



# Desenvolvendo projetos submarinos no Brasil

**Carlos Bomfimsilva, INTECSEA, Brasil, discute INTECSEA e a atividade de engenharia submarina no Brasil.**

**A** INTECSEA iniciou suas operações no Brasil efetivamente em 2003, desenvolvendo inicialmente projetos de dutos submarinos para a Engenharia da PETROBRAS, que em 2004 firmou o primeiro contrato de mais longo prazo com a INTECSEA, na época ainda conhecida por INTEC Engineering, visando o fornecimento de serviços de consultoria e engenharia de dutos submarinos para diversos projetos na costa brasileira. Alguns projetos importantes que podemos destacar neste período foram o projeto dos dutos submarinos do Terminal Norte Capixaba, o projeto do sistema submarino do Terminal Marítimo da Plataforma Fixa PRA-1, e o projeto termomecânico dos dutos de exportação de Marlim Sul.

## **Terminal Norte Capixaba**

Os dutos submarinos do Terminal Norte Capixaba contemplavam operações intermitentes com bombeamento de óleo aquecido de alta viscosidade, com significativos teores de  $H_2S$  e grandes variações de temperatura de projeto durante o ciclo de vida de operação, devido à necessidade de circulação de óleo diesel para remoção

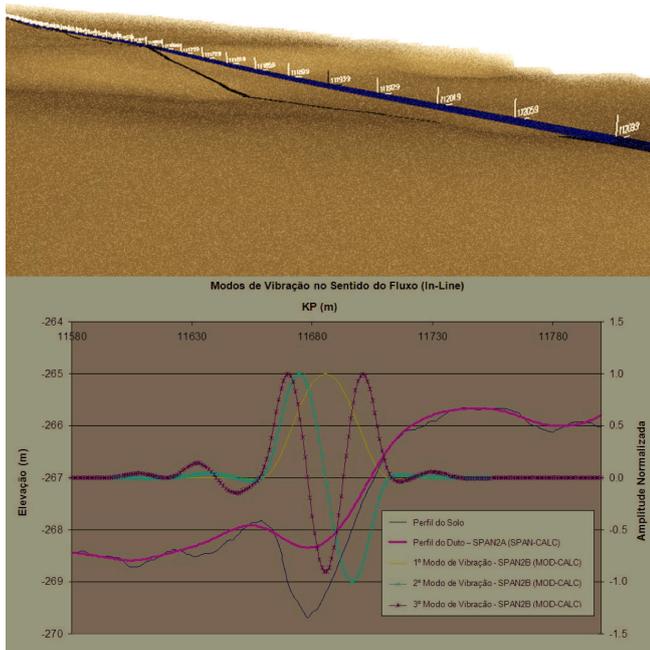


Figura 1. Projeto de Dutos Submarinos com Análise Detalhada de Vãos Livres.

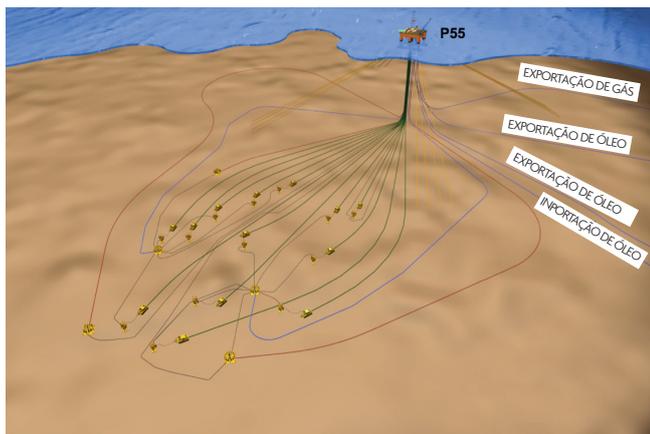


Figura 2. Sistema Submarino de Dutos Rígidos de Roncador – P55.

do óleo de exportação do terminal entre dois ciclos de carregamento. Estas características exigiram um projeto cuidadoso para manter as tensões na tubulação dentro de valores aceitáveis, evitar problemas de flambagem da tubulação enterrada, e sua deterioração por fadiga, principalmente nas regiões de soldagem das curvas, tendo o projeto procurado mantê-las afastadas dos pontos de maior variação de tensões nas interligações submarinas, aumentando a sua vida útil. Este projeto também contemplou o fornecimento de especificação e de assessoria para desenvolvimento de furo direcional para cruzamento da costa na transição entre a seção submarina e a interligação terrestre, utilizado como alternativa para reduzir os impactos ambientais que normalmente ocorrem quando se utilizam métodos mais tradicionais, tais como a utilização de estaca prancha, com modificação no perfil da costa devido a grande movimentação de sedimentos.

## Terminal Marítimo da PRA-1

O sistema submarino do Terminal Marítimo da Plataforma Fixa PRA-1 consiste em uma rede de dez dutos submarinos de 20 pol. de diâmetro nominal, três manifolds submarinos e um sistema de interligação entre a PRA-1, os manifolds e os dutos submarinos. O sistema foi projetado para permitir a pigagem de toda a rede de dutos para limpeza e inspeção, sendo que os manifolds permitem o ajuste operacional para bombeamento do óleo da PRA-1 para um FSO, e do FSO para duas monoboias ancoradas na profundidade de 100 m aproximadamente. A INTECSEA desenvolveu o projeto de engenharia de todo o sistema para a PETROBRAS, incluindo a elaboração das especificações técnicas de serviços e materiais e do projeto da instalação em suporte a elaboração dos procedimentos operacionais de instalação.

## Marlim Sul

O projeto termomecânico dos dois dutos de exportação de Marlim Sul foi desenvolvido para determinação das condições de mitigação requeridas para que a flambagem lateral dos dutos, operando em condições de alta pressão e temperatura, ocorresse em localizações planejadas, desta forma garantindo o controle dos deslocamentos e consequentemente a manutenção da integridade estrutural do sistema. O projeto foi desenvolvido com aplicação da metodologia do JIP SAFEBUCK, avaliando-se as reações do solo, as restrições da diretriz do duto, incluindo a modelagem de dez cruzamentos com dutos existentes, e tendo sido incorporados os pontos de iniciação planejados de flambagem para avaliação global do sistema. O projeto também contemplou avaliação do potencial de deslocamento axial da tubulação em função dos ciclos de aquecimento previstos devido as paradas de produção.

## Roncador

Em 2005, um novo contrato de mais longo prazo foi firmado entre o departamento de E&P da PETROBRAS e a INTECSEA para fornecimento de projeto básico e preparação da documentação para licitação da construção e instalação do sistema submarino com aplicação de dutos rígidos nos sistemas de coleta e de exportação da plataforma P55 do Campo de Roncador, localizado em 1800 m de profundidade. Este projeto teve uma abrangência maior, sendo que além do projeto dos dutos submarinos de exportação, produção e injeção de água propriamente dito, contemplou também o projeto do sistema de ancoragem dos risers com utilização de estacas de sucção, especificação dos manifolds de gás lift e injeção de água, projeto das terminações dos dutos (PLETs) juntos às estruturas submarinas, e o projeto das interligações, com utilização de spools flangeados nas profundidades com alcance de mergulho, e de jumpers na região sem o alcance deste.

Este mesmo contrato requeria que a INTECSEA desenvolvesse projetos de dutos submarinos de coleta da produção, onde podemos destacar os dois dutos de alta pressão e temperatura para produção de gás do Campo de Mexilhão, projeto este realizado no nível detalhado de execução. Para este projeto, a INTECSEA utilizou pela primeira vez o seu conjunto de ferramentas desenvolvidas para avaliação detalhada de vãos livres, para determinação da vida útil à fadiga da tubulação nas regiões não suportadas sob a ação de correnteza, sendo assim passíveis

a vibrações induzidas por vórtices. A metodologia consiste na simulação por elementos finitos de toda a tubulação lançada ao longo da diretriz, sendo cuidadosamente modelados o perfil e a rigidez do solo, a força de tração residual de lançamento, as condições de todo o ciclo de vida do projeto, incluindo o lançamento, teste hidrostático e operação, e as próprias características físicas da tubulação. A análise considera ainda o histograma de ação da correnteza ao longo da vida de projeto da tubulação, tanto com relação à velocidade quanto ao efeito direcional, extraído dos dados oceanográficos, e possui uma rotina automatizada para calcular o somatório do dano devido a fadiga ponto a ponto ao longo de toda a diretriz, incluindo os efeitos de múltiplos modos e múltiplos vãos, permitindo um diagnóstico preciso e ágil sobre todo o sistema. Naturalmente, nos vãos onde a vida útil à fadiga for inferior a de projeto, já considerando os fatores admissíveis aplicáveis, são geradas recomendações de mitigação por calçamento e novas simulações são realizadas para confirmar a integridade da tubulação nas condições de projeto. Todas

as ferramentas aplicadas nesta metodologia foram validadas com relação aos requisitos da norma DNV-RP-105, e no caso do projeto de Mexilhão, devido à agilidade de avaliação, a mesma foi reutilizada inclusive na fase de inspeção pós-lançamento, onde as informações do campo foram utilizadas para ajuste fino da rigidez do solo e força de tração residual na tubulação, na reavaliação do projeto em algumas regiões e determinação precisa da necessidade de calçamento.

### Expansão dos serviços de consultoria

Ao longo destes anos, a INTECSEA assinou contratos também com operadoras internacionais, prestando consultoria em requisitos de licenciamento, regimes de impostos, capacitação e conteúdo local, e projeto conceitual e de viabilidade para desenvolvimento de campos de produção no mar. Os projetos conceituais e de viabilidade são normalmente desenvolvidos pelo escritório da INTECSEA do Rio de Janeiro em conjunto com o escritório de Houston, aproveitando a larga experiência daquele escritório nesta área, onde podemos citar a cooperação nas áreas do estudo da

Carlos Bomfimsilva, INTECSEA, Brazil discusses INTECSEA and its subsea engineering activities in Brazil.

INTECSEA effectively commenced its operations in Brazil in 2003, initially developing subsea pipeline projects for PETROBRAS Engineering, which in 2004 signed the first longer-term contract with INTECSEA, still known at that time as INTEC Engineering, covering the supply of subsea pipeline consulting and engineering services for various projects along the Brazilian coast. Some major projects that we can highlight in this period are the Capixaba North Terminal subsea pipeline project, the subsea system design for the Maritime Terminal of the PRA-1 Fixed Platform, and the thermomechanical design of the export pipelines for Marlim Sul.

The design of the subsea pipelines for the Capixaba North Terminal had to address intermittent operations with pumping of high-viscosity heated oil, with significant H<sub>2</sub>S contents and substantial variations in design temperature during the operational lifecycle, due to the need for circulation of diesel oil to remove the export oil from the terminal between loading cycles. These characteristics required careful design in order to keep the pressures in the pipes within acceptable values and to avoid problems associated with buckling of the buried pipeline and its deterioration through fatigue, principally in the weld regions of the curved sections.

The subsea system for the Maritime Terminal at the PRA-1 Fixed Platform consists of a network of 10 subsea pipelines with a nominal diameter of 20 in., three subsea manifolds and a system for interconnection between PRA-1, the manifolds and the subsea pipelines. The system was designed to allow pigging of the entire network of pipelines for cleaning and inspection, with the manifolds enabling operational adjustment for pumping of oil from PRA-1 to a floating storage and offloading unit (FSO), and from the FSO to two monobuoys moored at a depth of approximately 100 m. INTECSEA developed the engineering design for the entire system for PETROBRAS, including development of the technical specifications for services and materials and the

design of the installation to support the development of operational installation procedures.

The thermomechanical design of the two export pipelines for Marlim Sul was developed to determine the mitigation conditions required to ensure that the lateral buckling of the lines, operating under high-pressure and high-temperature conditions, occurs at planned locations, thus guaranteeing control of displacement and consequently the continued structural integrity of the system. The project was developed through application of the SAFEBUCK JIP methodology.

In 2005, a new longer-term contract was concluded between the PETROBRAS E&P department and INTECSEA for supply of basic designs and preparation of tender documentation for construction and installation of the subsea system, with application of rigid pipelines in collection and export systems for the P55 platform in the Roncador field, located at a depth of 1800 m.

This contract required INTECSEA to develop designs for subsea pipelines for collection of production, including the two high-pressure, high-temperature pipelines developed for gas production at the Mexilhão field, a design completed to a detailed level of execution.

Another market niche in which INTECSEA has been working in Brazil since beginning its operations relates to consulting and detailed engineering support for companies installing and supplying equipment, both in projects completed in sheltered waters and for projects in waters considered to be ultra-deep.

Currently, there is a significant, recognised trend in growth of the needs of subsea engineering projects in the Brazilian context, principally through increased participation of international operators. INTECSEA, with its recognised ability and global expertise, allied with consolidated local participation in the field, is ideally positioned to support its customers in the development of subsea fields, including subsea production systems and floating units. **B**

arquitetura do campo, as avaliações da garantia do escoamento e o projeto dos risers rígidos em catenária livre.

Outro nicho de mercado que a INTECSEA vem trabalhando no Brasil desde o início das suas operações está relacionado ao suporte em consultoria e engenharia de detalhamento para empresas instaladoras e para empresas fornecedoras de equipamentos, tanto em projetos realizados para águas abrigadas como para projetos em águas consideradas ultra profundas.

Deste segmento, para as empresas instaladoras, foram realizadas diversas análises estruturais de dutos submarinos na diretriz de projeto, com verificação da integridade estrutural estática e dinâmica, projetos de interligações submarinas, assim como análises de instalação tanto por lançamento com embarcações dedicadas, quanto por arraste utilizando-se rebocadores convencionais disponíveis. Em particular nos projetos executivos com instalação por arraste, a participação da INTECSEA ocorre de forma ampla para determinar todos os parâmetros fundamentais para as operações desde a construção e puxamento das seções da tubulação ao mar, que possuem comprimento típico entre 500 a 1500 m, passando pelo arraste na superfície propriamente dito, pelo içamento lateral visando soldagem entre seções, até o afundamento controlado das seções ao fundo submarino.

Em relação às empresas de fornecimento de equipamentos submarinos, foram desenvolvidos vários projetos estruturais, incluindo os sistemas de amarração na embarcação para transporte – sea fastening, assim como análises de isolamento térmico de equipamentos para avaliar a sua efetividade em parada de operação e análises de instalação dos mesmos.

Vale ressaltar ainda a crescente capacitação do quadro técnico do escritório da INTECSEA do Rio de Janeiro em projetos de engenharia naval, onde destacamos estudos conceituais e de viabilidade de terminais marítimos e adaptação de embarcações para a atividade de construção e instalação no mar, incluindo análises de movimento, estabilidade, de verificação estrutural, além do dimensionamento de sistemas de posicionamento dinâmico e de sistemas de construção e lançamento.

INTECSEA vem também projetando estruturas flutuantes para suportaçõ de risers – BSR, cujo projeto se assemelha a uma plataforma do tipo TLP, porém submersa a uma profundidade entre 150 e 200 m aproximadamente, recebendo os risers de produção e permitindo a conexão por jumpers flexíveis do topo dos risers com o FPSO. Este sistema favorece um bom grau de desacoplamento entre os movimentos dos risers e os do FPSO, permitindo uma maior vida útil à fadiga para os risers e antecipação da sua instalação em relação à chegada do FPSO, visando agilizar o início da operação quando esta unidade de produção flutuante estiver mobilizada no campo.

Atualmente é reconhecida uma forte tendência de crescimento das necessidades dos projetos de engenharia submarina no cenário brasileiro, principalmente com a maior participação das operadoras internacionais. A INTECSEA, com sua reconhecida capacidade e expertise global, aliado a uma consolidada participação local na área, está bem posicionada para suportar seus clientes no desenvolvimento dos campos submarinos, incluindo os sistemas submarinos de produção e as unidades flutuantes. **B**