

D - Sistema de Escoamento e Transferência da Produção

O sistema de escoamento e transferência da produção do FPU P-53 será realizado por linhas flexíveis (poços produtores e injetores) e por dutos rígidos e flexíveis (exportação do óleo e gás), ambos submarinos, ilustrados na Figura II.2.4-23.



(a)



(b)

Figura II.2.4-23 - Ilustração das linhas utilizadas na transferência da produção: (a) duto rígido; (b) linha flexível.

O escoamento da produção será realizado por modal marítimo através de oleoduto pertencente ao complexo PDET (Plano Diretor de Escoamento e Tratamento de Óleo) até a PRA-1 e gasoduto, ligado ao complexo AMEG (Ampliação da Malha de Escoamento de Gás) até a P-26 (Campo de Marlim), conforme ilustrado no desenho esquemático do escoamento e arranjo submarino, na Figura II.2.4-24.

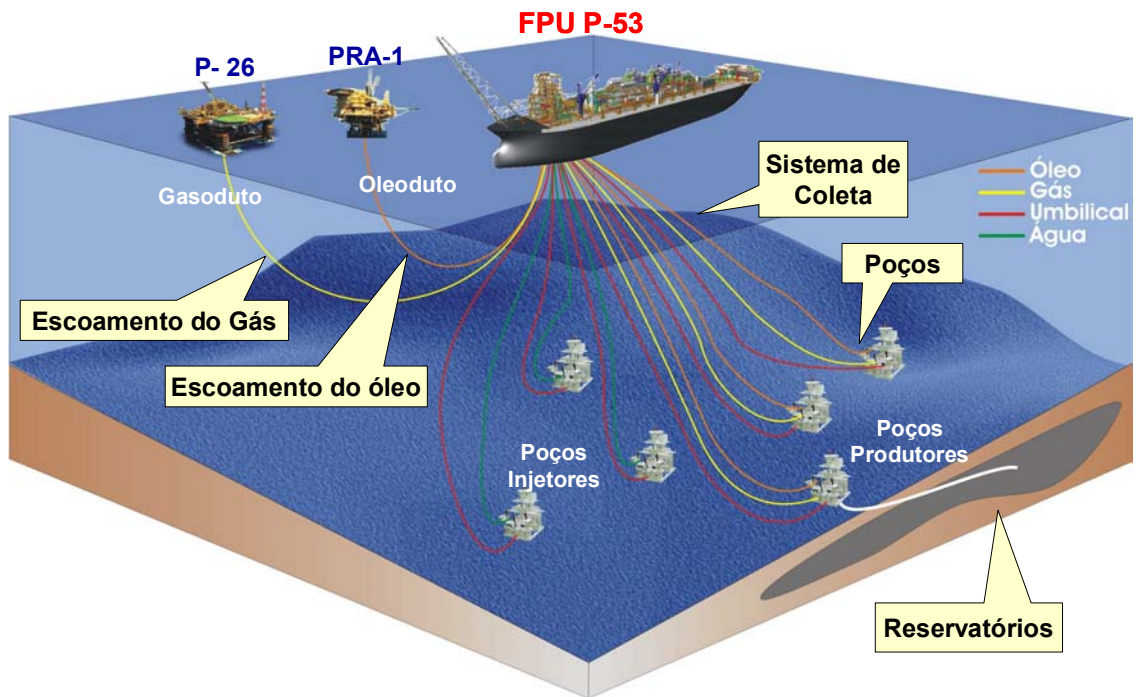


Figura II.2.4.24 – Desenho esquemático do Arranjo Submarino e Escoamento do Campo de Marlim Leste.

Na Figura II.2.4-25, é apresentado o desenho esquemático e as informações gerais do sistema submarino.

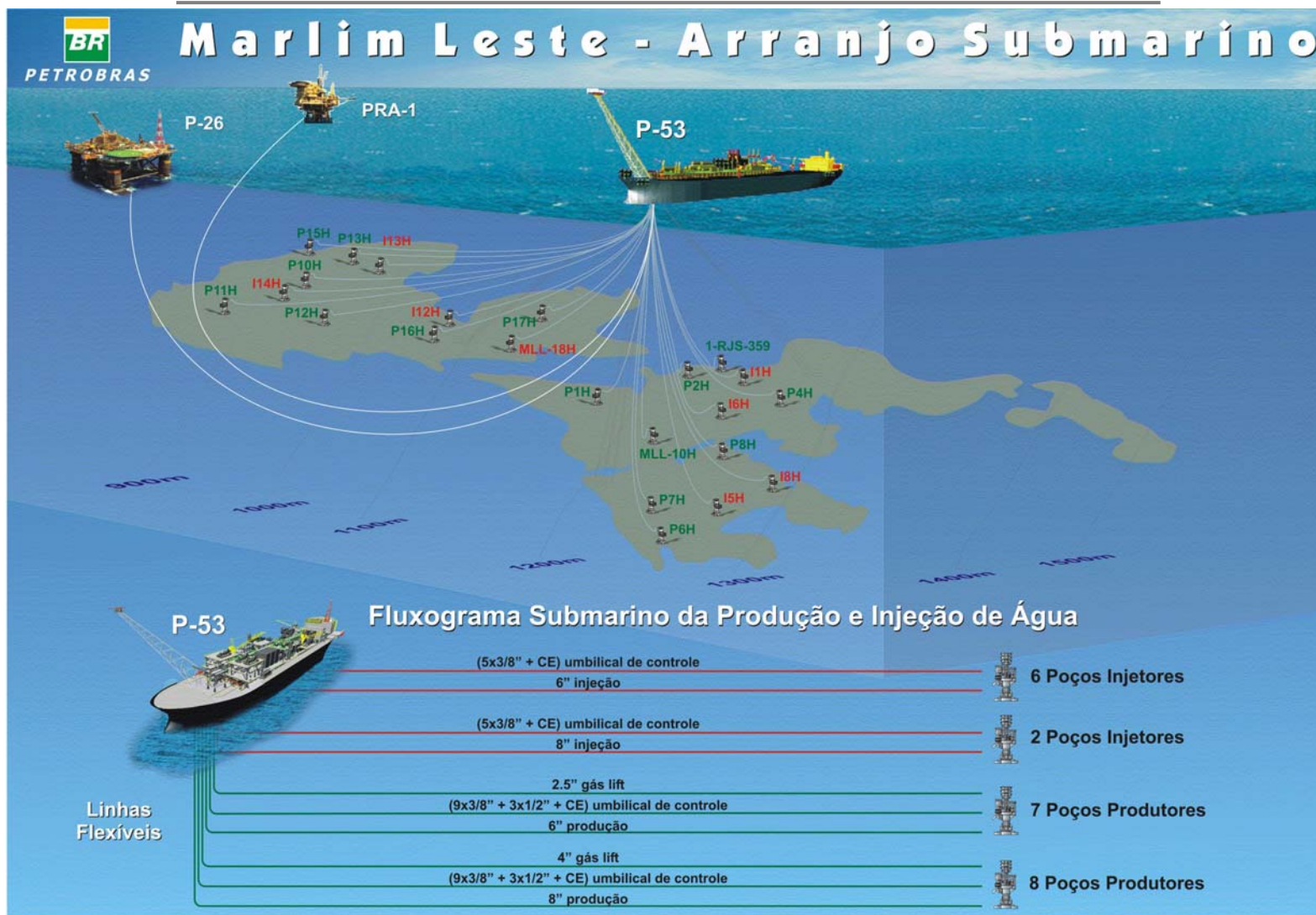


Figura II.2.4-25 - Desenho esquemático detalhado do sistema submarino da P-53.

D1 - Sistema de Coleta e Injeção

Os poços produtores e injetores do Campo de Marlim Leste estarão interligados de forma individual ao FPU P-53 por um sistema de coleta e injeção composto por linhas flexíveis e equipamentos submarinos (árvores de natal molhadas – ANM's), conforme apresentado nas figuras II.2.4-25 e II.2.4-26.

No sistema de coleta dos poços produtores, está prevista a interligação das ANM's de produção à P-53, por intermédio de *bundles* compostos de:

- ★ um duto flexível destinado à produção;
- ★ um duto flexível para elevação artificial através de gas *lift*;
- ★ um umbilical composto provendo mangueiras para atuação hidráulica das válvulas da árvore e de segurança do poço, para injeção de álcool e produtos químicos, e cabos elétricos destinados à monitoração de temperatura e pressão no fundo de poço e na árvore.

Nos poços injetores, está prevista a interligação da P-53 às ANM's de injeção por intermédio de *bundles* compostos de:

- ★ um duto flexível destinado à injeção de água;
- ★ um umbilical composto de mangueiras para atuação hidráulica das válvulas da ANM e de segurança do poço, injeção de produtos químicos, e de cabos elétricos destinados à monitoração de temperatura e pressão, no fundo do poço e na árvore.

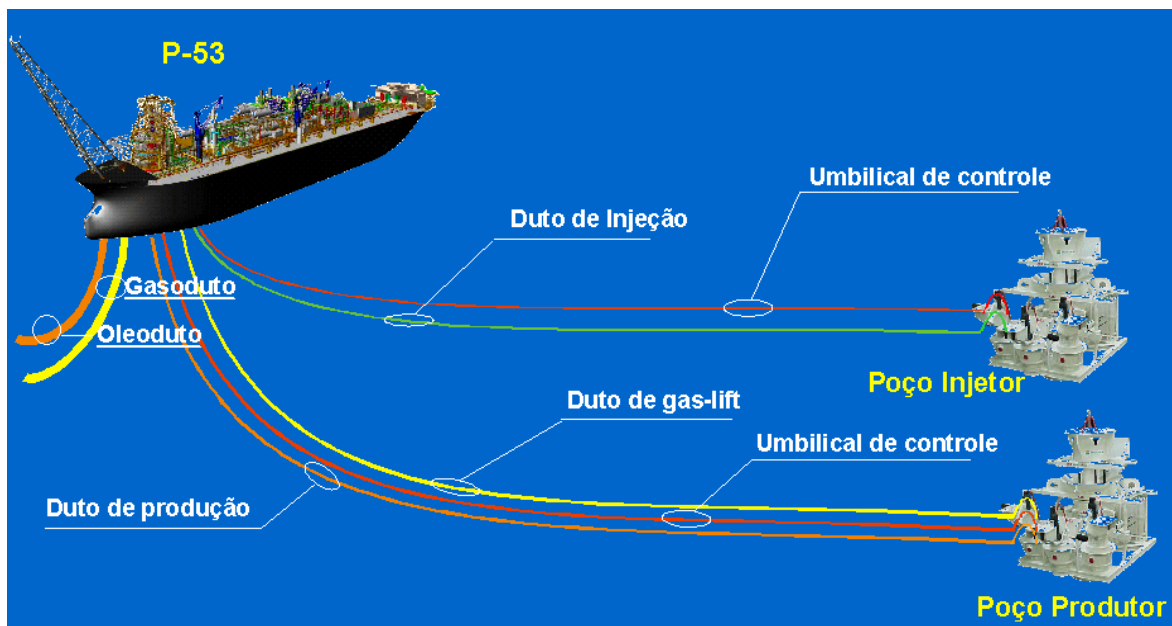


Figura II.2.4-26 - Desenho esquemático e informações gerais do sistema submarino.

D1.1 - Árvores de Natal Molhadas - ANM

O projeto de desenvolvimento do Campo de Marlim Leste compreenderá a interligação do poço RJS-359, já instalado e a instalação de 22 ANM's do tipo GLL (operadas sem mergulhador e sem cabos-guia), com flexibilidade para mais 1 poço produtor e 4 injetores.

As válvulas das ANM's são do tipo *Fail Safe Close*, ou seja, em caso de falha as válvulas ficam na posição fechada.

D1.2 - Linhas de Coleta e Injeção e Umbilicais de Controle

Conforme já descrito, o sistema submarino de coleta e injeção, apresentado no diagrama unifilar, na Figura II.2.4-27, consiste de linhas flexíveis que conectarão o FPSO P-53 aos poços produtores e injetores de forma individual, sem necessitar de *manifolds* submarinos ou outras estruturas similares.

Figura II.2.4-27. Inserir diagrama unifilar de interligação dos poços – Folha A3

Figura II.2.4-27. Inserir diagrama unifilar de interligação dos poços – Folha A3

As linhas são flexíveis, com estruturas compostas por diversas camadas, e serão dimensionadas em função das vazões, pressões, temperaturas, cargas devido ao lançamento e cargas devido à operação em condições dinâmicas simuladas em estudos de elevação artificial, injeção d'água e comportamento de *risers* e *flowlines*.

Após estudos de elevação e escoamento dos fluidos do reservatório, foi constatada a necessidade de isolamento térmico em algumas linhas de produção. Este isolamento constitui-se de uma camada extra nos dutos flexíveis, de material isolante térmico com espessura variável em função do isolamento desejado.

Cada linha flexível poderá ser composta por um tramo único ou por alguns tramos interligados entre si através de conectores de extremidade (*end fittings*), respeitando as limitações de fabricação, transporte, manuseio e instalação.

Além dos conectores de extremidade, outros acessórios serão utilizados nas linhas flexíveis, tais como enrijecedores (*bend stiffeners*), restritores de curvatura (*bend restrictors*) e reforços de desgaste (*outerwraps*), quando aplicáveis.

Os Quadros II.2.4-13 e II.2.4-14 apresentam as características gerais das linhas de coleta e injeção, respectivamente.

Quadro II.2.4-13 - Características gerais das linhas de coleta

POÇO PRODUTO R	Vazão máxima de óleo estimada (m ³ /dia)	Diâmetro Interno da Linha de Produção (pol)		Comprimento da Linha de Produção (m)		Diâmetro Interno da Linha de Anular (pol)		Comprimento da linha de Anular (m)		Umbilical eletro- hidráulico (UEH) <i>Composição</i>	Comprimento do UEH (m) <i>Riser+ Flow</i>
		<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Riser</i>	<i>Flow</i>	<i>Riser</i>	<i>Flow</i>		
P-1-H	1.330	6	6	1500	1720	2,5	2,5	1500	1720	9H+3HCR+1CE	3220
P-2-H	2.014	8	8	1500	3710	4	4	1500	3710	9H+3HCR+1CE	5210
P-3-H	2.106	8	8	1500	2550	4	4	1500	2550	9H+3HCR+1CE	4050
P-4-H	1.135	6	6	1500	5560	2,5	2,5	1500	5560	9H+3HCR+1CE	7060
P-6-H	2.114	8	8	1500	6340	4	4	1500	6340	9H+3HCR+1CE	7840
P-7-H	2.678	8	8	1500	4430	4	4	1500	4430	9H+3HCR+1CE	5930
P-8-H	2.132	8	8	1500	3750	4	4	1500	3750	9H+3HCR+1CE	5250
P-10-H	2.112	6	6	1500	5350	2,5	2,5	1500	5350	9H+3HCR+1CE	6850
P-11-H	2.157	8	8	1500	6640	4	4	1500	6640	9H+3HCR+1CE	8140
P-12-H	2.425	8	8	1500	4520	4	4	1500	4520	9H+3HCR+1CE	6020
P-13-H	1.957	6	6	1500	5610	2,5	2,5	1500	5610	9H+3HCR+1CE	7110
P-15-H	919	6	6	1500	6790	2,5	2,5	1500	6970	9H+3HCR+1CE	8470
P-16-H	3.607	8	8	1500	1450	4	4	1500	1450	9H+3HCR+1CE	2950
P-17-H	1.305	6	6	1500	2110	2,5	2,5	1500	2110	9H+3HCR+1EC	3610
RJS-359	1.104	6	6	1500	4030	4	4	1500	4030	9H+3HCR+1CE	5530

Obs.: Composição do umbilical eletro-hidráulico :

H=Mangueiras; HCR=Mangueiras de alta resistência ao colapso; CE= Cabo Elétrico

Quadro II.2.4-14 - Características gerais das linhas de injeção.

POÇO INJETOR	Diâmetro Nominal da Linha de Injeção (pol)		Comprimento da Linha de Injeção (m)		Umbilical eletro-hidráulico	Comprimento dos Umbilicais Eletro/Hidráulicos (m)
	Riser	Flow	Riser	Flow	Composição	Riser + Flow
I-1-H	4	6	1500	4890	5H+1CE	6390
I-5-H	6	6	1500	4940	5H+1CE	6440
I-6-H	6	6	1500	4240	5H+1CE	5740
I-8-H	4	6	1500	5960	5H+1CE	7460
I-12-H	6	8	1500	1550	5H+1CE	3050
I-13-H	4	6	1500	4470	5H+1CE	5970
I-14-H	6	8	1500	5760	5H+1CE	7260
I-16-H	4	6	1500	2510	5H+1CE	4010

Obs.: Composição do umbilical eletro-hidráulico :
H=Mangueiras; CE= Cabo Elétrico

Todos os *risers* serão interligados ao FPU P-53 em configuração catenária livre, cujo ângulo de topo será de 7° para os *risers* da camada interna do *Turret* e de 9° para os *risers* da camada externa, conforme as análises locais de tensões e de estabilidade no fundo.

Em condições estáticas, as emendas *riser/flowline* das linhas de coleta e exportação estarão localizadas a uma distância de 700m do centro do *turret*. Os pontos de contato dos *risers* com o leito marinho (*Touch Down Point* = TDP), em condições estáticas, estarão localizados respectivamente à 520m e 430m para a camada externa e interna de *risers* (distância até o centro do *turret*).

Com relação ao controle dos poços, os umbilicais serão do tipo eletro-hidráulicos, consistindo de um conjunto de mangueiras termoplásticas e cabos elétricos, integradas em um único cabo para transmitir suprimentos hidráulicos (para as válvulas de segurança, fechamento e controle do fluxo do poço nas ANM's, etc), injetar produtos químicos (inibidor de incrustação, desemulsificante e inibidor de hidrato – etanol) e receber sinais elétricos necessários para monitorar os poços de produção e de injeção.

Todos os umbilicais dos poços de produção serão do tipo tradicional para uso em poços produtores, ou seja, 9H+3HCR+1CE, consistindo de 9 mangueiras para controle hidráulico das válvulas das ANM's e 3 mangueiras para injeção de etanol e produtos químicos, além de 1 cabo elétrico para recepção de sinais de medidas

de temperatura e pressão, e monitoramento das operações de *pigging*. A Figura II.2.4-28, a seguir, apresenta a ilustração de um umbilical flexível composto por várias camadas de material metálico e materiais poliméricos intercalados.



Figura II.2.4-28 - Foto representativa de um umbilical flexível. Fonte: PETROBRAS

Os comprimentos dos umbilicais de controle a serem utilizados nos poços produtores e injetores serão aproximadamente iguais aos comprimentos das linhas de produção e injeção, respectivamente, para cada tipo de poço.

Para o controle (hidráulico) de funções das estruturas submarinas (ANM's), será utilizado como suprimento um fluido hidráulico de base aquosa (*Oceanic HW 525*) cuja ficha de segurança (MSDS) encontra-se no Anexo II.2-5 deste EIA.

D1.3 - Terminação de Duto Rígido (PLET)

O PLET (*Pipeline End Termination*) é um equipamento utilizado na interligação de uma tubulação rígida a uma linha flexível ou a um *jumper* flexível

através de MCV (Módulo de Conexão Vertical Direta), nesse caso, o PLET possui uma válvula de isolamento. Na Figura II.2.4-29 a e b, é apresentado um exemplo de PLET.

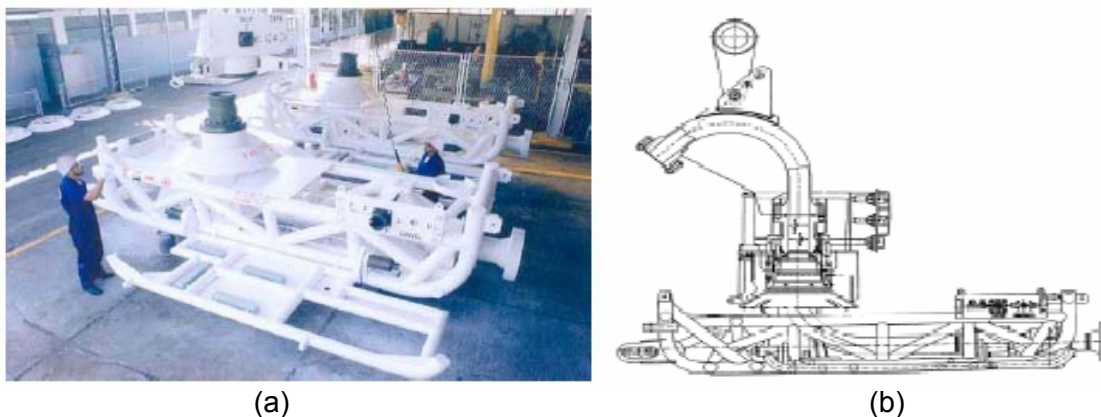


Figura II.2.4-29 - Equipamento PLET: (a) foto representativa do PLET; (b) PLET com seu respectivo MCV. Fonte: PETROBRAS.

No Campo de Marlim Leste existirá um PLET (coordenadas 7.520.703 N e 400.331 L) que será utilizado no escoamento do óleo até a PRA-1, conforme Figura II.2.4-30 e, caso opte-se por duto rígido para a parte estática do gasoduto, haverá também dois PLETs conectando o trecho rígido do gasoduto aos trechos flexíveis (próximo à P-53 e próximo à P-26).

D1.4 - In-Line Tee (ILT)

O *in-line-tee* (ILT) é um equipamento utilizado quando se deseja criar uma derivação em um duto, seja ele rígido ou flexível, de modo a interligá-lo a outro sistema de coleta ou escoamento, permitindo a conexão de 3 dutos distintos.

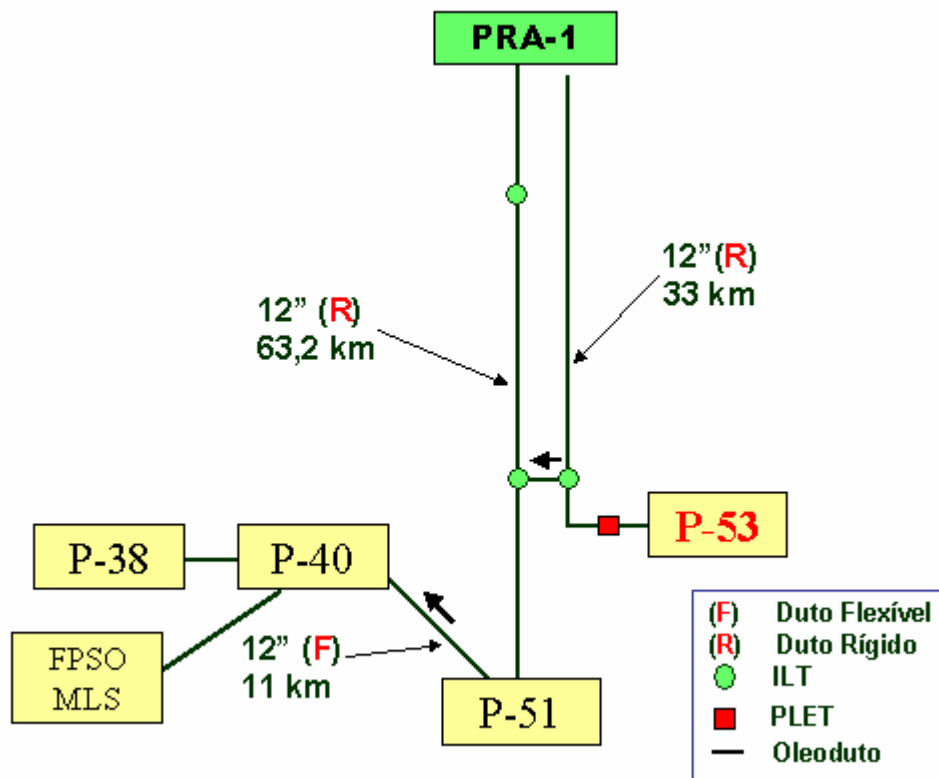


Figura II.2.4-30 – Desenho esquemático da interligação da P-53 ao Sistema de dutos submarinos do PDET, para escoamento da produção.

O arranjo submarino do Campo de Marlim Leste será composto por dois ILT, além das demais estruturas submarinas. O primeiro ILT será instalado no oleoduto (coordenadas 7.525.326 N e 398.552 L), localizado a 5.160m de distância, a contar a partir do PLET próximo à P-53, e terá a função de interligar o oleoduto P-53 x PRA-1 ao oleoduto P-51 x PRA-1. O segundo será instalado no gaseoduto (coordenadas 7.516.446 N e 397.971 L) e estará localizado a uma distância de 4.160m, medida a partir do PLET / SDV próximo à P-53. A figura II.2.4-30 mostra um esquema do escoamento do óleo da P-53 onde será utilizado um dos ILT.

A conexão entre um ILT e uma linha flexível é feita por meio de Conexão Vertical Direta, através de um MCV (Módulo de Conexão Vertical).

A Figura II.2.4-31a e b mostram representações simplificadas de ILTs e a Figura II.2.4-31c mostra uma parte do desenho de um ILT instalado no Campo de Marlim.

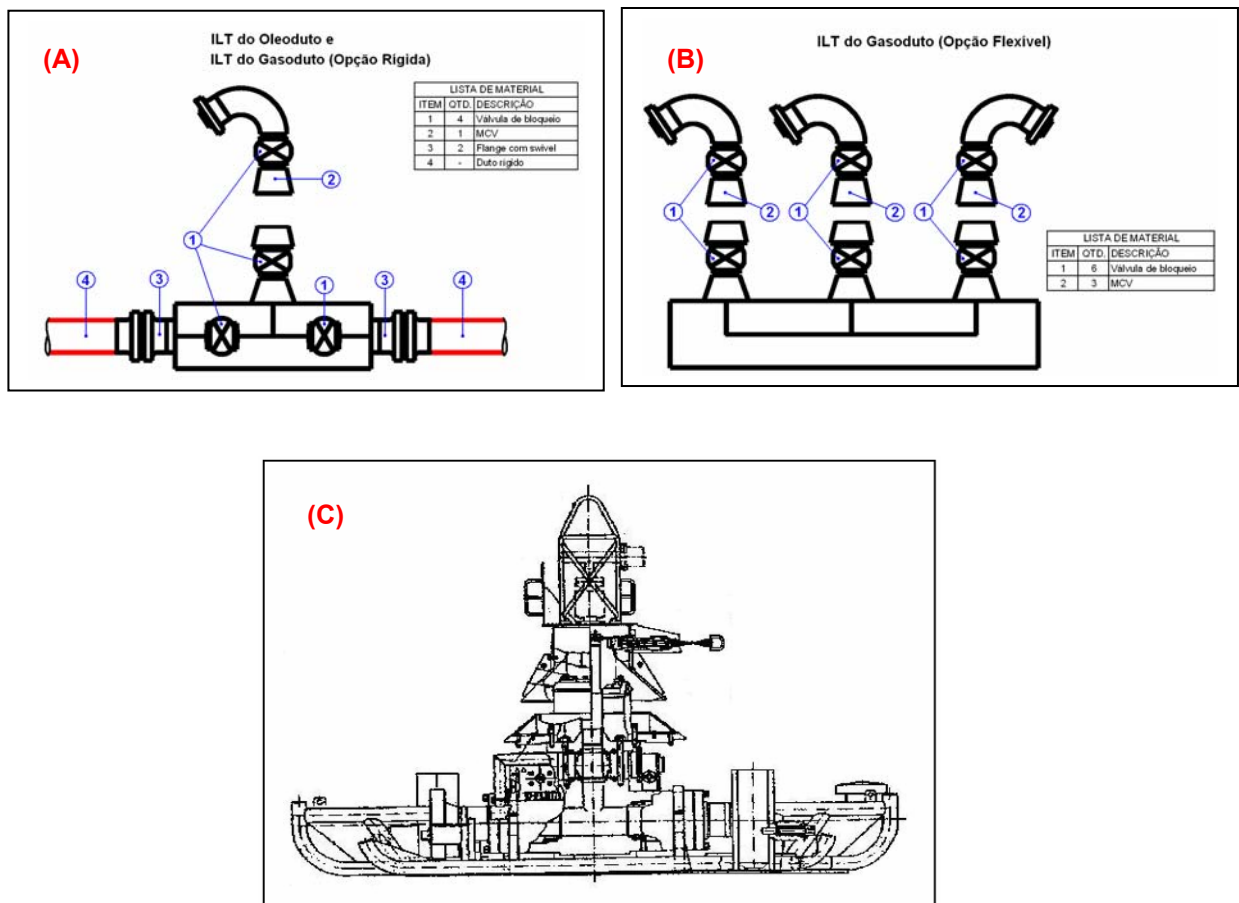


Figura II.2.4-31 – Desenho esquemático de In-Line-Tee (ILT): (A) ILT de oleoduto e gasoduto rígidos, (B) ILT de gasoduto flexível, (C) parte de um ILT instalado no Campo de Marlim (poço RJS-488)

Baseado nos dados de dimensões e peso do ILT instalado em Marlim, citado anteriormente, estima-se para o ILT a ser instalado em Marlim Leste as seguintes características:

- ★ Peso: 10.900 kg
- ★ Altura: 2,5 m
- ★ Comprimento: 4,8 m
- ★ Largura: 2,9 m

D1.5 - Sistemas de Segurança e Bloqueio Contra Vazamentos

Como garantia de segurança contra vazamentos, todas as linhas que integram o sistema de coleta e escoamento da produção possuem transmissores

que permitem o monitoramento e o registro constante de variáveis operacionais estando tais informações centralizadas na sala de controle. Este controle permitirá, em casos de queda ou aumento de pressão a níveis anormais, acionar os sistemas de bloqueio submarinos e de superfície, listados a seguir:

Sistemas Submarinos de Bloqueio Contra Vazamentos

- ★ Válvulas da ANM: *Master* de Produção, *Wing* de Produção, *Master* de Anular, *Wing* de Anular, *Crossover*, *Pig-crossover*,
- ★ SDV do gasoduto.

Sistemas de Bloqueio Localizados na UEP

- ★ SDVs das linhas de produção

Desta forma, em caso de vazamentos, o fluxo é imediatamente interrompido em dois pontos, na UEP e nos poços.

Todas as SDVs citadas acima, bem como as válvulas da ANM, são do tipo *Fail Safe Close*, ou seja, se fecham em caso de falha.

D.2 - Sistema de Transferência da Produção

D2.1 - Escoamento de óleo

O escoamento da produção de óleo do FPU P-53 será realizado através de 32,5 km de dutos, pertencentes ao trecho marítimo do PDET, que consiste em um duto de 12" entre a P-53 e a PRA-1, com pressão de projeto de 3.000 psi e pressão de teste de 3.750 psi (medidos no convés da P-53).

Com o objetivo de manter adequadas as condições de escoamento e aumentar a flexibilidade operacional, será instalado um *in-line tee* (ILT) com válvulas de bloqueio e *jumpers* flexíveis interligando o oleoduto P-53/PRA-1 e o oleoduto P-51/PRA-1, para que a exportação da P-53 possa ser direcionada para qualquer combinação destes 2 dutos.

O sistema de escoamento contará também com 6 bombas centrífugas (4 para operação e 2 reservas) com capacidade individual de 298 m³/h. No período de pico da produção, em 2008, está prevista uma vazão máxima de 1.009 m³/h.

O escoamento do óleo será realizado da seguinte forma: um *riser* flexível de 12" em catenária livre, com 1.600 metros de extensão, terá uma das extremidades ligada à P-53 e a outra extremidade será ligada a 400 metros de *jumper* flexível, interligado através de MCV ao PLET do oleoduto rígido. A uma distância de 5.160 m, medida a partir do PLET, ocorrerá a conexão com o oleoduto oriundo da P-51 através do ILT1. A partir do ILT1, o óleo será escoado até a PRA-1 pelo duto de 12" e 27.040 m de extensão. A distância do PLET até a PRA-1 será de aproximadamente 32,2 km. A Figura II.2.4-32 apresenta o desenho esquemático de escoamento do óleo.

No Quadro II.2.4-15 estão apresentadas as características do duto de exportação.

Quadro II.2.4-15 - Características do oleoduto de exportação.

POSIÇÃO INICIAL (UTM)	POSIÇÃO FINAL (UTM)	COMPRIMENTO		DIÂMETRO
		Duto Flexível	Duto Rígido	
P-53	PRA-1			12"
LDA = 1.080 m Coordenadas: 401.298 L 7.520.083 N	LDA = 98 m Coordenadas: 384.200 L 7.547.950 N	<i>Riser</i> 1.600 m	<i>Flowline</i> 400 m	

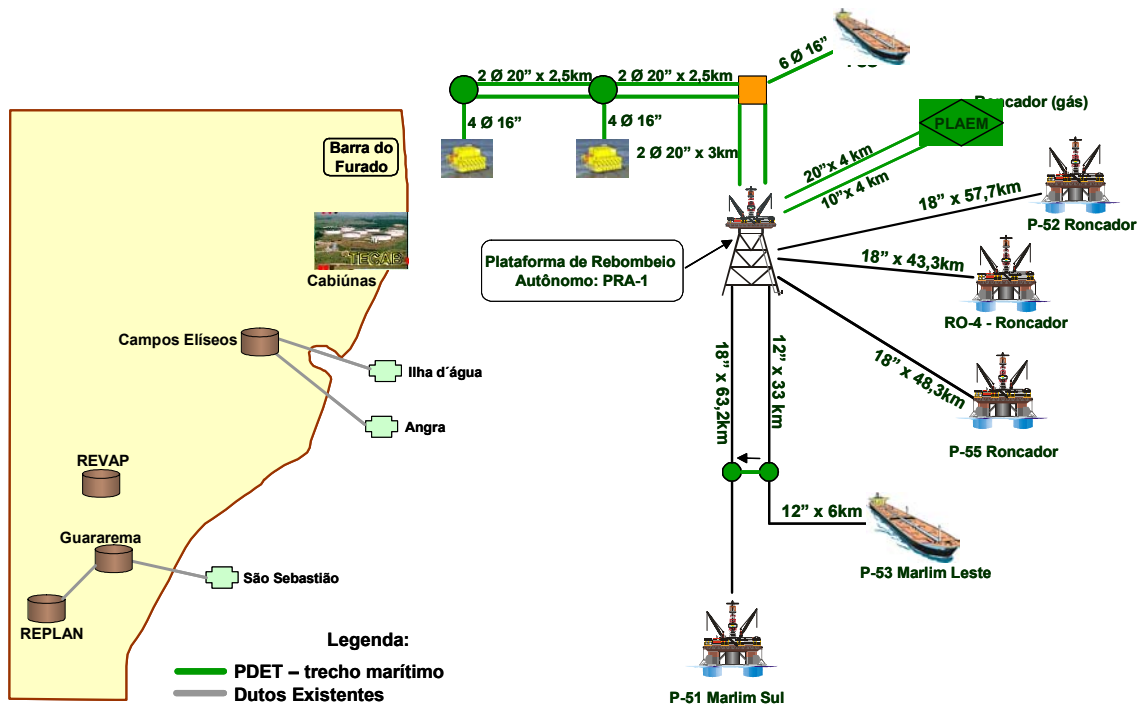


Figura II.2.4-32 - Desenho esquemático de escoamento do óleo.

Conforme apresentado no item K.II.2.4 deste EIA, “Detecção, Contenção e Bloqueio de Vazamentos”, a segurança da operação de escoamento do óleo contra vazamentos dar-se-á por um sistema de medição instantânea de vazão além de um sistema de alta confiabilidade composto por válvulas de bloqueio para fechamento em caso de emergência.

O óleo será exportado via duto submarino, após as etapas de separação do gás e da água e apresentará as seguintes características resumidas no Quadro II.2.4-16.

Quadro II.2.4-16 - Características do óleo a ser escoado a partir do Campo de Marlim Leste pela FPU P-53 (poço RJS-359).

PROPRIEDADES	
Densidade (°API)	17,8
Densidade relativa (a 20/4 °C)	0,944
Ponto de fluidez (°C)	-27
Viscosidade cinemática (mm ² /s)	
a 20,0 °C	1305
a 30,0 °C	593,4
a 50,0 °C	170,3
Parafina (% m/m)	1,7
Hidrocarbonetos (% m/m)	
saturados	33,8
aromáticos	34,8
resinas	29,6
asfaltenos	1,8
Enxofre (% m/m)	0,68
Metais (mg/kg)	
níquel	17
vanádio	20
Tensão interfacial água salgada (mN/m ou dina/cm) a 21°C	19,94
BSW (% vol.)	0,1

D2.2 - Escoamento de Gás

O sistema de escoamento do gás deverá ser constituído por duto submarino, com diâmetro de 10", interligando a P-53 à P-26, que é integrante da Ampliação da Malha de Escoamento de Gás (AMEG), conforme apresentado na Figura II.2.4.33.

O trecho estacionário da linha de escoamento de gás será composto por dutos flexíveis ou rígidos (dependendo do resultado da licitação), com um comprimento de 7.550m e diâmetro de 10". Esse sistema de escoamento possuirá 2 válvulas SDV: uma localizada a 2.000 m de extensão da linha que sai da P-53 e a outra, a 1.850 m da P-26. No trecho estático será instalado um ILT para futura

interligação com a malha de escoamento de gás do Campo de Marlim Sul e integração aos sistemas da AMEG.

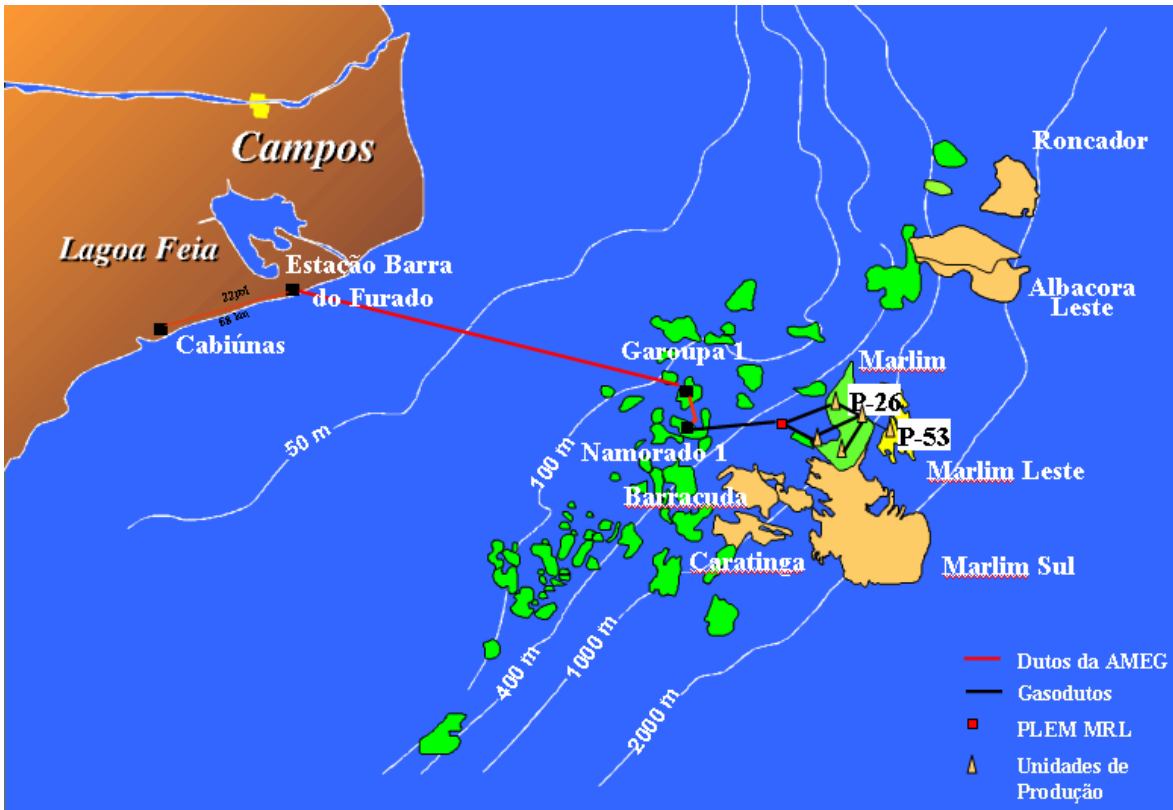


Figura II.2.4-33 - Sistema de escoamento do gás – AMEG.

Caso opte-se por duto rígido para o trecho estático, as SDVs serão parte integrante de 2 PLETs, que têm a função de promover a conexão do trecho rígido do gasoduto com seus trechos flexíveis próximos à P-26 e à P-53.

No Quadro II.2.4-17 estão apresentadas as características do gasoduto de exportação.

Quadro II.2.4-17 - Características do gasoduto de exportação

TRECHO	POSIÇÃO INICIAL (UTM)	POSIÇÃO FINAL (UTM)	COMPRIMENTO		DIÂMETRO
			Riser	Flowline	
Duto flexível	P-53	P-26			10"
	LDA = 1.080 m Coordenadas: 7.520.083 N 401.298 L	LDA = 990 m Coordenadas: 7.515.089 N 394.013 L	3.050 m	8.350 m	

Os dutos submarinos contarão, ao longo de suas extensões, com um sistema de controle e monitoramento de variáveis operacionais composto de medidores, transmissores e válvulas de fechamento de emergência, que será descrito no item K.II.2.

O gás será exportado via duto submarino, após as etapas de separação, compressão e desidratação, e apresentará as seguintes características resumidas no Quadro II.2.4-18.

Quadro II.2.4-18 - Características do gás a ser escoado a partir do Campo de Marlim Leste pelo FPU P-53.

COMPOSTO	PORCENTAGEM
H ₂ O	0,04
N ₂	1,24
CO ₂	0,05
Metano (CH ₄)	86,27
Etano (C ₂ H ₆)	4,82
Propano (C ₃ H ₈)	3,99
iso-Butano (i-C ₄ H ₁₀)	0,77
n-Butano (n-C ₄ H ₁₀)	1,31
iso-Pentano (i-C ₅ H ₁₂)	0,56
n-Pentano (n-C ₅ H ₁₂)	0,35
Hexano (C ₆ H ₁₄)	0,43
Heptano (C ₇ H ₁₆)	0,16
Octano (C ₈ H ₁₈)	0,03
PROPRIEDADE	VALOR
Densidade do vapor	0,887 kg/m ³
Calor de combustão	11200 kcal/m ³
Peso molecular	19,86