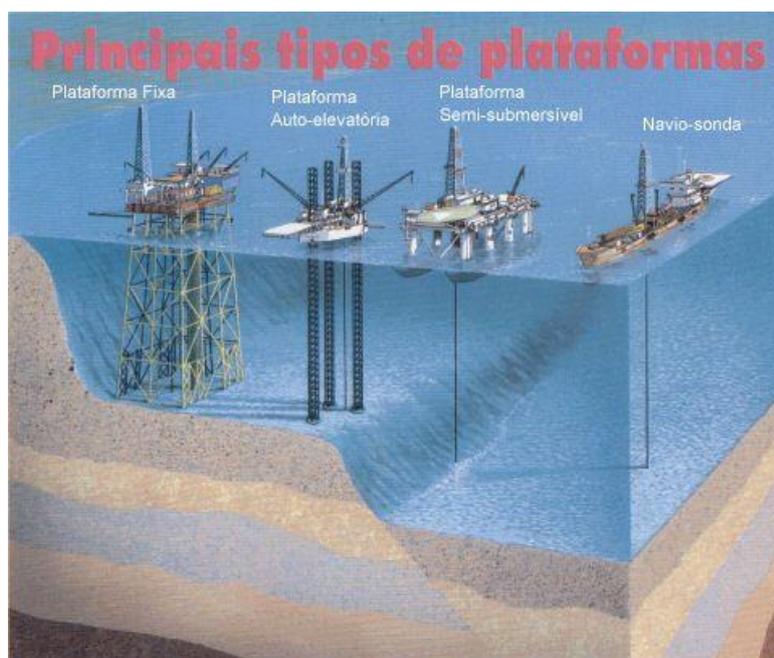
No sistema de posicionamento dinâmico, sensores acústicos e sinais de satélite calcula a posição atual da plataforma e compara com a posição pré-estabelecida pelo projeto. Caso haja diferença entre essas duas posições, decorrente das ações do vento, mar e corrente, o sistema calcula a força e direção que a plataforma precisa para voltar a posição original e enviar essa informação para os *thrusters* que automaticamente faz com que a unidade retorne a posição original.

No Brasil este tipo de sistema de posicionamento dinâmico é utilizado para lamina d'água acima de 1000 metros.

1.4.4 Navios-Sonda

Como o próprio nome sugere, é um navio de perfuração dotado de um sistema de posicionamento dinâmico, com autonomia de locomoção e grande velocidade quando comparado a plataforma semi-submersível de posicionamento dinâmico. Embora haja crítica em que o navio sonda tenha mais sensibilidade as condições ambientais como sua grande desvantagem, a evolução tecnológica vem conseguindo aprimorar essa deficiência. É normalmente utilizado em lamina d'água acima de 1000 metros.

Figura 3: Tipos de Plataforma



Fonte: www.coopetroleo.com.br

2 A PERFURAÇÃO OFFSHORE NOS POÇOS DE PETRÓLEO

2.1 A Prospecção

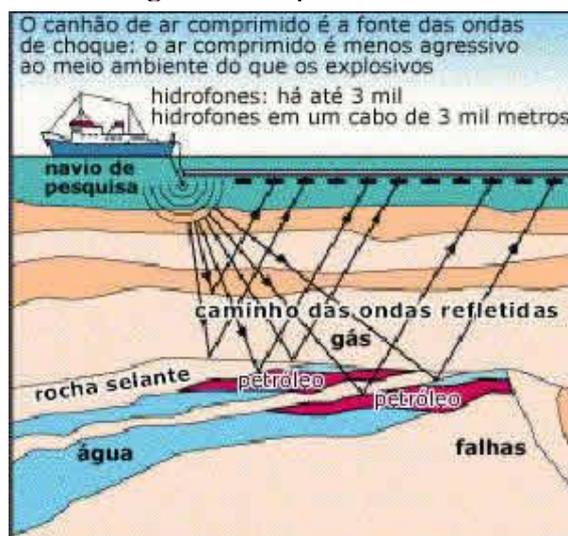
Existem diversos estudos para identificar as áreas favoráveis à acumulação de petróleo, que se dividem em estudos geológicos e geofísicos. Os estudos geológicos têm como objetivo reconstituir as condições de formação e acumulação de hidrocarbonetos numa determinada região através de mapas de geologia de superfície e de características geológicas das rochas de subsuperfície obtidas em poços exploratórios. Já os estudos geofísicos têm como principal objetivo obter informações sobre a presença, posição e natureza das estruturas geológicas em subsuperfície, utilizando medidas das suas propriedades físicas, através de gravimetria, magnetometria e sísmica.

A gravimetria consiste em relacionar o campo gravitacional da Terra com as variações de densidade que as rochas apresentam.

A magnetometria permite identificar uma potencial acumulação de hidrocarbonetos uma vez que as rochas sedimentares têm uma suscetibilidade magnética muito baixa.

A primeira etapa da exploração do petróleo é a prospecção, isto é, o estudo detalhado do solo e do subsolo para determinar a probabilidade de existência ou não de petróleo. Basicamente a prospecção sísmica é uma ultrassonografia do fundo do mar. Atualmente na exploração *offshore* as técnicas mais utilizadas são as sísmicas 3D e 4D.

A pesquisa sísmica baseia-se em um método acústico, ou seja, utilizam-se ondas sonoras. Estas ondas acústicas são geradas por uma fonte (sonora) que libera ar comprimido à alta pressão, diretamente na água. Essas ondas sonoras atingem o fundo do mar, onde “mapearão” as camadas rochosas do fundo do oceano e serão refletidas de volta. Ao retornarem, estas ondas serão registradas por uma grande quantidade de sensores (hidrofones), como mostra a figura a seguir. A energia captada pelos hidrofones é convertida em sinais digitais que serão interpretados, posteriormente, por especialistas. Os hidrofones vão instalados em cabos que podem medir 3.000 m ou 6.000 m de comprimento. Nesta atividade o navio sísmico rebocará um conjunto de fontes sonoras e 12 cabos sísmicos, como apresentado na figura a seguir.

Figura 4: Pesquisa Sísmica

Fonte: Institute of Petroleum

A próxima fase da atividade de pesquisa sísmica trata-se do processamento dos dados levantados para transformá-los em modelos úteis à análise da estrutura geológica do subsolo. Este processamento é realizado por geofísicos através do uso de supercomputadores capazes de manipular um grande volume de informações. Esta atividade é crucial para o sucesso econômico de uma empresa de petróleo. É na fase do processamento dos dados que grandes campos de petróleo podem ser identificados. Por esta razão, as empresas de petróleo em geral não terceirizam esta atividade. Pelo contrário, tenta desenvolver rotinas de processamento e análise dos dados que a diferencie na capacidade de identificar reservas.

A última fase da sísmica é a interpretação do perfil geológico das áreas analisadas para determinar se deve haver ou não a perfuração. Esta interpretação é realizada por geólogos e geofísicos especialistas na exploração do petróleo. Esta interpretação é crucial para minimizar o risco geológico de grandes investimentos para perfuração de poços na busca do óleo ou gás.

2.1.1 Sísmica 3D

A sísmica 3-D consiste em executar o levantamento dos dados sísmicos em linhas paralelas afastadas entre si de distância igual à distância entre os canais receptores. Desta maneira, todos os pontos abaixo da superfície serão amostrados, largura, comprimento e profundidade. Após o processamento dos dados, cada ponto da superfície vai conter um traço sísmico com a resposta sísmica vertical naquele ponto. O conjunto dos traços sísmicos assim

obtidos constitui o cubo de dados 3D no qual se utilizam códigos de cores para melhor visualização. Além da maior definição, a interpretação de dados 3D é possível gerar seções sísmicas verticais em qualquer direção, inclusive passando por poços existentes na área, o que simplifica a correlação dinâmica de imagens, permitindo ao intérprete navegar por dentro do cubo.

2.1.2 Sísmica 4D

Na prática, o termo 4D refere-se ao conceito oriundo da física, espaço-tempo, onde o espaço é definido nas três dimensões (comprimento, largura e profundidade) e a quarta dimensão é representada pela variável tempo. Para a realização do experimento físico de Sísmica 4D necessita-se de dois experimentos físicos de Sísmica 3D, onde só as três dimensões espaciais estão envolvidas. A quarta dimensão estará associada ao intervalo de tempo entre os dois experimentos físicos sísmicos 3D, que geralmente leva de 6 à 12 meses mantendo-se as mesmas condições de aquisição e processamento, no intuito de encontrar diferença entre esses intervalos. O produto dessa tecnologia são imagens, geo-referenciadas no espaço, do subsolo, de particular interesse para revelar características dos reservatórios petrolíferos. Enquanto a sísmica 3D revela imagens da geometria externa e interna desses reservatórios de petróleo a Sísmica 4D, além de trazer informações relacionadas a geometria dos corpos, revela a posição e a movimentação de fluidos dentro desses reservatórios. Produtos adicionais da Sísmica 4D são mapas de propriedades dos reservatórios que variam ao longo do tempo, durante a vida útil de um campo de petróleo. Tais propriedades são: pressão, saturação de água, saturação de gás, saturação de óleo, temperatura, densidade, compactação, interações químicas fluidos-rochas, entre outras.

2.2 Equipamentos de Perfuração

Basicamente existem dois métodos de perfuração de poços: percussivo e rotativo. No *offshore* utiliza-se o método rotativo. Os equipamentos de perfuração de uma sonda rotativa marítima são agrupados e divididos em sistemas. Os principais sistemas são:

- a) sustentação de cargas;
- b) geração e transmissão de energia;
- c) movimentação de carga;

- d) rotação;
- e) circulação;
- f) monitoração;
- g) sistema de superfície (coluna de perfuração);
- h) segurança do poço.

2.2.1 Sistema de Sustentação de Cargas

A coluna de perfuração é constituída pela união de vários tubos de perfuração (em sua maioria do tipo *drill pipe*), e tendo em sua extremidade a broca. Como a coluna é composta por centenas desses tubos, o peso a ser suportado durante a descida ou na retirada de uma coluna é bastante considerado. A função do sistema de sustentação de cargas é suportar e transferir todas as cargas a serem içadas durante a perfuração. O sistema de sustentação de cargas é composto resumidamente pelos seguintes equipamentos:

- a) Mastro: Sustenta o peso das colunas de perfuração e de revestimento, fornecendo também uma altura suficiente para o manuseio dos tubos içados.
- b) Subestrutura: É responsável por apoiar o mastro e receber as suas cargas. É constituída de aço montada de modo a criar um espaço de trabalho e também armazenar os tubos a serem utilizados ou substituídos durante a perfuração do poço.

2.2.2 Geração e Transmissão de Energia

Conjunto de equipamentos utilizados para gerar e transmitir a energia necessária para a operação da sonda tem o objetivo de manter os equipamentos energizados durante a operação de perfuração. Normalmente nas plataformas offshore utiliza-se o sistema diesel-elétrico, onde motores a diesel são ligados a geradores de energia elétrica onde a geração é feita em corrente alternada e a utilização dos equipamentos é feita em corrente contínua.

2.2.3 Sistema de movimentação de cargas

A função desse sistema é que durante a operação de perfuração, existe a necessidade dos tubos que forma a coluna tenham a capacidade de se movimentar, para baixo no caso que a broca penetra na formação e para cima quando é necessário, por exemplo, a troca dessa mesma broca devido a desgaste. Os principais equipamentos desse sistema são:

a) Guincho: O guincho, através do tambor principal, é responsável por enrolar ou desenrolar o cabo de perfuração, durante a subida ou descida da coluna. Normalmente é composto por dois tipos de freios:

b) Freio principal: freio mecânico que funciona por fricção, que tem por função parar o movimento e manter a coluna estacionada.

c) Freio secundário: Tem a função de diminuir a velocidade de descida da coluna, a fim de facilitar a atuação do freio principal. Este tipo de freio geralmente é eletromagnético ou hidráulico.

d) Cabo de Perfuração: cabo de aço polido e galvanizado, cuja uma extremidade fica fixada no tambor do guincho, passando pelo sistema de polias (bloco-catarina), e presa numa ancora situada na base da torre, onde se encontra um sensor para medir a tensão no cabo.

e) Bloco do coroamento: Localizado na parte superior da torre, é um conjunto estacionário de polias montadas em linha, por onde passa o cabo de perfuração, suportado por dois mancais de deslizamento. O bloco é responsável por suportar o peso transmitido pelo cabo de perfuração.

f) Catarina: Composta por um sistema de polias moveis montadas em um eixo que se apoia nas paredes externas da própria estrutura da catarina, sendo sustentado pelo cabo que passa entre suas polias. Responsável por sustentar diretamente a coluna de perfuração e permitir a movimentação de descida e retirada dos tubos.

g) Gancho: Conectado diretamente a catarina, faz a ligação das cargas a serem suspensas à catarina, possuindo um sistema de amortecimento interno para evitar os golpes causados pela movimentação das cargas se propague para a catarina.

2.2.4 Sistema de Rotação

A função do sistema de rotação é de transmitir o movimento de rotação para a broca. Esta rotação pode ser transmitida pela mesa rotativa, top drive ou um motor de fundo. Nas plataformas offshore, normalmente não se utiliza a mesa rotativa como sistema de rotação.

- Mesa Rotativa: Nas plataformas *offshore*, não é muito utilizado para dar o movimento de rotação na coluna de perfuração. Este equipamento recebe energia sob forma de rotação no plano vertical e transforma em rotação no plano horizontal, que é transmitida a coluna através do *kelly*, que é uma haste que pode ser quadrada ou hexagonal, que fica presa na mesa rotativa e conectada a coluna de perfuração. O principal uso da mesa rotativa atualmente é para servir como suporte no acunhamento da coluna.

- *Swivel*: Equipamento responsável por fazer a ligação de elementos girantes (coluna de perfuração) e os elementos não girantes (catarina). Também conhecido como “cabeça de injeção”, é por onde o fluido de perfuração é injetado no interior da coluna.

- *Top Drive*: É basicamente um motor capaz de gerar rotação a coluna de perfuração. É montado com *swivel* convencional e desliza sobre trilhos fixados a torre. Dispensa o uso da mesa rotativa, devido as seguintes vantagens:

- Ao ser necessário retirar ou adicionar mais tubos na coluna de perfuração, podemos adicionar três tubos de uma só vez, diferentemente da operação com a mesa rotativa, quando podemos adicionar apenas um tubo de cada vez. Isto torna a perfuração mais rápida.
- Possibilidade de retirada ou descida da coluna seja feita com rotação como com circulação de fluido de perfuração pelo seu interior, fundamental para os casos de poços altamente inclinados ou horizontais.

As sondas equipadas com Top Drive, podem utilizar a mesa rotativa equipamento de backup.

- Motor de fundo: Consiste num motor hidráulico, tipo turbina ou de deslocamento positivo, colocado acima da broca, que fornece rotação a partir da passagem do fluido de perfuração pelo seu interior. Utilizado na perfuração de poços direcionais, pois a coluna de perfuração não gira, o torque imposto a ela é nulo e o seu desgaste fica bastante reduzido.

2.2.5 Sistema de Circulação de Fluidos

São os equipamentos que permitem a circulação e o tratamento do fluido de perfuração, comumente chamado de lama. Os componentes do sistema de circulação de fluidos são:

- a) Tanque de lama: Responsável por armazenar o fluido de perfuração que será injetado na coluna de perfuração.
- b) Bombas de Lama: Equipamento responsável por bombear o fluido de perfuração
- c) Tubo Bengala: Como o *swivel* está localizado no mastro da sonda em uma altura elevada, é necessário que a tubulação que sai da bomba de lama leve o fluido de perfuração até esta altura. O tubo bengala é tubo disposto na vertical que leva o fluido de perfuração até a altura do mastro da sonda.

d) *Swivel*: responsável por permitir a injeção da lama na coluna de perfuração através de uma entrada disponível em sua lateral fixa, chamado *gooseneck*.

e) Subsistema de tratamento: Responsável por tratar os fluidos que retornam do poço misturados com os cascalhos perfurados. Este subsistema é composto por peneira vibratória, desiltador, desareador, *mud cleaner*, centrífuga e desgaseificador.

Esse sistema pode ser dividido em três fases:

a) Fase de injeção: No método rotativo, o fluido de perfuração é bombeado através das bombas de lama, pelo interior da coluna de perfuração até a broca, por onde passa por orifícios conhecidos como jatos da broca. Durante essa operação, as vazões e pressões de bombeio mudam de acordo com a profundidade e a geometria do poço. Na fase inicial do poço, quando são requeridas grandes vazões, as bombas são associadas em paralelo. Com o prosseguimento da perfuração, quando são exigidas altas pressões mas com baixas vazões, utiliza-se apenas uma bomba, substituindo os pistões e camisas por outros de menor diâmetro a fim de atender as necessidades do poço.

b) Fase de retorno: Após a saída do fluido de perfuração nos jatos da broca, retornando pelo espaço anular entre a coluna de perfuração e a parede do poço, chega a superfície por onde passará por um tratamento.

c) Fase de tratamento: A fase de tratamento ou condicionamento do fluido de perfuração consiste na eliminação do cascalho ou gás que se incorporam a ele durante a perfuração e, quando necessário, na adição de produtos químicos para ajustes de suas propriedades.

O primeiro equipamento é a peneira vibratória, que tem a função de separar os sólidos mais grosseiros do fluido de perfuração, tais como cascalhos e grãos maiores que areia. Em seguida, o fluido passa por um conjunto de dois a quatro hidrociclones de 8” a 20” conhecidos por desareadores, que são responsáveis por retirar a areia do fluido. Saindo do desareador, o fluido passa pelo dessiltador, um conjunto de 8 a 12 hidrociclones de 4” a 5”, cuja a função é descartar partículas de dimensões equivalentes ao silte. O equipamento seguinte, o *mud cleaner*, nada mais é que um dissiltador com uma peneira que permite recuperar partículas. Parte deste material é descartado e parte retorna ao fluido, reduzindo gastos com aditivos.

Algumas sondas utilizam ainda uma centrífuga, que retira partículas ainda menores que não tenham sido descartadas pelos hidrociclones. Ainda existe o desgaseificador, que elimina o gás do fluido de perfuração. Durante a perfuração de uma formação com gás, ou quando da ocorrência de um influxo de gás contido na formação para dentro do poço, as

partículas de gás se incorporam ao fluido de perfuração e a sua recirculação no poço é perigosa.

2.2.6 Sistema de Monitoração

Com o progresso da perfuração observou-se que um máximo de eficiência e economia seria atingido quando houvesse uma perfeita combinação entre vários parâmetros da perfuração. Eles podem ser classificados em indicadores que apenas indicam o valor do parâmetro em consideração, e registradores que traçam curvas dos valores medidos.

Os principais indicadores são:

- a) Indicador de peso:** Indica o peso da coluna suspenso no gancho e o peso sobre a broca;
- b) Manômetros:** Indica a pressão de bombeio do fluido de perfuração;
- c) Torquímetro:** Instalado nas chaves flutuantes com a função de medir o torque aplicado nas conexões da coluna de perfuração ou de revestimento;
- d) Tacômetros:** Mede a velocidade do top drive em RPM e da bomba de lama em ciclos/minuto;
- e) Registrador (*Geolograph*):** Mostra a taxa de penetração da broca, que é uma informação importante para se avaliar as mudanças das formações perfuradas, o desgaste da broca e a adequação dos parâmetros de perfuração;
- f) Indicador de nível dos Tanques:** Através desse instrumento é possível detectar variações bruscas no nível do tanque de lama, o que torna importante para a segurança, uma vez que essas variações podem ser indicativos de influxos de fluidos na formação.

2.2.7 Sistema de superfície (Coluna de perfuração)

A fim de cortar as diversas formações rochosas, durante a perfuração, é necessária grande quantidade de energia na broca em forma de rotação e peso, que transferidos para as rochas, causam sua ruptura e desagregação na forma de cascalhos, que retirados do fundo do poço e carregados até a superfície pelo fluxo do fluido de perfuração. Conectada ao motor do *Top Drive*, a coluna de perfuração deve ter resistência suficiente para suportar elevadas solicitações, apresentar certo peso para que possa ser aplicado sobre a broca de forma a auxiliar no processo de perfuração e, além disto, possuir flexibilidade no caso de perfurações direcionais.

2.2.7.1 Tubos de Perfuração

Os tubos utilizados na coluna de perfuração devem conter em seu interior um canal de fluxo para o deslocamento dos fluidos de perfuração.

Os principais tubos de perfuração são:

- a) Comandos (*Drill Collars*):** Elementos tubulares de aço forjado e uniões usinadas com elevado peso linear, cuja a principal função é fornecer peso sobre a broca e prover rigidez à coluna, permitindo melhor controle na trajetória do poço.
- b) Tubos pesados (*Heavy Weight Drill Pipe*):** Tubos de aço forjado e usinados que tem como função principal promover uma transição de rigidez entre os comandos e os tubos de perfuração, diminuindo a possibilidade de falha por fadiga.
- c) Tubo de Perfuração (*Drill Pipe*):** Tubos de aço sem costura, tratados internamente com aplicação de resinas para diminuição do desgaste interno e corrosão, possuindo na suas extremidades as conexões cônicas conhecidas como tool joint, que são soldadas no seu corpo.

2.2.7.2 Brocas

As brocas são equipamentos que tem a função de promover a ruptura e desagregação das rochas ou formações. Como o fluido de perfuração deve ser bombeado pelo interior da coluna de perfuração, este fluido deve passar pela broca para seguir o seu caminho para o espaço anular. Sendo assim, as brocas além de possuírem em seu corpo a estrutura cortante, apresentam também orifícios de jatos por onde o fluido sairá. As brocas podem ser classificadas de duas maneiras: brocas com partes móveis e brocas sem partes móveis.

Brocas sem partes móveis: A principal vantagem desse tipo de broca, é que devido a inexistência de partes móveis e rolamentos, diminui-se a possibilidade de falha. Atualmente as mais utilizadas são as brocas de diamantes naturais e as brocas de diamantes artificiais, chamadas de brocas de PDC. As brocas de diamantes naturais são utilizadas para perfurar formações mais duras, sendo ainda utilizadas na operação de testemunhagem. As brocas de PDC funciona como alternativa para a perfuração de rochas mais moles, atingindo elevadas taxas de penetração e excelente vida útil.

Brocas com partes moveis: São formadas geralmente por uma estrutura de três cones que giram em torno de um eixo próprio, são por isso chamadas de brocas triconicas. Estas brocas são formadas por sua estrutura cortante e por seus rolamentos. Em relação a estrutura cortante, estas brocas podem possuir dentes de aço, ou seja, saliências que desempenham o

corde moldados no próprio cone, ou podem possuir insertos de carbureto de tungstênio instalados nestes cones. Assim como as brocas de diamantes, a estrutura cortante determina a aplicação da broca, seja para formações mais duras, ou para formações mais moles.

2.2.8 Segurança do Poço

O sistema de segurança do poço tem como objetivo proteger a plataforma de eventuais erupções, chamado *kick*², que por ventura possa ocorrer durante a perfuração do poço. Caso este fluxo não for controlado eficientemente poderá se transformar num *blowout*, ou seja, poço fluindo totalmente sem controle, criando sérias consequências, que vão desde danos materiais e perda total do reservatório até acidente pessoais e danos ao meio ambiente, entre outros. Os principais elementos do sistema de segurança são:

- a) BOP (*Blowout Preventer*): Principal equipamento do sistema de segurança do poço. Sua função é permitir o fechamento do poço em situações de emergência como *kicks* ou *blowout*.
- b) Cabeça de Poço: Localizada na parte superior do poço, logo acima da superfície, é responsável pela ancoragem e vedação das colunas de revestimento.

2.3 Classificação dos Poços

Os poços podem ser classificados quanto à: finalidade, direção e profundidade.

2.3.1 Quanto a Finalidade

- a) **Poço Pioneiro:** É o primeiro poço perfurado numa área em busca de jazida, baseados em dados obtidos por métodos geológicos e/ou geofísicos.
- b) **Poço Estratigráfico:** são perfurados visando obter dados sobre disposição sequencial das rochas de subsuperfície. Eventualmente o poço poderá converter-se em produtor de óleo se descobrir novo campo.
- c) **Poço de extensão ou delimitatório:** são perfurados fora dos limites provados de uma jazida ou campo visando ampliá-la ou delimitá-la. A delimitação pode ser feita antes, durante ou após o desenvolvimento do poço.

² Kick: fluxo indesejável do fluido contido numa formação vindo de dentro do poço.

d) Poço Pioneiro Adjacente: É perfurado após delimitação preliminar do campo, visando-se descobrir novas jazidas adjacentes. Caso se obtenha sucesso, esse poço implicará a descoberta de nova jazida. Se ficar provado que se trata da mesma jazida anterior, será reclassificado como poço de extensão.

e) Poço de Jazida Rasa ou Profunda: É perfurado dentro dos limites do campo quando há suspeita da existência de jazidas mais rasas ou mais profundas devido a novas informações obtidas pela sísmica ou pela experiência da área.

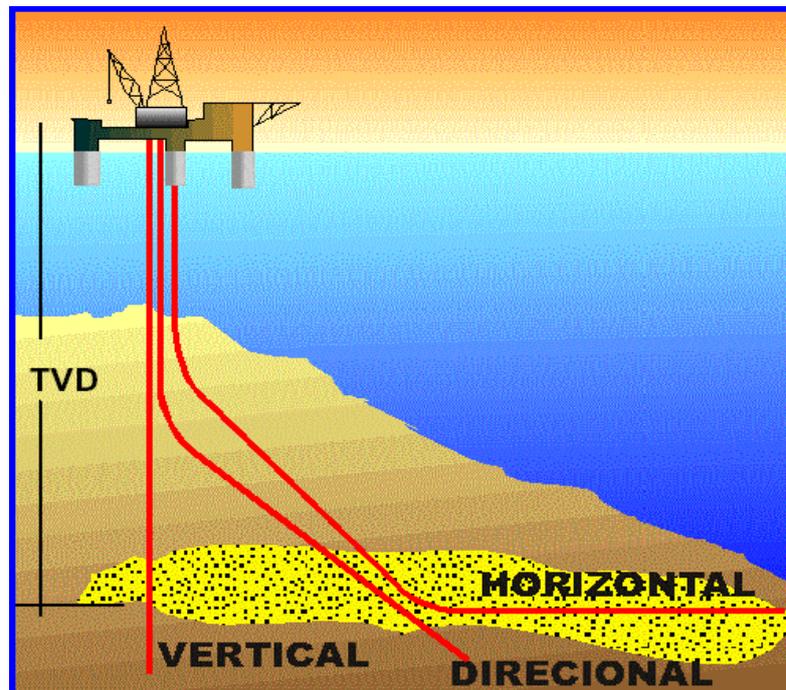
2.3.2 Quanto a Direção

a) Vertical: Um poço é dito vertical se a sonda e o alvo estão situados na mesma reta vertical. Como parâmetro, considera-se que o ângulo formado entre a linha imaginária que passa pelo início e o fim do poço e a vertical não ultrapassasse os 8°;

b) Direcional: É quando um poço é desviado propositalmente da vertical com o objetivo de atingir um alvo situado distante da projeção do poço. Pode ser natural quando as formações apresentam forte tendência de ganho de ângulo durante a perfuração. Aproveita-se a tendência da formação e desloca-se a base para que o poço seja atingido sem qualquer correção ou necessite apenas de pequenas correções. Quando houver a necessidade de obter alguma inclinação, utiliza-se equipamentos e técnicas para desviar o poço, de acordo com o projeto;

c) Horizontal: É quando permanece um longo trecho na horizontal ou próximo a horizontal. Este tipo de poço é utilizado para maior drenagem do petróleo por um único poço, pois a parte horizontal fica dentro da zona produtora.

Figura 5: Classificação do poço quanto a direção



Fonte: www.marcelogustavo.com (Acesso em set.2013)

2.3.3 Quanto a Profundidade

A profundidade do poço é medida a partir do fundo do mar, não levando em conta a lamina d'água.

- a) **Raso:** Profundidade final não ultrapassa os 1000 metros;
- b) **Profundidade Média:** Profundidade entre 1000 metros e 2500 metros;
- c) **Profundos:** Profundidade acima dos 2500 metros.

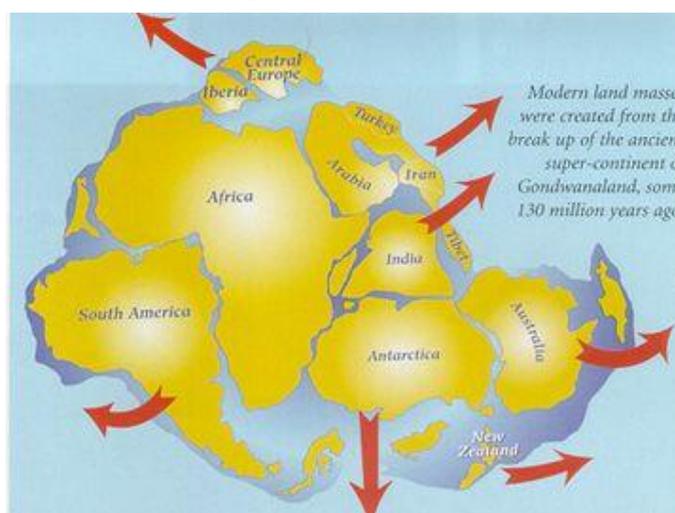
3 DESAFIO DO PRÉ-SAL

Estendendo a uma distância de aproximadamente duzentos quilômetros da costa brasileira, que vai do Espírito Santo até Santa Catarina, que pode alcançar a uma profundidade de 7.000 metros, as reservas mais profundas descobertas até agora, em qualquer parte do mundo, o Pré-Sal, cuja capacidade estimada da reserva pode proporcionar ao Brasil a condição de exportador de petróleo. Porém antes é preciso superar grandes desafios financeiros, logísticos e técnicos para extrair petróleo e gás de maneira economicamente viável.

3.1 Origem do Pré-Sal

Entre 300 e 200 milhões de anos atrás a África e a América do Sul pertenciam a um único continente, a Pangeia, que a cerca de 200 milhões de anos se subdividiu em Laurásia e *Gondwana*. A aproximadamente 140 milhões de anos teve início o processo de separação entre as duas placas tectônicas sobre as quais estão os continentes que formavam o *Gondwana*, os atuais continentes da África e América do Sul. No local em que ocorreu o afastamento da África e América do Sul, formou-se o que é hoje o Atlântico Sul.

Figura 6: *Gondwana*



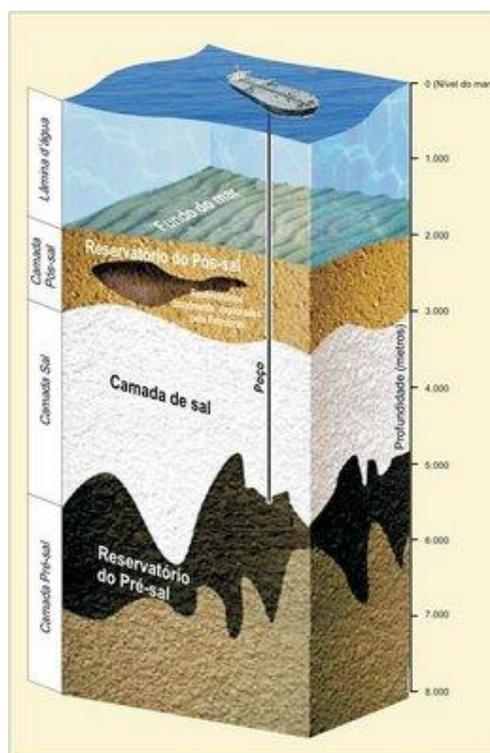
Fonte: <http://ecen.com/>

³Fonte: <http://pt.wikipedia.org>

A separação entre a América do Sul e a África prosseguiu e, há 130 milhões de anos, com a entrada de água salgada, formaram-se pequenos mares. Estima-se que o clima, na época, era quente e árido, favorecendo a evaporação e a deposição de sal no piso dos golfos marítimos, ou seja, pequenas regiões do oceano. Essa deposição ocorreu por aproximadamente 5 milhões de anos e a camada orgânica existente acabou ficando presa abaixo do sal.

Há 110 milhões de anos os continentes se afastaram ainda mais. Formou-se um mar raso entre eles, com deposição de carbonato de cálcio que se seguiu por cerca de 10 milhões de anos. Da separação entre as placas tectônicas emergiu o magma, que acabou formando o solo submarino por cima da camada de sal e do material orgânico preso embaixo dessa camada.

Figura 7: Camadas de sal



Fonte: <http://oqueeh.com.br/>

Com a formação do oceano Atlântico, há cerca de 100 milhões de anos, ocorreu a sedimentação do solo oceânico. Os detritos dos antigos lagos foram ficando cada vez mais profundos, ocorrendo, então, aumento da temperatura. Isso acabou transformando a matéria orgânica aprisionada sob o sal em petróleo e gás natural.

3.2 Os Desafios

3.2.1 O Desafio Financeiro

Não se sabe ao certo o tamanho do pré-sal. As reservas provadas já atingem 15 bilhões de boe⁴, mas as estimativas mais pessimistas apontam para um mínimo de 30 bilhões de boe, e as mais otimistas dizem que pode chegar a 100 bilhões de boe de acordo com Instituto Fernand Braudel de Economia Mundial. Em qualquer cenário, trata-se de uma imensa riqueza, que, para ser explorada, exige muito investimento. Os estudos já disponíveis mostram que serão necessários 600 bilhões de dólares para extrair a maior parte do petróleo existente no pré-sal.

Nos dias de hoje, de um total de quase 2 milhões de barris por dia, considerando todos os campos da Petrobras, a produção diária proveniente do pré-sal é de 300 mil barris por dia nas bacias de Santos e Campos atingidas por apenas 17 poços produtores (06 na Bacia de Santos e 11 na Bacia de Campos)⁵. A Petrobras espera produzir 1 milhão de barris por dia em 2017 somente no pré-sal. Para alcançar esse resultado, Entre 2014 e 2016 outras 11 novas plataformas entrarão em operação para a produção do pré-sal: dez na Bacia de Santos e uma na Bacia de Campos⁶.

A Petrobras vem reduzindo seu custo de perfuração na área do Pré-sal, seja pelo maior mapeamento e conhecimento das áreas, seja pelo uso de novas tecnologias e, com isso, a redução do tempo de perfuração. Conforme dados da Petrobras, desde 2008 a empresa já conseguiu reduzir consideravelmente tais custos. O primeiro poço da Petrobras no pré-sal, perfurado em 2005, custou US\$ 240 milhões e levou um ano para ser concluído. Desde então, a companhia reduziu os custos de perfuração para US\$ 60 milhões por poço, e o tempo de conclusão para 60 dias, principalmente por meio de melhores tecnologias e da maior experiência⁷.

⁴Boe (Barril de óleo equivalente): unidade normalmente usada para expressar volumes de líquidos e gás natural na mesma medida (barris).

⁵Fonte: www.fatosedados.blogspot.com.br (acesso em setembro de 2013)

⁶Fonte: www.petrobras.com.br (acesso em setembro 2013)

⁷Fonte: www.petrobras.com.br (acesso em setembro de 2013)

3.2.2 O Desafio Logístico

São vários os desafios logísticos em virtude da localização dos novos poços do pré-sal que estarão mais distantes da costa brasileira do que as plataformas hoje exploradas. Devido essas distancias, mais de 250 quilômetros do litoral, o transporte dos funcionários para as plataformas precisa ser resolvido, uma vez que, atualmente, os helicópteros não tem autonomia de voo. Uma possível solução seria a construção de bases intermediarias entre as plataformas e a costa, que podem ser utilizadas para abastecimento dessas aeronaves, para estocagem de suprimentos (cimento, lama, água potável, etc.) e até mesmo para alojamentos de pessoas.

Uma das dificuldades para a criação desses centros é a de garantir uma estabilidade suficiente em mar agitado a fim de permitir uma ancoragem eficiente, bem como a chegada e saída de barcos e helicópteros.

A distância das plataformas também impacta a velocidade das embarcações de apoio. A Petrobras, na concorrência para renovação de sua frota, já prevê embarcações com um aumento de 10 nós para 13 nós, podendo percorrer esta distância 4 horas mais rápido, agilizando assim as operações com as plataformas.

Diferente do petróleo que pode ser transportados para o mercado em viagens de ida e volta de petroleiros, outro desafio será o barateamento da produção de transporte do gás da plataforma até a costa já que, atualmente, se ocorrer apenas por gasodutos, é economicamente inviável. Para tal estão sendo instalados dutos a 2200 metros de profundidade ligando o campo de Tupi/Lula com as do campo de gás de Mexilhão, de aguas rasas e com uma planta de processamento.

Quanto à qualidade do gás do pré-sal, trata-se de um gás rico, no qual se encontra uma grande variedade de componentes intermediários (como propano, butano e outros) que permitem a extração de muitos produtos alto valor agregador. O ponto negativo, é que o gás de alguns reservatórios do pré-sal é contaminado com uma grande quantidade de dióxido de carbono (CO₂). Em Tupi, a presença de dióxido de carbono pode variar de 8 a 12%. Isolar o CO₂ do gás será feita por meio da tecnologia de separação por membranas. O equipamento identifica as moléculas e as separa. A contaminação desaparece porém o custo aumenta.

Em virtude da descoberta do novos poços do pré-sal, enormes volumes de gás serão liberados pelo fluxo de petróleo proveniente desses campos gigantes, obrigando a Petrobras a cogitar a expansão do mercado do gás, já que hoje a queima do gás é proibida por lei. O gás

pode ser bombeado de volta para os poços para manter a pressão nos reservatórios, porém não nos volumes esperados quando deslanchar a produção do pré-sal.

3.2.3 O Desafio Tecnológico

As dificuldades a serem vencidas para explorar de maneira economicamente viável o petróleo da camada pré-sal não são poucas. Uma lâmina d'água varia entre 2.000 m e 3.000 m antes de chegar ao leito marinho, será necessário desenvolver novos equipamentos e tecnologias a fim de superar essas dificuldades. Abaixo estão relacionadas as principais desafios:

- a) A camada de sal pode chegar a uma espessura de 2.000 m, perfurar essa camada tão espessa gera altas temperaturas que juntamente com alta pressão faz o sal agir como um plástico, e não como uma rocha completamente solida, ou seja, quando a broca perfura o sal a tendência é que o buraco se feche em virtude da grande pressão.
- b) A elevada diferença entre a temperatura do óleo nos reservatórios do pré-sal e a que ele atinge ao chegar aos dutos, a 2.000 m de profundidade embaixo do mar. A temperatura cai de repente de, pelo menos, 140 graus centígrados para cerca de 4 graus, Essa queda brusca faz com que se forme um tipo de parafina no óleo, que pode entupir e prejudicar esses equipamentos.
- c) A alta pressão no fundo do mar, na faixa dos 400 bar, a que os equipamentos estarão expostos podem sofrer um colapso ocasionando sérios problemas.
- d) A necessidade de tratamento especial do gás carbônico (CO₂), produzido em maior quantidade no óleo retirado do pré-sal, pois combinado com a água, o CO₂ deixa o combustível altamente corrosivo. Isto pode desgastar prematuramente os *risers*⁸, fazendo com que a empresa tenha que substituir o tubos com mais frequência.

⁸Risers: tubos flexíveis por onde o óleo passa.

4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Atualmente, o petróleo é, provavelmente, o mineral marinho mais explorado atualmente no Brasil. A maior parte das reservas de petróleo de origem marinha encontra-se na Bacia de Campos e Bacia de Santos, situada na margem continental dos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo, perfazendo 95% da produção marinha brasileira. Ao mesmo tempo em que busca novas tecnologias para a exploração de óleo existe a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico do país com medidas de mitigação e adaptação ante as mudanças ambientais globais que ameaçam a vida no planeta. A exploração deste recurso exige um processo de licenciamento ambiental, que determina medidas para minimizar esses impactos.

4.1 O Dióxido de Carbono

A destinação a ser dada ao dióxido de carbono, o principal gás causador do efeito estufa, é um desafio ambiental. Segundo informação do Ministério de Minas e Energia, o teor de carbono no campo de Tupi, o primeiro descoberto na região do pré-sal, é de 8% a 12%, ao passo que a média nacional é de 4%.

A Coppe⁷ está abrindo uma nova área de pesquisa para estudar e desenvolver tecnologias de captura e armazenamento de carbono. Estão sendo formatados projetos em conjunto com a China, um dos países mais avançados nessa área.

Embora os chineses estudem o assunto porque sua economia é largamente baseada na utilização de termelétricas a carvão, os projetos conjuntos com o Brasil podem ser dirigidos para o sequestro e armazenamento do carbono proveniente do petróleo. A criação, em 2009, do Centro Brasil-China de Mudanças Climáticas e Tecnologias Inovadoras de Energia, fruto de um acordo entre a Coppe e a universidade chinesa de Tsinghua, abriu o caminho para o intercâmbio entre os cientistas dos dois países.

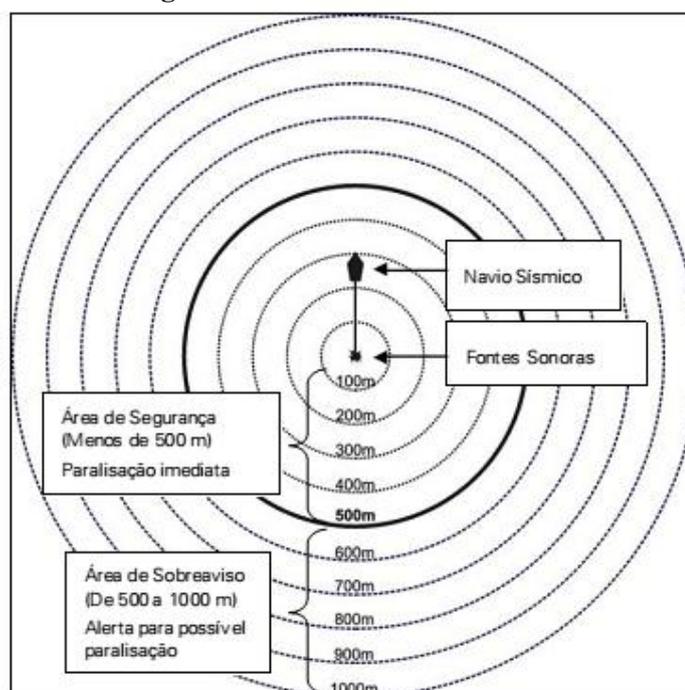
⁷ Coppe: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Fundada em 1963 pelo engenheiro Alberto Luiz Coimbra, ajudou a criar a pós-graduação no Brasil e ao longo de quatro décadas tornou-se o maior centro de ensino e pesquisa em engenharia da América Latina

4.2 Impacto da Prospecção Sísmica

Não existem estudos conclusivos sobre as consequências da sísmica marítima em águas brasileiras. Porém, de acordo com o Guia Preliminar para Licenciamento Ambiental para Atividades de Sísmica Marítima na Costa Brasileira (2003) desenvolvido pelo ELPN/DILIQ/IBAMA com a cooperação técnica da ANP, há estudos internacionais sobre o tema que afirmam que a atividade causa a mortalidade de peixes, reduzindo significativamente as capturas. Além disso, a atividade sísmica pode causar impacto na pesca pela formação de uma "barreira sônica" que pode impedir que os peixes tenham acesso a seus locais de desova e por seus impactos sobre o plâncton em áreas de desova e de concentração de larvas.

Com o intuito de minimizar esse impacto e as consequências destes sons, foi considerada como Área de Influência para o meio biótico a área formada por um raio de 1.000 metros com origem no centro do arranjo dos cilindros de ar comprimido, ou seja, a partir da origem do som produzido. Portanto, em todas as ocasiões que baleias, golfinhos e/ou tartarugas forem avistados a menos de 500 metros das fontes sonoras, a atividade é paralisada imediatamente e caso esses animais sejam avistados entre 500 e 1000 metros de distância, toda a tripulação é colocada em sobreaviso para uma possível paralisação.

Figura 8: Área de Influência sísmica



Fonte: www.petroelo21.blogspot.com

4.3 Conflito com a Atividade Pesqueira

No Brasil, mais da metade do volume de pesca é realizada por pescadores comerciais artesanais e de pequena escala, que juntos possuem a maior frota nacional. Para estes, os impactos da exploração do petróleo são ainda maiores que a pesca comercial de grande escala, realizada pelas indústrias pesqueiras.

Na fase de prospecção sísmica, há restrição do espaço para pesca. No caso do pescador insistir em utilizar o espaço ocupado pela operação de sísmica, podem ocorrer danos aos seus equipamentos de pesca, pelo contato destes com as embarcações e com os cabos sismográficos. Além disso, as atividades de sísmica exercem os efeitos descritos no capítulo 4.2.

Nas atividades de perfuração de poços exploratórios de petróleo, assim como as atividades sísmicas, restringem o uso do espaço marítimo para a atividade pesqueira, gerando impactos diretos para os pescadores. A atividade de perfuração também interfere nas populações de peixes afetando sua distribuição, composição e comportamento em razão de ruídos de possíveis derramamento de óleo que possam vir a ser provocados.

É importante ressaltar também que as plataformas de perfuração acaba tornando-se em um fator de atração de cardumes, seja pelo descarte de material orgânico, seja por serem "recifes artificiais", constituindo-se em mais um foco de conflito pois os pescadores, mesmo sabendo do perigo, desobedecem à proibição de não entrar nessas áreas para explorar os recursos pesqueiros atraídos até esses locais.

4.4 Estímulo a Vida Marinha

A indústria do petróleo também se vê às voltas com a tarefa de dar um destino ambientalmente seguro a plataformas e tubulações desativadas. No Brasil ainda não há plataformas desativadas, mas já há uma grande quantidade de dutos sem serventia. A 6 quilômetros da costa de Rio das Ostras, próximo a Macaé, a Coppe está testando recifes artificiais construídos com dutos descartados pela Petrobras, para estimular o crescimento da vida marinha e atrair peixes. O objetivo é desenvolver a precária pesca praticada na região. Com altura de prédios de três andares, os recifes têm formatos variados – cubos, pirâmides,

prismas, montados pelo encaixe de dutos, como num jogo de armar gigante. Em poucos meses, os organismos marinhos revestem os tubos com variadas formas de vida.

4.5 Vazamento de Óleo

Os resultados dos derramamentos de petróleo emitem danos imediatos e de longo prazo ambiental. Muitos desses danos causam ao meio ambiente consequências drásticas, pois o vazamento de óleo podem durar décadas após o derramamento. A gravidade dos danos ambientais causados por um derrame de óleo em particular depende de muitos fatores, incluindo a quantidade do petróleo derramado, o tipo e peso do óleo, a localização do vazamento, as espécies de animais selvagens na área, a temporização ou ciclos de reprodução e as migrações sazonais, e até mesmo o clima no mar durante e imediatamente após o derramamento de óleo.

Catástrofes como um vazamento de óleo no mar apresentam muitas dificuldades devido a existência de determinados fatores como: o clima, a velocidade do vento, o tamanho do vazamento, etc. dificultam o processo de correção.

Isso ocorre porque quanto maior é a mancha mais difícil é a maneira de reparar o acidente. O vazamento vai se espalhando fazendo com que o tempo passe a ser cada vez, mas precioso para os animais e plantas que vivem naquele lugar, necessitando de uma solução rápida e eficiente.

Como exemplo do efeito drástico da contaminação com óleo pode ser citado os pássaros. Basta pequena quantidade de óleo para causar a sua mortalidade, pois o óleo irá cobrir as suas penas, fazendo com que se torne impossível o seu voo. O óleo também destrói sua impermeabilização natural e isolamento, deixando-os vulneráveis à hipotermia ou superaquecimento.

Derramamentos de petróleo danificam mares, oceanos e manguezais consequentemente o frágil ecossistema marinho. O óleo derramado por plataformas de petróleo offshore mancha e afeta todos os organismos que toca e se torna parte indesejada e permanente em cada ecossistema que entra. Se uma mancha de óleo vinda de um grande vazamento de petróleo atinge a praia, a camada de petróleo adere a cada pedra e grão de areia. Se o óleo é derramado em pântanos costeiros, manguezais ou zonas úmidas, as plantas

fibrosas e gramíneas absorvem o elemento, que pode danificar a flora e tornar toda a área inadequada como habitat dos animais selvagens.

Com o intuito de tratar esse problema, o Brasil é signatário das principais Convenções Internacionais como:

- Convenção Internacional Sobre Responsabilidade Civil Por Danos Causados Por Poluição de Óleo (CLC-69), onde foi criado um sistema de responsabilidade objetiva (independente de culpa) do proprietário da embarcação e garantir reparação dos danos;

- Convenção Internacional Para Prevenção da Poluição Causada Por Navios (Marpol 73/78) onde foi implantado o Port State Control, garantindo a possibilidade de inspeção nas embarcações;

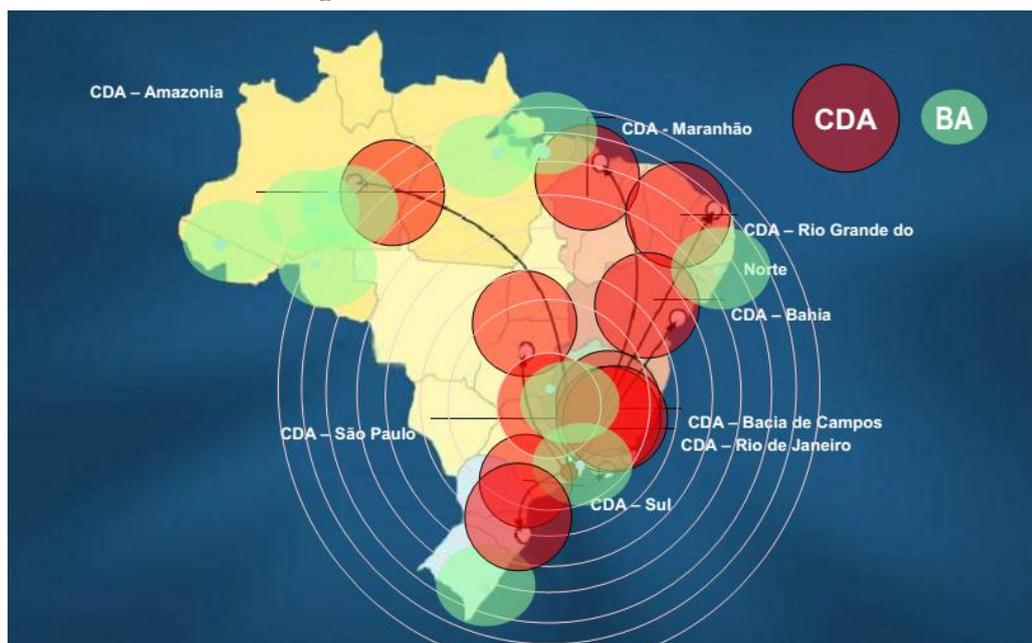
- Convenção Internacional Sobre Resposta e Cooperação em Caso Por Poluição Por Óleo (OPRC/90) que promove a cooperação entre os Estados tendo por propósito a preservação e a prevenção dos danos ao meio ambiente e prevê o estabelecimento pelos Estados de planos de contingência, a fim de permitir uma resposta eficaz para a poluição.

Na legislação brasileira foi criada a Lei 9.966/2000 (Lei do Óleo) que dispõe sobre a prevenção, controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo;

A Resolução CONAMA 398/08 dispõe sobre o conteúdo mínimo do plano de Emergência individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, e orienta a sua elaboração.

O PEI, Plano de Emergência Individual, adotado pela Petrobras, consiste em uma estratégia de resposta a eventuais incidentes. Ele define o conjunto de medidas que determinam e estabelecem as responsabilidades e ações a serem desencadeadas imediatamente após um eventual incidente de derramamento de óleo no meio ambiente, bem como os procedimentos e recursos, tanto humanos como materiais, adequados à prevenção, controle e combate a esse derramamento de óleo.

Como parte integrante do PEI podemos citar o CDA - Centro de Defesa Ambiental espalhados em pontos estratégicos no Brasil, que ficam de prontidão 24 horas por dia, com pessoal treinado e com equipamentos destinados ao combate da poluição de óleo no mar.

Figura 9: Centro de Defesa Ambiental

Fonte: www.petrobras.com.br

Podemos mencionar também as embarcações dedicadas (*Oil Spill Recovery Vessel*) distribuídas por setores prontas são capazes de executar operações de resposta a emergências de derramamento de óleo.

Figura 10: Vazamento de petróleo na Baía de Campos

Fonte: www.uol.com.br

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde algum tempo, o petróleo tem um papel fundamental na economia do Brasil. Após a crise do petróleo na década de 70, onde os preços dispararam vertiginosamente, o país ficou acochado pela enorme dependência do óleo importado, levando a Petrobras procurar petróleo na então quase desconhecida Bacia de Campos. Graças à insistência do chefe de exploração da Petrobras, Carlos Walter Marinho Campos, contrariando a maioria, fez com que o Brasil atingisse, hoje, o Pré-Sal. Em sua homenagem a Petrobras batizou com seu nome a base de operação de exploração e produção da bacia de Campos.

A descoberta do petróleo na camada do Pré-Sal representa um novo marco na indústria petrolífera brasileira que exigirá altos investimentos e novas tecnologias. Contudo isso ocasiona riscos e impactos ambientais que devem ser controlados e mitigados para o bem-estar da Nação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2001.

NETO, José Benedito Ortiz. **A petrobras e a exploração offshore no Brasil**. Rio de Janeiro, 2007.

História do petróleo no Brasil. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet06.shtml>. Acesso em: set. 2013.

Pesquisa petrolífera do Brasil na fronteira do conhecimento. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet07.shtml>. Acesso em: set. 2013.

FRAGA, Carlos Tadeu da Costa. **O pré-sal e seus desafios**. Audiência Pública no Senado Federal. Em setembro 2013.

NEPOMUCENO, Francisco. **Experiências da Petrobras no caminho do pré-sal**. Rio Oil & Gas Conference. Rio de Janeiro. Palestra em setembro 2013.

SILVA, Juliana Marsico. **Impactos Ambientais da Exploração e Produção de Petróleo na Bacia de Campos**. Rio de Janeiro, 2008.

Gomes, Abílio S. **Causas e Consequências do Impacto Ambiental da Exploração dos Recursos Minerais Marinhos**. Rio de Janeiro, 2001.