



## DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO PORTO E BAÍA DO NAMIBE, ANGOLA - PROJETO

Carlos Abecasis; Pedro Martins; Luís Esteves  
Consulmar – Projectista e Consultores, Lda.

[c.abecasis@consulmar.pt](mailto:c.abecasis@consulmar.pt), [pedro.m@consulmar.pt](mailto:pedro.m@consulmar.pt), [luis.esteves@consulmar.pt](mailto:luis.esteves@consulmar.pt).

### Resumo

O Projecto de desenvolvimento Integrado da Baía do Namibe é um projecto de vital importância para a província do Namibe e para a região sul de Angola. Integra duas componentes portuárias: a reabilitação do porto mineiro (Sacomar), no norte da baía, e a extensão do actual porto comercial, a sul, com a construção de um novo terminal de contentores. É aqui abordado, essencialmente, o projecto do novo terminal de contentores.

### Introdução

O Projecto foi financiado pelo Governo japonês, e executado por um consórcio da Toyota Tsusho Corporation e TOA Corporation. A CONSULMAR foi contratada para elaborar os projectos e fazer o acompanhamento da obra, mantendo uma presença permanente no estaleiro.

A reabilitação do porto mineiro envolveu a construção de uma nova ponte-cais, com 550 m de comprimento e 18 m de largura, para servir navios até 250 000 DWT, com comprimento de 330 m e 18 m de calado. O projecto incluiu ainda três edifícios de apoio à actividade portuária.

O novo terminal de contentores desenvolve-se no prolongamento do cais e terraplino existentes, construídos na década de 50, e compreende 330 m de cais em estacas, para servir navios com comprimentos até 275 m e com 12.7 m de calado. A obra envolve ainda um terraplino com uma área de cerca de 60 000 m<sup>2</sup>, e um conjunto de edifícios administrativos, sociais e técnicos.

### Condições locais

O Porto do Namibe é um porto natural que aproveita a protecção proporcionada pela baía em forma de concha; a baía tem cerca de 8 km de comprimento (sentido N-S) e 5 km de largura; no seu centro desagua o Rio Bero, em cujo enfiamento se desenvolve um canhão submerso com profundidade máxima superior a 300 m. Os dois polos portuários situam-se nos extremos mais abrigados da baía: a sul o porto comercial, e a norte o porto mineiro. O novo terminal de contentores desenvolve-se no prolongamento do cais comercial antigo, construído no início dos anos 1950, na zona mais abrigada da agitação dominante, de SW.

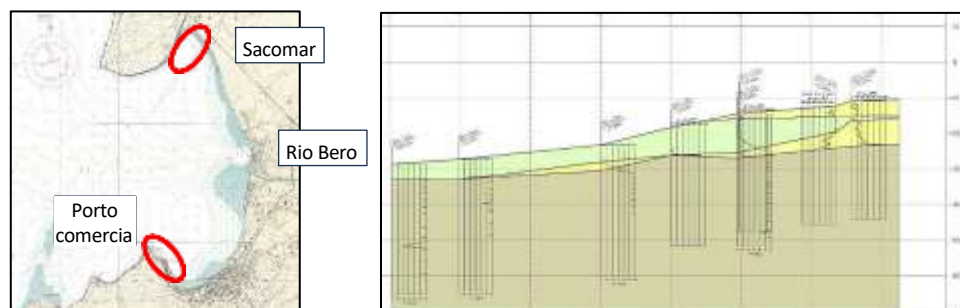


Figura 1. Baía e Porto do Namibe; perfil geotécnico no alinhamento do novo cais.

Ao longo do alinhamento do novo cais os fundos naturais caem acentuadamente, desde -11 ZH até cerca de -30 ZH. O reconhecimento geotécnico realizado permitiu identificar dois horizontes geotécnicos principais: uma camada superficial de siltes, com espessura, sob o cais, variando entre 5 e 15 m (junto ao cais antigo), com valores  $N_{SPT}$  próximos de zero (os ensaios CPT

confirmaram tratar-se de uma camada constituída por alternância de argila, silte e areia com baixa resistência ao corte não drenado; e um estrato inferior competente, constituído por areias finas não cimentadas com valores de  $N_{SPT} \geq 50$  (maioria com  $N_{SPT} > 100$ ).

### Breve descrição da estrutura

O projecto foi desenvolvido em estreita colaboração com o Empreiteiro, sendo adaptado ao seu equipamento e métodos de execução preferenciais, e tendo em conta os condicionamentos locais quanto à disponibilidade e qualidade dos materiais, bem como os constrangimentos relativos à importação e mobilização de materiais e equipamentos.

Para a obra principal do terminal – o cais – foi adoptada uma estrutura em estacas metálicas, sobreposta por plataforma em betão armado, com aterro no tardoiz contido por prismas de enrocamento. A opção por este tipo de estrutura foi ditada, por um lado, pela grande profundidade no local, e, por outro, pela preferência / experiência do empreiteiro (uma estrutura em caixotões, por exemplo, implicaria um volume de enrocamento bastante superior, ou a caixotões com altura incompatível com os possíveis locais para a sua fabricação; soluções em estacas prancha não são viáveis para estas profundidades).

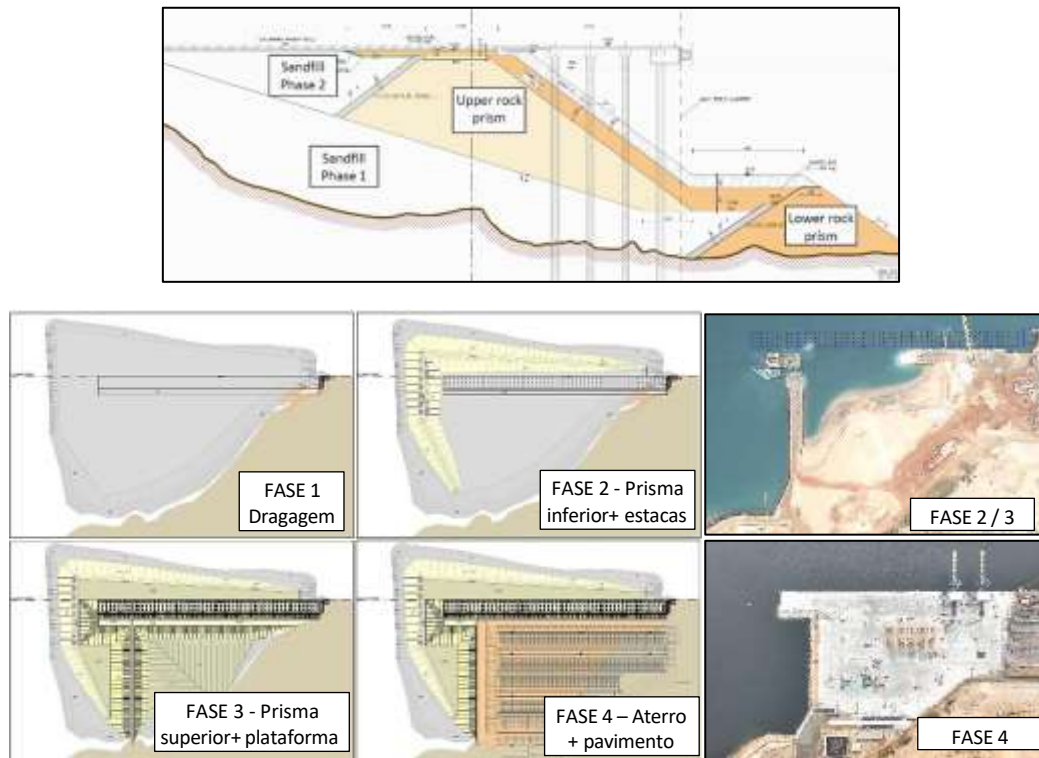


Figura 2. Perfil-tipo do cais e faseamento da construção.

A solução em estacas implica, porém, vários desafios, incluindo a reduzida altura disponível entre o coroamento do cais (à cota +3.5 ZH, ditada pela continuidade com o cais existente) e os níveis de maré (amplitude próxima de 2 m, entre o ZH e +2 ZH), que condiciona a altura das vigas de betão (especialmente nas zonas particulares referidas abaixo), para evitar a betonagem submersa, ou à maré, dos nós de ligação estrutural sobre as estacas.

O aterro de areia, de origem fluvial, é contido por estruturas de enrocamento, com o conjunto executado após dragagem da camada de siltes. Devido às elevadas profundidades atingidas (-30 m ZH ou mais ao longo de grande parte do cais), e para minimizar o volume de enrocamento, a contenção foi feita em duas fases: um prisma inferior até à cota -16 m ZH, seguido de



enchimento da sua capacidade de retenção com areia, e posterior execução do prisma de enrocamento superior e completamento do aterro.

Esta configuração permitiu também cravar as estacas (cerca de 6 m no estrato competente) após a realização do primeiro prisma e enchimento com areia, proporcionando-lhes algum apoio lateral (numa altura de 10 a 15 m), e evitando a cravação através de enrocamento.

A plataforma acostável, com cota de serviço a -16 m ZH e coroamento a +3.50mZH, é constituída por seis módulos estruturais com juntas de travamento entre eles, totalizando um comprimento de 323 m. Longitudinalmente, cada módulo é constituído por pórticos transversais afastados de 6 m ao eixo, tendo cada pórtico 4 estacas espaçadas de 5.33 m ao eixo; todas as estacas têm diâmetro de 1.1 m, sendo a espessura no alinhamento do lado de terra de 20 mm, e nos restantes 3 de 16 mm. Entre pórticos transversais desenvolvem-se vigas longitudinais, nos alinhamentos extremos (lado mar e lado terra).

A plataforma é constituída por elementos prefabricados, com vigas apoiadas em peças de encabeçamento das estacas, do tipo laje nas 3 estacas do lado terra e “caixa” sobre as estacas da frente de cais, para instalação das defensas e cabeços de amarração. Os nós sobre as estacas são betonados “in-situ”, em conjunto com o “pile plug” em betão armado das estacas (com uma altura de 1.4 m, sendo a restante altura das estacas cheia com areia). Sobre o reticulado de vigas são depois colocadas as lajes prefabricadas e executada a betonagem final, “in-situ”, da lâmina de compressão. A ligação ao terrapleno é feita por uma laje de transição com 7.5m de vão, simplesmente apoiada na viga longitudinal do lado terra e num maciço em betão armado executado no terrapleno.

Várias zonas da plataforma obrigaram à definição de peças especiais: zona dos “turn-over pits”, com 2 caixas na frente de cais para instalação dos enroladores dos cabos de média tensão de alimentação das gruas STS respectivos caminhos até terra; zona de amarração dos STS, com blocos especiais de ancoragem (4 zonas, com 4 ancoragens cada); “crane stops” para os STS (nos extremos do cais, com 2 blocos especiais em cada); zona de descarga das gruas STS e dos RTG (com a estrutura reforçada ao longo de 6 pórticos transversais).

O cais é equipado com defensas tronco-cónicas de 1185 kNm, espaçadas de 18 m, cabeços de 100 t, espaçados de 30 m e escadas de segurança, espaçadas de 50 m, e dispõe de tomadas de água para abastecimento dos navios.



Figura 3. Esquema de montagem dos prefabricados e imagens da colocação em obra.

### **Crítérios de projecto e dimensionamento**

A análise estrutural recorreu ao programa SAP2000; inicialmente foi modelado apenas o módulo mais crítico, no extremo do cais, e o imediatamente anterior, mobilizado pela junta de travamento. No entanto, houve depois que modelar todos os módulos, para simular a posição real de cada estaca após a sua execução, já que algumas apresentavam desvios consideráveis.

Foram consideradas as acções de acostagem e amarração, sobrecarga uniformemente distribuída (20 kN sobre a plataforma), sobrecargas dos equipamentos (gruas de cais STS, e RTG's), acções ambientais (correntes e ondas sobre as estacas, ondas e vento na plataforma

superior), sismo e acções temporárias de atrito negativo nas estacas, devido à compactação do aterro e prismas de enrocamento. Foi também analisada a sequência construtiva proposta, levando em conta os efeitos do atrito negativo e dos impulsos do aterro e prismas de enrocamento sobre as estacas (nomeadamente enquanto não era executado o tabuleiro do cais) – esta análise foi feita com recurso a um modelo sequencial montado no programa PLAXIS.

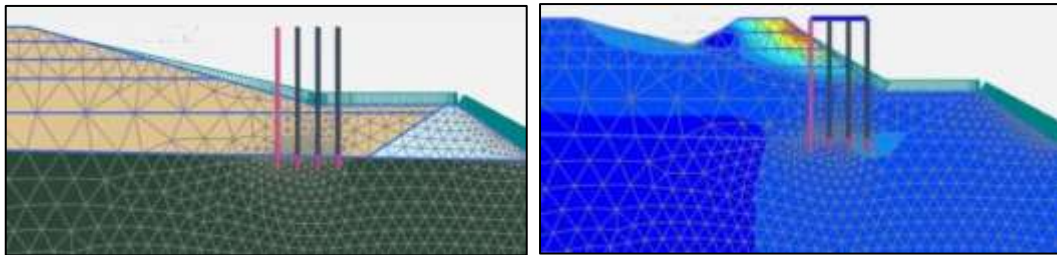


Figura 4. Exemplos do modelo Plaxis e resultados (em diferentes fases da obra).

O dimensionamento da estrutura da plataforma em betão armado foi feito seguindo a regulamentação japonesa [1], [2], que tem por base a verificação ao Estado Limite de Serviço (ELS) de fendilhação para as combinações de acções raras, sendo o Estado Limite Último (ELU) uma verificação complementar final do dimensionamento das armaduras. A verificação em ELS considera combinações raras de acções com concomitância de acções (peso próprio, sobrecarga uniforme e/ou pórtico STS, vento, onda, corrente), com coeficientes de combinação parciais de 1.0. Seguidamente, passa-se à verificação da abertura de fendas resultantes da flexão e do esforço transversal. Em ELU verifica-se a capacidade resistente dos elementos estruturais para a flexão, esforço transversal e a resistência diagonal à compressão da alma. A evolução geométrica das peças de betão armado, resultante do processo construtivo, tem também de ser considerada no dimensionamento.

A aplicação desta metodologia resulta em taxas de armadura superiores às que se obtêm a partir das análises em ELU dos Eurocódigos – taxas de 250 e mesmo 300 Kg/m<sup>3</sup> de betão foram obtidas em algumas peças, o que pôs grandes dificuldades na assemblagem final das peças prefabricadas da plataforma, como descrito na comunicação sobre a construção do terminal apresentada também nesta Jornadas.



Figura 5. Nó de viga longitudinal lado terra com estaca, ilustrando a densidade de armadura.

### Referências Bibliográficas

- [1] JSCE (2007) – “Standard Specification for Concrete Structures”, 503 pp.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2020). “Technical Standard for Port and Harbour Facilities in Japan”, 2181 pp.