

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÕES ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS

MÁRCIO GOMES MESQUITA

**EQUIPAMENTOS SUBMARINOS: OS TIPOS E SUAS APLICAÇÕES NA
EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA.**

RIO DE JANEIRO
2015
MÁRCIO GOMES MESQUITA

**EQUIPAMENTOS SUBMARINOS: OS TIPOS E SUAS APLICAÇÕES NA
EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Msc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

RIO DE JANEIRO

2015

MÁRCIO GOMES MESQUITA

**EQUIPAMENTOS SUBMARINOS: OS TIPOS E SUAS APLICAÇÕES NA
EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao
Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de
Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça
Aranha como parte dos requisitos para obtenção de
Certificado de Competência Regra III/2 de acordo
com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data de aprovação ___/___/___

Orientador: Msc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

Assinatura do orientador

Nota _____

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus que iluminou o meu caminho durante esta árdua jornada, não me deixando abater com as dificuldades que apareceram pelo caminho.

A minha esposa Karymi, aos meus filhos Adib e Rafir e toda a minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para eu conseguisse alcançar mais este degrau na minha carreira.

Agradeço ao meu grande mestre orientador eng. Paulo Roberto Batista Pinto, que teve paciência para me ajudar dispondo o seu precioso tempo para esclarecer dúvidas e me direcionar.

À todos os meus colegas de curso que também contribuíram de alguma forma para o sucesso desta conclusão.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

Devido a obrigatoriedade de oficiais mercantes à bordo das unidades de exploração petrolífera marinhas por parte da autoridade marítima brasileira, surgiu então um novo nicho de mercado para estes profissionais, que podem assumir diversos cargos à bordo de tais unidades, como por exemplo, barge captain, driller, chief engineer, maintenance supervisor , subsea engineer entre outras. O objetivo deste artigo foi justamente o de fomentar o interesse pelo campo de trabalho da perfuração e produção de petróleo, em especial a área de equipamentos submarinos, mostrando alguns conceitos e equipamentos utilizados, os quais necessitam de profissionais qualificados para operá-los e realizar suas respectivas manutenções.

Palavras-chave: Obrigatoriedade. Autoridade. Mercado. Fomentar. Profissionais.

ABSTRACT

Because of the requirement for officers on board merchant marine oil exploration units by the Brazilian Maritime Authority, then came a new niche market for these professionals, which may take various positions on board such units, such as barge captain, driller, chief engineer, maintenance supervisor, subsea engineer among others. This article was precisely to foster interest in the drilling field work and production of oil, especially the area of subsea equipment, showing some concepts and equipment used, which require qualified professionals to operate them and performed their. Soften these interferences avoiding damages through the mishap of the equipments and losses of the energy generated by the dissipation caused by the same.

Keywords: Requirement. Authority. Market. Foster. Professionals

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO-----	10
2- DESENVOLVIMENTO-----	12
2.1- Arranjos Submarinos-----	12
2.2-Equipamentos Submarinos-----	13
2.2.1-Cabeça De Poço-----	13
2.2.2-Anm (Árvore De Natal Molhada)-----	14
2.2.2.1-Quanto Ao Serviço-----	14
2.2.2.2-Quanto A Configuração-----	15
2.3-Dutos Submarinos-----	16
2.3.1-Quanto A Sua Estrutura-----	16
2.3.1.1-Dutos Submarinos Rigido-----	16
2.3.1.2-Dutos Flexíveis-----	17
2.3.1.3-Elementos De Acesso-----	19
2.3.2-Quanto A Função-----	19
2.3.3-Quanto A Configuração-----	19
2.3.4-Umbilicais-----	20
2.3.4.1-Tipos De Umbilicais-----	20
2.3.5-Risers-----	20
2.3.5.1-Configurações Dos Risers-----	21
2.4-Manifold-----	21
2.4.1-Tipos De Manifold-----	22
2.4.2-Formas De Instalação-----	22
2.4.2.1-Até Lamina D'água De 1000m-----	22
2.4.2.2-Lamina D'água Acima De 1000m-----	22
2.5-Plem (Pipe Line End Manifold)-----	23
2.6-Plet (Pipe Line End Terminator)-----	23
2.7-Novas Tecnologias-----	24
2.7.1-Bc Ss (Bcss Sobre Skid)-----	24
2.7.2-Vasps (Vertical Annular Separation And Pumping System)-----	25
2.7.3-Rwi (Row Water Injection)-----	26
3-CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	27

1 INTRODUÇÃO

Podemos dizer que é o sistema submarino de produção e exploração de petróleo, é um conjunto de instalações submersas destinadas à elevação, injeção e escoamento dos fluidos produzidos e/ou movimentados em um campo de petróleo ou gás natural e o desconhecimento dos oficiais perante estes novos equipamentos.

O projeto de desenvolvimento de um campo visa à maximização da recuperação de petróleo e um custo mínimo operacional e de investimento de capital.

O surgimento da necessidade de oficiais de marinha mercante a bordo de unidades marítimas tais como: plataformas de petróleo, perfuração e exploração entre outras. Acarretou na abertura de uma nova área de atuação para os oficiais de máquinas, tanto na área operacional como gerencial como por exemplo, operadores de lastro, *subsea*, *barge*, *supervisor de manutenção* entre outras.

Para entendermos melhor cada uma dessas funções iremos abordar de uma forma superficial cada uma delas.

Um das funções mais importantes a ser desenvolvida pelo oficial de máquinas a bordo é a de *SUPERVISOR DE MANUTENÇÃO*, que trabalha na parte de gerenciamento de todas as manutenções a bordo o que o torna um profissional destacado criando uma imagem de prestígio e confiança diretamente ligada a parte executiva da empresa, por outro lado, também existem a função de *BARGE CAPTAIN*, conhecido também como capitão da plataforma, tem delegação da parte gerencial da empresa e com essa função pode-se desempenhar gerência da parte marítima a bordo no que tange a parte de segurança, navegação e salvatagem assim como estabilidade das condições de fluabilidade da plataforma.

Não podemos também deixar de citar outras funções inerentes ao oficial de máquinas a bordo, não tão importantes mais que também os elevam a outro patamar em sua carreira que são as funções de *BCO*, que significa controlador de lastro, este será responsável pela estabilidade e manobrabilidade de fluídos de carga e descarga a bordo da unidade sendo diretamente subordinadas as ordens do *BARGE CAPTAIN*, outro é o *SUBSEA ENGINEER*, função diferenciada por ser uma área exclusiva de atuação, da qual necessita-se grande experiência na área de mecânica o que torna viável a migração do oficial de máquinas para esta função devido ao grande conhecimento de mecanização dos vários sistemas de máquinas.(MODU, A-891 convenção).

Estamos buscando com essa pesquisa, mostrar o caminho para um breve entendimento sobre alguns conceitos de operação de equipamentos submarinos existentes em área de

exploração petrolífera, objetivamos futuramente que estas informações estejam na grade de ensino nas escolas de formação dos oficiais de marinha mercante.

2 DESENVOLVIMENTO

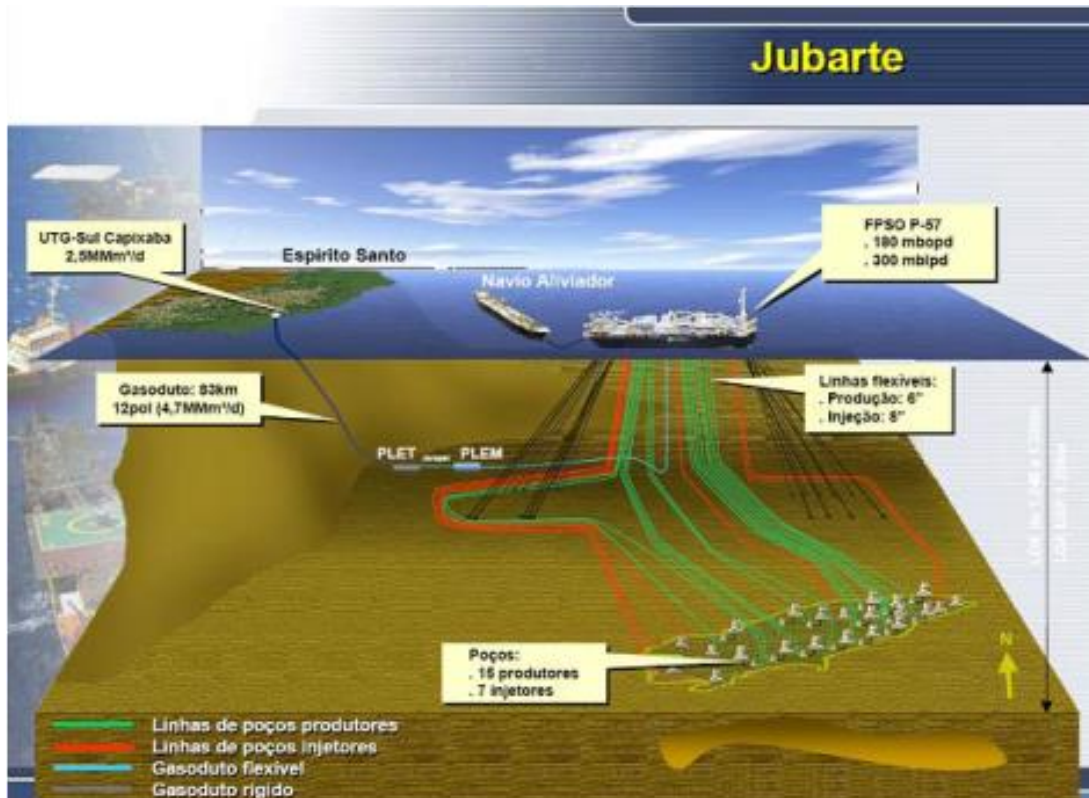
Podemos definir um sistema submarino de produção como sendo um conjunto de instalações submersas destinadas à elevação, injeção e escoamento dos fluidos produzidos e/ou movimentados em um campo de petróleo ou gás natural. O projeto de desenvolvimento de um campo visa a maximização da recuperação de petróleo e um custo mínimo operacional e de investimento de capital.

2.1 Arranjos Submarinos

Conceitua-se de acordo com BARRETO, F. (1998), como arranjo submarino de produção, a escolha dos equipamentos que serão utilizados e de que maneira eles estarão dispostos (layout). O arranjo final de um campo é o resultado de um processo de otimização que envolve diversas variáveis, tais como:

- Número de poços e posicionamento dos mesmos,
- Comprimento e diâmetro dos dutos de produção,
- Posicionamento da unidade produção flutuante,
- Tipo de ancoragem,
- Meios de instalação,
- Perfil de produção desejado,
- Necessidade de utilização de meios de elevação artificial, etc...

Figura 01: Arranjo submarino



Fonte: *Google images*

2.2 Equipamentos Submarinos

Em um sistema submarino de produção, basicamente encontramos os seguintes equipamentos:

- Cabeça de Poço
- ANM (árvore de natal molhada)
- Dutos Submarinos
- Manifold
- PLEM (pipeline end manifold)
- PLET (pipeline end terminator)

2.2.1 Cabeça de Poço

As cabeças de poço submarinas suportam os revestimentos dos poços, resistem aos esforços do *riser* e fornecem vedação para o BOP. Na fase de produção, servem de

alojamento, travamento e vedação para o “suspensor” de tubulação e para a árvore de natal. A Figura A.1 mostra um arranjo de uma cabeça de poço. Modernamente, as cabeças de poço são preparadas para receber a base adaptadora de produção (BAP).

Figura 02: Cabeça de poço

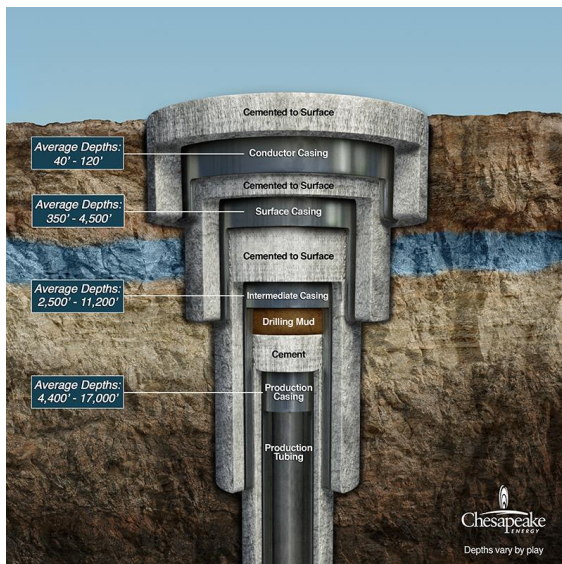
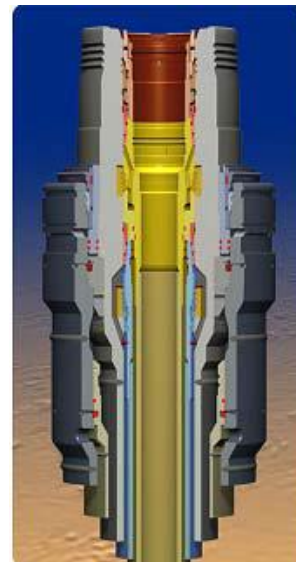


Figura 03: Cabeça de poço



Fonte: *Google Images*

Existem dois tipos de sistemas de cabeça de poços submarinos (SCPS):

- Para Unidades Flutuantes;
- Para Unidades Apoiadas no Fundo do Mar.

2.2.2 ANM (árvore de natal molhada)

De uma forma mais genérica atualmente podemos classificar as ANM's quanto ao serviço e configuração.

2.2.2.1 Quanto ao serviço:

- ANM de Produção
- ANM de Injeção

2.2.2.2 Quanto à configuração:

➤ ANM Convencional ou Vertical:

É a mais conhecida e aplicada no cenário mundial e, principalmente no Brasil. Modernamente é composta pela: base das linhas de fluxo, denominada base adaptadora de produção ou BAP; pelo “suspensor” de coluna de produção (*tubing hanger – TH*); pela terminação das linhas de fluxo, denominado módulo de conexão vertical ou MCV; pela ANM propriamente dita; e; pela capa da ANM (*tree cap*). Tais árvores têm também como características básicas serem “pigáveis” e com revestimento especial (metalurgia especial), nos pontos de contato com o fluido produzido, caso seja corrosivo, abrasivo e e/ou erosivo. Abaixo descrição mais aprofundada de cada um desses componentes.(BARRETO, F. 1998).

Figura 04: Árvore de natal molhada vertical



Fonte: Imagens google

➤ ANM Horizontal:

A finalidade básica de uma ANM-H é a mesma que de uma convencional. Numa forma simplificada, a mesma pode ser descrita como sendo uma base adaptadora de produção (BAP) com válvulas montadas na sua lateral, permitindo assim a intervenção no poço e eventual substituição de sua coluna de produção sem que seja necessário retirar tal ANM. O “suspensor” de coluna é assentado no interior da ANM e direciona o fluxo de hidrocarbonetos para a sua lateral – a vedação deste componente é de fundamental importância nesta configuração de árvore horizontal. Esta árvore foi concebida inicialmente para utilizações

pioneiras de poços submarinos equipados com o método de bombeamento centrífugo submerso (BCS) – uma vez que tal aplicação é considerada como demandando alta taxa de intervenção no poço.(BARRETO, F. 1998).

Figura 05: Árvore de natal molhada horizontal



Fonte: *Google Images*

2.3 Dutos submarinos

São responsáveis pela movimentação dos fluidos produzidos e injetados num campo de petróleo e gás. Na produção temos o fluxo de óleo e gás da ANM e/ou Manifold para a UEP. Na injeção temos o fluxo de líquidos e gás da UEP para o Manifold e/ou ANM. Os dutos são também utilizados para escoamento (offloading) dos fluidos processados pela UEP. Os dutos podem ser classificados da seguinte forma:

2.3.1 Quanto à estrutura:

2.3.1.1 Dutos submarinos rígidos

As linhas rígidas são constituídas por tubos de aço carbono e, a depender do fluido que irá ser transportado podem ser de ligas especiais, inibindo a corrosão, abrasão e/ou erosão. Também podem ser revestidas externamente com a finalidade de manter a temperatura do fluido transportado, evitando assim atingir a temperatura de formação de hidratos e/ou

depósitos orgânico (e.g., parafinas), garantindo o escoamento da produção de forma econômica. ANTUNES, R. (1998).

Figura 06: Duto rígido com revestimento



Fonte: *Google images*

2.3.1.2 Dutos submarinos flexíveis

As linhas flexíveis são constituídas por diferentes camadas, que tem funções distintas na sua operação e, podem ser descritas da parte interna para a parte externa como:

➤ **Carcaça Interna de Aço Intertravado**

Sua função principal é o de prevenir o tubo flexível do colapso quando submetido à pressão aplicada externamente, seja a hidrostática ou seja aquela decorrente do lançamento e/ou e pelas armaduras de tração. É composta de uma fita de aço intertravada e o material normalmente utilizado nesta é aço inoxidável AISI 304.

➤ **Barreira de Pressão Interna**

Esta camada confere ao tubo flexível sua estanqueidade aos fluídos em condução. O material usado é a poliamida que garante uma excelente resistência aos hidrocarbonetos, pressão e temperatura (altas).

➤ **Armaduras de Pressão (Espiral Zeta)**

Sua função principal é sustentar os esforços radiais, sejam induzidos pela pressão interna, sejam induzidos pelos meios de lançamento e/ou pelas armaduras de tração. Em casos específicos, essa camada zeta permite aumentar a resistência do tubo ao colapso hidrostático e as pressões mecânicas externas. O material usado é o aço carbono.

➤ **Camada Intermediária de Plástico**

Sua função única é a de diminuir a fricção entre a espiral zeta e as armaduras de aço e, assim, evitar a sua abrasão em caso de utilização da linha sob solicitações dinâmicas (e.g., *risers* ou *jumpers*). O material usado é o poliamida ou o polietileno de alta densidade (PEHD).

➤ **Armaduras de Tração**

Sua função principal é a de suportar as cargas axiais. São constituídas de duas camadas cruzadas de fio chato de aço, com um passo grande ao longo do comprimento, de forma a se obter boa resistência à cargas de tração. As duas camadas são dispostas a 35° em relação ao eixo do tubo, uma para a direita e a outra para a esquerda. O material usado é o aço carbono. Haverá uma camada de fita adesiva, a qual circundará a segunda camada de fios de aço de forma a segurar as armaduras durante a fabricação da camada seguinte.

➤ **Camada Externa de Plástico**

Sua função principal é a de proteger a camada da estrutura contra a corrosão ou abrasão e, unir as subcamadas das armaduras. O material usado é a poliamida ou o polietileno de alta densidade para as aplicações dinâmicas.

➤ **Proteção Anti-Abrassiva (outerwrap)**

Sua função principal é a de proteger o *riser*, no seu trecho em contato com o fundo do mar, contra a abrasão induzida pelos movimentos dinâmicos. O material usado é o aço inoxidável AISI 316L.

Figura 07: Duto flexível



Fonte: *Google images*

2.3.1.3 Elementos Acessórios

Vários acessórios podem ser instalados em um duto flexível. Abaixo relacionamos alguns:

- ▶ Riser Joint
- ▶ Bend Stiffener
- ▶ Bellmouth
- ▶ Vértebras
- ▶ Conectores
- ▶ Colares
- ▶ Flutuadores

2.3.2 Quanto à sua Função

- ▶ Escoamento
- ▶ Umbilical
- ▶ Misto

2.3.3 Quanto à Configuração

- Riser
- Flowline

2.3.4 Umbilicais

O umbilical é um conjunto de mangueiras que transportam desde fluidos hidráulicos e de injeção química, assim como cabos elétricos transmissores de sinais e potência. Sua função é acionar os mecanismos de abertura e fechamento do equipamento de extração de óleo e gás submarinos monitorando as características do poço (temperatura e pressão). ANTUNES, R. (1998)

2.3.4.1 Tipos de Umbilicais

- Hidráulicos
- Elétricos de Sinal
- Elétricos de Potencia
- Óticos
- Injeção de Produtos Químicos

Figura 08: Umbilicais



Figura 09: Umbilicais



Fonte: *Google images*

2.3.5 Risers

Trecho suspenso de um duto submarino cuja função é conduzir os fluidos oriundos dos poços ou manifolds até a UEP (Unidade Estacionária de Produção). Constitui-se num componente crítico de um sistema submarino de produção, por estar submetido a elevados esforços de tração e fadiga, devido ao seu próprio peso, à ação de correnteza, aos efeitos das ondas e as movimentações da UEP.

Figura 10: *Riser*



Fonte: *Google images*

2.3.5.1 Configuração de Risers

Os *risers* podem ser classificados de acordo com a sua configuração, material e finalidade. Com base na sua configuração, podemos classificá-los em vertical, catenária ou complexa (usando flutuadores). ANTUNES, R. (1998)

2.4 Manifold

A principal, função de um *manifold* é o de reunir, em uma só linha, a produção oriunda de vários poços. É constituído por arranjos de tubulações (coleta, injeção, teste e exportação), conjunto de válvulas de bloqueio, válvulas de controle de escoamento (*chokes*) e subsistemas de monitoramento, controle e interconexão – usualmente por via elétrica – com a UEP. No caso de injeção de gás e água, o *manifold* tem como função distribuir para os poços os fluidos de injeção vindos da UEP. As funções de produção e injeção podem estar contidas num mesmo *manifold*. As principais vantagens na utilização de *manifolds* são a redução do comprimento total de linhas e redução do número de risers conectados à UEP. Por tais

benefícios e em se considerando o alto custo dessas linhas, esse equipamento é de alta contribuição na viabilidade técnica e econômica da produção, notadamente no mar.

Atualmente, a configuração mais usual se constitui numa estrutura independente, simplesmente assentada no leito submarino e recebendo a produção de vários poços satélites. ANTUNES, R. (1998).

Figura 11: Manifold



Fonte: *Googles images*

2.4.1 Tipos de Manifold

- MSP – Manifold Submarino de Produção
- MSI – Manifold Submarino de Injeção
- MIS – Manifold de Interligação Submarina
- MSPI – Manifold Submarino de Produção e Injeção

2.4.2 Formas de Instalação

2.4.2.1 Até 1000m

- Instalação por Cabo
- Instalação por Riser de Perfuração

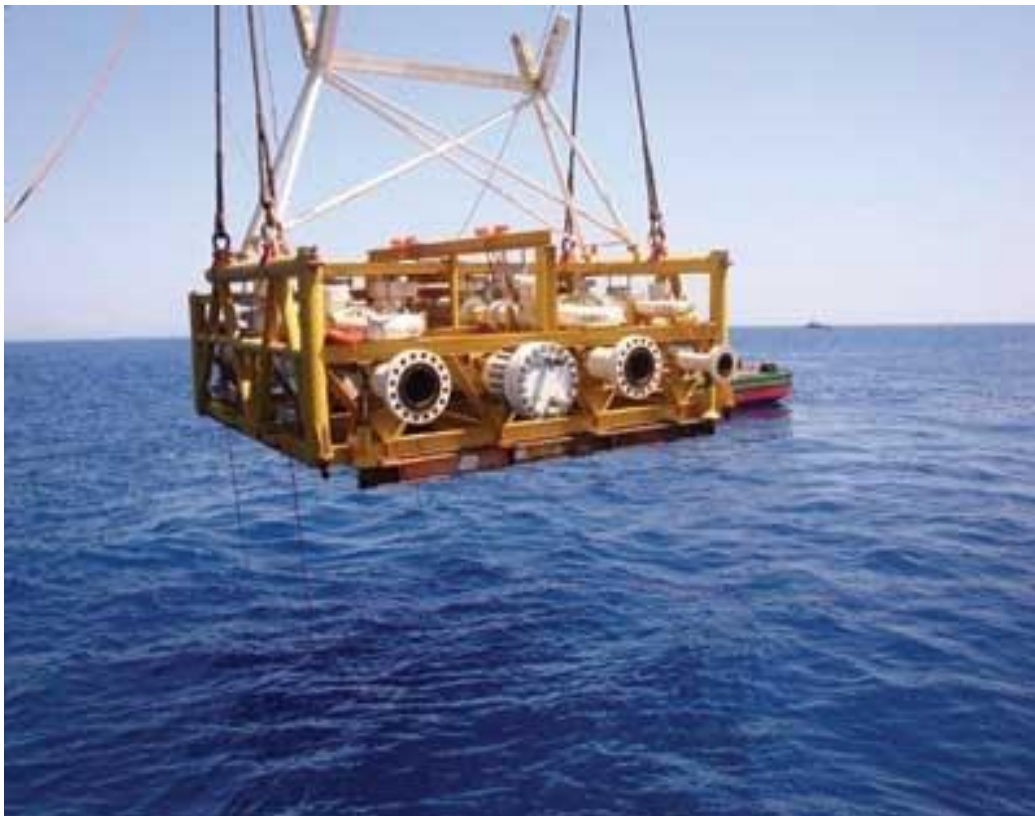
2.4.2.2 Acima de 1000m

- Método Sheave
- Método Pêndulo

2.5 PLEM (pipeline end manifold)

Equipamento responsável por interligar dutos de exportação de óleo ou gás a uma mono bóia ou planta onshore.

Figura 12: Plem

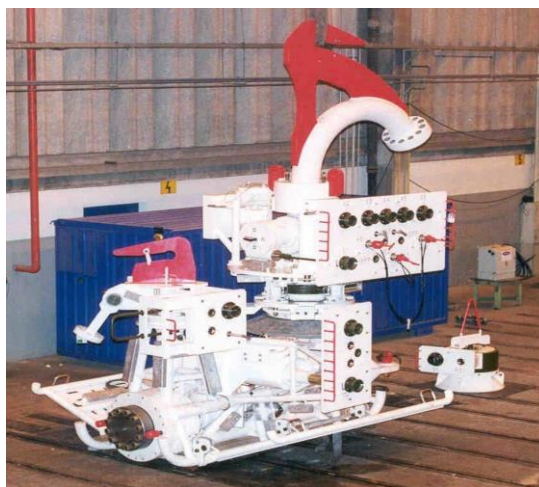


Fonte: *Googles images*

2.6 PLET (pipeline end terminator)

São equipamentos projetados e desenvolvidos para possibilitar a conexão entre os dutos rígidos e as linhas flexíveis. O objetivo básico é minimizar os investimentos do sistema das linhas de escoamento. ANTUNES, R. (1998).

Figura 13: Plet



Fonte: *Googles images*

2.7 Novas Tecnologias

A necessidade de vencer novos desafios, de reduzir custos e de maximizar a produção, leva a indústria de petróleo e gás a estudar e desenvolver novos equipamentos e novas tecnologias. O sistema submarino de produção está sempre testando novas soluções. Dentre as várias inovações atualmente desenvolvidas, vamos comentar as seguintes: BARTOLOTTI, L. (2002).

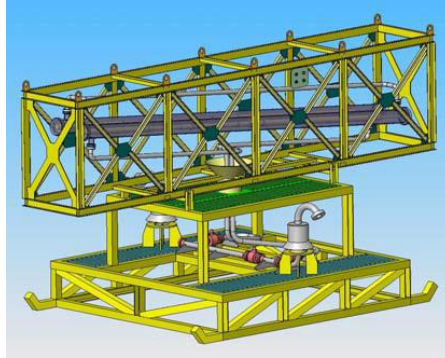
- S-BCSS (BCSS sobre skid)
- VASPS (vertical annular separation and pumping system)
- RWI (raw water injection)

2.7.1 S-BCSS (BCSS sobre skid)

Atualmente existem projetos na área de bombeamento submarino que visam atender as principais necessidades de se obter a elevação dos fluidos de produção em águas profundas, através do fornecimento de energia ao sistema. Estes projetos objetivam principalmente o aumento da produção de óleo em poços satélites, a viabilização da produção de poços (que produzem para manifolds distantes da plataforma) e a possível substituição de plataformas de produção. Dentre estas alternativas podemos destacar o sistema de Bombeio Centrífugo

Submerso montado sobre Skid no Fundo do Mar, denominado S-BCSS. (BARTOLOTTI, L. 2002).

Figura 14: S-BCSS

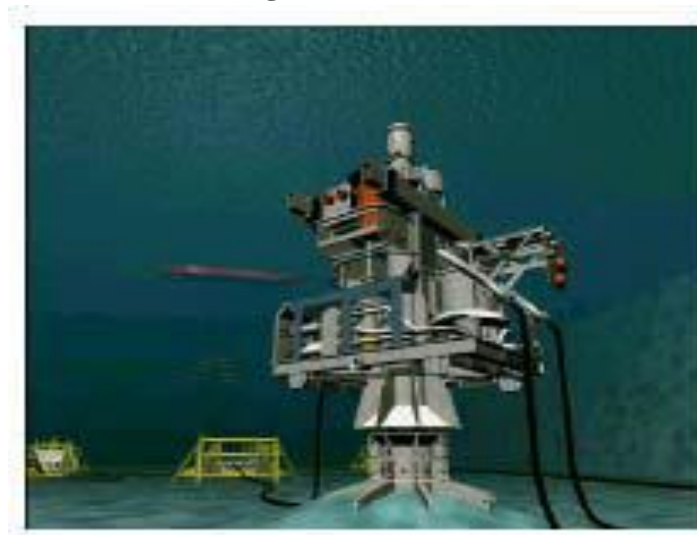


Fonte: *Googles images*

2.7.2 VASPS (vertical annular separation and pumping system)

O VASPS é um conceito inovador de separador bifásico submarino acoplado a um sistema de bombeamento centrífugo submerso (BCS) que possibilita uma alta capacidade de integração entre os equipamentos de separação e elevação. Seu princípio de funcionamento é baseado na separação das fases (gás, líquido) quando sujeitas a uma força centrífuga proporcionada pelo escoamento do fluido através de um helicóide vertical.(BARTOLOTTI, L. 2002).

Figura 15: VASPS



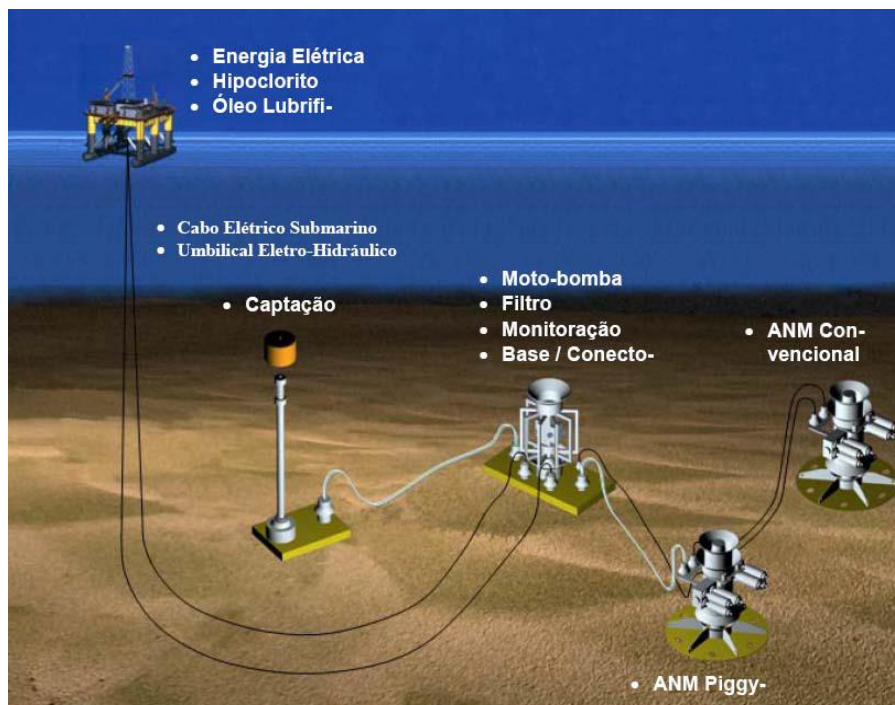
Fonte: *Googles images*

2.7.3 RWI (*raw water injection*)

Sistema para captação e injeção de água do mar em campos onde as UEP apresentam restrições para instalar ou expandir sistemas convencionais. Desta maneira a tecnologia RWI para injeção de água do mar poderia trazer vários benefícios, dentre os quais podemos citar:

- Viabilizar a injeção ou o aumento da cota de injeção em campos onde as plataformas de produção apresentam restrições para a instalação dos sistemas convencionais, tais como, indisponibilidade de área ou restrições no swivel de FPSOs.
- Em alguns campos, o Sistema Submarino de Injeção de Água do Mar pode apresentar custos de investimento e operação menores que o do sistema convencional.
- O Sistema Submarino de Injeção de Água do Mar apresenta flexibilidade para o realinhamento para outras plataformas de produção ou mudança de poço, facilitando a produção de um campo por fases. BARTOLOTTI, L. (2002).

Figura 16: RWI



Fonte: *Googles Images*

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o aumento de Mercantes em plataformas, procura-se explanar um pouco sobre área de exploração submarina, principalmente com Oficiais de Maquinas que estão trabalhando nesta área sendo de perfuração, subsea ou controle de lastro, e observado que nas escolas formadoras de oficiais, desconhecem sobre o tema, e não existindo, cursos específicos para área, resolveu-se trazer para área pedagógica, este conhecimento, ajudando e tirando duvidas de Docentes e Discentes, para que possam futuramente ingressar nesta área de conhecimento, que a cada dia precisa mais de oficiais capacitados, para esta nova área do saber.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVEAL CONTRERAS, E. (1994). **Os desbravadores: a Petrobras e a construção do Brasil industrial**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: ANPOCS.

ANTUNES, R. (1998). **Adeus ao trabalho? Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho**. São Paulo: Cortez; Campinas: Editora da UNICAMP.

ASSAYAG, M. et al. (1991). **A atividade offshore no Brasil: histórico**. Rio de Janeiro: Petrobras/CENPES.

ATHAYDE, M. (1996). **Gestão de coletivos de trabalho e modernidade: questões para a engenharia de produção**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

BARRETO, F. (1998). **Oficina de heróis – estudo sobre a identidade social dos mergulhadores profissionais**. Tese de Doutorado, IFCS/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

BARROS, C. (1998). **Especificidades da relação trabalho & saúde dos operadores de petróleo da Bacia de Campos**. Projeto de pesquisa para exame de qualificação na área de Saúde coletiva, USP, São Paulo.

BARTOLOTTI, L. (2002). **Ilhas de aço – homens de ferro: cotidiano de trabalho e vida do petroleiro offshore da Bacia de Campos dos Goytacazes**. Dissertação de Mestrado, PUC-SP, São Paulo.

Saudade. Imagem: revista do sindicato dos petroleiros do norte fluminense, Macaé, n.3, ag./set., p. 20-21. (1999)

MODU CODE, convenção para construção e segurança de plataformas, A-891, (2002).