

B - Instalação do Sistema de Produção e Escoamento

B1 - Reconhecimento e Escolha de Locações

O posicionamento da UEP destinada à exploração do Campo de Marlim Leste levou em consideração aspectos relacionados à geologia do solo marinho, à engenharia de reservatórios, à perfuração dos poços e aos requisitos de convivência de embarcações. A configuração adotada objetivou minimizar o comprimento das linhas submarinas e, conseqüentemente, os investimentos para a implantação dos sistemas submarinos, sem comprometer as questões de Segurança e Meio Ambiente.

Amplios estudos sobre a estabilidade do fundo, realizados pela Petrobras, subsidiaram a investigação da existência de feições no solo marinho, que pudessem comprometer os resultados das operações previstas e/ou a integridade dos equipamentos a serem instalados no Campo de Marlim Leste.

Esses estudos focalizaram a observação dos seguintes aspectos:

- ★ batimetria e gradientes de inclinação do solo marinho e a sua composição, assim como a existência de acumulações carbonáticas e o seu mapeamento em caso afirmativo;
- ★ ocorrência de estruturas geológicas como falhas profundas que alcançam o fundo marinho, falhas de seção rasa, zonas de fraturas, etc;
- ★ indícios de exsudações de hidrocarbonetos observados no fundo marinho;
- ★ ocorrência de acumulação de gás em subsuperfície, na seção rasa e também a possibilidade de existência de hidrato de gás;
- ★ previsão litológica de superfície (até cerca de 200 m abaixo do fundo marinho);
- ★ presença de horizontes, em subsuperfície, que representem aumento de adensamento;
- ★ ocorrência de areias confinadas e/ou zonas de pressão anormal.

As principais tecnologias utilizadas nesses estudos foram a sísmica 2D e 3D, sísmica de 3,5 kHz (*sub-bottom profile* - SBP), registros sonográficos regionais e

de alta resolução, registros batimétricos regionais e de alta resolução, imagens e registros digitais obtidos por ROV em inspeções de fundo marinho (*piston cores*) e testemunhos geológicos (até cerca de 200m de profundidade), assim como os dados de furos geotécnicos.

Quanto à utilização da tecnologia de furos geotécnicos, foi realizada uma campanha de investigação no Campo de Marlim Leste, com a utilização do navio M/S Bucentaur, com o objetivo de levantar os dados de solo para projetos de fundações de plataformas marítimas, equipamentos submarinos e arranjos de linhas.

Os ensaios *in situ* de resistência do solo foram realizados em pontos próximos à locação da plataforma P-53. Os quatro furos selecionados para a interpretação dos parâmetros de solo são apresentados na tabela a seguir:

Quadro II.2.4-1 - Furos geotécnicos.

FURO	COORDENADA X	COORDENADA Y	PROFUNDIDADE (m)	TIPO
GT-360 JPC-360	402250	7516335	40 11	CPT amostragem
GT-361 JPC-361	403987	7517346	40 11	CPT amostragem
GT-362 JPC-362	402244	7514336	40 11	CPT amostragem
GT-363 JPC-363	400528	7517346	40 5	CPT amostragem

Fonte: PETROBRAS

Para a análise de estabilidade do talude foi selecionado o furo GT-360, por ser o mais conservador (*Poulos, 1988, p.360-361*), pois retrata a situação geotecnicamente menos favorável e o modelo de talude infinito.

Como resultado da análise, concluiu-se que os parâmetros de resistência do solo, interpretados a partir de teste *in situ* CPT, indicam uma camada superficial de resistência mecânica suficiente para assentamento de estruturas submarinas.

A análise de estabilidade do talude, utilizando o perfil geotécnico menos favorável e um modelo de análise extremamente conservativo, resultou num fator de segurança de 7.45 considerado muito seguro. Na ausência de outros fatores de risco, tais como *canyons* e falhamentos, concluiu-se que o fundo marinho na área da locação da plataforma P-53 não apresenta riscos quanto à estabilidade geológica.

B2 - Lançamento, Amarração e Ancoragem das Linhas

B.2.1 - Procedimento Geral de Instalação

O sistema submarino de coleta e injeção do Campo de Marlim Leste é composto por linhas flexíveis, que interligarão as ANM's ao FPU P-53. A conexão das linhas flexíveis às ANM's será, como regra geral, com CVD (Conexão Vertical Direta), de primeira extremidade na ANM e segunda extremidade no FPU P-53.

Lançamento dos Dutos Flexíveis do Sistema de Coleta da Produção

Para a execução do lançamento das linhas para poços de produção e de injeção de água será utilizada uma embarcação equipada com sistema de posicionamento dinâmico além de sistemas de tensionadores lineares especialmente projetados para suportar as cargas induzidas durante o lançamento das linhas (a descrição detalhada desse tipo de embarcação se encontra no item II.2.4-M.8-Barcos de Apoio para Atividades de Instalação). Outros equipamentos auxiliares estão instalados nestas embarcações para auxiliar nas manobras de convés (guindastes e guinchos), inspeção submarina (ROV), medidores de corrente/ventos e sistemas de posicionamento via satélite/hidroacústico/microondas. Esse tipo de embarcação tem capacidade de carga para o lançamento simultâneo de até três linhas cheias d'água em uma lâmina d'água de até 2.000 metros. A Figura II.2.4-3 a seguir ilustra o tipo de embarcação, ou similar, que pode ser utilizado para o lançamento das linhas de fluxo no Campo de Marlim Leste.



Figura II.2.4-3 - Foto do Sunrise 2000, para ilustrar o tipo de embarcação que pode ser utilizado na instalação das linhas de fluxo em Marlim Leste.

Antes da descida, a linha flexível é conectada ao MCV (Módulo de Conexão Vertical Direta) sendo a conexão testada com nitrogênio a fim de comprovar a integridade da mesma. Conforme é ilustrado na Figura II.2.4-4, a descida do MCV será realizada com o auxílio de guinchos e um guindaste e monitorada através de ROV. Próximo ao fundo, o MCV será aproximado lentamente da ANM, até o seu acoplamento ser feito no *hub* da estrutura submarina. Após ser acoplado, o MCV será travado e a conexão testada através do sistema hidráulico do ROV (*Hot-Stub*). As linhas serão lançadas a partir de um carretel, preenchidas com água do mar e, em seguida, será testada sua estanqueidade. O corante fluoresceína (a 40%) será injetado na linha somente se o teste de estanqueidade indicar a existência de vazamento.

Após os testes, a lingada de descida do guincho será desconectada e recolhida até a superfície, juntamente com a ferramenta de descida.

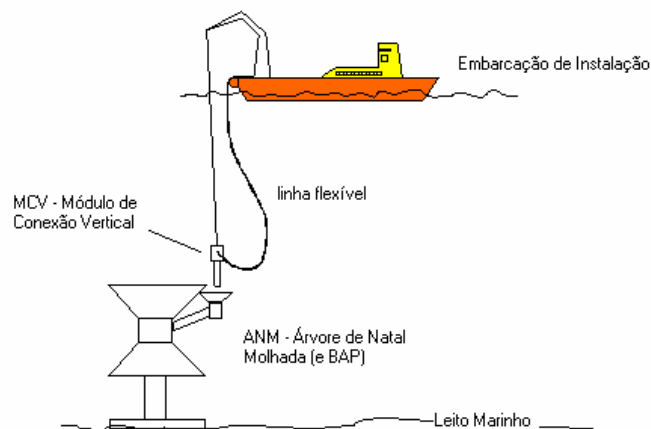


Figura II.2.4-4 - Ilustração do procedimento de instalação da linha de fluxo juntamente com MCV.

Durante o lançamento serão monitoradas as cargas de tração, os ângulos de saída da linha do navio (ângulo do topo da catenária) e as condições meteorológicas.

Caso seja necessária a utilização de conectores especiais de extremidade para a união de trechos da linha flexível, estas conexões intermediárias das linhas flexíveis serão testadas com nitrogênio para comprovar a integridade das mesmas. Da mesma forma, as conexões intermediárias dos umbilicais serão sujeitas a um teste de pressão para comprovar sua integridade.

No término do lançamento, a extremidade final do trecho *riser* da linha flexível será preparada para futura transferência para o FPU P-53.

Como algumas linhas serão pré-instaladas e abandonadas no fundo marinho as mesmas serão preparadas para o processo de hibernação, através da injeção de água aditivada (biocida e anticorrosivo), visando a inibição de processos de corrosão interna. Ao final do período de hibernação, o seu descarte será realizado próximo à P-53.

Após a instalação da P-53, o navio aproxima-se em preparação para transferência do *riser*. Nessa etapa ocorre a transferência do cabo principal (cabo de *pull-in*) da P-53 para a embarcação de lançamento através de um cabo mensageiro. Após o cabo principal ser conectado ao *riser* a bordo da embarcação, esta irá começar o “pagamento” do *riser* dentro d’água (liberação do

riser no navio para a água, à medida em que for necessário). Realiza-se então a descida do *riser* monitorada pelo ROV até gradualmente executar a transferência da carga, da embarcação para o cabo principal do guincho de *pull-in* da P-53. Após a transferência do *riser* para o cabo da P-53, o cabo da embarcação será desconectado, e recolhido até a superfície. As operações de *pull-in* são finalizadas com o içamento dos *risers* de todas as linhas.

Após o *pull-in* do *riser* ao FPU P-53, será realizada a interligação do cabo elétrico do umbilical de controle e uma inspeção para confirmar a posição final da linha no fundo do mar, bem como a configuração final da catenária da linha na P-53.

O procedimento de lançamento dos dutos rígidos será descrito no item E.1. – Lançamento de dutos e demais estruturas submarinas.

Um aspecto importante a ser considerado na etapa de instalação do sistema de produção e escoamento é a existência de formações carbonáticas no local. Desta forma, no programa de instalação do sistema submarino da P-53 está prevista uma campanha, a ser realizada em setembro de 2004, para visualização através de ROV, das áreas selecionadas com imagens de sonar indicativas de formações carbonáticas no Campo de Marlim Leste, conforme apresentado no item II.5.1.5. O procedimento permitirá um melhor conhecimento da existência de corais vivos associados aos “*mounds*” mapeados com a utilização de imagens de sonar de alta resolução SIS3000. Caso seja confirmada a existência desses corais de águas profundas, serão utilizados procedimentos adequados para a minimização dos impactos durante o lançamento das linhas e dutos.

No item II.7.0, referente as medidas mitigadoras e compensatórias, será apresentado o andamento do projeto de pesquisa para avaliação dos ecossistemas associados a corais de águas profundas na Bacia de Campos, idealizado pelo centro de pesquisa da Petrobras (CENPES), que tem como objetivos a avaliação e a identificação de possíveis formações coralíneas.

B.2.2 - Procedimento Geral de Amarração e Ancoragem

Amarração e Ancoragem do FPU P-53

O sistema de ancoragem providencia meios seguros e de confiança de amarração do FPU P-53 durante a vida útil do projeto. Este sistema é dimensionado e testado para funcionar em todas as condições de mar sem causar danos aos equipamentos submarinos.

O FPU P-53 será ancorado por meio de 9 linhas de ancoragem, de composição mista - amarra, cabo de poliéster e acessórios - conectadas a 9 pontos de ancoragem do tipo estaca torpedo (ilustrada na Figura II.2.4-5), cravadas no solo marinho. O Quadro II.2.4-2 apresenta as dimensões e peso estimados de uma estaca torpedo, para ancoragem do FPU P-53.

Quadro II.2.4-2 - Dimensões e peso estimados de uma estaca torpedo para ancoragem do FPU P-53.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
<u>Estaca tipo Torpedo</u> Peso: Dimensões:	80.000 kgf 12 metros comprimento x $\varnothing_{\text{tubo}}$ 1.066 mm

Fonte: PETROBRAS



Figura II.2.4-5 - Estaca do tipo torpedo a ser utilizada na ancoragem do FPU P-53

O procedimento de ancoragem divide-se em 2 fases.

- *Primeira fase:*

Consiste na instalação dos seguintes componentes de cada linha de ancoragem, antes da chegada do FPU: estaca torpedo, amarra de fundo e até 03 trechos de cabo de poliéster.

A fixação da estaca torpedo consiste na descida desta até uma determinada profundidade com uma linha de içamento. Em seguida libera-se a linha de içamento e o torpedo, já conectado às amarras de fundo, que mergulham em queda livre. Com o próprio peso, a estaca tipo torpedo é cravada no solo marinho. A Figura II.2.4-6 ilustra uma operação de lançamento de estaca torpedo.

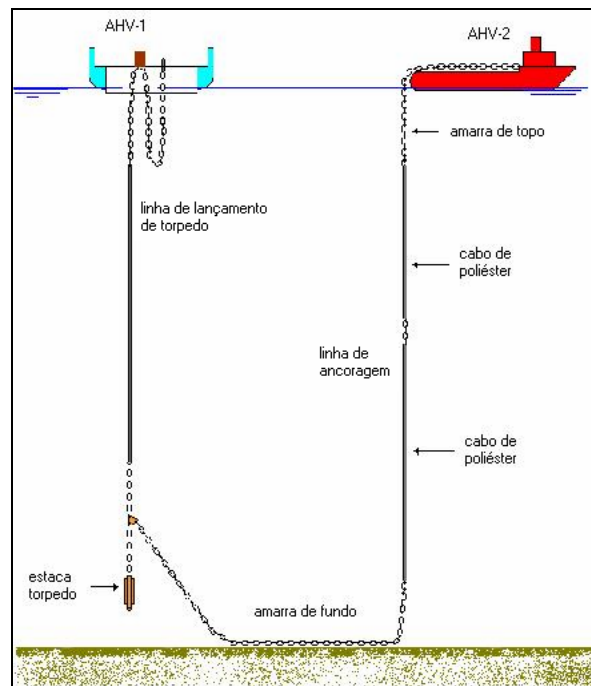


Figura II.2.4-6 - Lançamento de estaca tipo torpedo para ancoragem do FPU P-53

Para esta operação serão utilizadas embarcações de manuseio de componentes de ancoragem, designadas AHV (*Anchor Handling Vessel*), e uma embarcação de suporte, designada SV (*Survey Vessel*), para operação de ROV.

A Figura II.2.4-7 ilustra uma embarcação tipo AHV típica, que poderá ser utilizada no procedimento de instalação das âncoras.

- *Segunda fase:*

Tem início após a chegada do FPU P-53 na locação e consiste na instalação dos complementos dos componentes do sistema: quarto cabo de poliéster e amarra de topo, e conexão dessa amarra ao seu respectivo mordente a bordo do FPU.

Nesta etapa, serão disponibilizados embarcações tipo AHV e pelo menos 5 rebocadores, os quais deverão atuar desde a atividade de movimentação e posicionamento do FPU P-53 até a conexão do sistema pré-lançado, com a unidade de produção.



Figura II.2.4-7 - Foto de uma embarcação de suporte tipo AHV típica.

Amarração e ancoragem das linhas flexíveis

Algumas linhas flexíveis serão ancoradas para evitar um eventual deslocamento causado pelo movimento da unidade de produção. O quadro II.2.4-3 apresenta as dimensões e peso estimados para as estacas do tipo torpedo, que

serão instaladas radialmente antes do lançamento das linhas. Cada uma das estacas será conectada a um trecho de amarras de espera.

Quadro II.2.4-3 - Dimensões e peso estimados para uma estaca torpedo de ancoragem das linhas

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Estaca tipo Torpedo	
Peso:	23,5 t
Dimensões:	12 metros comprimento x $\varnothing_{\text{tubo}}$ 762 mm

Fonte: PETROBRAS

Depois de instaladas as estacas, as linhas serão fixadas a estas por meio de colares e rabichos de amarra com auxílio do ROV. A distância média estimada entre as estacas e o centro do *turret* é de 1.150 m. O sistema de ancoragem está esquematizado na Figura II.2.4-8.

A instalação das estacas consiste na descida da estaca até uma profundidade entre 40 e 60 m do fundo do solo marinho, com cabo de aço conectado à mesma, quando então será solta e cairá por gravidade. Com o próprio peso, a estaca é cravada no solo marinho, podendo atingir profundidades de até 15 m (medida a partir do topo do torpedo, onde está conectado o cabo de ancoragem). Com as marcas pintadas em cores nas amarras é possível verificar através de câmeras de ROV se a penetração de projeto foi obtida, sendo então cortado o cabo de sacrifício com auxílio do ROV.

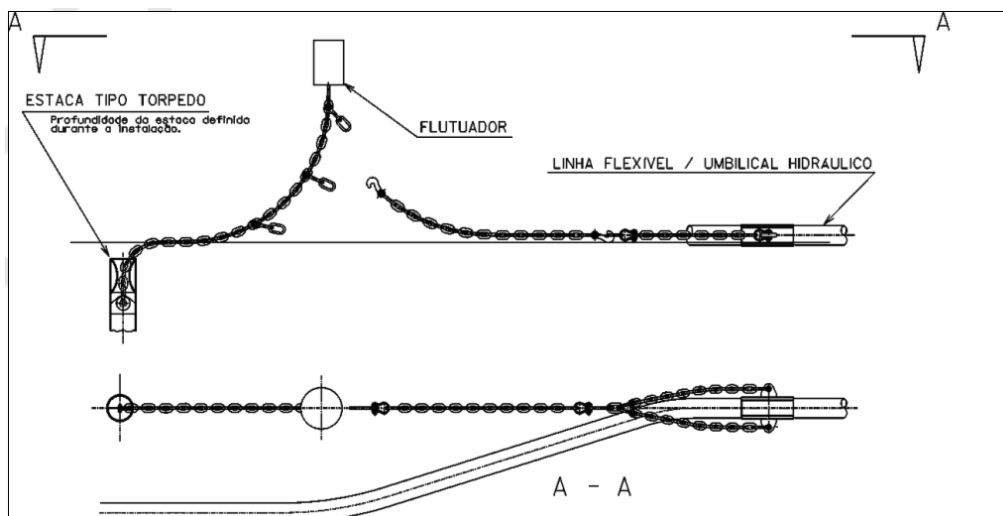


Figura II.2.4-8 - Esquema do sistema de ancoragem das linhas de escoamento.

A ancoragem da linha será realizada após o pull-in da mesma no FPU. As linhas que precisarem ser ancoradas serão lançadas já com seu colar de ancoragem. As estacas do tipo torpedo, já estarão cravadas em posição pré-determinada. O lançamento das estacas e a interligação dos elos de ancoragem entre a estaca e o colar sobre a linha serão feitos através de ROV da embarcação.

Nenhum procedimento adicional de ancoragem será adotado em relação às regiões morfologicamente acidentadas, já que as mesmas apresentam um ângulo máximo do talude de 15° não requerendo ancoragem especial.

B.3 - Mitigação dos Riscos de Interação das Linhas

Para a instalação do sistema submarino do Campo de Marlim Leste, a Petrobras se baseará no chamado Sistema de Gerenciamento de Obstáculos (SGO), amplamente adotado em suas atividades na Bacia de Campos. Trata-se de um banco de dados contendo informações (localização e lâmina d'água) sobre os equipamentos (obstáculos) fixos existentes (submersos ou na superfície).

De modo a mitigar os riscos de interação das linhas com outros equipamentos, durante a instalação serão consideradas rotas sem interferências, com base no SGO e na inspeção visual (*track survey*) através de ROV, mantendo ainda afastamento seguro entre elas e as demais estruturas submarinas (ANM's, PLET's, etc).

Após instalação de todos os equipamentos e linhas, estes serão imediatamente inseridos no SGO.