

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MAERCANTE**

**FILIFE REVOREDO FIGUEIREDO**

**PLATAFORMAS MARÍTIMAS**

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**FILIPÉ REVOREDO FIGUEIREDO**

**PLATAFORMAS MARÍTIMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Nelio Fernandes Pereira.

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**FILIFE REVOREDO FIGUEIREDO**

**PLATAFORMAS MARÍTIMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Nelio Fernandes Pereira

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

*O coração do que tem discernimento adquire conhecimento; os ouvidos dos sábios saem à sua procura. Provérbios 18:15*

## **Resumo**

Há quase meio século iniciaram-se as atividades de exploração de petróleo no mar em território nacional, desde então a participação da produção offshore ocupou a maioria de toda a produção nacional. Como consequência disso, a construção e o desenvolvimento das plataformas marítimas, bem como as inovações e instalação dessas estruturas jamais retrocedeu. O presente trabalho fará uma superficial análise e estudo dos mais diversos tipos de unidades de produção offshore, tratando temas como: construção, transporte, fixação, amarração, posicionamento e operação destas unidades. A metodologia empregada foi baseada em artigos técnicos, livros, documentários, artigos acadêmicos e vídeos produzidos por diversas empresas do ramo petrolífero.

Palavras-chave: Pré-Sal. Petróleo. Plataformas. Offshore. Unidades de Produção.

## **Abstract**

For almost half century began the oil exploration activities in the territorial waters, since then the participation of the offshore production occupies the majority of all national production. As result of this, the construction and the development of maritime platforms, as well the innovations and installations of this structures never retroceded. This work will make a superficial analysis and study of several kinds of offshore production units, covering topics such as: building, transport, anchorage, positioning, mooring and operation of these units. The applied methodology was based in technical articles, books, documentaries, academics articles and videos produced by many kinds of companies from oil sector.

Keywords: Pre-salt. Oil. Platforms. Offshore. Production Platform.

## Lista de Ilustrações

Figura 1 - Evolução da exploração de petróleo no solo marinho.	12
Figura 2 - Evolução das reservas provadas de petróleo e gás natural.	13
Figura 3 – Ranking mundial de reservas de petróleo.	14
Figura 4 – A Amazônia Azul.	15
Figura 5 – Tipos de Plataformas.	16
Figura 6 – Plataforma fixa.	18
Figura 7 – Torre Complacente.	19
Figura 8 – Plataforma Autoelevável.	20
Figura 9 – Troll A.	21
Figura 10 – Plataforma Semissubmersível.	23
Figura 11 – FPSO Cidade de Paraty.	24
Figura 12 – Plataforma tipo TLP.	25
Figura 13 – Plataforma tipo SPAR.	26
Figura 14 – Navio <i>Heavy Lift</i> .	27
Tabela 1 – Quadro comparativo das modalidades de transporte.	28
Figura 15 – Sistemas de Amarração.	31
Figura 16 – Amarração com <i>Turret</i> .	32
Figura 17 – Boia sistema CALM.	32
Figura 18 – Sistema SALM.	33
Figura 19 – Inspeção da Árvore de Natal.	37
Figura 20 – Blow Out Preventer.	38

## Sumário

<b>1. Introdução</b>	<b>10</b>
<b>2. Histórico das atividades offshore no Brasil</b>	<b>11</b>
2.1. Cronologia	11
2.2. Amazônia Azul, Pré-Sal e novas perspectivas	12
<b>3. Tipos de Plataformas Marítimas</b>	<b>15</b>
3.1. Plataformas Fixas	16
3.1.1. Jaqueta	17
3.1.2. Torre Complacente	18
3.1.3. Autoelevável, autoelevatória ou Jack-up	19
3.1.4. Plataformas de Gravidade	20
3.2. Plataformas Flutuantes	21
3.2.1. Semissubmersível	22
3.2.2. Navios-Sonda	23
3.2.3. TLP (Tension Leg Platform)	24
3.2.4. SPAR	25
<b>4. Instalação das plataformas offshore</b>	<b>27</b>
4.1. Transporte das Plataformas	27
4.2. Instalação das Plataformas Fixas	29
4.2.1. Instalação das Jaquetas	29
4.2.2. Instalação das Plataformas de Gravidade	29
4.2.3. Instalação das Autoelevatórias	30
4.3. Instalação das Plataformas Flutuantes	30
4.3.1. Tipos de Ancoragem	31
4.3.2. Posicionamento das Plataformas Semissubmersíveis	34
4.3.3. Posicionamento dos navios-sonda	35

4.3.4. SPAR	35
<b>5. Posicionamento Dinâmico e Sistemas de Referência.</b>	<b>35</b>
5.1. Posicionamento Dinâmico	35
5.2. Sistemas de Referência	36
5.2.1. Sistema de Referência GPS/DGPS	37
5.2.2. Sistema de Referência Hidrostático	37
<b>6. Equipamentos de Exploração</b>	<b>38</b>
<b>7. Estudo aprofundado das FPSOs</b>	<b>40</b>
7.1. Vantagens e Desvantagens do emprego de uma FPSO	41
<b>Considerações Finais</b>	<b>43</b>
<b>Referências</b>	<b>44</b>

## 1. Introdução

As novas descobertas de reservas de petróleo e gás em águas profundas iniciaram uma verdadeira revolução na indústria de petróleo, exigindo novas tecnologias, profissionais qualificados, legislações específicas e uma estrutura logística moderna e arrojada.

Possuindo características únicas, os recentes campos de exploração na área do pré-sal exigiram o desenvolvimento de tecnologias nacionais que superassem os desafios da profundidade e distância da costa. Com isso, as plataformas flutuantes inseriram-se nesse contexto como as estruturas mais importantes de todo o sistema de exploração.

O surgimento de novos modelos de plataformas marítimas acompanhou a expansão da exploração para águas profundas e ultraprofundas, tornando anacrônicos sistemas e unidades herdadas do século passado.

Este trabalho irá abordar a totalidade dos diversos tipos de unidades de exploração, classificando-as em dois grupos distintos: unidades fixas e unidades flutuantes. Abordará temas básicos tais como: construção, transporte, posicionamento e operação.

De maneira mais específica, o último capítulo irá discursar sobre as unidades flutuantes de produção (FPSOs), destacando seu emprego majoritário nos campos nacionais, sua flexibilidade operacional e a alta tecnologia empregada nesta estrutura.

Em sua totalidade, este texto fornecerá conhecimentos básicos e gerais sobre todos os tipos de unidades de exploração de petróleo, permitindo que o leitor compreenda as diferentes etapas da montagem de um sistema offshore e seus componentes e equipamentos.

## **2. Histórico das atividades offshore no Brasil**

### **2.1. Cronologia**

Tendo como marco inicial a perfuração do poço DNPM-163, em Lobato, Bahia, em 1939, a uma profundidade de 210 metros, a história da exploração de petróleo offshore foi marcada por diversas tentativas e estudos que somaram cerca de 50 anos.

A descoberta de petróleo no litoral da Bahia gerou uma expectativa que culminou na perfuração de mais de 80 poços ao longo de um ano, no entanto, foi somente em Candeias, Bahia, no ano de 1942 que surgiu o primeiro empreendimento comercialmente viável.

Visando a necessidade de se criar uma instituição que fosse responsável pela exploração de petróleo no Brasil, em 3 de outubro de 1953, no governo Vargas, foi criada a Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A., além de instituir o monopólio estatal sobre a pesquisa, extração, produção, refino e transporte do petróleo brasileiro e seus derivados.

A partir de sua criação, a Petrobras vem crescendo significativamente e a cada década apresenta resultados relevantes na evolução da produção de petróleo e na descoberta de novas jazidas no Brasil e no mundo.

Devido ao avanço da industrialização no país e as crises do petróleo no início e final da década de 70, a necessidade da descoberta de novas reservas nacionais impulsionou a indústria do petróleo nacional, possibilitando uma conjuntura de fatores que alavancaram a produção nacional e o setor naval e tecnológico offshore.

Um fato de grande importância na história da indústria do petróleo brasileira ocorre na década de 60, em Sergipe, com a primeira descoberta no mar de poços cuja exploração seria viável. Reforçada pelos fatores já expostos, a década de 70 foi marcada pela descoberta da província petrolífera da Bacia de Campos, através do campo Garoupa. Nos anos 80, os campos gigantes de Marlim e Albacora, ambos em águas profundas, foram descobertos, enquanto que na década de 90, Roncador e Barracuda, todos na Bacia de Campos, mereceram destaque.

Na última década o país passou a figurar entre os principais países do mundo no que tange a exploração de petróleo, seja por conta de suas novas descobertas, seja por conta de sua extrema capacidade e amplo *know how* além do pioneirismo da exploração em águas profundas e ultraprofundas. Tal fato levou o país, em 2005, a alcançar a tão esperada meta de autossuficiência.

A situação histórica, econômica e energética que o país vive hoje continua exigindo cada vez mais o aumento da produção de petróleo e gás natural. Isto acarretou nos esforços públicos e privados em se descobrir novas reservas, o que foi concretizado com as recentes descobertas nas camadas de Pré-Sal, rotulando-as como a maior reserva de petróleo encontrada nos últimos anos.

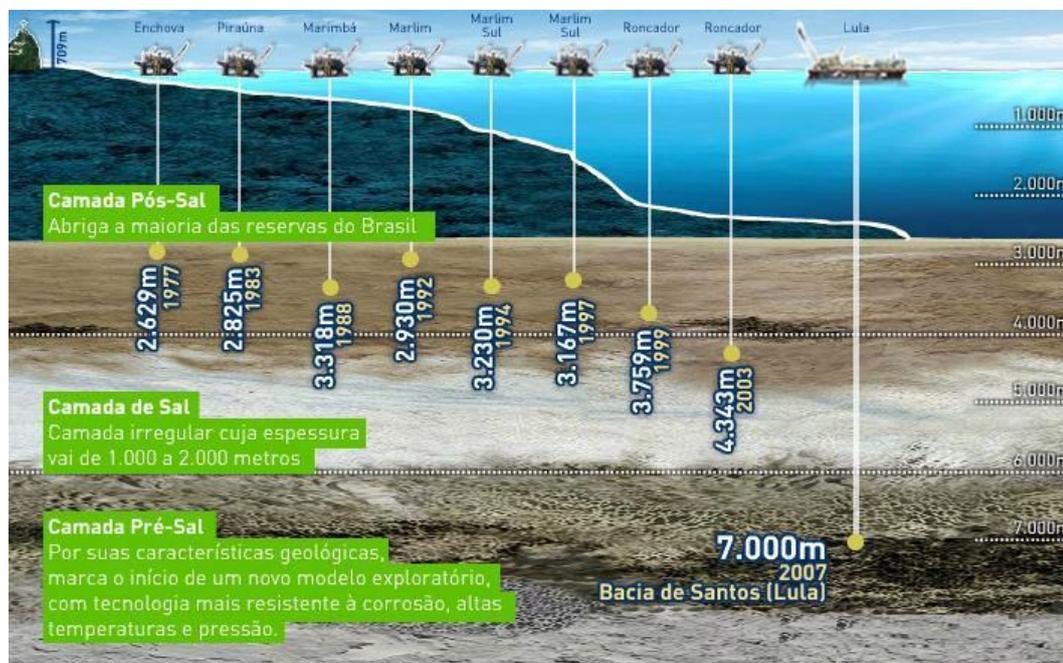


Figura 1 - Evolução da exploração de petróleo no solo marinho.  
FONTE: PETROBRAS

## 2.2. Amazônia Azul, Pré-Sal e novas perspectivas

Com dimensões que superam 800 Km de extensão e 200 Km de largura, totalizando cerca de 149.000 Km<sup>2</sup> a província do Pré-Sal possui suas reservas estimadas em cerca de 16 bilhões de barris, isto somente em apenas 1/4 de sua totalidade territorial.

A descoberta de tal riqueza nacional somente foi possível após a realização de estudos geológicos nas décadas de 90 e anos 2000. Estes estudos se concretizaram devido ao programa de Levantamento Sísmico, que

integra o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC), que é o programa do governo brasileiro, instituído por lei, cujo objetivo é estabelecer no seu enfoque jurídico o limite da Plataforma continental além das 200 milhas da Zona Econômica Exclusiva em conformidade com os critérios estabelecidos pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM).

A recém consolidada Amazônia Azul é uma imensa área tão rica como a própria Amazônia Verde e que representa cerca de 4,5 milhões de quilômetros quadrados, um acréscimo de 52% de área ao território nacional.

O ano de 2004 foi marcado pelo início do rastreamento e perfuração por navios-sonda no campo de Parati, sob 7600m de profundidade, no entanto somente foram encontradas grandes reservas de gás contendo pouco petróleo em sim. Dois anos após, em 2006, as expectativas de descoberta de petróleo efetivo foram concretizadas após diversas tentativas no gigantesco campo de Tupi, estimando-se volumes de 5 a 8 bilhões de barris, superando todas as previsões geológicas.

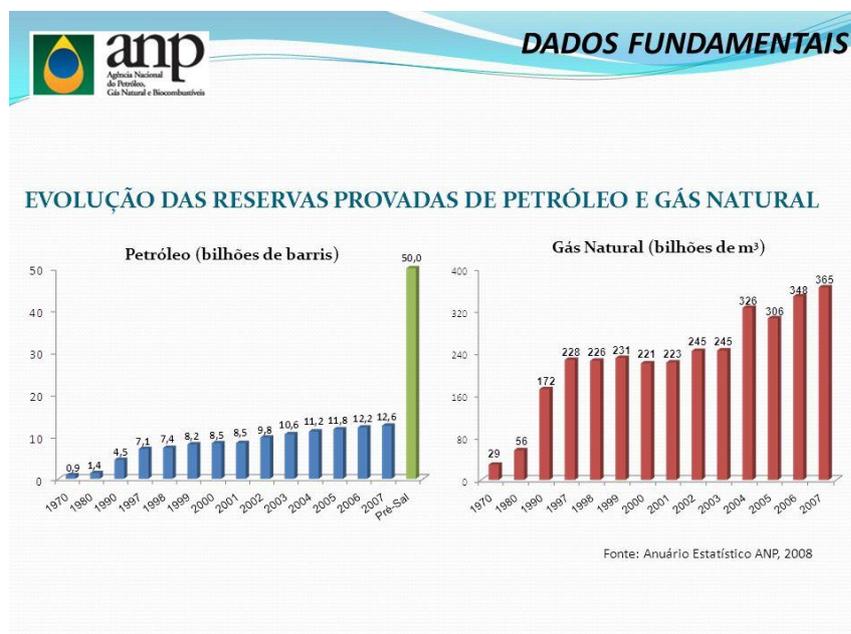


Figura 2 - Evolução das reservas provadas de petróleo e gás natural.  
FONTE: Agência Nacional do Petróleo, gás natural e biocombustíveis (ANP)

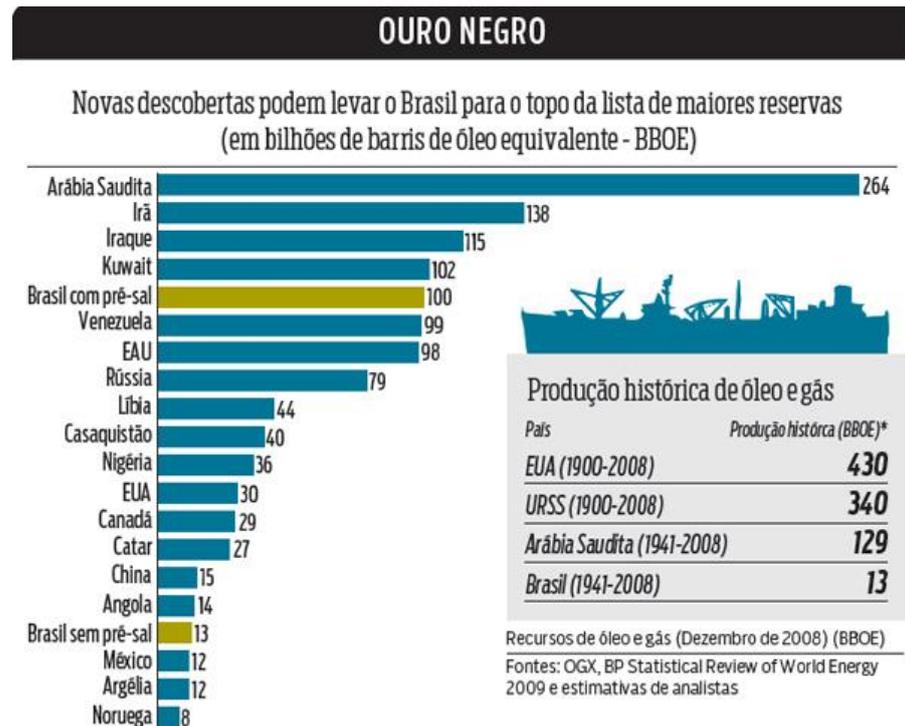


Figura 3 – Ranking mundial de reservas de petróleo.  
FONTE: Revista Isto É.

No entanto, a extração do petróleo de Tupi deu início a uma série de desafios que deveriam ser superados pela indústria de petróleo e gás nacional. Localizado em rochas porosas nas camadas inferiores sob 2000m de sal, com lamina d'água que chega a superar 2500m e cerca de 3000m de solo rochoso, as recentes reservas do Pré-sal exigiriam para sua exploração economicamente viável e segura, tanto ambientalmente quanto para os recursos humanos empregados, de uma enorme logística terrestre e marítima, além do emprego de altas tecnologias ainda a serem desenvolvidas, qualificação de mão-de-obra especializada, diversas contratações e a resolução de toda a burocracia legislativa.

Os estudos desenvolvidos para possibilitar a retirada das riquezas do pré-sal criaram e reformularam novos modelos de plataformas, tubulações, dutos, perfuratrizes, módulos de produção, entre outros. Os diferentes modelos de plataformas marítimas serão estudados mais detalhadamente no capítulo a seguir.

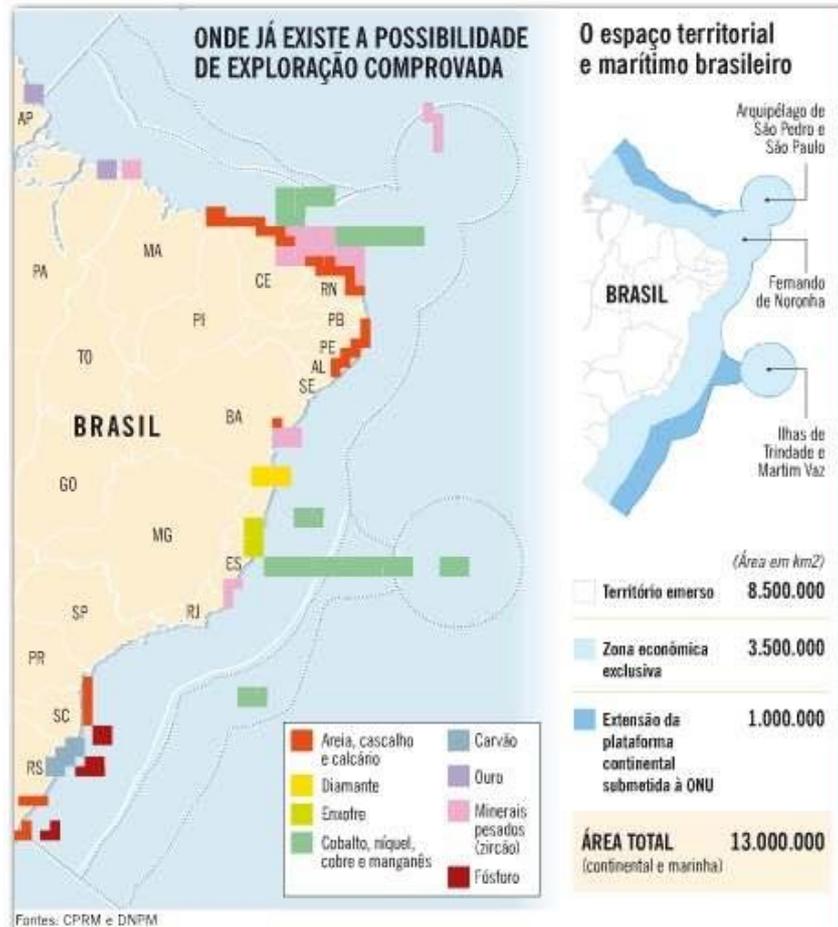


Figura 4 – A Amazônia Azul  
 FONTE: Jornal O Globo

### 3. Tipos de Plataformas Marítimas

Os diversos tipos de plataformas foram desenvolvidos ao longo da necessidade de construção de estruturas que se adequassem às variadas condições em que o petróleo se encontra. Isto engloba os mais diversos fatores, os quais tem como mais importante a profundidade em que o petróleo se encontra.

Basicamente, as plataformas podem ser classificadas de diversas maneiras, no entanto as três mais usadas são:

- Fixa ou flutuante, sendo a primeira caracterizada por ser apoiada no solo marítimo e entende-se por plataforma flutuante uma estrutura livre posicionada por sistema de ancoragem;
- Perfuração ou Produção, sendo a primeira, que efetua a perfuração dos poços produtores e exploratórios de petróleo e as unidades de produção são posicionadas nos campos já descobertos;

- c) Completação Seca ou Molhada, diferem na posição que é usada a árvore de natal, se e colocada no convés da plataforma é dita seca, se for colocada no solo marítimo (cabeça do poço) é dita molhada;

Vale ressaltar que a escolha do tipo de plataforma empregada em determinado poço ou poços é resultado de uma serie de estudos e analises, dentre os quais destaca-se o EVTE (Estudo de Viabilidade Técnico Econômica), que utiliza uma serie de parâmetros para definir o tipo que melhor se adequa à situação pois há limitações quanto a lamina d'água, o processamento e armazenagem do óleo e gás e a viabilidade econômica do processo.

Este trabalho irá se deter somente a analise das principais plataformas offshore de acordo com a classificação destas em fixas ou flutuantes, perfuração ou produção, limitando-se ao período operacional destas.

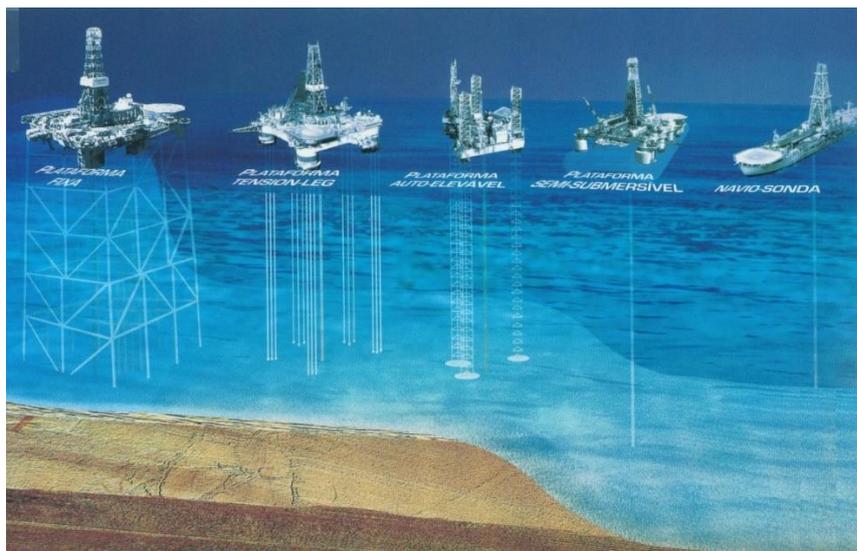


Figura 5 – Tipos de Plataformas  
 FONTE: Portal Metalica

### 3.1. Plataformas Fixas

São definidas como unidades de produção ou perfuração fixadas ao solo marinho, através de estacas ou por gravidade, nos modelos mais atuais. Caracterizadas por estarem apoiadas diretamente no solo e por serem utilizadas em pequenas laminas d'água, em torno de 300 metros.

Sendo as primeiras plataformas a serem desenvolvidas e as mais comumente utilizadas, as plataformas fixas possuem como principal limitação sua pequena lamina d'água admissível, uma vez que em águas mais profundas a instabilidade

estrutural das treliças e hastes exija uma base muito maior, devido a isso e às distâncias quilométricas, a quantidade de material empregado para montagem de tal estrutura se torna inviável em todos os aspectos econômicos e de segurança. Vale frisar que os poços de petróleo mais recentes chegam a ser encontrados em profundidades absolutas superiores a 7000 metros e nessa profundidade são empregadas plataformas flutuantes.

Por quase não possuírem movimentos e graus de liberdade, todas as plataformas fixas possuem a vantagem da completação seca, ou seja, a árvore de natal encontra-se na superfície, facilitando sua manutenção e inspeção. As plataformas fixas se subdividem em quatro tipos: Jaqueta, Torre Complacente, Autoelevatória e de Gravidade.

### 3.1.1. Jaqueta

São estruturas utilizadas tanto para perfuração quanto produção de petróleo e gás em profundidades de até 400 metros. Tem como principal característica uma estrutura de revestimento constituída por tubos de aço, por isso recebe o nome de jaqueta. É formada por estruturas treliçadas onde se apoiam a superestrutura e seus módulos de produção, sendo fixada ao solo através de estacas, possui geralmente de 4 a 8 pés fixos para alcançar a estabilidade contra a ação de ondas e ventos.

Uma característica marcante nas plataformas tipo Jaqueta é que estas são incapazes de armazenar seus produtos em grandes quantidades, sendo necessário o escoamento direto para terra através de dutos ou indiretamente com o uso de navios aliviadores.

O transporte desse tipo de plataforma é feito por rebocadores ou através do içamento, dependendo de seu tamanho, que posicionam a estrutura no poço a ser explorado. Após o transporte, a etapa que se segue é a de estaqueamento, que fixa a plataforma fixa ao solo marinho.

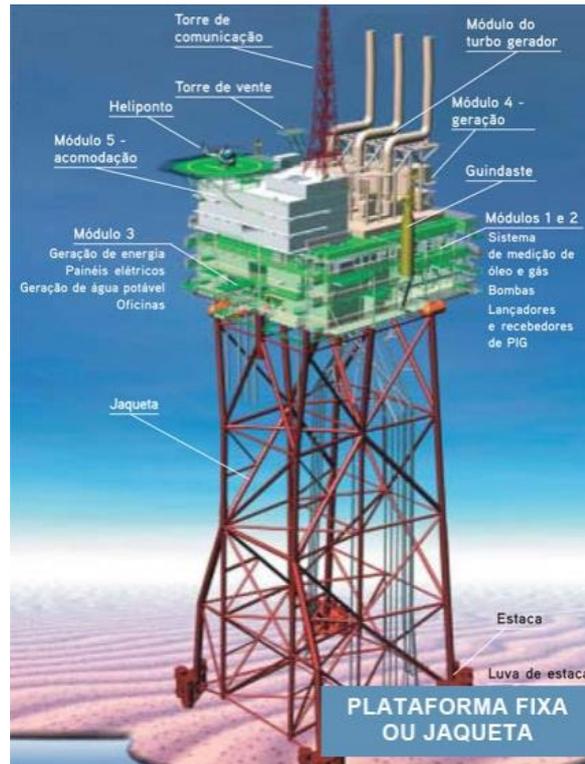


Figura 6 – Plataforma fixa  
 FONTE: Petrobras

### 3.1.2. Torre Complacente

Semelhante á plataforma tipo Jaqueta, possui tubos de aço como revestimento e estrutura treliçada, diferindo apenas no formato. Enquanto a Jaqueta possui base mais ampla, a torre complacente é formada por uma única torre estreita e flexível para suportar forças laterais através de deflexões, possibilitando um aumento na estabilidade para laminas d'água superiores a 400 metros.

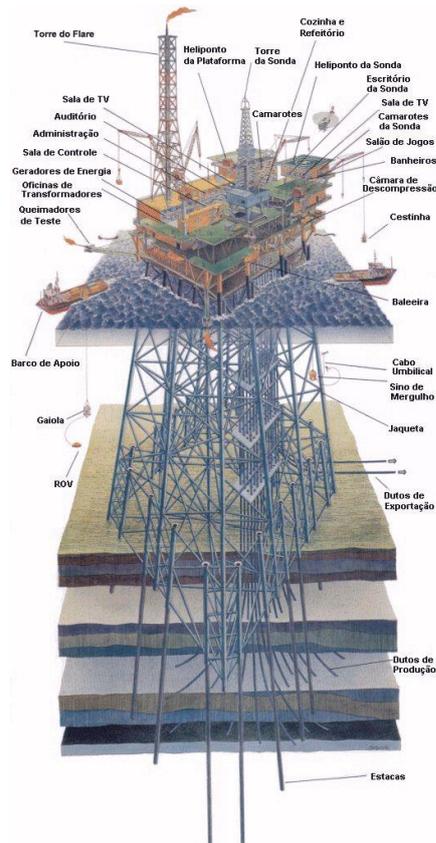


Figura 7 – Torre Complacente  
FONTE: Petrobras

### 3.1.3. Autoelevável, autoelevatória ou Jack-up

Definidas como unidades móveis que, quando estão em operação, são fixadas no piso marinho através de pernas treliçadas que se encontram nas extremidades da plataforma. Possui a capacidade de, uma vez rebocada até o local de exploração, a plataforma deslocar-se verticalmente ao longo de suas pernas acima da linha d'água.

Tem por finalidade a perfuração de poços exploratórios de petróleo na plataforma continental em profundidades de até 130 metros e, portanto, são mais vantajosas, visto que se adaptam às diversas profundidades podendo atender à diversos poços ao longo de sua vida útil. Possuem, inclusive, a vantagem de em águas mais profundas apresentarem maior resistência a flambagem (torção provocada devido a esforços axiais de compressão) e serem mais “transparentes” as ondas.

Constituídas basicamente de uma balsa equipada com estrutura de apoio, ou pernas que, acionadas mecânica ou hidráulica, movimentam-se para baixo até

atingirem o fundo do mar após serem rebocadas até o local de exploração. Em seguida, inicia-se a elevação da plataforma acima do nível da água, a uma altura segura e fora da ação das ondas.



Figura 8 – Plataforma Autoelevável.  
FONTE: Schahin S.A.

#### 3.1.4. Plataformas de Gravidade

Assim como todas as plataformas fixas, as plataformas de Gravidades são fixas ao solo, se diferindo das anteriores no material empregado na construção de sua estrutura, sendo sustentadas por colunas de concreto. Tem como finalidade a retirada de petróleo de profundidades que podem atingir até 400 metros e, assim como a Jaqueta, podem escoar o óleo e gás produzidos através de dutos ou navios aliviadores.

Devido a sua alta estabilidade estrutural, as plataformas de gravidade dispensam a utilização de âncoras e complexos sistemas de posicionamento, além de permitirem um maior armazenamento do óleo produzido em sua própria estrutura.

Seguindo o padrão das outras plataformas fixas, a plataforma de gravidade possui completação seca, devido a sua alta estabilidade.

A Troll A, a maior e mais famosa plataforma marítima do mundo, sendo também a maior estrutura transportada pelo homem, pode ser classificada como uma plataforma de gravidade. Tendo sua construção finalizada em 1995, após 4 anos de concretagem e montagem de seus módulos, esta gigantesca estrutura, com seus 472 metros de altura e 656.000 toneladas, foi finalmente transportada ao longo de 200 km, partindo de Vats, na Noruega, até o Campo de Troll, no mar do Norte. A escolha deste tipo de plataforma para o campo de Troll teve como fator principal a necessidade de uma estrutura mais estável e de melhor posicionamento para a exploração de gás nesta região que é muito conhecida por suas condições meteorológicas e de navegação adversas.



Figura 9 – Troll A.  
FONTE: Blog Mercante

### 3.2. Plataformas Flutuantes

Em virtude do avanço da exploração de petróleo e gás em profundidades que superaram 1000 metros, as plataformas fixas se tornaram inviáveis economicamente e estruturalmente na exploração em águas profundas e ultraprofundas. Desta forma,

surgiram as plataformas flutuantes que são estruturas complacentes e livres que necessitam de um complexo sistema de ancoragem e posicionamento.

Assim como as plataformas fixas, as plataformas flutuantes se subdividem em diversos modelos que se desenvolveram de acordo com as condições e localização dos poços, se diferenciando uma das outras na capacidade de produzir e armazenar, apenas produzir ou apenas armazenar seu produto e nos tipos de ancoragem.

Esta seção abordará as plataformas semissubmersíveis, os Navios-Sonda, a TLP (*Tension Leg Platform*) e a Spar.

### 3.2.1. Semissubmersível

Podem ser definidas como estruturas flutuantes utilizadas para perfuração de poços ou produção de petróleo e gás, compostas basicamente de uma estrutura com um ou mais conveses, apoiada em flutuadores submersos. Uma unidade flutuante sofre movimentações devido à ação das ondas, correntes e ventos, com possibilidade de danificar os equipamentos a serem descidos no poço. Por isso, torna-se necessário que ela fique posicionada na superfície do mar, dentro de um círculo com raio de tolerância ditado pelos equipamentos de superfície. Dois tipos de sistemas são responsáveis pelo posicionamento da unidade flutuante: o sistema de ancoragem e o sistema de posicionamento dinâmico (DP).

O sistema de ancoragem das chamadas semisubs é constituído de 8 a 12 âncoras, cabos e correntes, atuando como molas que produzem esforços capazes de restaurar a posição do flutuante quando é modificada pela ação das ondas, ventos e correntes. Os sistemas de ancoragem e posicionamento dinâmico serão vistos mais aprofundadamente no próximo capítulo deste trabalho.

As plataformas semissubmersíveis podem ter propulsão própria, desta forma, apresentam grande mobilidade, sendo escolhidas preferencialmente na perfuração de poços, se comportando muitas vezes como estruturas temporárias. Isto se deve à existência de seus flutuadores que adicionam alta flexibilidade operacional à plataforma, contendo tanques de lastro, água de processo, combustível, água potável, entre outros, além poderem sustentar sistemas de propulsão.



Figura 10 – Plataforma Semissubmersível  
FONTE: Odebrecht

### 3.2.2. Navios-Sonda

Os Navios-Sonda são unidades estacionárias flutuantes (*Floating*) que podem Produzir (*Production*), Extrair (*Drilling*) ou Armazenar (*Storage*) petróleo e efetuam o escoamento (*Offloading*) deste. Surgiram a partir da necessidade de exploração em águas profundas e ultraprofundas e do término da vida útil dos grandes petroleiros ULCC (Ultra Large Crude Carrier) e VLCC (Very Large Crude Carrier), reaproveitando a alta capacidade de armazenagem destes e sua elevada mobilidade.

A ideia de criação dos Navios-Sonda desenvolveu-se a partir na necessidade de uma solução rápida, eficiente e econômica para o problema da exploração de petróleo nas profundas reservas do Pré-Sal, Golfo do México e Mar do Norte. Coincidindo com o término da vida útil dos superpetroleiros das décadas de 70 e 80, o projeto de navios-sonda, como as FPSOs, adotou a reutilização do casco e estruturas desses navios como a mais eficaz solução para o curto prazo e os recursos econômicos e tecnológicos limitados.

Este trabalho possui uma unidade específica para dissertar sobre as FPSOs, cobrindo tópicos tais como: conversão dos navios, ancoragem, posicionamento, equipamentos submarinos, módulos de produção, manobras e operações rotineiras, apoio marítimo, entre outros.



Figura 11 – FPSO Cidade de Paraty  
FONTE: SBM Offshore

### 3.2.3. TLP (Tension Leg Platform)

São unidades flutuantes tanto de perfuração quanto de produção de petróleo e gás. Possui estrutura semelhante a uma semissubmersível, todavia as TLPs são ancoradas por tendões de aço fixados no mar através de estacas, a flutuabilidade do casco faz com que os cabos fiquem tracionados reduzindo o movimento de *heave* (cabeceio), que é o movimento vertical provocado pelas ondas, da plataforma, possibilitando a completação seca, facilitando o controle do fluxo de óleo e aumentando a segurança na operação de extração, pressurização e selagem de poços.



Figura 12 – Plataforma tipo TLP  
FONTE: Portal Petrogas News

#### 3.2.4. SPAR

As plataformas SPAR são utilizadas para exploração em águas profundas, em torno de 1650 metros. Possuindo o maior nível de estabilidade quando comparada a outras unidades flutuantes, gerando poucos movimentos verticais, devido ao tamanho de seu calado. A ação dos ventos, correntes e ondas não são capazes de deslocar significativamente o centro de rotação, minimizando o movimento nos variados graus de liberdade. Esta vantagem na estabilidade deste tipo de plataforma possibilita não somente a completação seca, como também permite a instalação de *risers* rígidos de produção.

A principal característica das SPAR é o seu calado de cerca de 200m, através de uma estrutura cilíndrica que se projeta para o interior da lâmina d'água, gerando uma redução no sistema de amarração, podendo utilizar um sistema convencional.

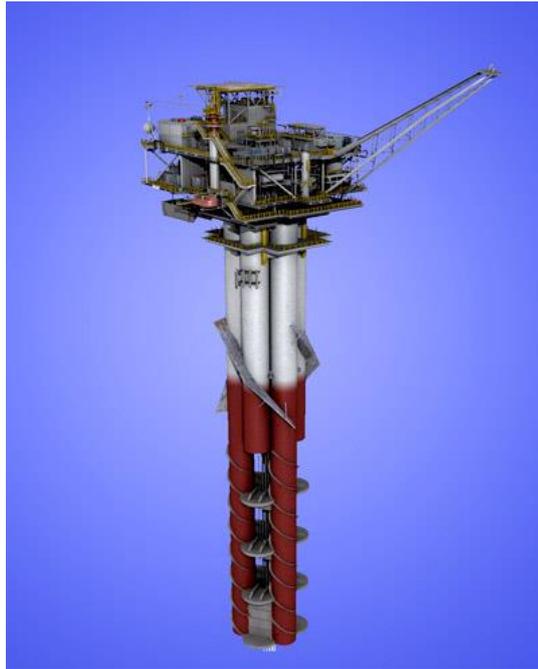


Figura 13 – Plataforma tipo SPAR  
FONTE: ANADARKO PETROLEUM CORPORATION

A partir das características das plataformas SPAR, outros modelos surgiram se diferenciando quanto ao formato e particularidades do calado. São eles:

- a) Spar Buoy;
- b) Truss Spar; e
- c) Cell Spar.

#### 3.2.4.1. SPAR BUOY

Possui como característica principal seu casco em formato de um único cilindro vertical descendente, constituído por aço e concreto armado, que flexibiliza a capacidade de carga no convés. Este foi o primeiro conceito de plataforma SPAR desenvolvido.

#### 3.2.4.2. TRUSS SPAR

Consiste na principal evolução do conceito de plataforma SPAR, que é a substituição de parte do cilindro na região inferior aos tanques por uma estrutura treliçada e por placas horizontais que minimizam e absorvem os efeitos de onda e diminuem o movimento vertical da plataforma.

### 3.2.4.3. CELL SPAR

Possuindo as mesmas características da *Truss Spar*, se diferenciando na substituição integral do cilindro por diversos tubos menores que circundam um cilindro central. Foi desenvolvida desta forma a fim de reduzir custos na construção, visto que dispensa a utilização de formas de concretagem e modelagem em grandes escalas.

## 4. Instalação das plataformas offshore

Após a construção da plataforma, inicia-se o processo de instalação, partindo do transporte do casco da plataforma para a área de exploração no mar, este processo é feito em etapas e pode variar de acordo com o tipo de unidade de exploração.

No caso das plataformas fixa a instalação é feita de acordo com a estrutura que o casco possui, enquanto as plataformas flutuantes diferem no modo de amarração ao qual o casco está submetido, exigindo um processo mais complexo e preciso.

### 4.1. Transporte das Plataformas

Sendo a primeira etapa do processo de instalação, o transporte pode ser feito de três formas distintas:

- a) Barcaça, utilizada para transporte e içamento das plataformas do tipo Jaqueta e Spar;
- b) Rebocador, que é empregado para o transporte da maioria das plataformas, mas, principalmente, as autoelevatórias, de gravidade e, até mesmo, as FPSOs; e
- c) Navio *Heavy Lift*, que devido a sua versatilidade, é comumente utilizado para o transporte das plataformas semissubmersíveis e TLPs.



Figura 14 – Navio *Heavy Lift*  
FONTE: Cormack Marítima Ltda.

A melhor escolha da modalidade de transporte é feita através da análise dos custos, a segurança, a viabilidade e o tempo de transporte. Tudo isso requer um planejamento cuidadoso e detalhado, principalmente quanto à preparação do transporte para receber a estrutura a ser transportada e seu posicionamento no local desejado. A logística de transporte das unidades de exploração de petróleo pode exigir uma complexa operação, englobando armadores, empresas petroleiras, governos locais e órgãos ambientais, a fim de garantir um alto nível de segurança humana e ambiental.

Quando a localização dos poços não é muito distante da costa é comum a utilização de barcaças, todavia este tipo de transporte possui maior grau de risco para estruturas muito pesadas, aumentado custos com seguro, além possuírem baixa velocidade de deslocamento, muitas vezes gerando um alto custo final.

Para as estruturas maiores e mais pesadas e em locais com condições de mar mais severas é comum o emprego dos navios *heavy lift*, entretanto um fator limitador no emprego destes navios é sua difícil disponibilidade, visto que há poucos modelos desta classe. A tabela a seguir fornece a comparação quanto às vantagens e desvantagens do transporte por barcaça e navios *heavy lift*.

	<b>Navio</b>	<b>Barça</b>
<b>Estabilidade</b>	Estável em todos os modos de operação	A estabilidade tem que ser verificada durante o transporte.
<b>Acesso a embarcação</b>	Constante por prancha, escada ou guindaste.	Depende das condições de tempo e da capacidade da embarcação miúda do rebocador.
<b>Apoio</b>	Projetado para apoiar toda equipe da embarcação transportada.	Apoio limitado a parte da equipe.
<b>Custo</b>	Mais caro, porém possui um tempo de contrato menor.	Mais barato por dia de contrato, porém o contrato é mais longo.
<b>Seguro/Risco</b>	Devido à maior segurança, o seguro é relativamente baixo.	Pode custar uma parcela significativa do preço do reboque.
<b>Velocidade</b>	Boa velocidade, pois foi projetado para navegar em mar aberto.	Bastante lento.
<b>Risco</b>	Com uma boa amarração, os riscos são mínimos.	Os riscos são grandes, inerentes à existência de duas unidades (rebocador e barça) e o aparelho de reboque.

Fonte: Revista Passadiço (2006).

Tabela 1 – Quadro comparativo das modalidades de transporte.

## 4.2. Instalação das Plataformas Fixas

Ao término do transporte das plataformas fixas até o poço dá-se início a segunda etapa do processo, a instalação do casco. As plataformas fixas, mesmo possuindo maior facilidade em seu posicionamento, apresentam diversos modos de fixação ao leito marinho, variando de acordo com o arranjo estrutural e projeto da unidade.

### 4.2.1. Instalação das Jaquetas

Dividida em quatro etapas, a instalação das plataformas tipo Jaqueta se inicia com seu lançamento horizontal da estrutura treliçada (base) ao mar, em seguida ocorre a flutuação da mesma e seu acoplamento a guindastes flutuantes, que efetuarão as duas últimas etapas de verticalização e assentamento por estacas.

### 4.2.2. Instalação das Plataformas de Gravidade

Como citado no capítulo anterior, a instalação das plataformas tipo gravidade é feita junto com o término de sua construção. Os tanques são transportados, parcialmente submersos, por rebocadores até o local de instalação. Após isto, continuam a ser construídos e concretados, na medida em que se enchem os tanques a plataforma vai afundando, até o ponto em que começa a construção das colunas, com o aumento do peso da estrutura, a plataforma vai afundando e atinge o solo marinho onde será fixada. A instalação é concluída quando a planta de processo é colocada e montada sobre a estrutura de concreto.

#### 4.2.3. Instalação das Autoelevatórias

O processo se dá através do reboque da estrutura e suas pernas até o local correto, após isso, utilizam-se máquinas hidráulicas e motores de grande potência para instalar as partes finais das pernas na estrutura principal. O processo se finaliza com o lançamento das pernas ao mar, a estabilização no solo e, por fim, o erguimento da estrutura principal até uma altura preestabelecida superior a altura máxima de onda da região.

#### 4.3. Instalação das Plataformas Flutuantes

A instalação das plataformas flutuantes, diferentemente das fixas, não possui métodos específicos para seu posicionamento e fixação. Exigindo, com exceção das SPAR, de um complexo e monumental sistema de ancoragem e *risers*, as unidades flutuantes possuem seu posicionamento como uma das mais importantes e constantes tarefas de manutenção a bordo dessas estruturas.

Necessitando de toda uma estrutura de apoio marítimo às plataformas, o posicionamento das unidades flutuantes emprega uma avançada tecnologia, navios modernos e específicos para esta finalidade e mão-de-obra com alto nível de especialização. São quatro tipos principais de sistema de ancoragem e posicionamento nas plataformas flutuantes: *single point mooring*, *spread mooring*, posicionamento dinâmico e posicionamento acústico.

#### 4.3.1. Tipos de Ancoragem

Os tipos de ancoragem mais utilizados nas operações de exploração de petróleo por estruturas offshore são descritos nas seções a seguir

##### a) Ancoragem em Catenária

Este tipo de ancoragem a técnica convencional utilizada em operações de produção ou perfuração que possui a vantagem de permitir maiores passeios (deslocamento da estrutura mesmo ancorada) da embarcação sem a necessidade de âncoras com elevado grau de garra, sendo recomendada para solos muito arenosos. O fato de possuir um raio de ancoragem razoavelmente grande (superando os 100 metros) e o próprio atrito do eixo de linha encostado no fundo são responsáveis por absorver as solicitações do carregamento ambiental, aliviando os esforços nas âncoras, em condições normais de operação. Sua principal desvantagem é o congestionamento com as linhas de unidades próximas, que interfere diretamente no posicionamento das unidades, além da interferência de linhas com equipamentos submarinos.

##### b) Ancoragem em *Taut-Leg*

Para cobrir as desvantagens do sistema em catenária utiliza-se a ancoragem em *taut-leg*. Neste sistema, a linha encontra-se mais tensionada, com um ângulo de topo de aproximadamente  $45^{\circ}$  com a vertical, tendo assim uma projeção horizontal menor e economizando mais espaço no piso marinho. Este sistema proporciona maior rigidez, sendo o passeio da embarcação limitado a parâmetros inferiores. Neste caso, as âncoras empregadas precisam resistir a elevadas cargas verticais, sendo um método comumente empregado em grandes profundidades.

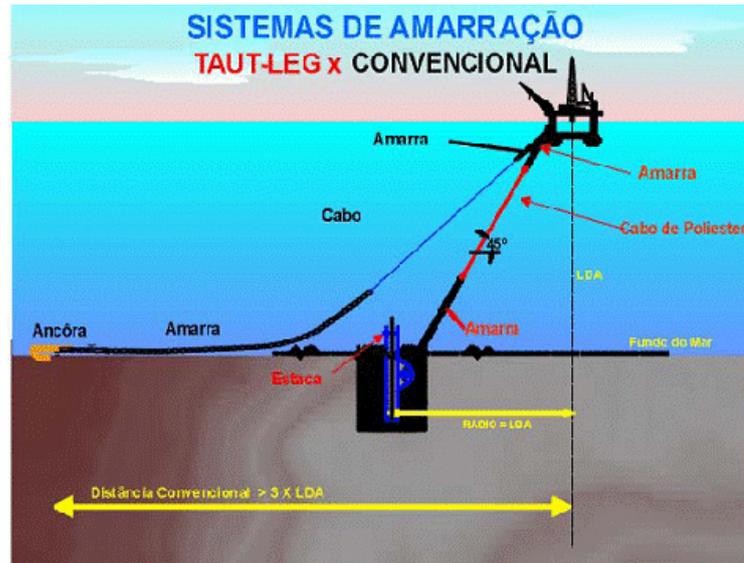


Figura 15 – Sistemas de Amarração  
 FONTE: Departamento de Engenharia Naval e Oceânica UFRJ

### c) Ancoragem Vertical

Recebe esse nome devido a utilização de tendões verticais, que precisam estar sempre tracionados devido ao excesso de empuxo proveniente da parte submersa da embarcação. Trata-se da ancoragem usada principalmente em plataformas do tipo TLP, mas que também pode ser empregada em boias e monoboias, dentre outras. Os tendões podem ser de cabo de aço ou de material sintético, proporcionando uma elevada rigidez no plano vertical e baixa rigidez no plano horizontal.

### d) *Single Point Mooring* ou Ancoragem com Ponto Único

A ancoragem SPM é mais frequentemente utilizada por navios petroleiros convertidos em FSOs. Ela permite que a embarcação se alinhe com o carregamento ambiental, minimizando as forças sobre o casco. Este tipo de ancoragem se subdivide em outros três modelos, são eles: ancoragem com *Turret*, CALM (*Catenary Anchor Leg Mooring*) e SALM (*Single Anchor Leg Mooring*).

#### I. Ancoragem com *Turret*

Neste tipo de ancoragem todas as linhas e *risers* são presos ao *turret*, que pode ser definido como um elemento central de união das linhas e *risers*, permitindo que a embarcação gire livremente em torno das linhas além de poder ser montado interna ou externamente à embarcação.



Figura 16 – Amarração com *Turret*  
FONTE: 2b1st Consulting

## II. Sistema CALM

Este sistema consiste em uma boia de grandes dimensões que suporta um determinado número de linhas de ancoragem em catenária. Os *risers* são presos na parte inferior da boia e utilizam um cabo sintético para fazer a amarração entre a boia e a unidade. Sua maior desvantagem é a limitada resistência às condições ambientais, sendo, por vezes necessária a desconexão do navio quando em condições muito adversas.



Figura 17 – Boia sistema CALM  
FONTE: Marineinsight

## III. Sistema SALM

Este sistema utiliza um *riser* vertical que tem uma elevada capacidade de flutuação próxima à superfície ou nela. O sistema basicamente emprega um *riser* articulado com uma forquilha rígida de acoplamento.

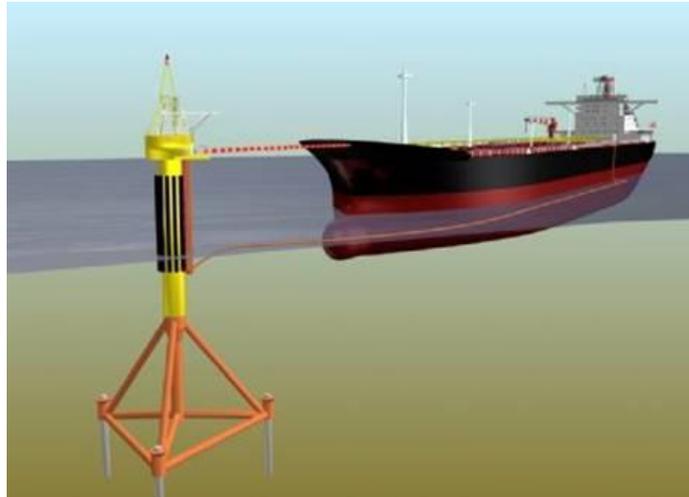


Figura 18 – Sistema SALM  
FONTE: Portal OffshoreMooring

e) *Amarração Spread Mooring* ou Quadro de ancoragem

Pode ser definido como um sistema de ancoragem através do uso de linhas de ancoragens que partem nas diversas direções ao redor da unidade flutuante.

Uma concepção recente deste tipo de ancoragem é o sistema desenvolvido pela Petrobras conhecido como DICAS (*Differentiated Compliance Anchoring System*), adaptado às condições de exploração nas bacias nacionais e consiste em um conjunto de linhas de ancoragem com conexões que partem da proa e popa do navio.

#### 4.3.2. Posicionamento das Plataformas Semissubmersíveis

A instalação deste tipo de plataforma é feito através do sistema *spread mooring* ou quadro de ancoragem, que consiste na disposição de linhas de ancoragem radialmente em torno da plataforma, permitindo enorme resistência aos esforços ambientais. Os materiais mais comumente utilizados nas linhas de amarração são amarras de aço, cabos de aço e, mais recentemente, cabos de poliéster.

#### 4.3.3. Posicionamento dos navios-sonda

Os FPSOs podem utilizar três tipos de instalação em seu posicionamento, sendo eles: Single point mooring, Spread Mooring e Turret.

Na amarração em único ponto, apresenta a vantagem do alinhamento que o sistema permite entre a embarcação e os esforços ambientais. Desta forma, os esforços provocados pelas forças atuantes são minimizados devido ao maior grau de liberdade da estrutura.

#### 4.3.4. SPAR

A plataforma SPAR, diferentemente das outras plataformas flutuantes, baseia-se sua instalação de forma semelhante às plataformas fixas do tipo Jaqueta, mas também é utilizado na instalação o sistema de amarração, porém de forma convencional.

Uma vez transportada até a localização do poço a ser explorado, é feito o enchimento dos tanques de lastro para o início da verticalização do casco da plataforma. Assim que o casco é posicionado na orientação prevista no projeto, dar-se-á início a instalação do sistema de amarração, que é feito por linhas convencionais de ancoragem dispostas em catenária.

### **5. Posicionamento Dinâmico e Sistemas de Referência.**

Este capítulo trata a respeito das tecnologias modernas empregadas no posicionamento das unidades de exploração de petróleo, englobando seus equipamentos, sistemas e operação.

#### 5.1. Posicionamento Dinâmico

Um Sistema de Posicionamento Dinâmico – *Dynamic Positioning* (D.P.) – é basicamente um sistema computadorizado capaz de manter controle automático da posição e do “*heading*” (proa) de uma embarcação, através do uso conjunto de seus motores propulsores principais e laterais e do leme.

O sistema disponibiliza automaticamente a quantidade de força em cada propulsor, de forma otimizada, para atender a qualquer modificação ou correção solicitada pelo operador ou exigida pelo próprio sistema.

Para o controle da proa, o sistema D.P. usa informações da agulha giroscópica, enquanto que para manter a posição, usa os dados de um sistema de referência, como por exemplo o GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global) ou sistemas hidroacústicos.

Desvios do aproamento desejado ou da posição são automaticamente detectados por sensores e os devidos ajustes são feitos pelo Software controlador do sistema, que funciona como elemento central do sistema D.P. A identificação das condições ambientais é realizada por intermédio de sensores instalados na embarcação. O elemento central (microprocessador) efetua análise da intensidade das forças fornecidas pelos impelidores e efetua os devidos cálculos para corrigir a diferença encontrada entre os valores medidos e os setpoints desejados.

O sistema de D.P. também proporciona controles manuais, que podem ser usados para controle manual puro ou semiautomático, ou seja, possuindo alguns movimentos controlados pelo próprio sistema. Além disso, o Sistema D.P. atua em três sistemas da embarcação: Potência, Controle e Referências. A potência se subdivide em três ramificações: a geração, a distribuição e o consumo. O controle se subdivide no Gerenciamento de energia e sistema de controle de posição. E as referências são essencialmente os sensores que informam a posição, informações ambientais e informação da condição da embarcação.

A fim de fornecer uma elevada confiabilidade, os modernos Sistemas D.P. passaram a apresentar graus de redundância, que por definição são a duplicação ou triplicação, dependendo do nível de redundância, dos elementos essenciais ao funcionamento deste complexo sistema, tais como microprocessadores, linhas de transmissão eletrônica, sensores, conversores, transdutores, entre outros. Os níveis de redundância são classificados em D.P. 2 e D.P. 3, sendo este último nível mais elevado, possuindo os elementos essenciais triplicados.

## 5.2. Sistemas de Referência

Para que o sistema de D.P. mantenha a embarcação posicionada, ele necessita ser alimentado continuamente com posições e aproamento corretos. Para isto ele se utiliza de sistemas de referência de posicionamento.

Estes sistemas podem ser relativos, como sistemas hidroacústicos e de infravermelho ou georeferenciais, como o sistema GPS/DGPS. Abaixo serão listados os principais.

#### 5.2.1. Sistema de Referência GPS/DGPS

Este sistema consiste basicamente de um receptor que é capaz de calcular a posição geográfica do navio, através de sua posição relativa a quatro ou mais satélites em órbita terrestre.

O sistema DGPS é uma pequena variação, na qual se corrige um erro proposital inserido nas posições GPS, aumentando sua precisão em cerca de três metros. No entanto, devido ao seu padrão de comunicação por ondas eletromagnéticas este sistema está sujeito a interferências como o efeito da cintilação na atmosfera terrestre, nuvens ionizadas e ondas eletromagnéticas de erupções solares.

#### 5.2.2. Sistema de Referência Hidrostático

De maneira simplificada, pode ser definido como um sistema composto por um transdutor no casco do navio que interage acusticamente com um sensor posicionado no assoalho marítimo, chamado de *transponder*. Este sensor capta as ondas sonoras e envia de volta uma resposta, também captada pelo mesmo transdutor. Através de parâmetros como velocidade do som na água e o tempo de resposta do *transponder* é possível calcular a posição relativa do navio ao mesmo *transponder*.

Este sistema possui maior confiabilidade em águas rasas com profundidade de até 300 metros. Para águas profundas, é necessário um sistema mais sofisticado, conhecido como LBL (*Long Base Line* – Linha de base longa), que nada mais é que a associação de uma rede de transponders posicionados no solo marinho, o cruzamento das leituras de cada transmissor fornecerá uma leitura mais precisa da posição da embarcação.

## 6. Equipamentos de Exploração

Este capítulo visa a fornecer um conhecimento superficial dos mais variados equipamentos submarinos comumente encontrados nos mais diversos sistemas de exploração de petróleo.

### i. Árvores de Natal

“Árvore de Natal” é um equipamento constituído por um conjunto de válvulas, cuja principal função é permitir o controle do poço de produção ou injeção. Conforme o tipo de completação usada, a árvore de natal pode ser do tipo molhada ou seca. A molhada é instalada na cabeça do poço no fundo do mar e a seca é instalada no topo do *riser* na plataforma.



Figura 19 – Inspeção da Árvore de Natal  
FONTE: Portal PetroleoETC

### ii. Tubulações do Sistema de Produção

As tubulações do sistema de produção estão divididas basicamente em dois grupos: coluna de produção e dutos de produção. Em sistemas com completação seca, a coluna de produção estende-se até a superfície, enquanto na completação submarina, esta coluna termina ao nível da árvore de natal molhada. A partir deste ponto, o óleo é conduzido até a superfície através de dutos de produção, que podem ser flexíveis ou rígidos.

### iii. Coluna de Produção

A Coluna de produção é uma tubulação de aço de pequeno diâmetro que transporta o fluido produzido da formação até a cabeça do poço no fundo do mar, no

caso de campos de petróleo offshore. Quando o reservatório não dispõe de energia suficiente para permitir os níveis de vazão considerados econômicos, torna-se necessária a suplementação de energia através das técnicas de “elevação artificial”.

#### iv. Dutos de Produção

Os dutos de produção têm a finalidade de transportar o fluido produzido, desde a cabeça do poço até a unidade estacionária de produção e pela sua constituição podem ser rígidos ou flexíveis. Na completação submarina, a árvore de natal molhada é instalada na cabeça do poço e a esta são conectados os dutos de produção. Em alguns sistemas de completação submarina são usados equipamentos que convergem a produção de mais de um poço, denominados de “*manifold*”.

A parte suspensa de um duto de produção é denominada de *riser* (parte dinâmica), e são componentes críticos de um sistema submarino de produção, por estarem submetidos a elevados esforços de fadiga devido à ação de correnteza, efeito das ondas e movimentação da unidade. No caso de completação molhada, a parte do duto de produção depositada no fundo do mar é chamada de *flowline* (parte estática). Os *risers* podem ser classificados de acordo com a sua configuração, material e finalidade. Com base na sua configuração, podemos classifica-los em vertical, catenária ou complexa (usando flutuadores)

#### v. *Blow-out Preventer* (BOP)

Equipamento essencial no processo de extração do petróleo, o BOP possui a responsabilidade de vedar o poço e, no caso de acidentes envolvendo vazamentos, selar completamente o poço, impedindo o fluxo constante do óleo para o mar, afetando o ecossistema marinho.

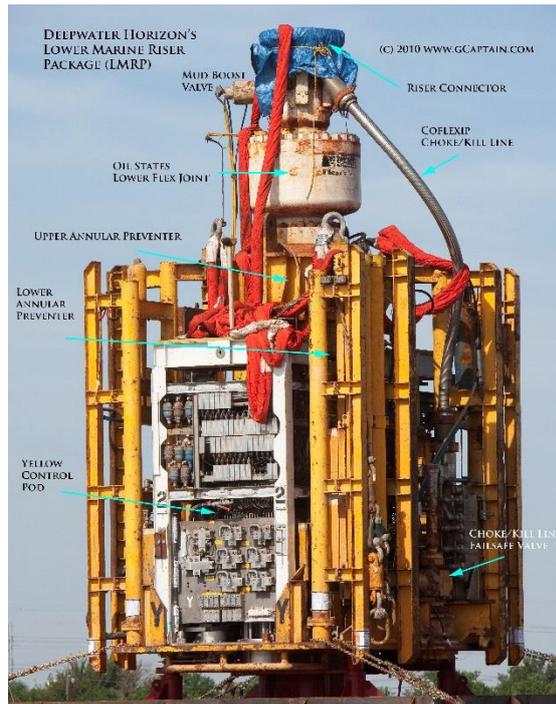


Figura 20 – Blow Out Preventer  
 FONTE: Portal GCaptain

## 7. Estudo aprofundado das FPSOs

Neste capítulo veremos mais detalhadamente as unidades flutuantes de produção de petróleo e gás, também conhecidas como navios-sonda. Sendo produzidos a partir da conversão do casco de grandes petroleiros ou a partir de um novo casco, esse tipo de plataforma, como visto em capítulos anteriores, surgiu a partir da necessidade do emprego de uma estrutura com elevada mobilidade e capacidade de estocagem e produção na exploração de petróleo e gás em campos ultra profundos distantes da costa.

Basicamente, uma unidade FPSO deve realizar as seguintes funções:

- Processar óleo e gás através de sua planta de processo;
- Importar óleo e gás através do sistema de *risers*;
- Exportar óleo através do sistema de descarregamento (*offloading*);
- Injetar água em poços via *risers* e dutos submarinos;
- Armazenar óleo em tanques de carga posicionados no casco da unidade;
- Possuir condições de habitabilidade e propulsão própria;

- Manter a posição através de um sistema de amarração ou sistema de posicionamento dinâmico; e

- Dispor de todas as facilidades e utilidades necessárias para manter a planta de processo em funcionamento;

Sendo um dos modelos mais adequados aos novos campos de exploração nas bacias de Santos e Campos, as FPSOs figuram como o tipo de plataformas mais encomendado aos estaleiros no cenário nacional, a exemplo disso podemos citar a recém licitação de 24 navios-sonda somente por uma única empresa, a Sete Brasil.

### 7.1. Vantagens e Desvantagens do emprego de uma FPSO

Ao final da década de 80 e início da década de 90, as empresas de exploração de petróleo já tinham mudado a visão dos sistemas flutuantes de provisório para definitivo. A consagração das novas tecnologias nesse setor e a redução dos custos de exploração com o emprego de sistemas flutuantes coincidiu com a descoberta dos gigantescos campos de exploração em águas profundas e ultraprofundas.

Dentre as vantagens dos navios-sonda na exploração dos campos do Pré-Sal, podemos citar:

- Menor custo devido ao aproveitamento do casco e estrutura dos petroleiros;
- Possibilidade de operação em águas profundas e ultraprofundas;
- Não necessita de um sistema de escoamento da produção para armazenagem em terra;
- Aplicável em pequenos campos com baixa produção ou vida curta;
- Capacidade de operar em diversos poços ao longo de sua vida útil;
- Grande capacidade de armazenagem da produção e processamento de óleo e gás; e
- Simplicidade de construção, com inúmeros estaleiros habilitados em todo o mundo.

No entanto também podemos citar algumas desvantagens das FPSOs, tai como:

- Grande amplitude de movimentos quando comparados a outras unidades flutuantes;

- Necessidade de maior manutenção e realização constante de operações nas estruturas e no casco, bem como nos módulos de produção;
- Maior risco de vazamentos devido à alta capacidade de armazenamento de óleo;
- Risco de vazamento nas operações de transbordo para os navios aliviadores;

## Considerações Finais

O presente trabalho teve por finalidade fornecer conhecimentos básicos para a compreensão dos diversos sistemas de exploração de petróleo e gás na área offshore, que possui como principal elemento constituinte a Plataforma Marítima e toda sua estrutura envolvida.

O fato da indústria de petróleo estar sempre e cada vez mais exigindo a exploração de novos campos de petróleo se tornou o propulsor do desenvolvimento e aperfeiçoamento dos mais variados modelos de unidades de exploração, sempre almejando a elevação e eficiência da produção do petróleo e gás.

Ao longo desse trabalho foi possível munir-se de informações sobre a situação atual das reservas de petróleo nacionais e como isto transformou toda a indústria de petróleo, levando o país ao pioneirismo na exploração em águas profundas.

Foram expostos os diversos tipos de plataformas marítimas, apresentando as mais diversas operações relacionadas a essa indústria, tais como: construção, particularidades, posicionamento e operação.

De modo geral, pode-se deduzir a partir do que foi exposto que as plataformas marítimas permaneceram e ainda permanecem por mais de meio século como a principal produtora da mais empregada fonte energética mundial, o petróleo. Se diversificando e aperfeiçoando ao longo das décadas, as plataformas petrolíferas continuam englobando inovações e tecnologias que contribuem para o acréscimo de suas capacidades de produção, desta forma, os sistemas de exploração offshore ocupam um papel de extrema importância econômica, gerando empregos, capital, conhecimento técnico e, por fim, movimentando diversos setores da sociedade.

## Referências

ALONSO, Sistemas de Produção Offshore. Rio de Janeiro: PUC, 2010.

BAESSO FILHO, F.G., Plataformas de Petróleo Onshore e Offshore: Um Descritivo Estrutural. Rio de Janeiro: Faculdade Estácio de Sá, 2010.

BEN C. GERNICK, JR., Construction of Marine and Offshore Structures, Third Edition, New York, NY: CRC Press, 2007.

BRITTO, G.A., Heavy Lift Transport: Navios que Transportam Navios. Revista Passadiço, 2006

BRITTON, J.N.; BAXTER, R.E., Corrosion Control Methods for Deep Water Floating Production Equipment. Disponível em <  
<http://www.stoprust.com/2corrosioncontrol.htm> > Acessado em 29 de Novembro de 2010.

BYRD, R.C.; VELAZQUEZ, E.R. State of art of removing large platforms located in deep water. Texas: Offshore Technology Conference, 2001.

CHAKRABARTI, S.K., Handbook Of Offshore Engineering: Offshore Structure Analysis, Inc. Volume 1. Plainfield, Illinois, USA, 2005.

EMBRAER S/A, Projetos de Estruturas Marítimas. Departamento de Estruturas e Fundações, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FEE, D.A., Technology for developing marginal offshore oilfields, New York, NY: ELSEVIER APPLIED SCIENCE PUBLISHERS, 2005.

Ship-shaped Offshore Installations, Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi – Cambrigde ([www.cambrigde.org/9780521859219](http://www.cambrigde.org/9780521859219)).