



CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA RO-RO E DO QUEBRAMAR DESTACADO DO PORTO INGLÊS, ILHA DO MAIO – CABO VERDE

Vanessa Aleixo; David Pereira

Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos S.A. vanessa.aleixo@seth.pt;
Teixeira Duarte Engenharia e Construções S.A. dfp@teixeiraduarte.com

Resumo

A presente comunicação visa apresentar os trabalhos de construção do quebramar destacado e da plataforma Ro-Ro do Porto Inglês, realizados na ilha do Maio – Cabo Verde, no âmbito da empreitada “*Expansão e Modernização do Porto Inglês*”, que decorreu entre 2019 e 2023. Até então, a ilha do Maio era a única do arquipélago que não estava equipada com infraestruturas que permitissem a receção de navios do tipo Roll-on Roll-off e, o cais existente, construído em mar aberto, encontrava-se exposto à forte agitação marítima que se verifica em determinadas alturas do ano, o que dificultava a atracação de embarcações de pequeno porte.

Neste artigo serão apresentados os principais condicionamentos observados, as principais tecnologias de construção utilizadas na execução das rampas Ro-Ro, o processo construtivo do quebramar, que envolveu a fabricação e instalação de blocos de betão do tipo accropode™, como elemento de reforço das cabeças, os respetivos processos de controlo e qualidade, bem como as principais dificuldades e soluções adotadas ao longo da empreitada.

Introdução

A empreitada “*Expansão e Modernização do Porto Inglês*” realizou-se na ilha do Maio, no Arquipélago de Cabo Verde. A empreitada incluiu a reabilitação integral do tabuleiro da ponte-cais existente, a construção da plataforma Ro-Ro, um quebramar destacado, a reabilitação da plataforma logística do porto, com a duplicação da sua área inicial, e ainda, a construção da estrada de acesso que promove a ligação da vila ao porto.

A plataforma Ro-Ro materializa-se por um tabuleiro em betão armado fundado em estacas de betão armado com tubo metálico perdido, sendo dotada de duas rampas. De forma a assegurar uma melhoria nas condições de operacionalidade do porto e, em particular, conferir proteção às operações de acostagem na ponte-cais (lado nascente) e nas rampas Ro-Ro, relativamente às ondas de fundo (*swell*) provenientes do Sul, foi construído um quebramar destacado.

Principais Condicionamentos

Cenário Geológico-Geotécnico

O estudo geológico-geotécnico desenvolvido teve por base 23 furos de sondagens com realização de ensaios SPT. A campanha de prospeção identificou a presença de uma camada superficial de aterros ($8 < N_{SPT} \leq 27$), uma camada heterogénea de areias ($8 \leq N_{SPT} \leq 60$), uma camada mais profunda de cascalheiras ($N_{SPT} \geq 60$) e por fim, um substrato rochoso de basaltos.

Níveis de referência e Agitação Marítima

O conhecimento das condições de mar locais assumiu particular relevância na conceção das estruturas e plataformas de apoio à execução dos trabalhos. A zona da intervenção é



caracterizada pelos seguintes níveis de referência:

Preia mar excepcional +1,90m (ZH);
Preia mar máxima +1,60m (ZH);
Preia mar marés vivas +1,30m (ZH);
Baixa mar 0,00m (ZH).

A área de implantação do porto está orientada para sudeste, ficando relativamente abrigada dos ventos e da ondulação predominante (Norte/Nordeste) porém, encontra-se exposta a ondas de fundo (*swell*) provenientes do Sul, que têm origem no hemisfério Sul e cujo período de pico ocorre nos meses de Julho a Setembro, provocando uma forte rebentação na zona próxima de terra.

Estudos Desenvolvidos

No âmbito do projeto foram desenvolvidos pelo LNEC ensaios em modelo físico reduzido 3D, assim como simulações numéricas 2D (modelo RansVof 2D), que permitiram a análise global do funcionamento hidráulico de todas as estruturas, validando o seu dimensionamento.

Plataforma Ro-Ro

Solução de projeto

A solução base para as fundações da plataforma Ro-Ro, consistiu em estacas em betão armado Ø900mm, com tubo metálico perdido e, armadas em todo o seu comprimento. No que se refere à localização da ponta das estacas, o projeto definiu inicialmente um encastramento mínimo de 3Ø na camada C3, no entanto, durante os trabalhos de furação verificou-se que esta camada se tratava de um estrato muito heterogéneo, caracterizado por intercalações de argila, areia e siltes argilosos, com calhaus relativamente dispersos. Face ao exposto, foi necessário ajustar os critérios de paragem em função dos vários cenários, como indicado seguidamente:

- O encastramento (3Ø) não se podia localizar na camada de argila;
- Foi necessário garantir um encastramento mínimo de 3m na camada de siltes argilosos (ou material de características geotécnicas superiores);
- Não ocorrendo a camada de siltes argilosos (ou material de características geotécnicas superiores) subjacente à camada de matriz argilosa, a furação deveria atingir a camada C4 (classe de fracturação W4-5 ou superior), devendo neste caso assegurar-se um encastramento mínimo de 2m / 3m (alinhamento central da rampa menor).

No que se refere ao tabuleiro da plataforma Ro-Ro, a estrutura apresenta 120m de comprimento e 40m de largura e divide-se em 3 corpos independentes. A sua configuração estrutural é do tipo porticada, com vigas longitudinais ao longo da principal direção de propagação das ondas. Sobre as vigas longitudinais assentam pré-lajes, revestidas por uma lâmina de compressão de 20cm de espessura.

Execução

Atendendo às condições de agitação locais, às exigências de posicionamento horizontal e de verticalidade das estacas, assim como, à necessidade de escoramento durante os primeiros dias de cura, foram utilizadas 3 estruturas de guiamento metálicas, com rigidez adequada à garantia de posicionamento das novas estacas e com capacidade de carga de 1kN/m². Face à natureza do terreno e, em particular, à interseção de blocos na camada de fundação, procedeu-se ao reforço do pé das estacas (*pile-shoe*), evitando dessa forma eventuais danos nos tubos durante o processo de cravação (Tomlinson, M. J., 1994) e, a conseqüente dificuldade na execução da furação. Os tubos foram posicionados com o auxílio de cintas de elevação e, o processo de cravação foi realizado com martelo vibrador (PTC 65HD), com momento excêntrico de 65 Kg.m.



Após atingida a profundidade máxima de cravação permitida pelo terreno, deu-se início ao processo de furação à rotação com vara Kelly (limpeza do interior do tubo), com recurso ao equipamento Fly-Drill (BAUER BFD 1500) posicionado sobre o tubo metálico através da grua de rastos. A reação para a perfuração (rotação e penetração) é conferida pelo tubo metálico previamente cravado, através do aperto dos macacos hidráulicos (maxilas) existentes nas guias laterais para apoio do Fly-Drill. Para execução da betonagem das estacas, utilizou-se uma bomba estacionária de betão (Putzmeister BSA 1409) com linha de betonagem e tubo “trémie”.

No caso particular dos nós de ligação entre os escudetes e vigas localizados na extremidade de ambas as rampas, foi necessário construir estruturas provisórias que permitissem a realização dos trabalhos a seco. A solução implementada consistiu na utilização de ensecadeiras pré-fabricadas em betão armado, com capacidade resistente para suportar os esforços resultantes da agitação marítima. Adicionalmente, a necessidade de se proceder ao ensaio de todas as estacas, a limitação do alcance do equipamento de elevação utilizado, bem como a compatibilização da retirada do equipamento sobre a estrutura, implicaram que os trabalhos de conclusão da rampa maior fossem executados com o apoio da grua de rastos localizada sobre a ponte-cais, adjacente à plataforma das rampas.

Controlo de qualidade

No processo de construção da plataforma Ro-Ro foram validados: o posicionamento horizontal e verticalidade das estacas, a sua integridade (Ensaio sónicos e cross-hole) e ainda, a resistência à compressão do betão (2, 7 e 28 dias). A avaliação da resistência do betão foi particularmente relevante no desenvolvimento dos trabalhos, sobretudo, na utilização das estacas como elemento de suporte das guias de cravação, bem como, no avanço das plataformas de suporte da grua.

Quebramar destacado

Solução de projeto

O quebramar destacado dista 190m da linha de costa, apresenta um comprimento de 145m, o coroamento localiza-se à cota +4,90m (ZH), e os fundos a cotas variáveis, entre -5,00m (ZH) na extremidade norte e -12,00m (ZH) na extremidade sul. As cabeças apresentam uma inclinação de 4(H):3(V) e são reforçadas por uma camada de accropodes™ tipo II com 6,0 m³ apoiados num pé de enrocamento (cabeça sul) e blocos prismáticos de betão com 6,2 m³ (cabeça norte). O tronco do quebramar tem uma inclinação de 3(H):2(V), é constituído por um núcleo em TOT com uma largura de 6,0m à cota +1,70m (ZH), sendo protegido por filtros e mantos de enrocamento de gama variável.

Fabricação dos blocos Accropode™

O processo de pré-fabricação dos accropodes foi desenvolvido em conformidade com as normativas em vigor e, obedeceu a um conjunto de medidas de controlo rigorosas, conforme recomendação da CLI - Concrete Layer Innovations, a entidade detentora da patente destes blocos. A validação dos blocos fabricados foi efetuada *in-situ* por um técnico da CLI, que promoveu ainda a formação da equipa responsável pela colocação das peças.

Execução

O quebramar destacado foi construído via terrestre, por meio de um acesso em TOT, construído para o efeito, que permitiu assegurar a ligação do tronco do quebramar a terra. O plano de trabalhos inicialmente definido para a construção do quebramar foi adaptado em função das condições de agitação marítimas registadas (CIRIA, CUR, CETMEF (2007)), sobretudo, durante os meses de setembro a outubro. Foram priorizadas atividades que não envolvessem riscos para



os trabalhadores, e que não fossem afetadas pela forte agitação marítima. De igual modo, previamente à ocorrência de situações adversas, procedeu-se à proteção de zonas expostas (sem manto resistente), através da colocação de enrocamento provisório, mitigando a ocorrência de deslizamentos e/ou perda de material. A execução dos taludes foi realizada com recurso a duas escavadoras de 50 e 80ton. Para execução das bermas, face à distância do centro de rotação, o enrocamento foi colocado com o apoio de uma grua de 150ton e auxílio de um balde de conchas de 6 dentes (bi-cabo). Para colocação dos enrocamentos de maior dimensão (60-90kN), nas cotas mais baixas, utilizou-se um balde de rocha de 4 garras bi-cabo (20ton).

Utilizou-se ainda um sistema específico para a colocação dos blocos accropode (cabo de aço com gancho de engate rápido) que permitiu a colocação das peças de um modo expedito e em segurança. Apesar de não ter coincidido com a época de pico da ondulação de sul, salienta-se que a colocação dos blocos foi dificultada pontualmente por situações de fortes correntes em profundidade e de perda de visibilidade.

Controlo de qualidade

O processo de controlo de qualidade da construção do quebramar incluiu a monitorização periódica da qualidade e dimensão do enrocamento, bem como, a monitorização topográfica da estrutura.

Conclusões

Na escolha do método construtivo para execução de estacas é fundamental ter em consideração o contexto local e, sobretudo, assegurar que este apresenta a flexibilidade necessária para fazer face às imprevisibilidades, sobretudo geotécnicas. A implementação de medidas preventivas é fundamental no controlo/minimização de eventuais danos durante a construção de estruturas marítimas, sobretudo, durante períodos de condições adversas. Na Figura 3 apresentam-se imagens ilustrativas dos trabalhos de construção da plataforma Ro-Ro e do quebramar destacado.

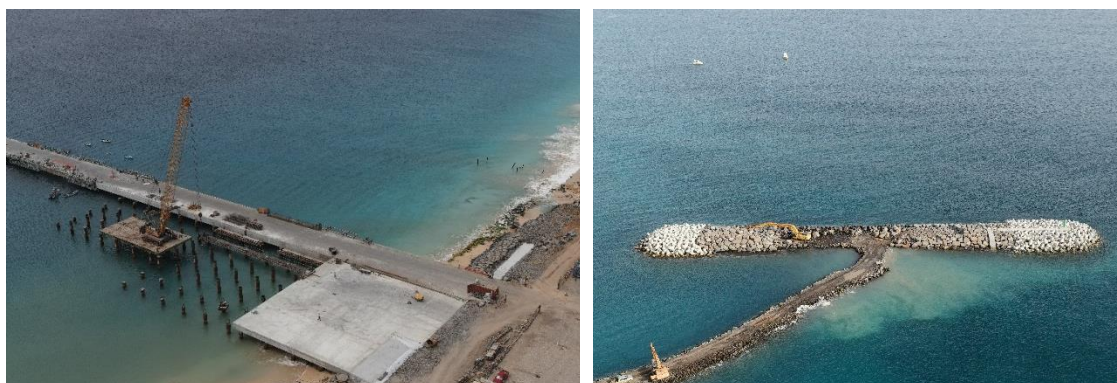


Figura 1. Trabalhos de construção da plataforma Ro-Ro (esquerda) e do quebramar (direita)

Referências Bibliográficas

- CIRIA, CUR, CETMEF (2007). "The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering" (2nd edition). C683, CIRIA, London.
- Tomlinson, M. J." Pile design and construction practice", Fourth Edition, E & FN Spon, London, 1994.