

3.2.5. Convés Principal

O convés principal é o convés com maior área no FPSO. A partir dele foram feitos estudos para a conversão, principalmente com a estruturação dos *topsides*. Acima do convés principal, e suportado pelo mesmo, situam-se os módulos de processamento e o módulo de acomodação e abaixo deste situam-se os tanques. Um laboratório de produção totalmente equipado para realizar os mais diversos tipos de análises acerca dos fluidos produzidos, encontra-se no convés principal próximo ao módulo de acomodação.

No convés principal são armazenados e movimentados os equipamentos, quando removidos pelos guindastes dos barcos de apoio e durante movimentação interna no FPSO, em áreas específicas conhecidas como áreas de descanso. A seguir encontra-se uma breve descrição acerca do sistema de suspensão de cargas existente no FPSO.

- **Sistemas de Suspensão de Cargas**

O FPSO contará 2 guindastes de pedestal. O guindaste de convés está localizado no centro do navio à estibordo e o guindaste de provisões situa-se próximo a popa, à bombordo, a frente do módulo de acomodação. A disposição dos *topsides* e a localização dos guindastes foi estabelecida de forma a evitar que se movimente cargas sobre os vasos sob pressão e sobre as tubulações. A Figura 3.2.6-a apresenta exemplo ilustrativo do guindaste de convés.



Figura 3.2.5-a. Exemplo ilustrativo do guindaste de convés.

- Especificações dos Guindastes

- Guindaste de Convés (Guindaste de pedestal hidráulico à diesel)

RAIO (m)	CARGA ESTÁTICA (MT)	CARGA EM MOVIMENTO (MT)
9,144	26,8	18,3
15,240	16,2	11,2
24,384	10,1	6,9
30,480	8,0	5,5

O guindaste de convés utilizado é do tipo braço articulado *Hydralift (Knuckle boom)*, um dos mais modernos e seguros guindastes na atualidade. Entre suas características distintivas pode-se citar o baixo risco de danos causado pela movimentação de carga, já que o material alçado fica próximo a garra, anulando quase que por completo o balanço da mesma, e a possibilidade de cargas serem colocadas no convés com segurança, mesmo durante condições de tempo adversas.

O guindaste de convés está localizado próximo a área dos *topside*s, portanto será utilizado para movimentação dos equipamentos mais pesados da área de processamento da produção. Esse guindaste também permite a troca do sistema de alça, tornando-o flexível para o manuseio dos mais diversos tipos de carga.



Figura 3.2.5-b. Sistema de alça do guindaste de braço articulado.

2. Guindaste de Provisão (Guindaste de pedestal hidráulico à diesel ou elétrico).

RAIO (m)	CARGA ESTÁTICA (MT)	CARGA EM MOVIMENTO (MT)
9,144	8,4	5,7
15,240	5,1	3,5

O guindaste de provisão é um guindaste menor e com capacidade de carga também inferior ao de convés. Esse guindaste é designado para a reposição dos materiais e bens necessários para manter os equipamentos e a tripulação do FPSO.

3.2.6 Acomodações

O módulo de acomodação encontra-se localizado próximo à popa do FPSO, estrategicamente situado na área menos perigosa do navio para que, em caso de acidentes no processamento da produção, esse módulo seja utilizado como refúgio temporário. Este módulo é considerado bem protegido contra incidentes de processo, incluindo fogo, explosão e ingresso de fumaça e gás, pois conta com sistemas de emergência, os quais incluem:

- *Painéis de detecção de fogo e gás*
- *Sistema de controle de queda de energia e fontes de energia*
- *Meios de comunicação com terra, ar e outros navios*
- *Gerador de energia de emergência e painel de controle*
- *Aquecimento, ventilação e ar condicionado*
- *Botes salva-vidas e barcos de resgate*
- *Tomadas de ar com bloqueadores automáticos e detectores de fumaça*

O módulo de acomodação possui capacidade para alojar 60 pessoas permanentes e um máximo de 100 pessoas a bordo. Quanto ao sistema combate a incêndio, o módulo de acomodação está equipado com extintores portáteis de incêndio, sendo 12 de CO₂ (6 Kg) e 12 de água (9 L).

Como pode ser observado na Figura 3.2.6-a, o módulo de acomodação constitui-se das seguintes áreas, de baixo para cima: os convéses A, B, C e D e o convés da ponte de navegação, os quais encontram-se descritos a seguir.

Figura 3.2.6-a. Esquema do módulo de acomodação do FPSO.

a. Convés A

Nesse convés situa-se a Sala de Controle Central (SCC), o principal centro de comando e comunicação interna do FPSO. Na SCC se concentrarão o controle e o monitoramento dos processos de produção da mesma forma que as funções de carga e dos sistemas de gás e incêndio. As instalações de alimentação (refeitório, cozinha, despensa), sala de televisão, o hospital e alguns equipamentos do sistema de combate à incêndio também encontram-se neste convés. Esse convés também é a área refúgio temporário, onde as pessoas se reunirão e se abrigarão em caso de incidentes graves.

b. Convés B

Nesse convés se encontram-se 22 quartos para a tripulação; além de áreas de lazer (biblioteca, sala de telefonemas) e instalações de serviço como a lavanderia e um quarto de armazenamento. Ainda nesse convés (externamente ao módulo) estão localizados e alguns equipamentos de emergência do FPSO como os coletes salva vidas e botes infláveis.

c. Convés C

No convés C encontram-se 12 quartos para a tripulação, assim como algumas instalações de serviço como lavanderia, sala de peças de reposição e sala de espera do helicóptero. Outras áreas são o ginásio, a piscina (a piscina ocupa dois convéses) e a sala de conferências. Externamente ao módulo encontram-se os 2 botes salva-vidas.

d. Convés D

No Convés D encontram-se distribuídas as acomodações (12) e as salas de trabalho dos principais responsáveis pela operação e pelo FPSO, além de alguns outros cômodos de guarda de equipamentos. Incluem-se neste convés o escritório do engenheiro chefe; quartos do capitão, engenheiro chefe e oficial de rádio e uma sala de aparatos eletrônicos. Também nesse convés situa-se a sala de ventilação.

e. Convés da Ponte de Navegação

Nesse convés encontram-se essencialmente as salas com os principais equipamentos de controle de navegação e comunicação, estando contempladas as seguintes áreas: sala de rádio, sala do leme, duas salas com equipamentos reservas e uma com equipamentos eletrônicos.

3.2.7. Heliponto

O Heliponto está localizado no módulo de acomodação, acima da popa do FPSO, tendo sido dimensionado para receber helicópteros como o Sikorsky S-61N, sua área é de 387 m² e o perímetro de aproximadamente 70 m. Sua localização pode ser observada em detalhes na Figura 3.2.6-a, anteriormente apresentada.

Na área do heliponto estão previstas duas saídas de escape em caso de acidentes, sendo a principal direção de fuga, a escadaria externa à estibordo, a qual permite o acesso aos andares inferiores do módulo de acomodação. A segunda rota corresponde à uma passagem por baixo do heliponto, a qual permite acesso interno ao módulo de acomodação.

O material de combate a incêndio no heliponto inclui, além de hidrantes, dois conjuntos extintores de pó químico de 22,5 kg com rodas, três extintores CO₂ de 6,7 kg, um extintor com aplicador para alcançar o motor do helicóptero e dois lançadores de espuma sempre de prontidão.

3.3. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES SUBMARINAS

Para a caracterização dos processos e sistemas que atuam nas atividades de desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema, foram destacados como instalações submarinas os seguintes componentes estruturais:

Linhas de fluxo de processo - foram consideradas neste conjunto as 6 linhas de produção, as duas linhas de injeção de gás *lift*, as duas linhas de injeção de água e dois umbilicais.

Estruturas submarinas - 3 *manifolds* de produção, 2 de injeção de água, duas unidades de controle UTA (*Umbilical Termination Assembly*) e 1 estrutura para distribuição de gás *lift* no centro de produção de Bijupirá (PLET - *Pipeline End Termination*), além das 16 árvores de natal molhadas (ANM).

Linha de gás para exportação/importação – gasoduto de propriedade da Petrobrás, com cerca de 25 km de extensão, o qual será utilizado para exportar parte do gás produzido nos campos de Bijupirá e Salema para a Plataforma P-15.

Além destas estruturas, também são incluídos neste conjunto os *jumpers* de produção e de injeção (tubulações existentes entre os *manifolds* e as árvores de natal) e os *flying leads* (tubulações existentes entre as UTA's e os *manifolds* e entre estes e as árvores de natal).

Os itens a seguir apresentam uma descrição detalhada destas instalações submarinas. Um *Lay-out* dos centros de produção de Bijupirá e Salema, com a disposição das instalações supracitadas pode ser observado nas Figuras 3.3-a e 3.3-b.

3.3.1. Linhas de Fluxo de Processo

Análises dinâmicas preliminares das linhas de fluxo indicaram que o sistema de tubos flexíveis com catenária livre é aconselhável para as condições ambientais encontradas nesta região da Bacia de Campos e para a movimentação da unidade de produção, associados com o sistema do *turret* externo.

As rotas das linhas de fluxo no fundo oceânico, entre os dois centros de perfuração e o FPSO, foram selecionadas de forma a minimizar as distâncias para a superfície. O espaço livre mínimo entre as linhas de fluxo e qualquer outra obstrução do assoalho marinho é de aproximadamente 100 metros. Todas as linhas de fluxo estão dispostas em uma configuração livre de estrangulamento, com um ângulo máximo de 7º da vertical.

Os fluidos dos reservatórios deverão ser produzidos com um total de 11 linhas de fluxo, incluindo 6 linhas de produção, 2 linhas de injeção de gás *lift*, 2 linhas de injeção de água, 1 linha de exportação/importação de gás e finalmente 2 umbilicais.

Figura 3.3-a. *Lay-out* do campo de Bijupirá.

Figura 3.3-b. *Lay-out* do campo de Salema.

O Quadro 3.3.1-a apresenta as principais características das linhas de fluxo a serem instaladas nos campos de Bijupirá e Salema.

Quadro 3.3.1-a. Especificações das linhas de fluxo dos campos de Bijupirá e Salema.

ESPECIFICAÇÕES	LINHA DE PRODUÇÃO		LINHA DE GÁS LIFT		LINHA DE ÁGUA DE INJEÇÃO		LINHA DE GÁS (EXP./IMP.)	
	Bijupirá	Salema	Bijupirá	Salema	Bijupirá	Salema	Bijupirá	Salema
Diâmetro interno	4 x 8,0"	2 x 6,0"	1 x 5,0"	1 x 4,0"	1 x 7,0"	1 x 4,5"	1 x 9,5"	
Pressão de projeto (bar)	241	241	160	160	234	248	138	
Temperatura de projeto (° C)	88	88	60	60	24-32	24-32	35	

Fonte: Enterprise Oil.

a. Linhas de produção

Conforme citado anteriormente, o projeto de desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema prevê a instalação de duas linhas de produção para cada *manifold*. Dessa forma, deverão ser instaladas quatro linhas para Bijupirá e duas para Salema. Estas linhas de produção são conectadas aos *swivels* presentes no *turret* e aos *manifolds* de produção, sendo o fluxo de cada campo direcionado para uma estrutura específica e então para a planta de processo do FPSO.

O Quadro 3.3.1-b apresenta as extensões das linhas de produção a serem utilizadas nos Campos de Bijupirá e Salema. A denominação *riser* se refere à porção suspensa, que se estende do *turret* ao assoalho oceânico, enquanto *flow line* se refere à porção disposta sobre o mesmo.

Quadro 3.3.1-b. Extensões dos *risers* e *flow lines* das linhas de produção dos campos de Bijupirá e Salema.

LINHAS DE PRODUÇÃO	CAMPO DE BIJUPIRÁ (Diâmetro: 8,0")			CAMPO DE SALEMA (Diâmetro: 6,0")		
	<i>Risers</i> (m)	<i>Flow Lines</i> (m)	<i>Total</i> (m)	<i>Risers</i> (m)	<i>Flow Lines</i> (m)	<i>Total</i> (m)
Produção 1	1.039	1.774	2.813	1.039	2.291	3.330
Produção 2	1.039	1.799	2.838	1.039	2.273	3.312
Produção 3	1.039	1.818	2.857	-	-	-
Produção 4	1.039	1.822	2.861	-	-	-

Fonte: Enterprise Oil.

Operações de pigging

Devido à possibilidade de eventuais acúmulos de parafinas e asfaltenos nas linhas de produção, estas estruturas são projetadas para permitir a passagem de *pig* para limpeza. As operações de *pigging* atuam a partir do *turret*, através de uma das linhas de produção, em direção ao *manifold*. A partir do *manifold*, o *pig* é redirecionado para a segunda linha

de produção por onde retorna ao *turret*. Dessa forma, as operações de limpeza poderão ser realizadas em ambas as direções sempre que se fizer necessário.

Teste de produção

Como pode ser observado, o projeto prevê a instalação de duas linhas de produção em cada *manifold*. Esta configuração permite não apenas as operações de manutenção, descritas acima, como também a possibilidade de realização de testes em cada poço de produção conectado ao *manifold*. Para esta operação, o fluxo do poço a ser testado é desviado para uma linha de produção, enquanto os demais poços mantêm o fluxo para a outra. O poço testado é direcionado ao *swivel* teste e então ao respectivo separador.

b. Linhas de injeção de água

A água de injeção obtida através de bombas de sucção presentes no FPSO é direcionada para o *turret* para ser injetada através de um *swivel* específico para esta operação. Nesta estrutura encontram-se duas conexões para as linhas de injeção de água, sendo uma para o campo de Bijupirá e outra para Salema. Cada linha de injeção é munida de uma válvula bloqueadora e de sistemas de controle, principalmente de pressão e temperatura.

As linhas de injeção de água são interligadas aos *manifolds* de injeção. Em Bijupirá, será instalado 1 *manifold* de injeção que direcionará o fluxo para quatro poços de injeção e em Salema 1 mini-*manifold* para dois poços de injeção. As extensões destas linhas encontram-se apresentadas no Quadro 3.3.1-c.

Quadro 3.3.1-c. Extensões dos *risers* e *flow lines* das linhas de injeção de água dos campos de Bijupirá e Salema.

LINHAS DE INJEÇÃO DE ÁGUA	<i>Risers</i> (m)	<i>Flow Lines</i> (m)	Total (m)
Bijupirá	1.039	1.826	2.865
Salema	1.039	2.246	3.285

Fonte: Enterprise Oil.

A técnica de injeção de água é necessária para reservatórios que retêm grandes quantidades de hidrocarbonetos após o término da sua energia natural, decorrentes de um longo período de produção. Ao se injetar um fluido no reservatório, objetiva-se promover o deslocamento do óleo para fora dos poros da rocha, sendo a injeção de água do mar classificada como um método de recuperação convencional. Este processo de produção caracteriza uma etapa de recuperação secundária.

c. Linhas para gás *lift*

Durante as atividades de produção dos campos de Bijupirá e Salema, parte do gás produzido/importado pela planta de processo do FPSO deverá ser direcionado para o sistema de injeção de gás *lift*. Este sistema prevê a injeção de gás *lift* nos *manifolds* de produção, sendo que em Salema, esta ligação será direta. Em Bijupirá, devido a existência de dois *manifolds* de produção, esta linha de fluxo será conectada à uma

estrutura denominada PLET, onde o fluxo será direcionado para cada *manifold* através de um *jumper*. As extensões destas linhas encontram-se apresentadas no Quadro 3.3.1-d.

A técnica de injeção de gás *lift* é um método de elevação artificial, que utiliza a energia contida em gás comprimido para elevar fluidos até a superfície. O gás *lift* é utilizado para gaseificar a coluna de fluido, facilitando a surgência do fluxo da produção. Esta intervenção se faz necessária devido ao declínio da pressão do reservatório decorrente da exploração pretérita dos campos de Bijupirá e Salema, tornando-se insuficiente para deslocar os fluidos até a superfície em uma vazão economicamente viável.

Quadro 3.3.1-d. Extensões dos *risers* e *flow lines* das linhas de injeção de gás *lift* dos campos de Bijupirá e Salema.

LINHAS DE INJEÇÃO DE GÁS <i>LIFT</i>	<i>RISERS</i> (M)	<i>FLOW LINES</i> (M)	TOTAL (M)
Bijupirá	1.039	1.779	2.818
Salema	1.039	2.311	3.350

Fonte: Enterprise Oil.

d. Umbilicais

O umbilical consiste em um conjunto de linhas coaxiais, integradas em um único cabo, conforme pode ser observado na Figura 3.3.1-a apresentada a seguir. No Projeto Bijupirá & Salema, será utilizado um umbilical eletro/hidráulico para transmitir suprimentos hidráulicos de baixa e alta pressão, químicos, elétricos e sinais necessários para operar e monitorar os poços de produção e de injeção em cada centro de produção. O umbilical deverá ser produzido em uma extensão contínua, sem a presença de conexões, mesmo entre sua porção dinâmica (*riser*) e sua porção estática (*flow line*).

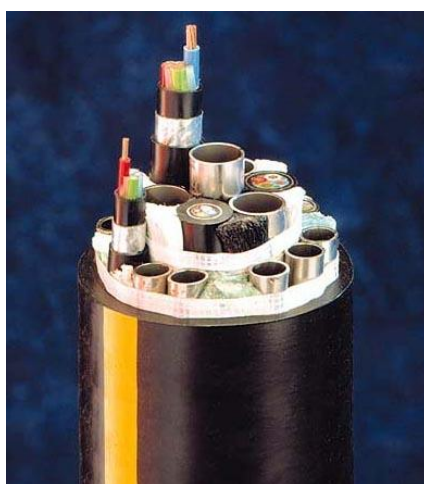


Figura 3.3.1-a. Exemplo ilustrativo de um umbilical.

Quadro 3.3.1-e. Extensões dos *risers* e *flow lines* dos umbilicais dos campos de Bijupirá e Salema.

UMBILICAIS	<i>Risers</i> (m)	<i>Flow Lines</i> (m)	Total (m)
Bijupirá	1.039	1.777	2.816
Salema	1.039	2.246	3.285

Fonte: Enterprise Oil.

O plano de desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema inclui a instalação de um umbilical para cada campo, conectados à uma estrutura denominada UTA (*Umbilical Termination Assembly*), a qual distribui os fluxos entre os *manifolds* a partir de interligações chamadas *flying leads*.

O Quadro 3.3.1-f a seguir, apresenta as diferentes funções dos umbilicais, diâmetro, pressão de trabalho e quantidade de linhas requerida para cada função.

Quadro 3.3.1-f. Especificações requeridas para os umbilicais dos campos de Bijupirá e Salema.

UMBILICAL DE BIJUPIRÁ				
Linhas	Diâmetro Interno	Pressão (psi)	Quantidade de Linhas	Observações
Hidráulico baixa pressão	3/8"	3,000	2	-
Hidráulico alta pressão	3/8"	5,000	2	-
Etanol	1/2"	4,000	5	Duas linhas por <i>manifold</i>
Inibidor de parafina	3/8"	4,000	9	Uma linha por árvore de natal
Anti corrosivo	3/8"	4,000 psi	4	Uma linha por cabeça de <i>manifold</i>
Demulsificante	3/8"	4,000 psi	4	Uma linha por cabeça de <i>manifold</i>
Linha reserva	1/2"	5,000 psi	1	-
Linha reserva opcional	1/2"	5,000 psi	1	-
Componentes elétricos	-	-	2	-
UMBILICAL DE SALEMA				
Linhas	Diâmetro Interno	Pressão (psi)	Quantidade de Linhas	Observações
Hidráulico baixa pressão	3/8"	3,000	2	-
Hidráulico alta pressão	3/8"	5,000	2	-
Etanol	1/2"	4,000	3	Duas linhas por <i>manifold</i>
Inibidor de parafina	3/8"	4,000	5	Uma linha por árvore de natal
Anti corrosivo	3/8"	4,000 psi	2	Uma linha por cabeça de <i>manifold</i>
Demulsificante	3/8"	4,000 psi	2	Uma linha por cabeça de <i>manifold</i>
Linha reserva	1/2"	5,000 psi	1	-
Linha reserva opcional	1/2"	5,000 psi	1	-
Componentes elétricos	-	-	2	-

3.3.2. Estruturas submarinas

Neste item encontram-se descritas as estruturas submarinas que serão instaladas sobre o assoalho marinho. Estão incluídas neste conjunto, as estruturas que recebem ou enviam atributos para as linhas de fluxo do processo, a saber: cabeças de poço, árvores de natal molhadas, *manifolds* de produção e de injeção, *Pipeline End Termination* (PLET), *Umbilical Termination Assembly* (UTA) e demais conexões entre estas estruturas. Na Figura 3.3-a e 3.3- b pode-se observar a disposição destas estruturas em cada centro de produção.

O sistema submarino de produção dos campos de Bijupirá e Salema foi projetado para uma vida útil de 20 anos de serviço, sem necessidade de intervalos para manutenção. Estas estruturas são projetadas para operar a 1.000 metros de profundidade, à pressão ambiente de 3.500 psi.

a. Árvores de Natal

Após a descida da coluna de produção, é instalado a cabeça de poço e sobre esta um equipamento denominado árvore de natal molhada (ANM). Este equipamento consiste em um conjunto de válvulas e um conjunto de linhas de fluxo utilizadas para controle do poço. Durante as atividades de perfuração, cada poço será completado e fechado, prontos para serem conectados aos *manifolds* de produção e de injeção (estruturas que atuam como controladoras do sistema do poço), à FPSO e colocados em produção.

O Projeto Bijupirá & Salema contará com a instalação de 16 ANMs, sendo 11 no campo de Bijupirá (7 em poços de produção e 4 em poços de injeção) e 6 em Salema (3 em poços de produção e 2 em poços de injeção). Estas estruturas apresentam dimensões de cerca de 6,5m de altura e 4,0 x 3,0m de base.

b. Manifolds

A seguir são considerados os três tipos de *manifolds* que serão utilizados para o projeto de desenvolvimento dos campos de Bijupirá e Salema: (1) *manifold* de produção, (2) *manifold* de injeção e (3) mini-*manifold* de injeção.

As funções exercidas pelas árvores de natal e pelos *manifolds*, de produção e de injeção, são controladas por módulos de controle montados na estrutura dos próprios *manifolds*. A conexão entre os *manifolds* e as árvores de natal é realizada a partir de uma linha de fluxo denominada *jumper*¹. Ressalta-se ainda que as válvulas que permitem isolamento de fluxo ou redirecionamento de fluxo, quando necessário, são projetadas para sofrer intervenções a partir do ROV.

Conexões elétricas e hidráulicas derivadas dos umbilicais, denominadas *flying leads*, serão utilizadas para estabelecer interligações entre os *manifolds* e as árvores de natal e entre os *manifolds* e a UTA (vide item d) de cada campo.

¹ Os *jumpers* consistem de uma tubulação com curvatura em U e um conector vertical em cada extremidade, que se encaixam nas conexões de cada estrutura submarina (ex. *manifold* e árvore de natal).

1. Manifold de produção: Serão instalados 3 *manifolds* de produção, sendo 2 em Bijupirá, conectados a 7 poços de produção e 1 em Salema, a 3 poços de produção. Cada *manifold* é conectado a duas linhas de produção que direcionam o fluido ao *turret*, e este à planta de processo. O fluxo dos poços de produção pode ser direcionado individualmente para uma das duas linhas de produção, permitindo a realização de teste em um poço específico, quando requerido. O *jumper* entre os *manifolds* e as árvores de natal englobam o fluxo da produção e um canal para injeção de gás *lift*, com diâmetros de 4" x 2" respectivamente.
2. Manifold de injeção: prevê-se para o campo de Bijupirá a instalação de um *manifold* de injeção, alimentado por uma linha de fluxo de água de injeção. Esta estrutura é projetada para conectar-se a quatro poços de injeção, a partir de *jumpers* com diâmetro de 4". O fluxo da injeção é controlado por válvulas de estrangulamento em cada poço, separadamente.
3. Mini-manifold de injeção: prevê-se a instalação desta estrutura no plano de desenvolvimento do campo de Salema. O *mini-manifold* de injeção estará conectado ao *turret* a partir de uma única linha de injeção de água, e deverá direcionar fluxo para dois poços de injeção, interligados por *jumpers* com diâmetros de 4". O fluxo da injeção de água é controlado por válvulas de estrangulamento em cada poço, separadamente.

 Quadro 3.3.2-a. Dimensões dos *manifolds* a serem instalados nos campos de Bijupirá e Salema.

DIMENSÕES	MANIFOLD DE PRODUÇÃO	MANIFOLD DE INJEÇÃO (Bijupirá)	MINI - MANIFOLD DE INJEÇÃO (Salema)
Base (m)	7,6 x 6,0	6,0 x 5,0	5,1 x 3,6
Altura (m)	4,0	4,0	4,0

c. Gás Lift Pipeline end termination (PLET)

O gás *lift* (PLET) será utilizado no desenvolvimento do campo de Bijupirá para promover um ponto final para a linha de injeção de gás *lift* que alimenta este campo. Dessa forma, a partir desta estrutura, serão direcionados dois *jumpers* de 2", que farão a conexão entre o PLET e os *manifolds* de produção de Bijupirá. Está prevista a implantação de uma válvula de isolamento de fluxo, projetada para ser operada pelo ROV. Esta estrutura possui as seguintes dimensões: base de 5,2 x 3,0m e altura de 4,0m.

d. UTA

Assim como as demais estruturas descritas acima, serão instaladas no assoalho oceânico 2 *Umbilical Termination Assembly* (UTA), sendo uma para cada campo de produção. Esta estrutura recebe o umbilical lançado a partir do *turret* e tem a função de direcionar fluxos de injeção fluidos de controle e produtos químicos, além de energia elétrica e sinais de controle para os *manifolds* de produção e de injeção e, destes para as árvores de natal. Estas transferências são realizadas por conectores denominados *flying leads*, na seguinte configuração: dois *flying leads* hidráulicos e um elétrico para cada *manifold*. Esta estrutura possui uma base de 4,4 x 2,7m e 1,4m de altura.

3.3.3. Linha de gás para exportação

O gasoduto que será utilizado para a exportação do gás natural extraído do processamento industrial dos campos de Bijupirá e Salema, constitui-se de uma tubulação com 25.870 m de comprimento que interligará o FPSO Fluminense com a Plataforma semi-submersível P-15, situada no campo de Piraúna sob responsabilidade da PETROBRAS.

Este duto, instalado pela PETROBRAS em 1991 para a exportação do gás da Plataforma P-13, foi operado até maio de 2001, quando foi temporariamente desativado, conforme mencionado anteriormente no item 2.2 referente ao histórico do empreendimento.

A linha existente, com 9½" (241,3 mm) de diâmetro interno, é uma linha híbrida que possui dois tramos flexíveis nas extremidades e um tramo central rígido. Seu posicionamento atual pode ser observado na Figura 3.3.3-a a seguir, e as características físicas dessa estrutura são apresentadas no Quadro 3.3.3-a abaixo.

Quadro 3.3.3-a. Características físicas do gasoduto para exportação de gás FPSO - P15

TRAMO	COMPRIMENTO		POSIÇÃO INICIAL	POSIÇÃO FINAL	ESPECIFICAÇÃO
	Riser	Flow Line			
1. Duto flexível conectado a plataforma P-15	340m	715m	P-15 S=22 40 39 W=040 36 22	Assoalho oceânico E = 334.561 N = 7.490.700	Diâmetro 9½" Linhas COFLEXIP
2. Duto rígido	21.044m		Assoalho oceânico E = 334.561 N = 7.490.700	Assoalho oceânico E = 351.088 N = 7.492.746	Tubo de aço s/ costura API 5L Gr X-52, normalizado, D. externo 273.1mm x 15.8mm espess. parede, revestido externamente com FBE (Fusion Bonded Epoxi)
3. Duto flexível	1.025m	2.730m	Assoalho oceânico E = 351.088 N = 7.492.746	FPSO ¹ E = 353.054 N = 7.495.647	Diâmetro Di = 9½" Linhas COFLEXIP Estrutura do riser 241.5005, estrutura do flow line 241.5006

¹ Futuro posicionamento final do tramo flexível 3
 Fonte: Enterprise Oil

O gasoduto existente, de propriedade da PETROBRAS, possui uma válvula de esfera DN 900 # API 6D instalada ao final do tramo 1 (extremidade flexível conectada à Plataforma P-15). A pressão de projeto da linha está fixada em 134 bar (1943 psi) e a temperatura máxima de operação foi estipulada em 35 °C.

A Enterprise Oil verificou recentemente as condições de integridade física de toda a tubulação aprovando-a para utilização na exportação de gás. O sistema para o tratamento e posterior exportação de gás a ser instalado no FPSO, será munido de equipamentos e

instalações necessárias à sua operação e manutenção, além de sistema de monitoramento e segurança. Dentre estas instalações podem ser citadas a estação de controle de pressão, o sistema para rebaixamento de temperatura, secadores (desidratadores), *scraper trap* (para lançamento e recepção de *pigs*), além de sensores de temperatura e de pressão com atuação automática. A Figura 3.1.4-a (Fluxograma de processos) apresentado anteriormente, mostra esquematicamente o processo de tratamento do gás a ser utilizado para a geração de energia, para a exportação e para elevação (gás *lift*).

Figura 3.3.3-a. Gasoduto

3.4. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Durante o desenvolvimento das atividades de perfuração dos campos de Bijupirá e Salema, objeto dos estudos apresentados e licenciados a partir do Relatório de Controle Ambiental (RCA), todos os poços perfurados deverão ser deixados prontos para conectá-los às estruturas submarinas inerentes às atividades de produção. Isso se dará a partir da atividade de completação, na qual se instala os equipamentos que permitem que os hidrocarbonetos do reservatório sejam produzidos sob controle e com segurança.

Na etapa de completação, realizada logo após o término da perfuração de cada poço, são instalados os seguintes componentes estruturais: a coluna de produção e os equipamentos responsáveis pela ancoragem da coluna de produção, pela vedação entre a coluna e o revestimento de produção e pelo controle do fluxo de fluidos na superfície - a cabeça de produção do poço e a árvore de natal. Dessa forma, os poços são deixados preparados para dar continuidade aos equipamentos inerentes à produção.

O escopo de trabalho da instalação dos sistema de produção vai desde o recebimento dos equipamentos até o FPSO estar completamente ancorado, com as linhas de fluxo do processo conectadas, e o sistema testado. A responsabilidade do processo de instalação infere a atuação nas seguintes funções: (1) recebimento dos equipamentos submarinos, âncoras e respectivos cabos, linhas de fluxo e mangueiras flutuantes; (2) armazenamento de todos os equipamentos em terra e transporte até a locação dos campos de Bijupirá e Salema em navios especializados para a operação de instalação; (3) realização de testes de vazamento das conexões presentes no sistema após o término das instalações e comissionamento do FPSO e (4) execução das técnicas de engenharia do processo e coordenação geral da execução dos trabalhos.

O projeto de instalação do sistema de produção dos campos de Bijupirá e Salema será inteiramente executado no Brasil, utilizando em sua grande maioria, mão-de-obra nacional. A logística de instalação se encontra alocada no município de Niterói, Rio de Janeiro, de onde partirão todos os equipamentos para a realização das campanhas de instalação. Durante o curso do projeto, estarão disponíveis para o desenvolvimento do trabalho três navios instaladores, semelhantes aos apresentados na Figura 3.4-a, para a instalação das linhas de fluxo do processo e das estruturas submarinas.



Figura 3.4-a. Ilustração de um navio de instalação semelhante ao que será utilizado no Projeto Bijupira & Salema.

Para a instalação do sistema de ancoragem, serão disponibilizados outros dois navios, específicos para esta atividade, denominados AHT, do inglês *Anchor Handling Tugs* (Figura 3.4-b). Estes mesmos navios serão utilizados posteriormente nas atividades de conexão das linhas de fluxo com o FPSO e da amarração dos cabos de ancoragem, imediatamente após a chegada do FPSO à locação pré-estabelecida.



Figura 3.4-b. Embarcação de reboque e manuseio de âncoras (AHT).

Ressalta-se que os navios de instalação estarão amplamente equipados para o desenvolvimento desta atividade, além de contar com uma equipe altamente especializada na instalação de sistemas submarinos para produção de hidrocarbonetos em grandes profundidades.

A instalação do sistema submarino de produção do Projeto Bijupirá & Salema será iniciada em Salema (prevista para iniciar em novembro de 2002), enquanto a plataforma de perfuração ainda estiver perfurando poços no campo de Bijupirá, conforme cronograma apresentado no Capítulo 2 deste documento. Dessa forma, a operação de instalação do sistema submarino se dará da seguinte forma:

- Durante as atividades de perfuração no campo de Bijupirá
 1. Salema: instalação do *manifold* de produção e do *mini-manifold* de injeção
 2. Salema: instalação das linhas de fluxo (linhas de produção, de injeção de água e de injeção de gás *lift*)
 3. Salema: instalação do conjunto umbilical + UTA
 4. Instalação paralela do sistema de ancoragem do FPSO em um ponto equidistante entre os campos de Bijupirá e Salema
- Durante as atividades de perfuração no campo de Salema
 1. Bijupirá: instalação dos *manifolds* de produção, do *manifold* de injeção e do PLET
 2. Bijupirá: instalação das linhas de fluxo (linhas de produção, de injeção de água e de injeção de gás *lift*)
 3. Bijupirá: instalação do conjunto umbilical + UTA

4. Bijupirá: instalação dos *jumpers* e dos *flying leads* entre as estruturas submarinas
 - Após o término das atividades de perfuração no campo de Salema
1. Salema: instalação dos *jumpers* e dos *flying leads* entre as estruturas submarinas
 - Após a chegada do FPSO à locação
1. Posicionamento do FPSO
2. Conexão dos cabos de ancoragem do FPSO
3. Conexão das linhas de fluxo e umbilicais
4. Teste do sistema

Ressalta-se que a metodologia utilizada para as diferentes etapas de instalação são as mesmas para ambos os campos. Dessa forma, a seguir encontram-se descritas a metodologia de cada etapa de instalação, referindo-se às atividades que serão realizadas tanto no campo de Bijupirá quanto no de Salema.

3.4.1. Instalação das linhas de fluxo do processo

A primeira atividade a ser realizada durante a campanha de instalação das linhas de fluxo deste Projeto será uma inspeção visual das rotas preestabelecidas. Esta inspeção tem por objetivo confirmar que esta rota encontra-se adequada para receber as linhas de fluxo e eliminar a possibilidade de encontrar obstruções que impossibilitem a instalação do sistema. Esta inspeção será estendida até a área de acesso ao FPSO.

As linhas de fluxo e o umbilical a serem instalados no campo de Bijupirá demandarão a realização de três viagens entre o a base terrestre e a locação de instalação, enquanto que para Salema, todo o material poderá ser transportado ao campo em apenas uma viagem. As etapas de instalação das linhas de fluxo diferem ligeiramente das dos umbilicais, na medida em que as linhas de fluxo serão conectadas aos *manifolds* de produção e de injeção e ao PLET (Bijupirá), que já se encontram instalados no assoalho oceânico. Os umbilicais serão conectados às UTA's no convés do navio de instalação e posicionados sobre o assoalho marinho conjuntamente.

As linhas de fluxo e os umbilicais serão instalados logo após a instalação das estruturas submarinas, antes da chegada do FPSO. Testes de estanqueidade das conexões (*flanges*) serão realizados à bordo do navio de instalação, utilizando-se nitrogênio.

- **Instalação das Linhas de Fluxo**

Após a realização do teste de estanqueidade, um cabo será conectado à extremidade inferior da linha de fluxo, e um guindaste será operado para proceder o desembarque da linha de fluxo (Figura 3.4.1-a1 e 2). Toda a operação será monitorada por ROV, enquanto a linha de fluxo será desenrolada até alcançar a profundidade e a posição da estrutura submarina (*manifold* ou PLET), como pode ser observado na Figura 3.4.2-a 3.

Quando a linha de fluxo se encontrar próxima até o ponto de conexão do *manifold*/PLET, sua extremidade será cuidadosamente posicionada acima deste ponto e então o cabo será liberado para a conexão. A finalização desta operação será realizada pelo ROV e após inspeção visual e aprovação, o cabo será liberado da linha de fluxo. A linha será então posicionada no assoalho oceânico até o ponto em que a extremidade superior deve ficar depositada para posterior resgate e conexão com o FPSO (Figura 3.4.1-a 4).

- **Instalação dos umbilicais**

Para proceder a instalação dos umbilicais, as seguintes etapas devem ser seguidas: primeiramente, a UTA deverá ser posicionada no convés do navio de instalação para que seja feita a conexão entre o UTA e a primeira extremidade do umbilical (Figura 3.4.1-b1). Após esta conexão, será realizado um teste de estanqueidade. Um cabo acoplado a um guincho será conectado ao UTA, para que o conjunto (umbilical + UTA) seja desembarcado e levado até a profundidade de 20 metros (Figura 3.4.1-b).

Neste ponto, deverá ser confirmada e ajustada a posição do navio instalador e então, o conjunto será levado até o assoalho oceânico (Figura 3.4.1-b3). Quando o UTA alcançar o posicionamento desejado, se iniciará a operação de lançamento do umbilical no assoalho oceânico até seu posicionamento previsto. A segunda extremidade do umbilical será então estendida e deixada pronta para ser resgatada e transferida para o FPSO (Figura 3.4.1-b3).

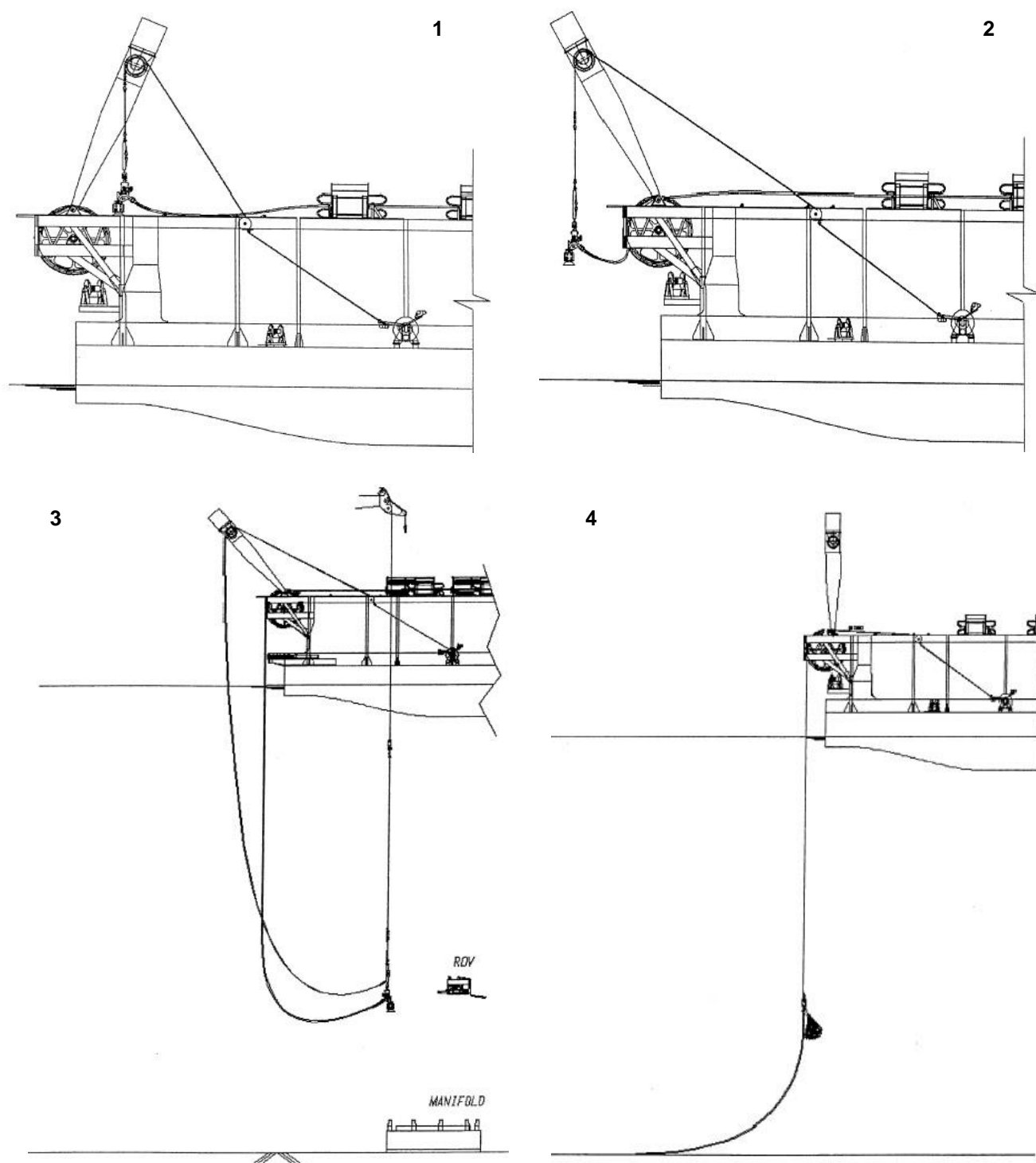


Figura 3.4.1-a. Etapas da instalação das linhas de fluxo de produção, de injeção de água e de injeção de gás *lift*.

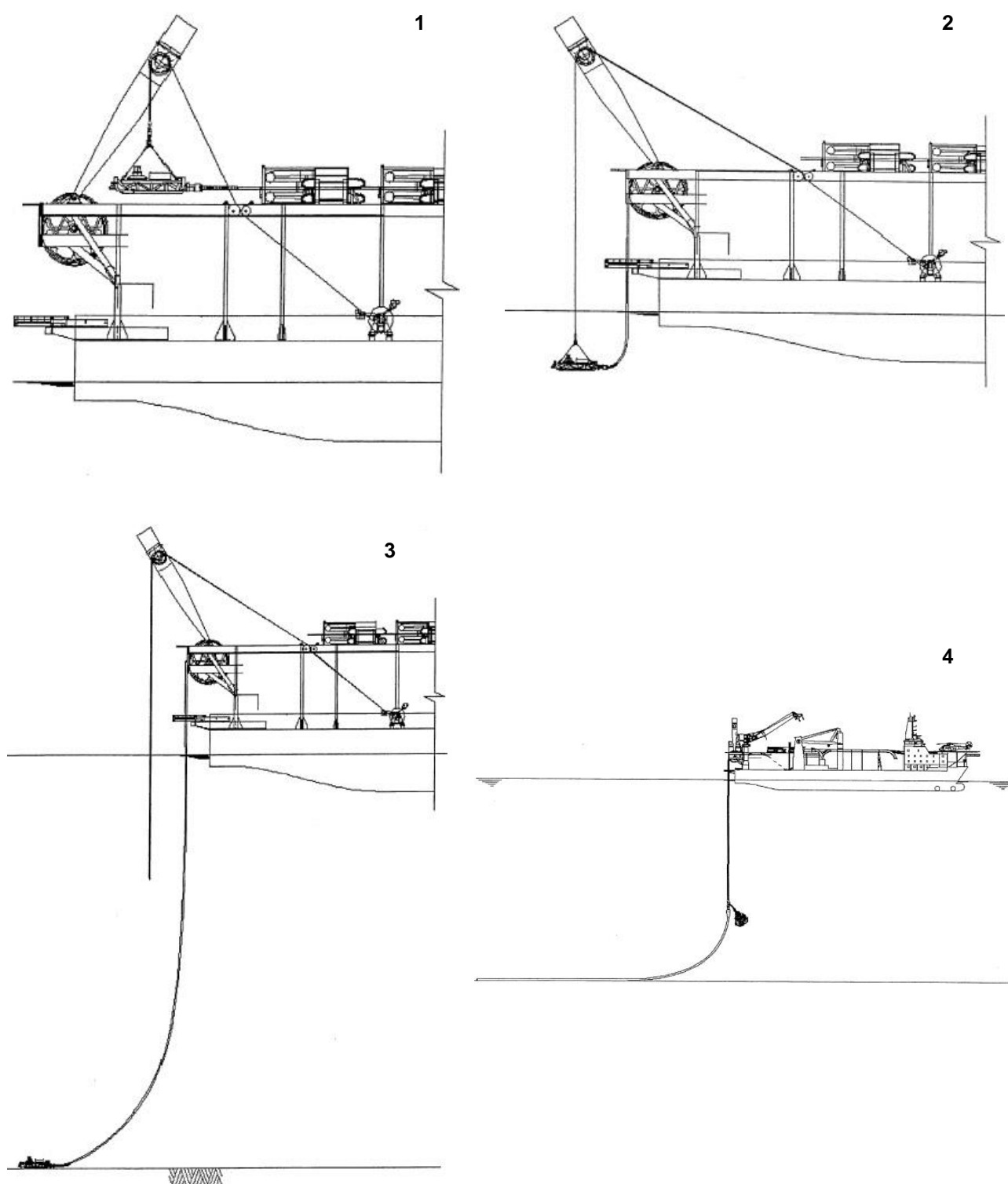


Figura 3.4.1-b. Etapas da instalação do conjunto umbilical + UTA (*Umbilical termination Assembly*)

3.4.2. Instalação das estruturas submarinas (*manifolds* e PLET)

Estas estruturas serão levadas ao fundo do mar diretamente a partir do convés do navio de instalação, utilizando o guindaste do navio e um sistema difusor. Durante as atividades de inspeção da área de instalação, a primeira estrutura a ser submergida deverá ser posicionada no guindaste, enquanto um contrapeso de concreto será posicionado em um segundo guindaste.

Quando a operação de instalação for aprovada, os dois guindastes levaram as duas estruturas (o *manifold* e o contrapeso de concreto) para dentro d'água, e ambos serão submergidos até cerca de 10 metros acima do assoalho marinho. Nesta posição, os guindastes vão parar até que as estruturas estejam estabilizadas. Uma vez estável e com a posição verificada, este sistema será levado lentamente para a locação prevista da estrutura. Neste ponto, o *manifold*/PLET e o contrapeso de concreto serão lentamente rebaixados, até que o contrapeso chegue ao assoalho, quando então é feito o rebaixamento do *manifold*/PLET. A conexão entre o cabo do guindaste e a estrutura submarina é liberada e o contrapeso retorna ao convés do navio. A Figura 3.4.2-a apresenta uma visão esquemática do sistema de instalação dos *manifolds* e do PLET.

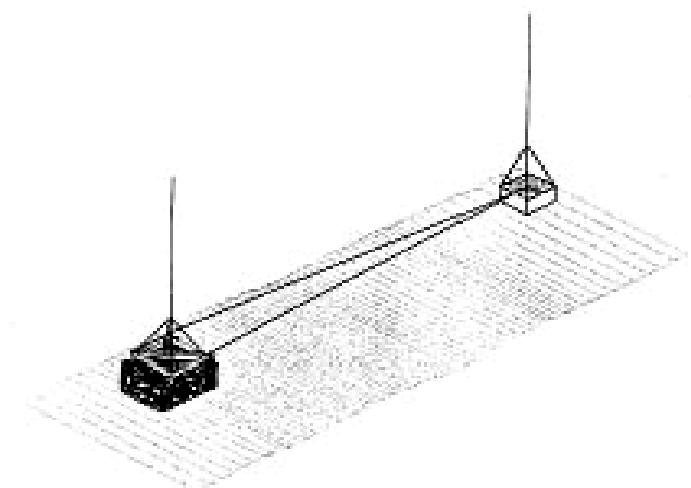


Figura 3.4.2-a. Esquema da instalação dos *manifolds* de produção e de injeção e do PLET.

3.4.3. Instalação dos *jumpers*

Para a instalação dos *jumpers*, primeiramente será enviado um ROV para soltar e retirar as peças de proteção (*caps*) dos *manifolds* e das árvores de natal. Após a remoção dos *caps*, os *jumpers* serão submergidos acoplados a uma haste difusora, conforme pode ser observado na Figura 3.4.3-a1.

Ao alcançar uma profundidade a cerca de 5 a 10 metros acima da árvore de natal e do *manifold*, após a estabilização do equipamento a extremidade de conexão da árvore de natal será posicionada e conectada com o uso do ROV (Figura 3.4.3-a2). Este deverá

então liberar o conjunto de bóias da haste, deixando-o acoplado ao *jumper* (Figura 3.4.3-a3).

A segunda extremidade do *jumper* é então posicionada no ponto conector do *manifold*, sendo a conexão finalizada pelo ROV, liberando nesta etapa, a haste da primeira extremidade (Figura 3.4.3-a4). Feito isso, o segundo conjunto de bóias é liberado, seguido da liberação da segunda extremidade da haste (Figura 3.4.3-a5). Após esta operação, a haste retorna ao navio instalador, enquanto é realizada uma inspeção em todo o trabalho realizado. Finalizada a inspeção, o ROV inicia a liberação das bóias ligadas ao *jumper* permitindo que o mesmo assente naturalmente sobre o assoalho marinho (Figura 3.4.3-a7).

Esta mesma operação será realizada para cada conexão entre as árvores de natal e os respectivos *manifolds*.

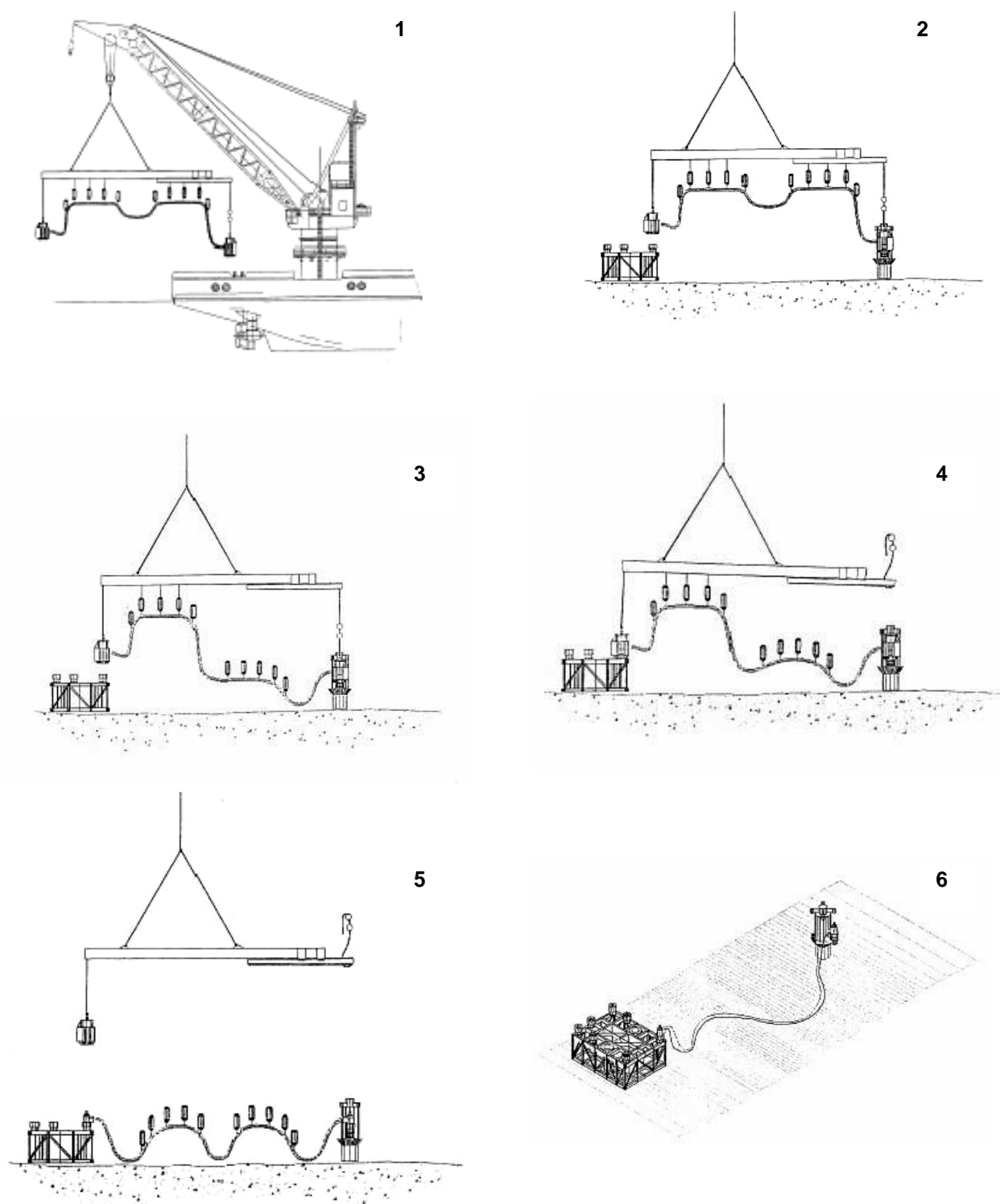


Figura 3.4.3-a. Etapas da instalação dos jumpers.

3.4.4. Instalação dos *flying leads*

Conforme descrito no item 3.3 deste documento, os *flying leads* compreendem as conexões entre as estruturas submarinas que distribuem os insumos enviados do FPSO pelos umbilicais. Dessa forma, assim como os umbilicais enviam insumos elétricos e insumos hidráulicos, existem os *flying leads* hidráulicos e os elétricos, e suas instalações se procedem diferenciadamente, conforme é apresentado a seguir.

- *Flying leads* elétricos

Os cabos das conexões elétricas que serão realizadas entre as estruturas submarinas encontram-se alojadas nos *manifolds*, estando prontas para serem liberadas e conectadas às demais estruturas por atuação de um ROV. Dessa forma, antes de iniciar estas atividades, procede-se uma inspeção em cada ponto de conexão dos cabos elétricos e são removidas quaisquer equipamentos de proteção.

Após a inspeção, o primeiro cabo elétrico é liberado e levado até o ponto de conexão, com o cuidado de não permitir que a extremidade conectora toque o assoalho marinho. Uma vez efetuada a conexão, o arranjo do cabo no assoalho marinho é verificado e mantido de forma a minimizar a pressão sobre as extremidades conectoras. O mesmo procedimento será realizado até que todos os cabos elétricos estejam devidamente instalados e arranjados sobre sedimento.

- *Flying leads* hidráulicos

Após a instalação de todos os *flying leads* elétricos, será então procedida a instalação dos hidráulicos, também com o auxílio de um ROV. Todas as conexões hidráulicas serão colocadas dentro de uma cesta e ordenadas de forma que as extremidades similares fiquem na mesma posição. Além disso, será implementado um sistema de amarras que seja ao mesmo tempo simples de ser manejado por um ROV e seguro de modo a evitar a perda de qualquer elemento.

Durante a descida da cesta na coluna d'água, o ROV removerá todas as peças de proteção presentes nas estruturas a serem conectadas. Ao alcançar uma profundidade a cerca de 5 a 10 metros acima do assoalho marinho, em uma posição entre duas conexões, o ROV removerá o primeiro *flying lead* hidráulico procedendo a conexão em cada estrutura e assim sucessivamente, até que todas as conexões tenham sido feitas.

Ao completar as atividades de instalação de todo o sistema submarino de cada campo, será realizada uma inspeção em todo o sistema, com gravação de vídeo e mapeamento final da posição de cada equipamento instalado sobre o assoalho marinho.

3.4.5. Instalação do sistema de ancoragem do Projeto Bijupirá & Salema

- **Considerações Gerais**

Um sistema de ancoragem providencia meios seguros e de confiança de amarração do FPSO durante a vida da embarcação. Este sistema é designado e testado para funcionar em todas as condições do mar sem causar danos aos equipamentos submarinos.

Uma variedade de configurações de ancoragem foi considerada num esforço de se analisar a carga total do sistema, a carga individual de cada linha de ancoragem e de prevenir a interferência entre as linhas das âncoras e as linhas de fluxo do processo, e entre as linhas das âncoras e a quilha do FPSO. Dessa forma, foi projetado um sistema ancoragem que consiste na amarração da unidade à 9 âncoras em gancho, em uma configuração de 3 x 3, instaladas aproximadamente a meio caminho dos centros de produção de Bijupirá e Salema, em uma profundidade de cerca de 700 metros.

Serão utilizadas âncoras em gancho projetadas para penetrar no leito submarino. Este modelo é conhecido como âncoras VLA (*vertically loaded anchors*), o qual permite que a mesma suporte tanto forças de componentes horizontais quanto verticais. A Figura a seguir apresenta o tipo de âncora a ser utilizado para a amarração do FPSO, no Projeto Bijupirá & Salema.



Figura 3.4.5-a. Âncora em gancho VLA utilizada no sistema de ancoragem do FPSO.

- **Composição dos cabos**

Os cabos que fixam o FPSO às âncoras são composto por 3 segmentos de correntes separados por 2 segmentos de corda. O segmento inferior, ligado a âncora, é composto por correntes que ajudam a posicionar e fincar a âncora no substrato através de seu peso além de impedir que a próxima seção, composta por um segmento de corda encoste no fundo. O segundo segmento formado por uma seção de corda é ligado a um terceiro segmento também composto por correntes, vindo na sequência outra seção de corda conectada à última seção de corrente superior.

- **Procedimentos para a instalação do sistema de ancoragem**

Antes de iniciar a instalação das âncoras no assoalho marinho, será realizada uma inspeção visual nas locações predefinidas, a partir de um dos navios de instalação (AHT). O ROV deverá inspecionar uma área de 200m x 50m a partir da locação da âncora central do grupo de três e será orientado para cobrir todas as três locações.

Durante esta operação, será feita a gravação de um vídeo em cores e serão investigados em detalhes, qualquer retorno do sonar que for considerado relevante, como por exemplo a presença de obstruções, redes de pesca, fragmentos de tubulações, entre outras variações no assoalho marinho que possam afetar o posicionamento e a instalação das âncoras.

- **Instalação das âncoras e dos cabos de amarração do FPSO**

Para a instalação, será utilizado o método de linha única, o qual reduz o tempo de trabalho, minimizando também os riscos de danificação da corda pelos equipamentos de instalação. Ressalta-se que é importante garantir que a posição do rebocador seja calculada de forma a evitar que a âncora seja empurrada na horizontal, sob a influência da corrente inferior, evitando o risco de arrastar a corda no assoalho marinho.

O método requer que os segmentos pré-instalados sejam mantidos com bóias na superfície. Para isto, é necessário que o comprimento de cada componente do cabo de amarração seja cuidadosamente controlado, para garantir que apenas a corrente inferior ficará em contato com o sedimento em qualquer condição do mar. Por outro lado, também é necessário que se mantenha um comprimento adequado que viabilize a recuperação da corrente mediana para subsequente conexão dos segmentos superiores dos cabos de amarração durante a conexão com o FPSO.

O equipamento fornecido para a instalação das âncoras serão dois AHTs (AHT#1 e AHT#2) que deverão trabalhar simultaneamente. Os segmentos dos cabos, as âncoras e as peças de conexão serão armazenadas no convés do AHT#1. A bóias e respectivas peças de conexão serão armazenadas no convés do AHT#2, onde também deverá ser mobilizada uma equipe de supervisão.

A operação de instalação será realizada por estes dois AHTs, seguindo as etapas apresentadas a seguir e ilustradas na Figura 3.4.5-b.:

1. O AHT#2 será mobilizado para o campo antes do AHT#1 para identificar o posicionamento pré estabelecido e realizar a inspeção das locações das primeiras três âncoras. A posição inicial para cada uma das três âncoras será calculada e marcada pelo ROV.
2. O AHT#1 seguirá então para o campo para lançar a primeira âncora em conjunto com a 1ª seção do cabo (corrente inferior). Durante a descida do cabo, ao chegar à extremidade superior, a operação será paralisada para que se proceda a conexão desta com a seção de corda inferior.

3. Sob a supervisão do ROV, a corrente inferior será rebaixada em direção ao assoalho marinho e a âncora posicionada corretamente. Novamente, o cabo será desenrolado até que a extremidade superior da corda fique presa e seja conectada a corrente mediana.
4. Nesta etapa, será conectado à corrente um cabo de tração com o qual deverá ser mantida uma tensão suficiente para que a corda inferior não encoste no sedimento (Figura 3.4.1-a (1ª posição)). O ROV controlado pelo AHT#2 deverá se deslocar até a âncora para verificar se esta se encontra na posição correta.
5. A extremidade superior do cabo de tração será então conectada a um cabo para manuseio e liberado até que a corrente inferior esteja sobre o assoalho. Neste momento, o AHT#2 se une ao AHT#1, aplicando força em conjunto para que a âncora seja enterrada, à medida em que o cabo vai sendo puxado, para que seja mantida a pressão necessária em toda a sua extensão (Figura 3.4.1-a - 2ª posição).
6. O AHT#1 deverá recolher o cabo tensionador (Figura 3.4.1-a - 3ª posição), enquanto a bóia de suporte é lançada (Figura 3.4.1-a - 4ª posição). Esta bóia manterá a ponta do cabo à superfície para posterior conexão com as demais seções do cabo e ao FPSO.
7. O AHT#2 então verifica as condições do ponto de atracação da âncora e o posicionamento da corrente inferior no assoalho marinho. Após finalizada a última inspeção, o AHT#2 deverá prosseguir para a próxima locação e aguardar o lançamento da próxima âncora.
8. Todo o processo será repetido para a 2ª e a 3ª âncora deste grupo. Tendo completado um grupo, o AHT#2 recolhe seu sistema de posicionamento e inicia os procedimentos de inspeção e marcação da locação para o próximo grupo de âncoras.

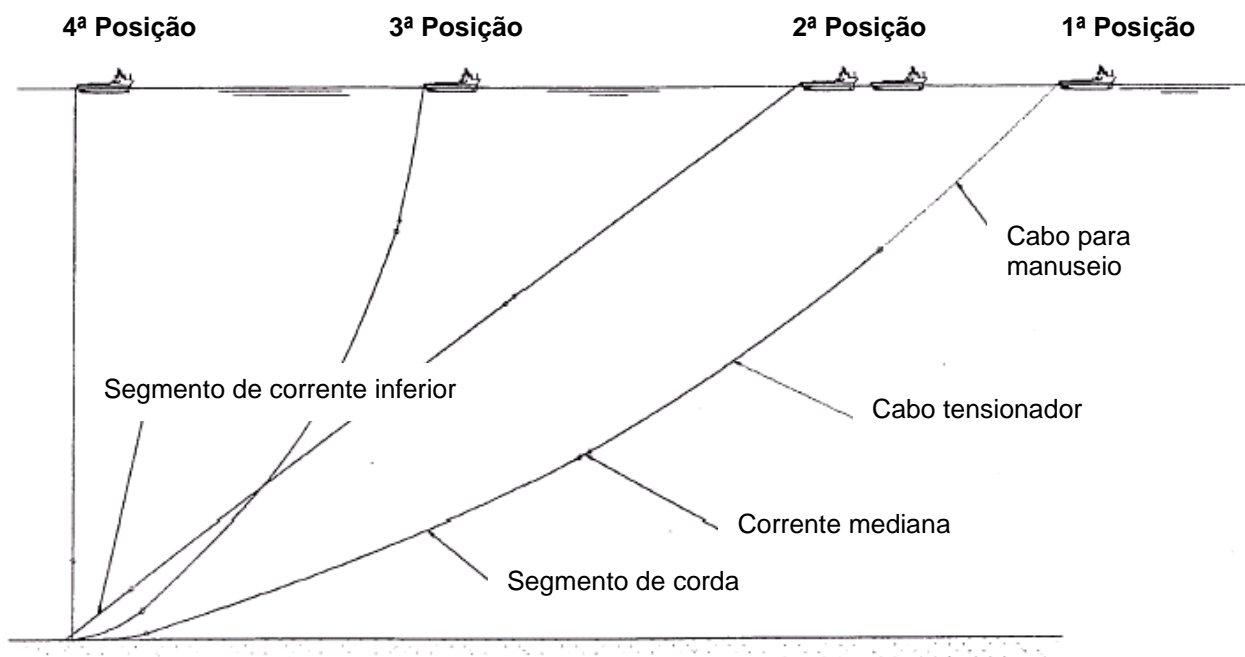


Figura 3.4.5-b. Esquema dos procedimentos para a instalação das âncoras.

3.4.6. Após a chegada do FPSO

Esta etapa de instalação do sistema de produção se iniciará com a chegada da unidade de produção a sua locação num ponto equidistante entre os campos de Bijupirá e Salema. Nesta etapa, serão disponibilizados 4 navios rebocadores, os quais deverão atuar desde a atividade de posicionamento do FPSO até a conexão do sistema submarino com a unidade de produção. A seguir são apresentadas as atividades que levarão à implantação desta 2ª etapa.

a. Posicionamento do FPSO

Quando o FPSO alcançar cerca de 9 km da sua localização final, passará então a ser conduzida por 4 rebocadores para a operação de ancoragem. O rebocador principal conduzirá o FPSO pela proa deste e outros rebocadores menores ajudarão o controle do FPSO pela popa. O conjunto se aproximará lentamente da localização final numa direção que seja favorável às condições ambientais presentes, principalmente levando em consideração as variáveis vento e corrente.

b. Amarração das âncoras, *risers* e umbilicais

Na fase de amarração dos cabos das âncoras ao FPSO, um dos barcos AHT se unirá aos outros barcos no controle do FPSO enquanto a outra embarcação tratará da realização dos procedimentos de conexão dos cabos ao FPSO. O FPSO deverá estar equipado com um cabo mensageiro para conduzir a conexão entre a porção superior do cabo de ancoragem, dos *risers* e dos umbilicais ao sistema do *turret*.

Os 4 rebocadores deverão ficar conectados ao FPSO até a amarração dos primeiros três cabos de âncoras. Ressalta-se que nesta etapa são conectados aos cabos das âncoras os dois últimos segmentos (corda e corrente superior). Ao finalizar esta etapa de operação, um dos rebocadores poderá ser liberado para o restante da amarração dos outros seis cabos de âncoras. Toda a carga proveniente do sistema de ancoramento será transmitida para a cabeça do *turret* e para a estrutura de suporte integrada na proa do FPSO. A Figura 3.4.6-a apresenta a configuração das âncoras e do FPSO quando instaladas. Assim que todas as âncoras estiverem conectadas, os rebocadores serão reduzidos a dois, para a campanha de conexão dos *risers* e dos umbilicais.

Figura 3.4.6-a. Configuração da amarração do FPSO

c. [Teste de rotação do FPSO](#)

Um teste de rotação será efetuado quando o FPSO estiver acoplado ao seu sistema de ancoragem. O rebocador conectado na popa do FPSO a empurrará pelos lados para confirmar que o FPSO está capacitada a girar em torno do sistema do *turret* sem problemas.

d. [Conexão dos *risers* das linhas de produção, injeção de água e gás lift e dos umbilicais](#)

Após o teste de rotação do FPSO, os *risers* das linhas de produção, de injeção de água e de gás *lift* serão conectados aos equipamentos submarinos instalados no assoalho marinho durante a 1ª etapa de instalação do sistema, descrito anteriormente. A conexão entre os *risers* e os *flow lines* será feita a partir de um navio rebocador, com o auxílio de um sistema de ROV, semelhante à operação realizada para a conexão dos cabos de ancoragem. A porção superior destas linhas também serão interligadas ao sistema do *turret*. A instalação dos umbilicais deverá seguir esta mesma metodologia, sendo portanto conectados às UTA's e então ao sistema do *turret*.

3.4.7. [Teste do sistema e início das atividades de produção](#)

Para implementar os testes no sistema de produção recém-instalado, a equipe de instalação com pessoal e equipamentos especializados para este tipo de atividade serão mobilizados para bordo do FPSO. As linhas de fluxo serão testadas separadamente e para cada campo. Sendo realizados primeiramente os testes para Bijupirá e posteriormente para Salema. A seguir são apresentadas as metodologias de teste para cada linha de fluxo de processo.

- [Linhas de Produção](#)

Para testar e viabilizar a utilização das linhas de produção, será realizada uma operação de *pigging*, o qual será lançado e impulsionado com uma solução de água doce e fluoresceína. O *pig* será impulsionado a uma velocidade de 0,5 a 1,0 m/s, deslocando a água do mar retida na linha de produção durante as operações de instalação, e retirando qualquer vestígio de ar que possa estar presente no sistema. Ao completar as operações de inundação, o *pig* será retirado e serão iniciados os trabalhos para o teste hidráulico.

Para o teste hidráulico, serão contempladas as seguintes etapas: todo o sistema deverá estar inundado com água doce de modo a garantir a ausência de ar. A pressurização vai ser feita durante o período de uma hora, sendo que ao alcançar 80% da pressão de teste, a pressurização deverá parar por 30 minutos, para estabilizar o sistema. Neste período será realizada uma inspeção visual geral de possíveis vazamentos. Todo este procedimento será realizado novamente, ao alcançar 95 % da pressão de teste.

Ao alcançar a pressão de teste, espera-se até que o sistema fique estabilizado, e então monitora-se as linhas de produção a temperatura e pressão de teste durante uma hora,

quando então se inicia a operação de depressurização numa taxa de 2 bar/minuto, até a pressão ambiente. Após a finalização destes testes, as válvulas do *manifold* de produção deverão ser abertas para permitir a inundação dos *jumper*s a partir do *manifold* até os poços de produção. Ao terminar a operação de inundação dos *jumper*s o sistema será novamente pressurizado a partir do FPSO.

- **Linhas de Gás *Lift* e Linhas de Injeção de Água**

Um *pig* de gel será lançado na linha de gás *lif* / injeção de água através de um lançador de *pig* temporariamente instalado no FPSO. Este *pig* será lançado e deslocado com glicol, bombeado a partir de uma bomba centrífuga. Simultaneamente será injetada fluoresceína para proceder a identificação de qualquer vazamento existente no sistema de gás *lift*.

Assim como feito para as linhas de produção, o *pig* será impulsionado a uma velocidade de 0,5 a 1,0 m/s, deslocando a água do mar retida na linha de produção durante as operações de instalação, e retirando qualquer vestígio de ar que possa estar presente no sistema. O *pig* de gel chegará ao *manifold* / PLET (Bijupirá) e poderá ser descartado por algum *vent* ou mantido no sistema até que o gel se deteriore.

Após esta operação, o lançador de *pig* temporário será removido e um *flange* (conexão) temporário para injeção de água será instalado. A linha de gás *lift* / injeção de água será testada com a mesma metodologia aplicada às linhas de produção, seguindo as etapas de inundação do sistema, pressurização, depressurização e repressurização.

- **Umbilicais**

As linhas hidráulicas dos umbilicais serão testadas a partir da inundação de cada cabo coaxial e posterior pressurização do sistema. Uma vez estabilizado, a pressão de teste será mantida por 30 minutos, sem que haja queda de pressão significativa. Na ocorrência de detecção de queda de pressão, será realizado um esforço para identificar o ponto de vazamento, com o auxílio de um ROV. Após o teste, os cabos serão preenchidos e acoplados ao painel correspondente nos *topsides*.

3.5. TESTES DE ESTANQUEIDADE DAS LINHAS DE ESCOAMENTO DE GÁS

Com a desativação da Plataforma P-13 da Petrobras, o gasoduto utilizado no transporte de gás para Plataforma P-15 foi desconectado, preenchido com uma solução anticorrosiva, tamponado e assentado no assoalho marinho, mantendo-se no entanto com uma das extremidades conectada à plataforma P-15.

Para verificar a integridade deste gasoduto para a exportação de gás dos reservatórios de Bijupirá e Salema ao longo do período previsto de operação, a Enterprise Oil promoveu recentemente (novembro de 2001), uma completa verificação da integridade física desta estrutura. Assim, visando assegurar-se de sua boa performance quando submetido às novas condições operacionais, foram realizados alguns testes conforme a descritos seguir.

Primeiramente, a extremidade anteriormente desconectada (tramo flexível) que jazia no fundo do mar, foi recuperada através do navio instalador *Lochnagar* (DSND/Consub) que possui ampla experiência neste tipo de operação na Bacia de Campos. A linha foi então esvaziada através da passagem de um *pig* espuma, e o líquido existente no seu interior foi bombeado para a Plataforma P-15 e dali encaminhado para uma estação de tratamento da PETROBRAS situada no continente.

Após esta primeira limpeza, a tubulação foi inspecionada através da emissão de um *pig* de calibração, seguido por um *pig* inteligente, quando então foi verificada a espessura da parede e as condições de ovalização ao longo da linha. Não foi identificado nenhum dano crítico ou corrosão ao longo da tubulação, ou seja: não foi detectada nenhuma perda de espessura na parede acima de 3%. Sendo assim, procedeu-se a realização de um ensaio hidrostático.

O teste hidrostático foi conduzido de acordo com as normas internacionais² estipuladas para instalações *offshore*. O líquido de teste utilizado é uma solução de água do mar com um fluido inibidor de corrosão e o traçador fluorescente Fluorisceína, cujas principais características são apresentadas no Anexo 2. O primeiro componente adicionado tem o propósito de manter as condições atuais da linha, evitando-se a corrosão. O segundo componente permite a identificação de vazamentos, caso estes existam. A linha foi totalmente preenchida com esta solução, pressurizada até uma pressão de 165,3 atm (1,25 x pressão de projeto da tubulação) e mantida nestas condições durante 24 h. A Figura 3.5-a a seguir, apresenta detalhe da linha submetida ao teste hidrostático.



Figura 3.5-a. Imagem do gasoduto obtida com o ROV.

² API 17J – para linhas flexíveis e Det Norske Veritas 2000 - para tubulações rígidas.

A linha foi aprovada no teste hidrostático, não apresentando nenhum vazamento ou dano, e a variação de pressão registrada ao longo do teste foi inferior a 4% da pressão de teste. Este fato confirmou a possibilidade de reutilização do gasoduto para a exportação de gás da FSPO Fluminense para a Plataforma P-15. Após a conclusão do teste, a linha foi despressurizada, mantendo-se porém o fluido de testagem no seu interior, o qual deverá ser direcionado novamente para a P-15 e encaminhado para uma estação de tratamento da PETROBRAS situada no continente. A extremidade flexível foi tamponada e recolocada no seu antigo posicionamento, no assoalho oceânico.

O sistema para o processamento e posterior exportação de gás a ser instalado no FPSO, será munido de equipamentos e instalações necessários a sua operação e manutenção, além de sistema de monitoramento e segurança. Dentre estas instalações podem ser citadas a estação de controle de pressão, o sistema para rebaixamento de temperatura, unidade de desidratação, *scraper trap* (para lançamento e recepção de *pigs*), além de sensores de temperatura e de pressão com atuação automática. A Figura 3.2.4-a (fluxograma de processos) já apresentada, mostra esquematicamente o processo de tratamento do gás a ser utilizado para a geração de energia, para a exportação e para elevação (gás *lift*).