O ENGENHO E A OBRA NO DOMÍNIO MARÍTIMO

Idalina M. B. Alves, José P. Baião

SETH – Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos, S.A.
Rotunda Nuno Rodrigues dos Santos, nº1 – B, 10.º Andar, 2685-223 Portela Lisboa
www.seth.pt

RESUMO

A evolução das necessidades da sociedade desde cedo conduziu ao desenvolvimento dos meios e vias de transporte para pessoas e bens. O facto de a via marítima ser uma via privilegiada e economicamente vantajosa para o transporte de grandes volumes, e nalguns casos o único meio viável, como por exemplo nos combustíveis, tem conduzido à execução de obras de grande dimensão onde se afiguram notáveis " o engenho e a arte" de bem construir, face às adversidades do meio em que se inserem.

As dificuldades inerentes à construção no meio marítimo implicaram o desenvolvimento de engenhos e novas estratégias que, dependendo da especificidade e das condições locais de implantação foram sendo adaptados ou reinventados.

Os processos construtivos descritos na bibliografia existente nem sempre se adequam aos casos práticos, principalmente em obras de grande envergadura ou que impliquem novas tecnologias.

Nesta comunicação serão apresentados alguns processos construtivos tradicionais e serão abordadas obras marítimas realizadas pela Seth, S.A., mostrando métodos e processos utilizados na sua execução. Serão apresentadas obras de cariz distinto, como o **TERMINAL MARÍTIMO DO CANIÇAL,** na ilha da Madeira, também designado por "**Sistema de descarga de combustíveis OFF-SHORE"**, e a obra de recuperação do **MOLHE NORTE DA BAÍA DA PRAIA DA VITÓRIA ,** Terceira, Açores.

1 - TERMINAL MARÍTIMO DO CANIÇAL - SISTEMA DE DESCARGA DE COMBUSTÍVEL OFF-SHORE

Trata-se da concepção/construção de um sistema de transferência de combustíveis, por tubagem, desde o navio-tanque, fundeado ao largo, na Baía de S. Lourenço, no Caniçal, até à zona de armazenamento, em terra.

O processo é também designado por "DESCARGA DE COMBUSTÍVEL OFF-SHORE" , para navios tanques até 30.000 tons DW.

1.1 BREVE DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra desenvolve-se nas seguintes fases:

1) Definição de parâmetros de projecto;
2) Preparação e estudo dos processos construtivos;
3) Instalação da tubagem e Trabalhos Marítimos;

4) Sistema de bóias de amarração – componentes do Sistema;

5) PLEM – Pipeline end Manifold.

1.2 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS E PROJECTO

A definição de todos os parâmetros para elaboração do projecto esteve a cargo da SHELL GLOBAL SOLUTIONS, que procedeu à recolha dos dados fundamentais do local (Regime de ventos, de marés, de ondulação e correntes, etc..) e procedeu à elaboração do Caderno de Encargos e das especificações.

A Engenharia de Processos foi da responsabilidade da empresa Holandesa "BLUEWATER" especializada em matéria de Sistemas de Atracação e Descarga Off-Shore.

As áreas abrangidas por esta área do projecto foram as seguintes:

- Dimensionamento das tubagens;
- Concepção e dimensionamento da PLEM – Pipeline End Manifold;
- Dimensionamento das mangueiras de descarga;
- Estudo de implantação da Quadra de Bóias, da PLEM e da Tubagem;
- Definição esquemática da "Landing Área" (zona em terra onde termina o manifold marítimo, fazendo interface com o manifold terrestre);
- Dimensionamento dos sistemas de amarração, incluindo correntes e âncoras, e ainda o das 4 bóias equipadas com "ganchos de desengate rápido" (Quick release hooks);
- Concepção e dimensionamento da Unidade Hidráulica de Potência –HPU- , incluindo o "Umbilical" que liga esta unidade , em terra, à PLEM, localizada no mar à cota (-22:00ZH), no extremo do manifold marítimo e enquadrado na zona central de descarga do sistema;
- Dimensionamento do PLC – Quadro geral de controlo logístico – relacionado com as áreas de software e monitorização do sistema.

1.3 PREPARAÇÃO E ESTUDO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Tradicionalmente nestas obras marítimas o equipamento flutuante envolvido – Pontões, Gruas, Batelões, e Rebocadores – constitui uma componente significativa. Todavia, nesta obra, no equipamento previsto encontrava-se indisponível à data dos trabalhos de mar, pelo que foi necessário recorrer a soluções construtivas específicas como as que a seguir se referem.

1.3.1 Processos Construtivos mais Salientes

As actividades da obra que exigiram um maior cuidado na escolha dos processos construtivos foram:

1) Sistema de Puxe da Tubagem;

- Dimensionamento do guincho de puxe e sua implantação;
- Dimensionamento e implantação da Âncora de Puxe;
- Dimensionamento e colocação dos Blocos de Lastragem de Puxe.

2) Rampa de Soldadura e de Lançamento dos Tubos;

- Processos Tradicionalmente utilizados:

- Montagem e soldadura de todos os troços de tubagem em praia, sendo rebocados e afundados em condições de mar ideais. N/ APLICÁVEL NESTA OBRA
- Montagem e soldadura de toda a tubagem em barcaça ou pontão com grua, sendo gradualmente assente no fundo, segundo o traçado. N/ APLICÁVEL NESTA OBRA

- Processo utilizado na obra:

  - Montagem e soldadura de toda a tubagem em rampa construída para o efeito, no fundo da falésia, sendo deslocada gradualmente pelo sistema de puxe.

  Cada troço de 3 tubos de 12 metros era deslocado segundo a linha de implantação, após a soldadura e as respectivas verificações radiográficas.

FOTOGRAFIA 1 – PROGRESSÃO DOS TRABALHOS DE PUXE

3) Vala Subaquática para implantação dos Pipelines

- Processos Tradicionalmente utilizados::

  - Abertura de vala com recurso a grua ou escavadora sobre pontão. Os materiais são depositados em batelão e lançados a vazadouro autorizado, no mar. N/ APLICÁVEL NESTA OBRA.
  - Utilização de uma draga de balde ou de sucção, com descarga para batelão e lançamento a vazadouro no mar ou em aterro (D. Sucção). N/ APLICÁVEL NESTA OBRA.

- Processo utilizado na obra:

  - Execução de um esporão segundo o eixo do pipeline, à cota (+2,00ZH) e na extensão de 80 metros. (Sentido progressivo)
  - Escavação e abertura de uma vala à cota da rasante do projecto, sendo os produtos dragados depositados lateralmente à vala e formando um outro esporão. (Sentido regressivo)
  - Colocação de materiais seleccionados do exterior sobre a esteira do pipeline e reposição dos materiais anteriormente dragados, para aterro da vala após a conclusão da instalação dos pipelines submarinos, com consequente remoção do esporão auxiliar.

INSTALAÇÃO DA TUBAGEM – TRABALHOS MARÍTIMO

Toda a tubagem foi soldada na rampa de lançamento em terra, e puxada gradualmente pelo sistema de puxe para o seu eixo de implantação. O seu peso aparente foi parcialmente absorvido pela flutuação gerada pelo sistema de balonagem, como adiante se descreve:

EQUIPAMENTO ENVOLVIDO:

- Escavadora giratória de 40 tons;
- Lancha de 40 HP;
- Cabo de vai-vém 1000 m com diam. 32 mm;
- Conjunto de cadernal – factor multiplicador 3;
- Guincho hidráulico de 20 tons de força de tracção.

Toda a tubagem é em aço carbono. Foi aplicada uma protecção exterior, que, em conjugação com o sistema de protecção catódica, protege todo o pipeline da corrosão externa. Uma camada com 65 mm de betão, armado com uma malha de arame de aço galvanizado aplicada aos tubos garante a sua estabilidade no fundo quando sujeitos às forças das correntes e da ondulação. Funciona, portanto, como protecção mecânica e como lastro da tubagem.

A tubagem é instalada em vala, com a profundidade de 2,5 m abaixo da cota de fundo, próximo da linha de terra – 80 metros – sendo a vala posteriormente aterrada com materiais estáveis e especificados – areia, cascalho e rachão.

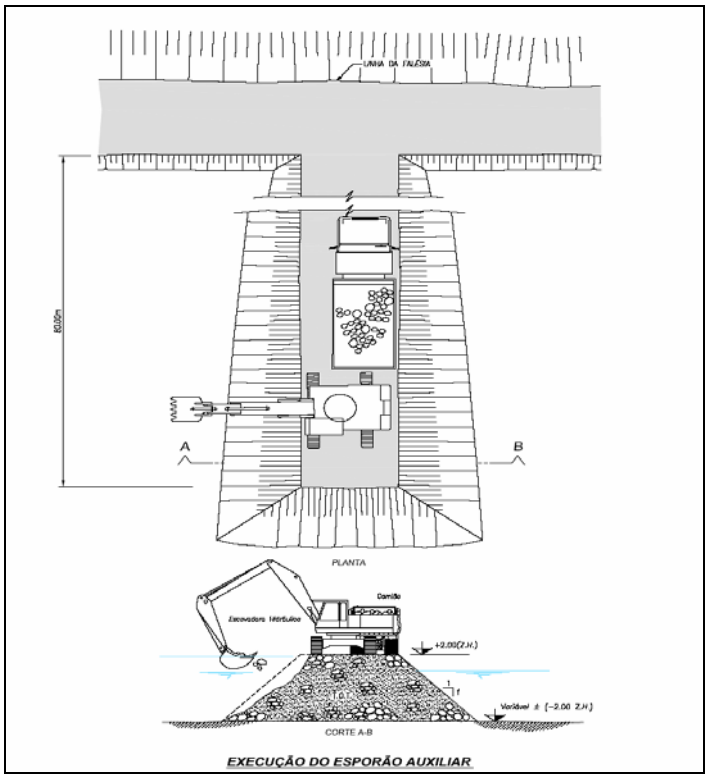


Figura 1 – Execução do Esporão Auxiliar

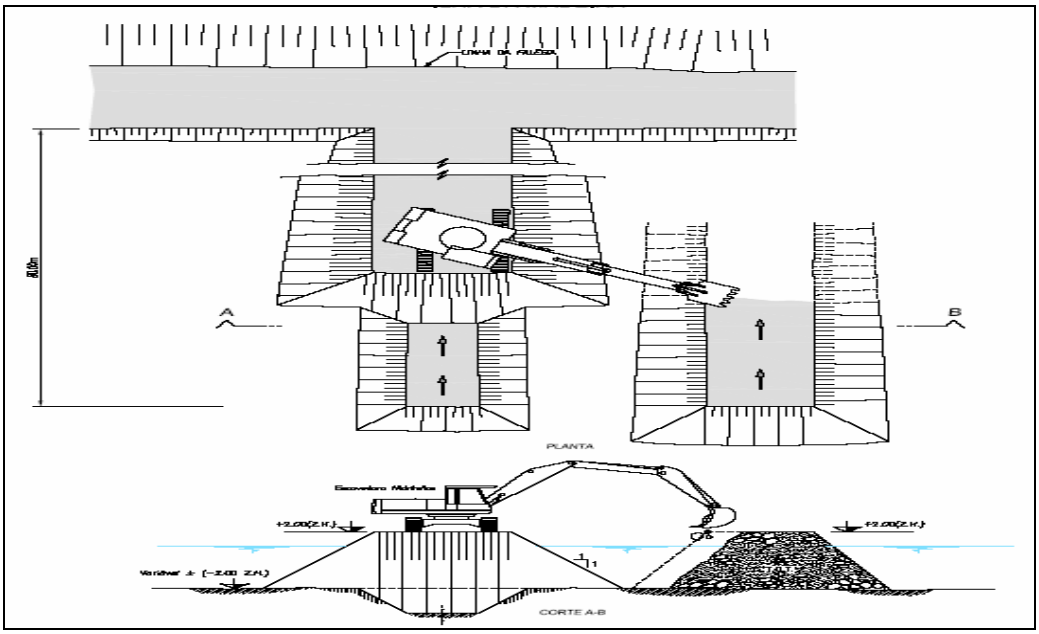


FIGURA 2 – ABERTURA DE VALA DA FRENTE PRA TRÁS A PARTIR DO ESPORÃO AUXILIAR E COLOCAÇÃO DO MATERIAL LATERALMENTE PARA POSTERIOR ATERRO DA MESMA

4) Dimensionamento da Balonagem de Alívio da Tubagem no Fundo

- Parâmetros considerados no cálculo:
  - Diâmetro do tubo de Fuel : 14”
  - Diâmetro do tubo das gasolinas: 14”
  - Diâmetro do tubo de GPL: 8”
  - Espessura da parede dos tubos: 12,7 mm
  - Espessura do revestimento de betão :
  - Tubo de fuel: 65 mm
  - Tubo de gasolinas : 65 mm
  - Tubo de GPL : 60 mm
  - Materiais utilizados no fabrico dos tubos: Aço carbono
  - Massa específica do aço: 7800 kf/m3
  - Massa específica do betão de revestimento: 2400 kf/m3
  - Massa específica da água do mar no local: 1026 kf/m3
  - Coeficiente de atrito betão/areia/pedras : 1,5
  - Peso da Cabeça de puxe: 2500 kf
  - Peso do cabo de puxe : 2600 Kf
  - Coeficiente de atrito cabo de aço/areia : 1,5
- Resultado do Cálculo
  - Peso real dos 2 Tubos – Fuel e Gasolinas – vazios 252,00 tons
  - Peso real do tubo de GPL – vazio 80,00 tons

- Peso da Cabeça de puxe: 2,50 tons
- Peso do cabo de puxe: 2,60 tons

- Peso Real da Esteira Vazia : 337,10 tons
- Impulsão Total: -194,00 tons
- Peso Aparente Total: 143,10 tons
- Carga Máxima de Tracção no Cadernal 60,00 tons
- Carga Aparente a deslocar (143-60X1,5 atrito) 124,50 tons

Considerando a distancia entre balões = 25 m, teremos:

420/25 = 16,8 balões

- Balonagem Unitária: (124,5 / 420) 296,40 kf/m
- Carga por balão: (296,4 X 25) 7,40 tons

BALONAGEM A APLICAR : 17 BALÕES DE 7.500 Kg

FOTOGRAFIA 2 – BALONAGEM DE ALIVIO DA TUBAGEM DE FUNDO

1.4 Sistema de Bóias de amarração (CBM - Convencional Mooring Buoys)

O sistema de bóias de amarração consiste de um lay-out composto por 4 bóias e 4 âncoras activas e de duas âncoras passivas (ver esquema).

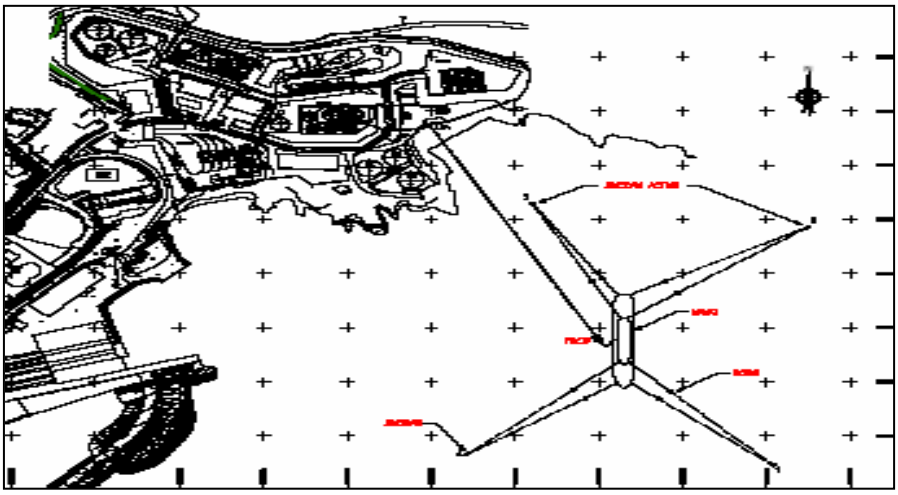


FIGURA 3 – LAYOUT DO SECTOR MARÍTIMO

Cada conjunto de duas bóias de amarração é ligado a duas âncoras activas e a uma âncora passiva, em pé de galinha, de forma a que qualquer das bóias se possa manter em posição, mesmo que nenhum navio se encontre amarrado ao sistema.

A ligação das bóias às âncoras é efectuada por correntes. Os navios são ligados às bóias através dos cabos de amarração, existentes a bordo, e dos "Quick Release Hooks" ou Ganchos de Desengate Rápido, triplos, existentes em dcada bóia, podendo receber simultaneamente três cabos de amarração do mesmo navio.

Em situação de emergência, os QRH podem ser destrancados através de um cabo exterior que é utilizado a partir de uma embarcação leve, do tipo "Lancha", operando no perímetro de apoio e de segurança.

FOTOGRAFIA 3 – BÓIA DE AMARRAÇÃO EQUIPADA COM KRH

- AS AMARRAS

As amarras do sistema CBM ligam as bóias às âncoras. As amarras permitem que se estabeleça a necessária flexibilidade face aos movimentos produzidos pelo navio, como resultado da ondulação, que se encontra amarrado para descarga.

- AS ÂNCORAS

As âncoras seleccionadas para o projecto são de alta capacidade de penetração (unhagem). Têm um peso de 19 tons cada, e foram testadas à tracção, a 160 tons durante 30 minutos. O deslocamento verificou a tolerância especificada.

- AS MANGUEIRAS FLEXÍVEIS

As mangueiras flexíveis ligam a PLEM e o pipeline submarino ao navio que se encontra amarrado para descarga.

Estas mangueiras, em condições normais permanecem no fundo e são constituídas, cada uma, por sete (7) quarteladas de cerca de 11 metros. Na ponta de cada quartelada é ligado um cabo e uma bóia de arinque, de cor diferente, que identifica o produto a transferir.

Cada mangueira flexível está equipada com uma ligação do tipo “Breakaway coupling”, entre a primeira e a segunda quarteladas a partir da PLEM.

As mangueiras foram preparadas em terra, sendo os topos fechados com falange providas de válvulas de controlo de fluxo para as operações de descida controlada no afundamento.

De seguida foram colocadas na água, com apoio de grua, sendo rebocadas com lancha de 80 HP até ao local de afundamento. A descida foi efectuada por 2 equipas de mergulhadores, sendo aplicados balões (ver esquema) para controlo da descida.

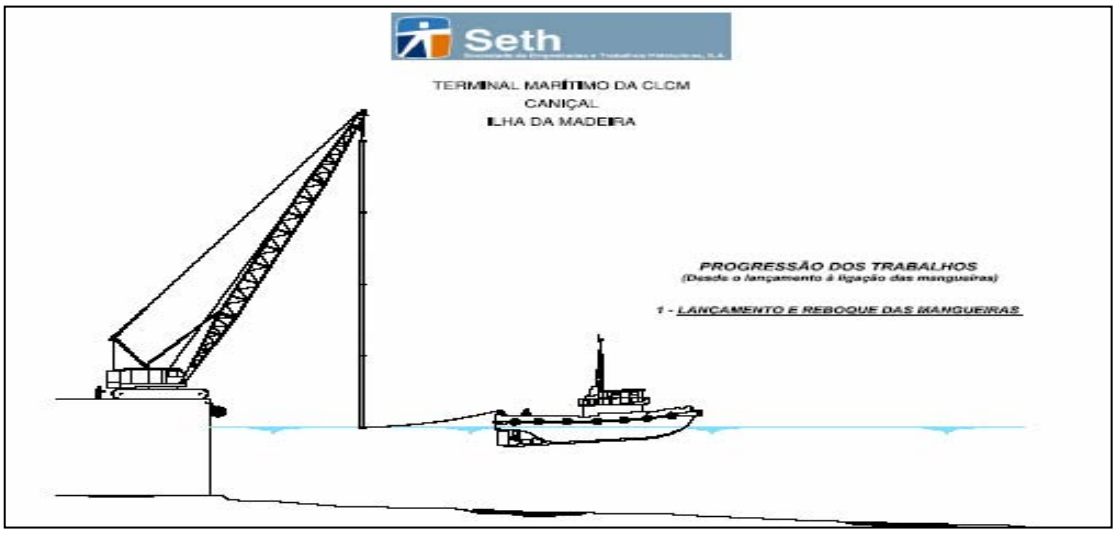


FIGURA 6– LANÇAMENTO E REBOQUE DAS MANGUEIRAS

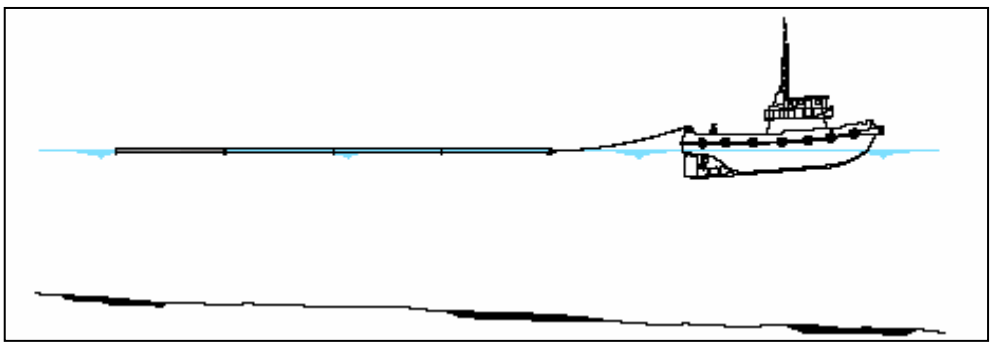


FIGURA 7 – REBOQUE DAS MANGUEIRAS FLEXÍVEIS

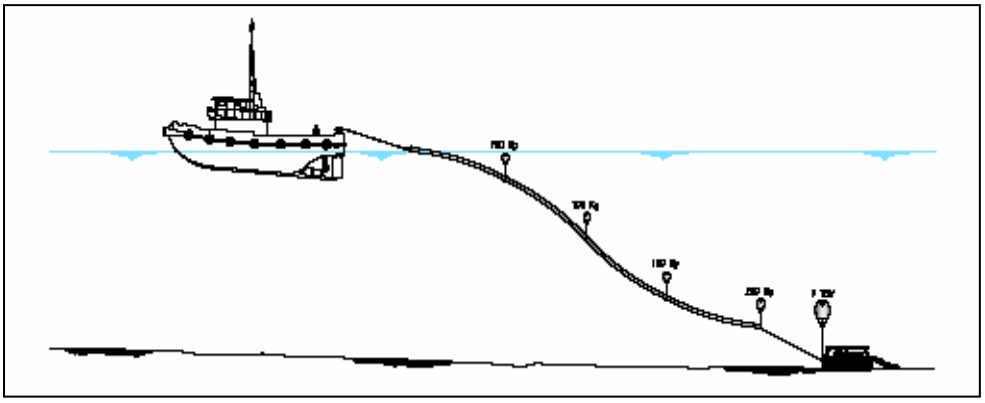


FIGURA 8 – AFUNDAMENTO DAS MANGUEIRAS

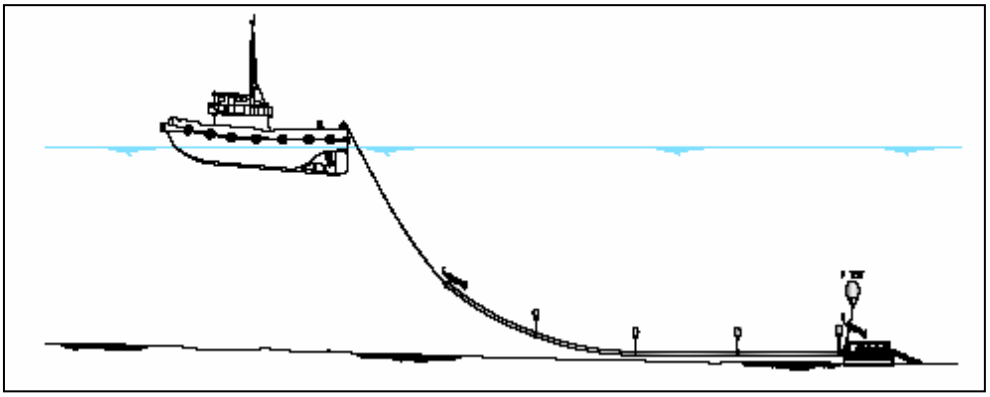


FIGURA 9 – APROXIMAÇÃO E LIGAÇÃO DAS MANGUEIRAS À PLEM

O CABO "UMBILICAL"

O "UMBILICAL", com 500 metros de extensão, é instalado entre a sala de controlo, em terra, e a PLEM, permitindo a transferência de dados e o controlo remoto de válvulas por accionamento hidráulico, cabos de fibra óptica e sensores eléctricos de baixa voltagem.

O Umbilical tem um peso unitário de 40 kg/ml, sendo o seu peso total de 20.000 Kg. Foi instalado a partir de uma bobina colocada no convés de um navio de apoio. O seu afundamento foi efectuado com descida controlada por 500 balões de borracha, de 50 kg de flutuabilidade. A cabeça do Umbilical, que faz a ligação à PLEM, tem o peso de 2500 Kg e foi deslocada para o fundo com grua de apoio e por mergulhadores experientes.

A instalação do Umbilical, no fundo entre o pipeline de GPL e o pipeline de Gasolinas, foi efectuada gradualmente, do mar pata terra, libertando todos os 500 balões, um a um, com apoio de mergulhadores no posicionamento.

A PLEM - PIPELINE END MANIFOLD

A estrutura da PLEM, no extremo do pipeline, aloja as válvulas da tubagem e permite a ligação entre o pipeline e as mangueiras flexíveis. Trata-se de uma estrutura gravítica, estável, que se mantém em posição devido ao seu peso próprio (38.000 kg).

As forças induzidas pelo pipeline – expansivas / retractivas ou de assentamento – como resultado das variações de temperatura e das correntes de fundo, são absorvidas pelas correderas individuais de deslizamento, uma para cada pipeline, existentes na PLEM.

Esta estrutura foi colocada no fundo, segundo as coordenadas do projecto, por um navio de apoio com equipamento especializado no posicionamento de estruturas no mar.

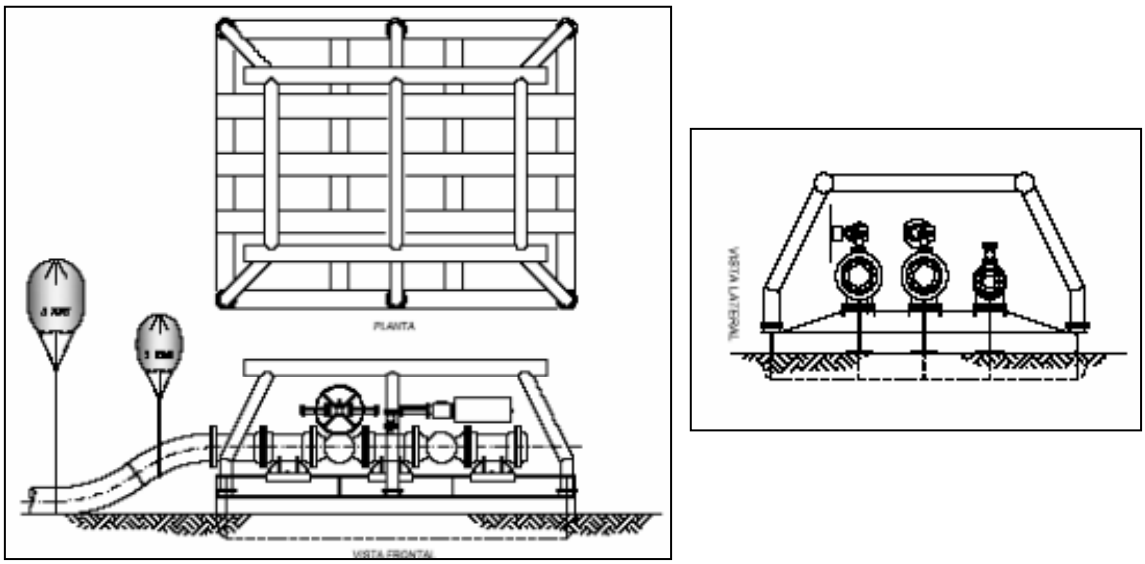


FIGURA 4 – PROCESSO DE LIGAÇÃO DO PIPELINE À PLEM

OS PIPELINES

Foram utilizados três diferentes pipelines para o transporte dos produtos desde os navios até aos depósitos em terra.

Linha	Ø - diâmetro	produtos
Pipeline 1	14”	Diesel / gasolinas
Pipeline 2	14”	Fuel óleo
Pipeline 3	8”	GPL

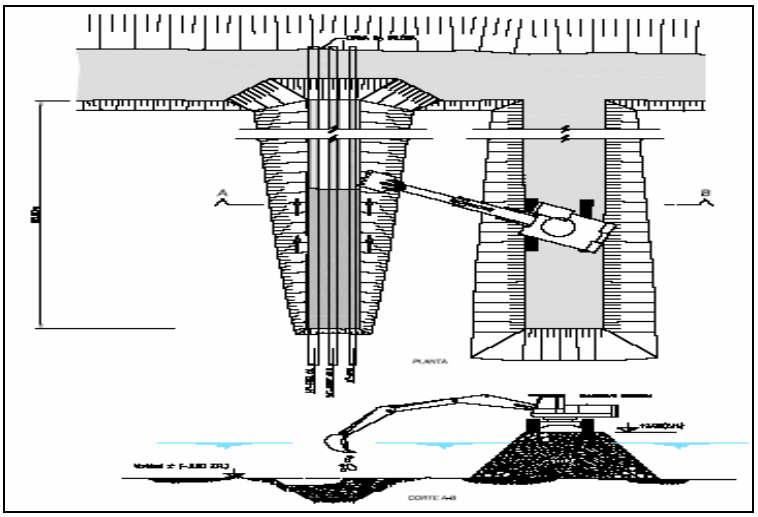
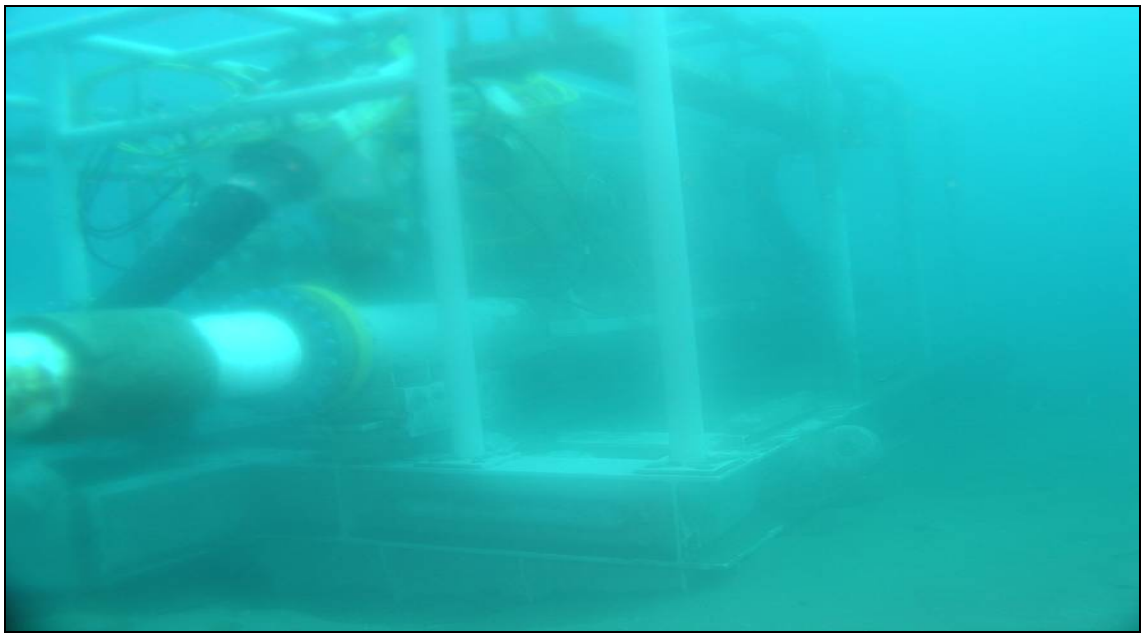


FIGURA 5– ATERRO DA VALA DE INSTALAÇÃO DA TUBAGEM

À saída da linha de água, e na falésia, os tubos continuaram assentes em vala – na falésia sobre estabilizadores em betão armado, até à plataforma da "Landing área", onde foram assentes nos tradicionais "Sleepers".

Na curva de transição do troço marítimo com a falésia , foi construído um maciço em betão simples cobrindo os três tubos, (12 m3 de betão da classe C30/35) como consolidação do sistema e reduzindo as sensibilidades nesse ponto.

FOTOGRAFIA 4 – TUBAGEM NA ZONA DE INTERFACE



FOTOGRAFIA 5 - LIGAÇÃO DO PIPELINE À PLEM

2 - Molhe Norte da Baía da Praia da Vitória

O quebra-mar de taludes sobre o qual recai o teor desta comunicação situa-se na Terceira, Arquipélago dos Açores e constitui o elemento de protecção na zona norte da Baía da Cidade de Praia da Vitória. No decorrer deste trabalho, denominaremos o quebra-mar de Molhe Norte da Baía da Praia da Vitória.

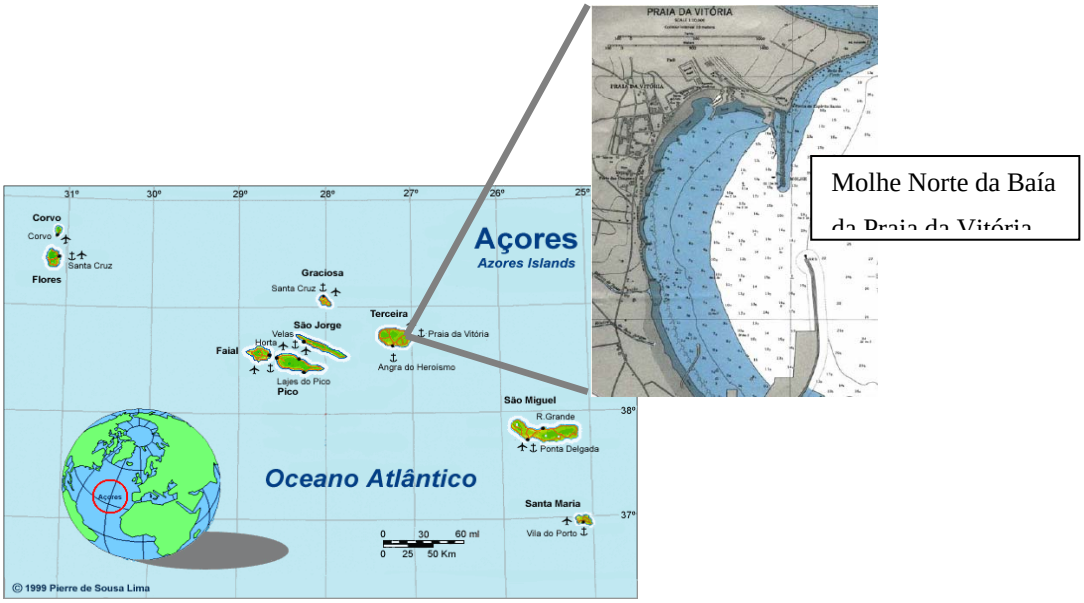


FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DO MOLHE NORTE DA BAÍA DA PRAIA DA VITÓRIA, ILHA TERCEIRA.

2.1 Resenha histórica do Molhe

O Molhe Norte da Baía da Praia da Vitória, foi construído em 1961 – 1963 como elemento de protecção ao cais de combustíveis e lubrificantes da Praia da Vitória, construído no mesmo período, para apoio às actividades das Forças Armadas Americanas (U.S. Navy) estacionadas nas Lajes, Ilha Terceira, Açores.

A construção deste molhe envolveu a utilização de 500.000 m3 de enrocamento com dimensão variável entre 5 e 30 tons, que formavam a secção trapezoidal do mesmo numa extensão de 650 m. O manto resistente do quebra-mar era composto por Tetrapodos de 15 toneladas colocados em duas camadas.

FOTOGRAFIA 6 E 7 –CONSTRUÇÃO DO NÚCLEO E FILTRO DO MOLHE NORTE DA BAÍA A PRAIA DA VITÓRIA.

Como é normal em obras desta natureza, o Molhe foi sujeito a obras de reparação e manutenção desde a sua construção, tendo em 1982 a SETH, SA efectuado obras de reforço do manto resistente composto por Tetrapodos de 15 toneladas colocados em duas camadas.

FOTOGRAFIA 8 E 9 – GALGAMENTO DO MOLHE DURANTE O TEMPORAL OCORRIDO EM 26 DE DEZEMBRO DE 1962 E FOTOGRAFIA AÉREA DO QUEBRA-MAR APÓS OBRA DE RECARGA DO MANTO RESISTENTE.

Em Dezembro 2001, na sequência do temporal que assolou a ilha Terceira durante cinco dias consecutivos, verificou-se o colapso do Molhe Norte numa extensão de 120 metros bem como danos consideráveis nas outras áreas do Molhe. Este temporal foi também responsável pela destruição do Molhe Sul da Praia da Vitória. Na sequência deste temporal o terminal de combustíveis que se encontra no tardoz do Molhe ficou exposto às intempéries o que conduziu a que fosse implementado um plano de emergência para reforço da protecção oferecida pelo Molhe. A intervenção de emergência teve duração aproximada de oito semanas e compreendeu a escavação dos materiais existentes na área onde tinha ocorrido o colapso da estrutura, a colocação de enrocamento seleccionado com

granulometria compreendida entre 5 e 9 tons e a pré-fabricação de 415 Antifers de 20tons que foram aplicadas no manto resistente do Molhe.

Ainda que a intervenção de emergência tenha cumprido integralmente a sua função, em 2003 teve inicio a nova fase de reconstrução do Molhe, onde o manto resistente constituído por Antifers foi substituído por um manto resistente composto por Core-locs de 34 tons. Para o efeito foram pré-fabricados 272 Core-locs sendo estes os maiores fabricados até então. A esta fase seguiu-se a fase de reconstrução total do Molhe a qual está sendo realizada actualmente e será descrita nesta comunicação.

FOTOGRAFIA 10 E 11 – SEGUNDA FASE DA RECONSTRUÇÃO DO MOLHE NORTE DA BAÍA DA PRAIA DA VITÓRIA.

2.2 Descrição da obra

Na sequência do temporal de 2001, que conduziu à destruição dos Molhes da Baía de Praia da Vitória, teve início o estudo para reconstrução do Molhe Norte, cujo perfil tipo da estrutura resistente adoptado pode ser subdividido em:

- núcleo de secção trapezoidal constituído por enrocamento seleccionado (2,5t a 5t) e TOT (**T**odo **o** **T**amanho);
- camada filtro de enrocamento seleccionado (2,5 t a 5 t). Os taludes exterior interior e apresentarão as inclinações de 1.3:1 (H:V) e 1,5:1 (H:V) respectivamente.
- manto resistente constituído por oito fiadas de Core-locs com 33 t/unidade aplicados numa só camada fundada em banqueta à cota +1,00.
- berma resistente, constituída por enrocamento seleccionado com granulometria compreendida entre 5 e 20t.

No total prevê-se que para a conclusão da obra sejam consumidos:

- 90.000t de TOT (enrocamento Todo O Tamanho);
- 110.000t de enrocamento seleccionado de 2,5 a 5t;
- 130.000t de enrocamento seleccionado de 5 a 20t;
- 72.000t de enrocamento seleccionado de 10 a 20t;
- 12.700m3 de betão na pré-fabricação de Core-locs.

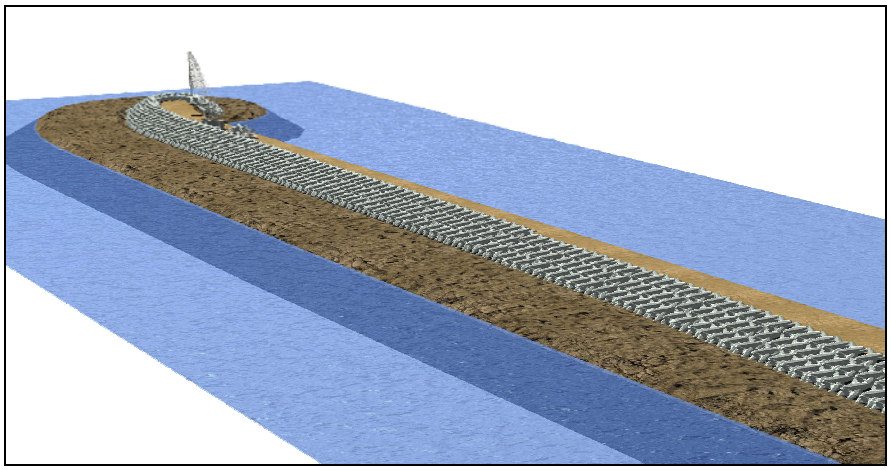


FIGURA 11 – ESQUEMA TRIDIMENSIONAL DA CONSTRUÇÃO DO MOLHE NORTE DA BAÍA DA PRAIA DA VITÓRIA

2.3 Descrição da Berma Resistente

A berma resistente a construir no contorno do Molhe apresenta uma secção trapezoidal cujo coroamento se estabelece à cota +3,00m. No seu desenvolvimento, a Berma encontra-se dividida em duas área distintas. A primeira será constituída por enrocamento seleccionado do tipo A1 (5 a 20 t) e desenvolver-se-á desde a raiz do Molhe até à cabeça do mesmo com largura variável entre 10 e 30 metros. A segunda área será constituída por enrocamento seleccionado do tipo A2 (10 a 20 t) e desenvolver-se-á em torno da cabeça do Molhe com largura constante de 30m a partir de fundos existentes (≈-12,00m).

Sendo a berma resistente constituída apenas por enrocamento, em que o imbricamento tem um papel pouco importante, a estabilidade dos elementos depende quase exclusivamente do seu peso próprio, sendo por isso o controlo de todos os processos físicos ou químicos que conduzem à sua redução muito importantes. De modo a garantir a estabilidade da estrutura durante o maior período de tempo possível, os parâmetros de qualidade exigidos para o enrocamento a aplicar em obra são muito elevados. A dificuldade de encontrar na Ilha Terceira pedreiras que permitissem o fornecimento de enrocamento do tipo A1 e A2 que verificasse os critérios de qualidade e a quantidade exigidos, o fornecimento de enrocamento do tipo A1 no primeiro ano de obra (2004/2005) foi garantido pela pedreira "STEMA" localizada na Noruega. O enrocamento fornecido (Sienito Labradorítico) foi transportado da Noruega até à Ilha Terceira através de duas barcaças de grande capacidade de carga (20.000 t).

FOTOGRAFIA 12 E 13: "LARVIK ROCK" UMA DAS BARCAÇAS UTILIZADA PARA TRANSPORTAR O ENROCAMENTO DO TIPO A1 DA NORUEGA ATÉ À ILHA TERCEIRA (CAPACIDADE DE 20.000T). BERMA COM 20 METROS DE LARGURA CONSTITUÍDA POR ENROCAMENTO SELECCIONADO DO TIPO A1 (5 A 20T) PROVENIENTE DA NORUEGA.

Face às dificuldades inerentes ao transporte marítimo, o qual se encontra muito dependente das condições meteorológicas o que implica muitas vezes atrasos no transporte e períodos de inactividade, conduziu a que se procura-se satisfazer parte das necessidades da obra através de pedreiras locais. Para o efeito, teve inicio em Janeiro de 2005 o processo de pré-qualificação de duas pedreiras locais designadas por Açorbuild e Tecnovia para o fornecimento de enrocamento do tipo A1 (5 a 20t). O processo de pré-qualificação das pedreiras teve como objectivo o conhecimento da natureza geológica, as propriedades físicas, químicas e mecânicas das pedras, tendo sido para o efeito realizados diversos ensaios laboratoriais e estudos geológico/geotécnicos.

Na impossibilidade do cumprimento de todos os critérios de qualidade referidos no projecto, em particular os referentes ao peso especifico e absorção, estes foram alterados de modo a que a qualidade da pedra continuasse a ser assegurada permitindo no entanto que pedreiras locais fossem aprovadas para o fornecimento de enrocamento do tipo A1.

2.4 Equipamento Construtivo Envolvido na Execução da Obra e Processos Construtivos Adoptados

Os regimes de ondulação e de ventos que se fazem sentir no local de obra, conduziram a que fossem colocadas de parte possíveis soluções construtivas que exigissem recurso a equipamento flutuante tendo sido adoptadas soluções que se fundamentassem em equipamento avançando de terra.

Para a execução da obra foram deslocados para o local:

- Grua Link-Belt com 250 tons de capacidade;
- 2 Pás Carregadoras de rodas de 25 tons de capacidade de carga;
- Escavadoras Hidráulicas de rastos de grande capacidade;
- 8 Camiões para transporte de enrocamento do tipo A1 e A2;
- 6 Camiões para transporte de enrocamento seleccionado de 2,5 a 5 tons, TOT.
- 2 Semi-reboques de 35 tons de capacidade de carga, para transporte de core-locs.

Na execução do núcleo, taludes e manto resistente do quebra-mar foram adoptados os processos construtivos tradicionais com utilização de equipamento terrestre disponível em obra. A definição da cota da Plataforma Inicial de Trabalho para execução destas actividades foi estabelecida pela equipa de projecto tendo esta sido fixada à cota +7.0 m (ZH).

Para a construção da Berma Resistente uma vez que não se previa a utilização de equipamento flutuante e que a grua disponível em obra (Link Belt 250t) não permitia a execução da Berma a partir da plataforma de trabalho utilizada para a execução do núcleo, talude e manto resistente do quebra-mar, tiveram de ser criados novos acessos à área de trabalho. Foram estudadas diversas soluções que passavam por diversos processos construtivos e cotas da plataforma de trabalho. A solução a adoptar teria de:

- Permitir a fácil e rápida retirada do equipamento afecto aos trabalhos no caso de alteração das condições climatéricas, de modo a garantir que equipamento e pessoal estariam em segurança;
- Garantir que no final da construção da Berma Resistente, esta não se encontraria contaminada com materiais fora das especificações (enrocamento de pequena dimensão) que comprometesse o funcionamento da berma através da redução do índice de vazios;

- Permitir que os períodos de inoperacionalidade resultantes do regime e ondulação local fossem reduzidos e ser economicamente viável.

A escolha da solução a adoptar requeria um conhecimento bastante aproximado do regime de ondulação local que permitisse prever a probabilidade de ocorrência de ondas que danificassem a obra ou os elementos de apoio à obra (plataformas de trabalho) durante o período de construção. Tratando-se de uma obra bastante extensa, a probabilidade de ocorrência de ondas de maior altura é elevada, consequentemente, os riscos e danos importantes associados também, pelo que, a solução construtiva adoptada deveria ser adequada para enfrentar esse danos.

2.4.1 Possíveis Soluções Construtivas para execução da Berma

Apresentam-se aqui alguns dos possíveis processos construtivos para a construção da Berma Resistente e as razões que impediram a sua utilização:

1. A primeira solução estudada passava pela execução de Berma à cota +3,00ZH e utilização de bases de madeira ou metal que permitissem a circulação da grua sobre elas.

   Esta solução apresentava a vantagem de não contaminar a berma e ser bastante económica, no entanto:

   a. O facto da plataforma de trabalho se situar à cota +3,00ZH conduzia a que os períodos de inoperacionalidade causados pela agitação marítima comprometessem a execução da obra de acordo com o planeamento.

   b. A movimentação das bases para a movimentação da grua implicavam um grande consumo de tempo que poderia comprometer a segurança do equipamento e pessoal afecto à obra em caso de alteração das condições de agitação marítima.

2. A segunda solução estudada passava pela execução de uma plataforma de trabalho à cota +4,00ZH constituída por TOT aplicado sobre uma manta geotextil de elevada densidade.

   A solução permitia a fácil movimentação da grua em caso de alteração das condições de agitação marítima, no entanto:

   a. As cargas a que ficaria sujeita a manta geotextil não garantia que, aquando da remoção da plataforma de trabalho, esta ainda permitisse a remoção de todos os materiais.

   b. Esta solução conduzia a algumas preocupações relacionadas com a segurança dos trabalhadores aquando a remoção da manta geotextil;

   c. A cota da plataforma de trabalho condicionava a continuidade dos trabalhos durante os períodos com ondas de pequena altura.

3. A solução adoptada passou pela execução de uma plataforma de trabalho sobre a Berma Resistente com cota a variar entre +4,5m (ZH) e +5,0m (ZH) constituída por enrocamento A1 (5 a 20t), enrocamento (2,5 a 5t), TOT e detritos. Os materiais são aplicados em camadas de forma suficientemente compacta para que o enrocamento de granulometria mais reduzida não passe pela camada seguinte de material com granulometria maior. Esta solução:

   a. permite garantir que a berma, aquando da remoção da plataforma de trabalho não se encontra contaminada com materiais fora das especificações;

   b. reduz os períodos de inoperacionalidade causados pela agitação marítima;

c. permite a rápida retirada de pessoal e equipamento da plataforma de trabalho garantindo desta forma a segurança na obra;

Como esta plataforma não é executada de uma só vez, ou seja como a Berma resistente é construída por trechos, os materiais aplicados são reutilizados na plataforma seguinte reduzindo desta foram os custos associados ao enrocamento utilizado. Nos trabalhos realizados durante o Inverno esta solução construtiva é alterada. Ao invés de se utilizar uma plataforma de trabalho sobre a Berma são construídos pequenos esporões à cota +7,00 (ZH) de modo a permitir uma retirada mais rápida do equipamento e aumentar a protecção da plataforma de trabalho.

FIGURA 12- PLATAFORMA DE TRABALHO PARA CONSTRUÇÃO DA BERMA RESISTENTE.

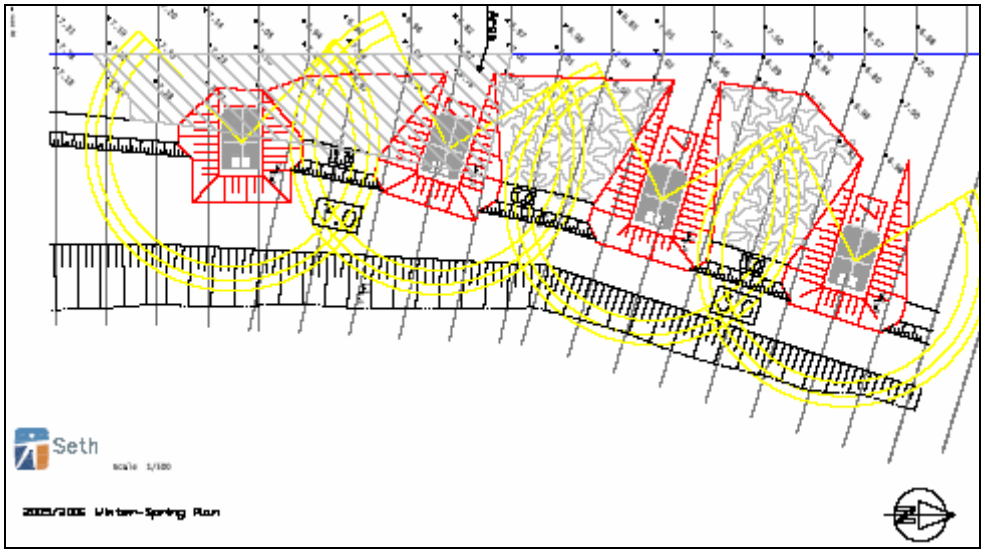


FIGURA 13 - ESPORÕES PARA CONSTRUÇÃO DA BERMA RESISTENTE .

2.5 Controlo e Posicionamento Topo-batimétrico

O apoio topográfico e batimétrico, no caso das obras marítimas, é uma actividade indispensável em qualquer trabalho de construção, em particular em obras de grande dimensão. Na construção do Molhe Norte da Baía da Praia da Vitória a actividade de controlo e posicionamento topo-batimétrico pode ser subdividido em duas fases:

- **Determinação das condições Topo-Batimétricas iniciais e finais** – São realizados levantamentos gerais onde são utilizados:
  - Batimetria – sonda acústica de feixe simples com posicionamento DGPS;
  - Topografia - sistema GPS-RTK (Real Time Kinematic).

Este tipo de levantamento foi realizado antes do inicio dos trabalhos de construção em 2004, e antes do inicio das actividades do período de Verão. Neste tipo de levantamento é realizada também uma prospecção aos fundos na envolvente da obra de modo a permitir analisar a evolução dos fundos durante e após a obra.

O segundo levantamento geral (Abril 2005) permitiu determinar a quantidade de material que fora arrastada na consequência do Temporal que teve lugar a 26 e 27 de Fevereiro na zona onde não tinham ainda sido realizados trabalhos de reconstrução do Molhe.

- **Controlo Topo-batimétrico durante a execução da obra** - Durante a execução da obra o apoio topográfico é utilizado diariamente. O controlo da construção é subdividido em duas partes especificas:
  - Controlo topo-batimétrico dos taludes do corpo do quebra-mar e da Berma Resistente:
    - controlo topográfico – realizado com recurso a uma moderna estação total sendo utilizado o sistema de feixe de infravermelhos e de lazer;
    - controlo batimétrico – é realizado através da sondagem por mergulho.
  - Colocação de Core-locs - Cada Core-loc (bloco artificial de betão) é colocado com apoio topográfico nas coordenadas previamente determinadas, em grelha própria, e de acordo com a densidade de colocação projectada.

    A determinação das coordenadas foi inicialmente realizada utilizando o sistema GPS-RTK, no entanto, devido a problemas relacionados com a perda de sinal na base do talude, continuou-se a aplicação dos Core-locs utilizando uma Estação Total com feixe laser.

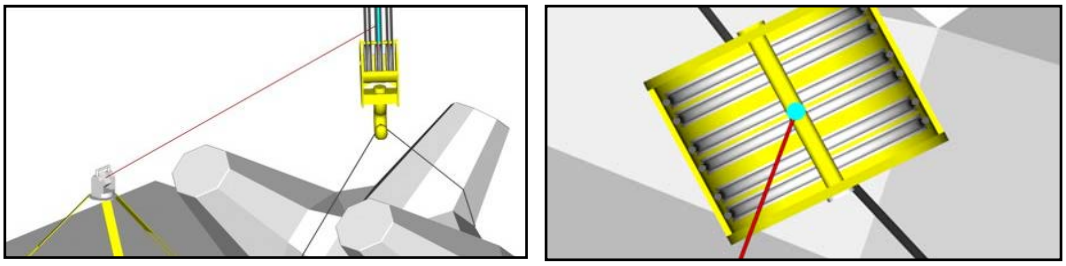


FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA COLOCAÇÃO DOS CORE-LOCS.

Agradecimentos

Os autores agradecem a ajuda prestada pelo Eng.º Villy Petersen; Sr. Inácio Beirão e Sr. José Velez na recolha de imagens, e aos Srs. João Freilão, Telmo Alves e Carlos Gonçalves na produção de esquemas.

Os autores agradecem ainda à CLCM-Companhia Logística de Combustíveis da Madeira e à Direcção de Projecto da Petrogal a colaboração prestada na autorização para a utilização de imagens e esquemas relacionados com a obra.

Bibliografia

Alves, I. B. & Nunes, S. O. (2005). "Fornecimento de "Armour Stone" pela Pedreira N.º147/RN Denominada de Ponta Delgada para o Molhe Norte da Baía da Praia da Vitoria". SETH, SA # Açorbuild, Lda, Praia da Vitória, Portugal.

Alves, I. B. (2005). "Stone Materials Control – Terceira Quarries". SETH, SA, Praia da Vitória, Portugal.

Eversen, J. (2005). "Emergency Repair to Breakwater, Lajes Field, Azores, Phase II". Naval Facilities Engineering Command, Atlantic Division, Project Specifications Rev. TranSystem Corporation, Virginia, E.U.A..

Bluewater – (2003) CMB – Conventional Mooring Buoy Specifications for CLCM – Caniçal Marine Terminal .

Shell Global Solutions (2003) - BDEP'S for CLCM - Caniçal Marine Terminal Project.